



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**UNI**

**Facultad De Tecnología De La Construcción**

**Monografía**

***Diseño De Alcantarillado Sanitario, En La Comunidad Los Trejos, Municipio De  
Tipitapa, Managua***

**Para optar al título de ingeniero civil**

**Elaborado por:**

Br. Heyling Del Socorro Sánchez Ordoñez

Br. Prixkel Snith Zelaya Valverde

Br. Valeria Junieth Vanegas Orozco

**Tutor**

MSc.Ing María José Castro Alfaro

Managua, febrero 2022

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo monográfico principalmente a DIOS nuestro señor, por ser mi guía en mis momentos más difíciles, por darme la fuerza y haberme permitido culminar mi carrera universitaria.

A mi madre Vicenta del Socorro Ordoñez García quien, con su gran apoyo incondicional, esfuerzo, sacrificio, amor, comprensión, fue mi mayor motivo para seguir y cumplir una de mis metas.

A mi padre por apoyarme en el transcurso de mi carrera.

A mi hermana Meyling carolina Sánchez Ordoñez por sus palabras de aliento, apoyo, animo, sus consejos que siempre me motivaron a seguir adelante.

Heyling del Socorro Sánchez Ordoñez

## **Dedicatoria**

A nuestro creador Dios, quien supo guiarme por el buen camino, por darme fortaleza y ayudarme a afrontar los obstáculos que se presentaron en mi carrera y me permitieron llegar a esta etapa importante de mi vida.

A mis abuelos, padres, hermanos, primos, tíos y amistades que siempre confiaron en mí y me brindaron palabras de ánimo en los momentos difíciles.

A alguien especial F.E.Z.C.

Prixkel Smith Zelaya Valverde

## **Dedicatoria**

Primeramente, a Dios que me dio la fuerza, la sabiduría para terminar mis estudios y mi monografía con éxito.

A mis padres que me han brindado su amor, apoyo, consejos a lo largo de mis estudios.

A mi hermano por animarme siempre con sus palabras de aliento.

Valeria Junieth Vanegas Orozco

## **Agradecimiento**

Agradezco a nuestro señor Dios por darme sabiduría en lo largo de mis estudios, quien me ayudo hacer perseverante y llegar a la finalización de este documento monográfico.

A mis padres, familiares, junto a mis amigos y todas aquellas personas que me han apoyado durante toda mi carrera.

A mis compañeros de tesis por su paciencia, comprensión y compañía en la realización de este trabajo.

A mi tutora M.s.c. Ing María José castro Alfaro por brindarme la información necesaria y su apoyo en el proceso de mi monografía.

A los docentes que me han transmitido sus conocimientos, sabiduría, educación, y valores

Al Ing. José Ponce por su gran paciencia, tiempo y asesoría en el transcurso de mi tesis.

Heyling Socorro Sánchez Ordoñez

## **Agradecimiento.**

Agradezco de ante mano a Dios por haberme dado la suficiente sabiduría de alcanzar uno de mis logros en esta etapa importante.

A mis abuelos y padres por ser mi mayor pilar a seguir para lograr cumplir una de mis metas.

A mis compañeras de tesis por su dedicación y paciencia ante las situaciones que abarcamos en este proceso.

Al ing. José Ponce por su asesoría y consejos en el desarrollo de mi tesis.

A los profesores por sus enseñanzas en el transcurso de este proceso

A la tutora por dedicarme su tiempo y orientarme durante el proceso de este trabajo.

Prixkel Snith Zelaya Valverde

## **Agradecimiento.**

En primer lugar, le agradezco a Dios porque sin el nada de esto hubiera sido posible, por acompañarme y ser mi guía en este largo camino lleno de esfuerzos, sacrificios, pero también de satisfacción y así concluir con éxito mi carrera.

A mis padres, familiares por ser un ejemplo a seguir, por apoyarme en mis días más complejos

A mis compañeros de tesis por ser pacientes, dedicados en la realización de esta monografía

Al ing. José Ponce por su asesoría y consejos en el desarrollo de mi tesis.

A todos los maestros por toda su enseñanza por brindarme la información necesaria cuando más lo necesite.

A mi tutora por dedicarme su tiempo, por aclarar todas mis dudas en el periodo de esta tesis.

Valeria Junieth Vanegas Orozco.

## Resumen ejecutivo

El presente documento muestra el diseño de la “Red de Alcantarillado Sanitario de la comunidad Los Trejos, municipio de Tipitapa, Managua”, expone específicamente los cálculos de caudales, hidráulicos, topográficos y modelación del sistema de alcantarillado en el software SewerCAD CONNECT.Edition. v10. Además, se cuenta con una propuesta de planta de tratamiento.

Existe una problemática de saneamiento que presenta la comunidad Los Trejos ubicada en el municipio de Tipitapa, Managua. Es por ello que la solución más viable y moderna es el diseño de la red de alcantarillado sanitario y la planta de tratamiento antes mencionada.

El proyecto comprende la instalación de 5,847.10 metros de tubería del tipo TDP F 949 de material PVC de 150mm, que es el más utilizado en el país en la actualidad debido a su versatilidad. También la construcción de pozos de visita sanitario sencillos de ladrillo revestido de concreto y para algunos mayores a 3.5m de doble ladrillo revestido. Cabe mencionar que la cobertura del sistema es del 100%, para una población de 2707 habitantes para 2041 correspondientes a la proyección del método geométrico de la comunidad, utilizando una dotación de 75 lppd de la Norma NTON 09 003-99, cuyo cálculo final producirá un caudal máximo teórico de 6.14 l/s.

Se diseñó el sistema de tratamiento de aguas residuales que comprende un pretratamiento y los procesos primario y secundario. Para la selección de la mejor alternativa que no requiera de amplio espacio de construcción y es adecuado al bajo caudal propio de la red de alcantarillado, la planta se constituye por: Tratamiento preliminar (canal de entrada, rejas, desarenador, y canaleta de parshall) + tanque Imhoff+Biofiltro. En el país este tipo de planta son utilizadas en pequeñas comunidades debido a su relativa alta tasa de eficiencia que posee, a esto se le suma la facilidad de su diseño y construcción al momento de ejecutarlas, estos dos últimos factores son claves para la selección de las tecnologías de tratamiento.

El sitio recomendado para la ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales se localiza en el mismo sector de los Trejos, Tipitapa, Managua.

El costo total del proyecto resultó de C\$ 28,187,198.60 (veintiocho millones ciento ochenta y siete mil ciento noventa y ocho con 60/100 córdobas netos) antes de impuestos que incluyen la construcción del alcantarillado sanitario, la construcción de la planta de tratamiento y toma en cuenta mano de obra, transporte, utilidades e imprevistos.

## índice

I	Generalidades.....	1
1.1	Introducción .....	1
1.2	Antecedentes.....	2
1.3	Justificación .....	3
1.4	Objetivos.....	4
1.4.1	Objetivo general.....	4
1.4.2	Objetivos específicos.....	4
II	Descripción del área del proyecto.....	5
2.1	Localización .....	5
2.1.1	Macro localización .....	5
2.1.2	Micro localización.....	5
2.2	Área de influencia .....	5
2.2.1	Área de influencia directa .....	5
2.2.2	Área de influencia indirecta.....	7
2.3	Caracterización socioeconómica del área de estudio .....	8
2.3.1	Población .....	8
2.3.2	Educación .....	8
2.3.3	Salud.....	8
2.3.4	Agua y Saneamiento.....	9
2.3.5	Vías de acceso y transporte .....	9
2.3.6	Energía eléctrica y comunicaciones.....	9
2.3.7	Servicios municipales .....	10
2.3.8	Actividades económicas .....	10
2.3.9	Organización social.....	10
2.3.10	Características de lotes y tenencia de la tierra .....	10
2.4	Características biofísicas del área de estudio.....	11
2.4.1	Medio abiótico.....	11
2.4.2	Medio biótico.....	20
III	Marco teórico .....	24
3.1	Red de alcantarillado .....	24
3.2	Estudios de población y periodos de diseño.....	24

3.2.1	Métodos de cálculo de proyección de población .....	25
3.2.2	Periodo De Diseño.....	25
3.3	Aguas residuales .....	26
3.3.1	Concepto .....	26
3.3.2	Clasificación de las aguas residuales .....	26
3.3.3	Cantidades de aguas residuales.....	27
3.4	Sistema de alcantarillado.....	28
3.4.1	Concepto .....	28
3.4.2	Tipos de alcantarillado sanitario .....	28
3.4.3	Clasificación de las tuberías .....	29
3.4.4	Otros elementos de alcantarillado:.....	30
3.4.5	Hidráulica de alcantarillas .....	30
3.5	Pozos de visita.....	35
3.5.1	Ubicación .....	35
3.5.2	Distancia máxima.....	35
3.5.3	Características del pozo de visita .....	36
3.5.4	Pozos de visita con caída .....	36
3.6	Tratamiento de aguas residuales.....	37
3.6.1	Generalidades.....	37
3.6.2	Operaciones y procesos unitarios en el tratamiento del agua residual.....	38
3.6.3	Clasificación de los tratamientos de aguas residuales.....	39
3.6.4	Tratamientos preliminares .....	39
3.6.5	Tratamientos primarios .....	41
3.6.6	Tratamientos secundarios o biológicos.....	44
3.6.7	Tratamientos Terciarios. ....	49
IV	Diseño metodológico .....	52
4.1	Área de estudio.....	52
4.1.1	Caracterización del área de proyecto .....	52
4.1.2	Censo .....	52
4.1.3	Estudio socio – económico .....	52
4.1.4	Levantamiento topográfico.....	53
4.2	Estudio de gabinete .....	53

4.2.1	Proyección de población y consumo.....	53
4.2.2	Cantidades de aguas residuales.....	54
4.2.3	Hidráulica de alcantarillas.....	55
4.3	Sistema de tratamiento de aguas residuales.....	59
4.3.1	Criterios para la ubicación de sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR) 59	
4.3.2	Rejas.....	61
4.3.3	Desarenador de flujo horizontal.....	63
4.3.4	Medidor Parshall.....	64
4.3.5	Tanque Imhoff.....	65
4.3.6	Biofiltros.....	67
4.3.7	Selección del proceso de tratamiento.....	70
4.4	Elaboración del presupuesto.....	70
4.5	Selección y diseño de la planta de tratamiento.....	71
4.5.1	Elementos a considerarse para el desarrollo hidráulico-sanitario de una PTAR71	
4.5.2	Actividades a realizar para el desarrollo hidráulico-sanitario de una PTAR.....	72
4.5.3	Criterios para la selección de las tecnologías para el tratamiento de aguas residuales.....	72
4.5.4	Criterios para z de infiltración propuestas.....	74
V	Análisis e interpretación de resultados.....	76
5.1	Resultados del diseño.....	76
5.1.1	Proyección poblacional.....	76
5.1.2	Índice poblacional.....	78
5.1.3	Cálculo de la dotación.....	78
5.1.4	Cálculo de caudales de aguas residuales.....	80
1.1.1.	Datos generales del sistema de alcantarillado.....	80
5.1.5	Diseño de la ampliación del sistema de tratamiento.....	82
5.2	Costos de la obra.....	84
VI	Conclusiones.....	86
6.1	Conclusiones.....	86
6.2	Recomendaciones.....	87
VII	Bibliografía.....	89

## Índice de Tablas

<i>Tabla 1: Flora relevante en el sitio.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 2: Fauna de influencia directa.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 3: Coeficientes de rugosidad. Fuente: Norma NTON 09 002 99 .....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 4: Diseño y construcción de una planta modelo de tratamiento, universidad católica de Colombia .....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 5: Calculo de la tasa de crecimiento por el método geométrico. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 6: Tasa de crecimiento propuesta. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 7: Resultados de proyección de la población. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 8: Calculo de Índice ocupacional y densidad de población. Fuente Elaboración propia .....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 9: Dotación de la población. Fuente: Norma NTON 09 002 99.....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 10: Calculo de la dotación. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 11: Resumen de datos para el diseño de alcantarillado. Fuente Elaboración propia .....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 12: Calculo de caudales y longitud de tubería total .....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 13: Resumen de caudales .....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 14: Cantidad de tubería del proyecto.....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 15: Cantidad de pozos de visita.....</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 16: Dimensiones del sistema de tratamiento. Fuente: Elaboración propia .....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 17: Eficiencia del sistema de tratamiento. Fuente: Elaboración propia .....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 18: Costos de la red de alcantarillado.....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 19: Costos de la planta de tratamiento .....</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 20: Costos totales del proyecto .....</i>	<i>85</i>

## Índice de Figuras

<i>Figura 1: Macrolocalización y microlocalización .....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 2: Sección mapa geológico de Tipitapa, UNI, Programa al Desarrollo Municipal, Alcaldía Municipal Fundación POPOLNA, 2003.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 3: Sección mapa geológico de Nicaragua- INETER Los Trejos, Hoja 2962-II Nindirí. ....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 4: Mapa de uso potencial del suelo. Fuente: MARENA.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 5: Cuenca #5 o Río San Juan Fuente: Atlas cuencas hidrográficas de Nicaragua bajo la metodología Pfafstetter, INETER 2014.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 6: Diagrama de relaciones hidráulicas para secciones circulares parcialmente llenas .....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 7: Esquema de tanque Imhoff .....</i>	<i>42</i>

## Índice de Ecuaciones

<i>Población de diseño ( 1 )</i> .....	53
<i>Gasto medio ( 2 )</i> .....	54
<i>Gasto mínimo ( 3 )</i> .....	54
<i>Factor de relación Harmon (4)</i> .....	54
<i>Gasto máximo ( 5 )</i> .....	55
<i>Caudal de diseño ( 6 )</i> .....	55
<i>Radio hidráulico ( 7 )</i> .....	56
<i>Formula de manning ( 8 )</i> .....	56
<i>velocidad ( 9 )</i> .....	56
<i>continuidad ( 10 )</i> .....	56
<i>Caudal ( 11 )</i> .....	56
<i>Angulo central ( 12 )</i> .....	57
<i>Radio hidráulico ( 13 )</i> .....	57
<i>velocidad ( 14 )</i> .....	57
<i>caudal ( 15 )</i> .....	57
<i>Criterio de la tensión tractiva (16 )</i> .....	57
<i>Pendiente para tubería con sección llena ( 17 )</i> .....	58
<i>Pendiente para tubería parcialmente llena ( 18 )</i> .....	58
<i>Pendiente longitudinal mínima ( 19 )</i> .....	58
<i>Altura máxima ( 20 )</i> .....	61
<i>Altura media ( 21 )</i> .....	61
<i>Velocidad máxima ( 22 )</i> .....	61
<i>Área total mojada ( 23 )</i> .....	61
<i>Eficiencia ( 24 )</i> .....	61
<i>Área útil ( 25 )</i> .....	62
<i>Velocidad de paso ( 26 )</i> .....	62
<i>Área total por velocidad media ( 27 )</i> .....	62
<i>Perdidas de carga por kirschmer ( 28 )</i> .....	62
<i>Altura del canal ( 29 )</i> .....	62
<i>Área útil por velocidad media ( 30 )</i> .....	62

<i>Velocidad media ( 31 )</i> .....	62
<i>Ancho ( 32 )</i> .....	63
<i>Volumen de sedimento ( 33 )</i> .....	63
<i>Volumen requerido ( 34 )</i> .....	63
<i>Volumen propuesto de tolva ( 35 )</i> .....	63
<i>Altura de la sección de medición ( 36 )</i> .....	64
<i>Ancho de la sección con medición ( 37 )</i> .....	64
<i>Velocidad en la sección de medición ( 38 )</i> .....	64
<i>Velocidad antes del resalto ( 39 )</i> .....	64
<i>Altura del agua antes del resalto ( 40 )</i> .....	65
<i>Altura del resalto ( 41 )</i> .....	65
<i>Altura de salida del canal ( 42 )</i> .....	65
<i>Velocidad en la sección de salida ( 43 )</i> .....	65
<i>Volumen de zona de digestión ( 44 )</i> .....	66
<i>Volumen de almacenamiento de lodos ( 45 )</i> .....	66
<i>Volumen de lodos ( 46 )</i> .....	66
<i>Área de secado ( 47 )</i> .....	66
<i>Volumen de sedimentación ( 48 )</i> .....	66
<i>Volumen total ( 49 )</i> .....	66
<i>Área superficial total ( 50 )</i> .....	66
<i>Área de sedimentación ( 51 )</i> .....	66
<i>Cámara de espuma ( 52 )</i> .....	67
<i>Longitud total ( 53 )</i> .....	67
<i>Ancho total ( 54 )</i> .....	67
<i>Deflector de espuma ( 55 )</i> .....	67
<i>Altura total ( 56 )</i> .....	67
<i>Altura de zona de lodo( 57 )</i> .....	67
<i>Coliformes fecales salidas ( 58 )</i> .....	68
<i>Coliformes fecales salidas ( 59 )</i> .....	68
<i>Temperatura del agua residual ( 60 )</i> .....	68
<i>Sección efectiva( 61 )</i> .....	68

<i>Longitud de taludes al inicio ( 62 )</i> .....	69
<i>Longitud de taludes al final ( 63 )</i> .....	69
<i>Ancho de taludes al inicio ( 64 )</i> .....	69
<i>Ancho de taludes al final ( 65 )</i> .....	69
<i>Volumen total ( 66 )</i> .....	69



# I Generalidades

## 1.1 Introducción

La comunidad los Trejos no cuenta con la infraestructura de redes de alcantarillado sanitario necesaria para gozar de una calidad de vida apropiadas, la población realiza la evacuación de las aguas servidas a través de patios y calles, esta forma de disponer de las mismas genera la formación de charcas (aguas estancadas), provocando el desarrollo de enfermedades como la diarrea, malaria, dengue etc. Así mismo la exposición de este líquido contaminado provoca la presencia de mosquitos y moscas. Razón por la cual se propone la realización del diseño de la red de alcantarillado para evitar que las aguas grises y residuales escurran sin control por las calles ocasionando diferentes tipos de enfermedades en la población de la comunidad los Trejos. El diseño de la red de alcantarillado sanitario se basará en las normas del INAA (Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados), así también, de otros documentos técnicos que contienen información de gran utilidad para los diseños mencionados.

En este informe se aborda la problemática actual por la que pasan los habitantes de la comunidad. Los Trejos, está ubicado en el extremo suroeste del municipio de Tipitapa, en la unidad político administrativa Distrito rural 7. La comunidad se ubica 5 km al sur de la cabecera municipal Tipitapa y a 30 km de la ciudad de Managua. Es una comunidad concentrada y tiene aproximadamente una extensión de 7 km<sup>2</sup>. En el año 2020 se construyó un sistema de abastecimiento de agua potable MABE, el cual cubrió la demanda de la población con un volumen suficiente de agua a una presión adecuada.

Como solución sanitaria en la comunidad prevalecen las letrinas, por lo cual es de importancia la ejecución del proyecto de diseño de alcantarillado sanitario.

## 1.2 Antecedentes

La comunidad los Trejos se conformó hace 35 años, su población está compuesta principalmente por obreros y en mejor porcentaje productores agrícolas, cuenta con varias industrias que han dinamizado la economía del municipio de Tipitapa, muchas se encuentran en las inmediaciones de la comunidad, siendo las más importantes el parque industrial Astro Nicaragua, Centrolac, Technotex S.A, Empresa “Inversiones en Concreto”, Fábrica de Hielo; todas estas empresas generan empleos directos e indirectos.

El sistema de propiedad prevaleciente en la comunidad, es el de propiedad privada, mayoritariamente compuestos por lotes o solares semiurbanos caracterizándose por conformar bloques como es común en asentamientos concentrados. En la periferia se ubican fincas agrícolas de mediana extensión siempre bajo el sistema de propiedad privada. El tamaño máximo de lote es de 10 X 25 m, tamaño medio es de 10 x 20 m y el mínimo de 10 x 16 m.

El municipio de Tipitapa cuenta con un sistema de alcantarillado principal, el cual no abarca la comunidad los Trejos. Por la comunidad, sobre la carretera principal, pasa una línea de alcantarillado pluvial con dos colectores ubicados en el sector noroeste y suroeste del lugar en estudio. Estos colectores no pueden ser utilizados para el diseño de alcantarillado sanitario pues la norma permite la combinación de estos sistemas. La población recurre a métodos alternativos de saneamiento como sumideros, letrinas las cuales tienen una vida útil de 3 a 5 años y son remplazadas al cabo de ese tiempo por otras del mismo tipo, construidas en lugares adyacentes. Los habitantes se enfrentan a serios problemas de salud, ocasionadas por la falta de un sistema de alcantarillado sanitario lo que provoca la proliferación de aguas grises superficiales y condiciones favorables para la reproducción de vectores, adversos para la salud pública y generándose además un ambiente visual poco agradable.

### 1.3 Justificación

El crecimiento de la población de la comunidad viene a incrementar la necesidad del abastecimiento de agua potable de la misma, esto conlleva a pensar también en la recolección de las aguas servidas que generará la población, es indispensable que se le provea de un saneamiento debido, con el fin de que la evacuación de las mismas no contamine el medio en que habitan.

La comunidad Los Trejos no cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario, esto provoca una serie de problemas de salud pública y deterioro del nivel de vida de la población del mismo. El actual sistema de eliminación de las aguas residuales no es adecuado ya que da origen a una serie de problemas de salud y contaminación ambiental, tal como: Aguas grises corriendo en las calles, enfermedades de origen hídrico, diarrea, malaria, dengue etc. Por lo tanto, ante la problemática de tipo: ambiental, contaminante y sanitaria que afecta actualmente la salud de los pobladores de la comunidad Los Trejos, se tomó la decisión de realizar el Proyecto “Diseño de alcantarillado sanitario de la comunidad Los Trejos”.

Con el sistema de alcantarillado sanitario se solucionará el problema referido a la evacuación de excretas, de residuos sólidos y líquidos, contribuyéndose de esta forma con la disminución de la insalubridad de la comunidad, y contaminación del subsuelo y aguas subterráneas. Ante la problemática mencionada se hace necesario recolectar el agua consumida y utilizada por la población mediante un sistema de alcantarillado efectivo que pueda reducir las enfermedades producidas por estas aguas residuales, además de evitar que las corrientes superficiales se contaminen y proveer un saneamiento del medio. Por tanto, se propone realizar el diseño de las redes de alcantarillado sanitario que brinden una solución a la situación expuesta y mejoren la calidad de vida de sus habitantes mejorando la higiene de la población, impulsando el desarrollo económico y social de la comunidad, reduciendo el impacto ambiental que ocasiona la disposición de excretas y el vertimiento de aguas servidas en las calles y a su vez, eliminar los focos de proliferación de vectores de enfermedades de transmisión hídrica.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Diseñar la red de alcantarillado sanitario para la comunidad “Los Trejos” aplicando los criterios de diseño del INAA, para un periodo de diseño de 20 años como propuesta para solucionar la problemática de salud pública y deterioro del nivel de vida que sufren los pobladores de la comunidad antes mencionada.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Realizar el levantamiento topográfico del sitio.
- Actualizar encuesta socioeconómica en la zona de estudio.
- Estimar la población proyectada Pd a un periodo de 20 años para determinar los caudales de agua residuales Qd.
- Calcular los caudales de las aguas residuales del área de estudio para determinar el consumo de la población de diseño en un periodo de 20 años.
- Dimensionar la red de alcantarillado sanitario de la comunidad.
- Elaborar un estimado de costos del proyecto y cantidades de obras propuestas.

## II Descripción del área del proyecto

### 2.1 Localización

#### 2.1.1 Macro localización

El sistema de alcantarillado sanitario a diseñar se ubica en el territorio del municipio de Tipitapa, jurisdicción administrativa del Departamento de Managua, sobre las coordenadas UTM WGS-84 X:598225; Y:1348406. La cabecera municipal se ubica a 22 km al este de la capital Managua.

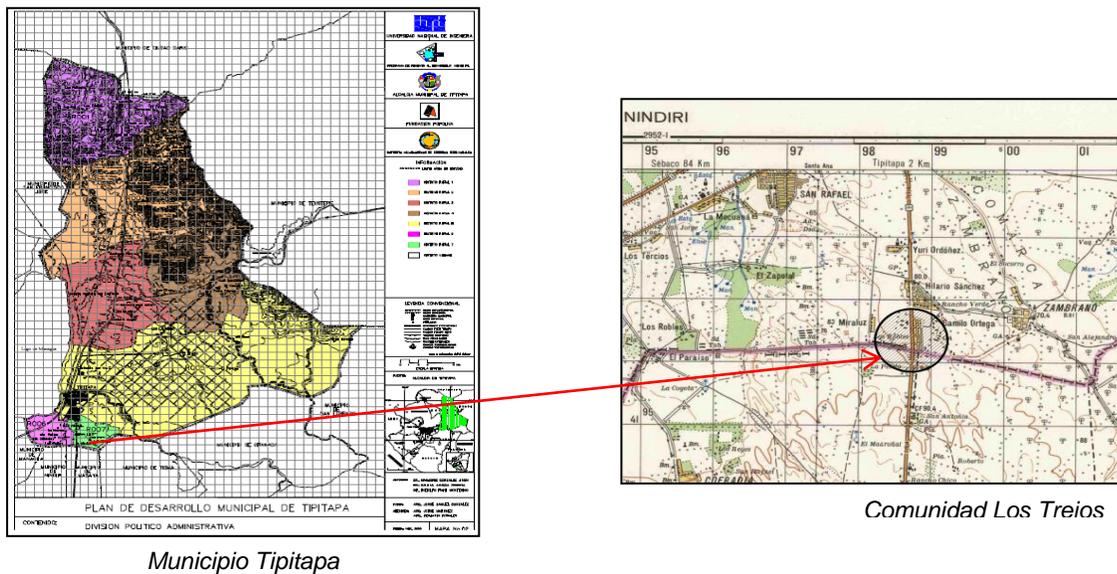


Figura 1: Macrolocalización y microlocalización

#### 2.1.2 Micro localización

La comunidad Los Trejos, sitio del proyecto, está ubicado en el extremo suroeste del municipio de Tipitapa, en la unidad político administrativa Distrito rural 7, en las coordenadas UTM WGS-84 X: 598931Y: 134259.

### 2.2 Área de influencia

#### 2.2.1 Área de influencia directa

El área de influencia directa del proyecto comprende la totalidad del territorio ocupado por el asentamiento humano Los Trejos, del municipio de Tipitapa.

El asentamiento se caracteriza por ser un distrito rural en expansión, definido como un centro poblacional concentrado, estructuralmente urbanizada, con entramado de calles y bloques de viviendas por manzanas, tiene un área de 21.45 Ha.

Por su actividad económica el asentamiento humano puede catalogarse como proveedor de mano de obra de la industria manufacturera (zonas francas) ubicadas en las cercanías de la comunidad, además de producción de sorgo y maní.

La comunidad está compuesta por 370 viviendas habitadas en las cuales residen 1,596 habitantes para 2020, siendo éstos los beneficiarios directos del proyecto.

La topografía del área de viviendas es regular, plana, presentando inclinaciones suaves, de acuerdo a la observación in-situ, posee pendientes con dirección de sur a noreste, orientada hacia el curso del Río Tipitapa.

Por su ubicación cercana a la cabecera municipal (Tipitapa) y localizada sobre una de las vías de acceso principal (carretera Tipitapa - Masaya), facilita que su población cuente con acceso a servicios básicos: estructuras y servicios de educación, salud, telefonía celular, calles conformadas con y sin revestimiento, energía eléctrica de media y baja tensión y agua potable, esta última limitada a causa de su proceso de expansión poblacional.

Circundante al área de vivienda de la comunidad se presentan fincas eminentemente agrícolas en las que se cultiva de forma extensiva el sorgo, maní y en pequeña escala hortalizas, manteniendo las características topográficas y la escasa cobertura vegetal arbórea. Desde el punto de vista ambiental, es un área totalmente intervenida, humanizada.

Partiendo de la observación, en el contexto de la visita al sitio, se percibe una dinámica económica pasiva, con cierta prestación de servicio en el sector terciario orientada a suplir el consumo básico cotidiano por medio de pulperías, sin tendencia a crecimiento.

Se observa deficiencias en cuanto al manejo de los residuos sólidos, siendo manejados de forma individual por medio de la quema o el soterramiento de los mismos, en patios de viviendas o tirados en cauces naturales colindantes con el área de cultivo. Así mismo

el vertido de aguas grises domiciliarias sobre calles y patios de viviendas por la inexistencia de alcantarillado sanitario.

Las calles de la comunidad están conformadas por concreto hidráulico y macadán. Como asentamiento humano concentrado, la cobertura vegetal arbórea se restringe a los espacios de patio de las viviendas, prevaleciendo especies exóticas ornamentales. En su periferia sobre cercas vivas con algunos Nim y acacias.

### **2.2.2 Área de influencia indirecta**

El área de influencia indirecta del proyecto se ubica como un anillo perimetral del área de viviendas de Los Trejos, en el que se establecen áreas de cultivo hacia el sur oeste, áreas industriales hacia el norte colindantes con otros asentamientos humanos.

En base al mapa de distribución poblacional del Plan de Desarrollo Municipal hasta el 2014, el distrito rural 7, es el que concentra mayor cantidad de pequeños asentamientos humanos.

Esta, es un área rural con un relieve regular, pendientes suaves, con suelos bajo un uso para asentamientos humanos, y actividades industriales, amplias áreas de cultivo de sorgo y maní, desprovista de vegetación alta.

La cobertura vegetal arbórea se restringe a patios de viviendas y cercas vivas en sitios de cultivo.

No se observó avistamiento o escucha de fauna silvestre, por lo que se puede plantear que la fauna, debido a la pérdida de hábitad, por la incidencia humana, en este sitio es escasa.

Entre las industrias manufactureras circundantes a la comunidad Los Trejos encontramos hacia el norte sobre la carretera Tipitapa - Masaya: CIFA INCONSA industria de prefabricados (postes para tendido eléctrico, a 200m) Maquiladora Astro Agro (a 1000m), sistema penitenciario para mujeres (a 1300 m.) y Maquila Astro Cartón (a los 1400m).

## **2.3 Caracterización socioeconómica del área de estudio**

### **2.3.1 Población**

La comunidad Los Trejos se conformó hace 35 años, posee una población de origen mestizo, compuesta principalmente por obreros y en menor porcentaje productores agrícolas.

En base a los resultados del censo reciente desarrollado para el presente proyecto, la comunidad posee un total de 1,596 habitantes en el 2020, de los cuales el 50.42% son del sexo femenino, teniendo una densidad poblacional de 126 habitantes por Ha para el año 2041.

Esta población reside en 370 viviendas de los 630 lotes identificados, las construcciones de las viviendas son de bajo costos, volviéndose más precarias hacia el oeste en los anexos que se encuentra en proceso de consolidación. De acuerdo con lo establecido en el mapa de pobreza elaborado por INIDE 2005, el distrito # 7, en donde se ubica la comunidad Los Trejos, tiene una clasificación de pobreza Alta. Mayoritariamente la población está orientada a ser mano de obra de las industrias, ubicadas en las cercanías de la comunidad.

### **2.3.2 Educación**

De acuerdo a los resultados del "Diagnóstico Ambiental Comunitario", la comunidad Los Trejos, cuenta con una estructura educacional con atención en los niveles de preescolar, primaria regular y primaria del campo, a una población estudiantil total de 335 alumnos, de estos el 63.58 % masculino y el 36.42% femenino.

Esta población total está distribuida de la siguiente manera: el 17% en el nivel de preescolar, el 65% primaria y el 18% primaria del campo. Los cuales son atendidos por un total de 8 docentes, 2 en el nivel preescolar y 6 en primaria.

### **2.3.3 Salud**

La comunidad Los Trejos, no cuenta con estructura de salud, la población es atendida en los centros asistenciales del área urbana de Tipitapa.

### **2.3.4 Agua y Saneamiento**

La comunidad Los Trejos cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable Mini Acueducto por Bombeo Eléctrico (MABE) el cual fue inaugurado a principios del año 2020.

Con una inversión de 15 millones de córdobas, el Gobierno a través del Nuevo FISE, inauguró el 27 de marzo del 2020 la obra, la cual consistió en el mejoramiento del sistema de agua potable de esa comunidad, a través de la construcción de un mini acueducto por bombeo eléctrico. Anteriormente se atendían a 380 familias y ahora 510 familias, con este nuevo proyecto se instaló una bomba de mayor capacidad y se perforo un pozo capacitado para 800 familias, con el sistema anterior se racionaba el agua cada hora y media, ahora la población cuenta con agua las 24 horas del día en sus hogares. Como solución sanitaria en la comunidad prevalecen las letrinas, existiendo viviendas que no posee ningún tipo de solución deduciéndose la existencia del fecalismo al aire libre.

### **2.3.5 Vías de acceso y transporte**

El acceso principal a la comunidad Los Trejos, se realiza por medio de la carretera secundaria pavimentada en buen estado, Tipitapa – Masaya, la cual atraviesa de norte a sur el extremo oeste de la comunidad.

A lo interno de la comunidad se cuenta con vías conformadas, con carpeta de rodamiento de concreto hidráulico en su centro y próximo a la carretera, en las periferias presenta calles conformadas con cobertura de macadán, generalmente sin obras de drenaje y hacia el este, colindante a áreas de cultivos, las calles solamente se encuentran conformadas y no presentan mantenimiento.

La comunidad cuenta además con una vía de acceso alterno, compuesta por una trocha proveniente de la Comunidad Zambrano ubicado al este de la comunidad.

### **2.3.6 Energía eléctrica y comunicaciones**

La comunidad Los Trejos, cuenta con energía eléctrica, de media y baja tensión, integrada al interconectado nacional, además de contar en sus calles principales con el servicio de alumbrado público.

En el área de vivienda existe cobertura de señal de telefonía celular de las dos compañías que operan en el país.

### **2.3.7 Servicios municipales**

La comunidad Los Trejos, como servicios prestados por la municipalidad únicamente cuenta con la recolección de residuos sólidos, realizándose con una frecuencia de dos días a la semana.

### **2.3.8 Actividades económicas**

La población de la comunidad Los Trejos, basa su economía en la facilitación de mano de obra para las industrias principalmente textil, ubicadas en la cercanía de la comunidad. Se desarrolla una actividad terciaria muy básica compuestas por pulperías, con mayor presencia en los márgenes de la carretera Tipitapa - Masaya.

Circundante al área de viviendas, se puede percibir actividades agrícolas como el cultivo extensivo de sorgo y maní, en pequeña escala hortalizas y ganado. Fungiendo el centro poblado el rol de satélite de tránsito por su ubicación sobre la carretera Tipitapa – Masaya.

### **2.3.9 Organización social**

La comunidad Los Trejos, se encuentra organizada desde el liderazgo comunitario mediante la conformación de los Gabinetes de la Comunidad y Vida, definidas en diferentes temáticas, en coordinación con los Consejos de Liderazgo Sandinistas (CLS), atendiendo la temática del agua, se encuentra debidamente conformado un Comité de Agua potable y Saneamiento CAPS.

### **2.3.10 Características de lotes y tenencia de la tierra**

El sistema de propiedad prevaleciente en la comunidad Los Trejos, es el de propiedad privada, mayoritariamente compuestos por lotes o solares semiurbanos caracterizándose por conformar bloques como es común en asentamientos concentrados. En la periferia se ubican fincas agrícolas de mediana extensión siembre bajo el sistema de propiedad privada.

De acuerdo a proceso de verificación de inventario de viviendas, se obtiene como tamaño máximo de lote es de 10 X 25 m, tamaño medio de 10 x 20 m y el mínimo de 10 x 16 m.

## **2.4 Características biofísicas del área de estudio**

### **2.4.1 Medio abiótico**

#### **2.4.1.1 Clima**

La mayor parte del año Nicaragua se encuentra bajo la influencia de los vientos Alisios, provenientes de los anticiclones subtropicales de las Azores y Bermudas. Estos vientos son constantes, de poca variabilidad y tienen la particularidad de arrastrar masas de aire húmedo del mar Caribe hacia el interior de Nicaragua. Este viento cálido y húmedo penetra por la vertiente del Atlántico hacia la vertiente del Pacífico, ejerciendo un efecto importante sobre el estado del tiempo y el clima del país.

El clima en Nicaragua es tropical y se vuelve subtropical de acuerdo a las altitudes del relieve. En las zonas bajas es cálido o tropical y en las zonas altas predomina un clima fresco o subtropical.

En la Región del Pacífico, predominan los días cálidos, caracterizándose por presentar una estación seca de noviembre a abril.

Por su parte el municipio de Tipitapa, formando parte de la región del Pacífico, y en conformidad a la clasificación climática de Köppen, se encuentra dentro de la región climática AW0, Clima de Sabana Tropical. Se caracteriza por poseer temperaturas altas durante casi todo el año. La temperatura promedio es de 26°C, con temperatura máxima de 35°C en los meses de marzo, abril y mayo y temperatura mínima de 20°C en los meses de enero, agosto y septiembre. En específico la comunidad Los Trejos, cuenta con temperaturas medias anuales de 24°C

#### **2.4.1.2 Precipitación**

El municipio de Tipitapa La precipitación pluvial es variable, oscila entre los 1000 y 1500 mm anuales.

En particular la comunidad Los Trejos, de acuerdo a la caracterización de la cuenca #5 o Río San Juan (Según el Nuevo Atlas Cuencas Hidrográficas de Nicaragua bajo la metodología Pfafstetter, INETER 2014), se encuentra en un área en la que el rango de precipitación anual oscila entre los 1200 y 1600 mm

### **2.4.1.3 Calidad del aire**

De acuerdo a la visita de campo realizada en los sitios donde se propone emplazar las obras del proyecto, centro poblacional y alrededores, no se visualizan fuentes de contaminación permanentes cercanas o a favor del viento que afecten el aire en la zona, no se percibieron malos olores; ni humo provenientes de chimeneas industriales ni quemadas agrícolas, no obstante, son áreas abiertas destinadas a actividades agrícolas, así como humanizadas, generalmente desprovistas o con poca cobertura vegetal, presentándose la incidencia de emisión de partículas sólidas suspendidas en el aire (polvo), presencia de polvaredas en períodos secos, aun así, se puede afirmar que tales sitios ofrecen una buena calidad del aire.

La dirección de los vientos predominante proviene del noreste, poseen una velocidad promedio de 1.5m/s anuales, en los meses de febrero, abril y diciembre, el viento alcanza su velocidad máxima y las mínimas las alcanza en los meses de septiembre y octubre.

### **2.4.1.4 Ruido**

En el área de influencia directa del proyecto, no existen fuentes de contaminación acústicas permanentes ni persistentes, teniendo lugar contaminación por ruidos de tipo difusos, muy ocasionales, principalmente sobre el asentamiento a causa del tránsito vehicular de baja intensidad, generado por los medios de transporte que transitan por la vía Tipitapa – Masaya ubicada en el extremo sur oeste de la comunidad. Más hacia el este el nivel de ruido disminuye, tendiendo a sonidos más de origen natural, aves, viento, dando una sensación sonora agradable.

### **2.4.1.5 Geología**

De acuerdo a la caracterización de la cuenca #5 o Río San Juan (Según el Nuevo Atlas Cuencas Hidrográficas de Nicaragua bajo la metodología Pfafstetter, INETER 2014), el territorio del municipio de Tipitapa incluyendo el área de influencia como geología general dentro de una formación Volcánico Cuaternario, clave (BQVI) del período Holoceno Pleistoceno, con una litología compuesta piroclastos y lava.

### 2.4.1.6 Estructuras y fallas

De acuerdo al mapa geológico de Nicaragua (Hoja Top.2962-II/Nindirí), en la cercanía el área de influencia directa del proyecto no se presentan fallas u otras estructuras geológicas

En el proceso de inspección del sitio, no se observaron grietas o áreas con desniveles abrupto que puedan presumir algún tipo de fallamiento local.

En el lindero este del área de vivienda se presenta un cauce, el cual es una trocha en desuso, sobre la cual actualmente escurre las aguas de precipitaciones y se estancan.

De acuerdo al informe # 6 de INETER sobre el estudio geológico en el casco urbano de Tipitapa del 2004, por medio de estudios anteriores Catastro 1972 y Consorcio DAMES & MOORE, 1978, hace referencia de las existencias de fallas geológicas en las cercanías del área urbana de Tipitapa al sur oeste de éste, asociadas al sistema de fallas denominado Cofradías.

EL mapa de amenazas naturales del municipio de Tipitapa, identifica dos fallas geológicas a distancia moderada del área de influencia directa del proyecto, una hacia el este de la Comunidad Zambrano y la otra al oeste de la Comunidad San Rafael, contando con una amenaza probable al sur de la Comunidad San Rafael que atraviesa el área urbana de Tipitapa.

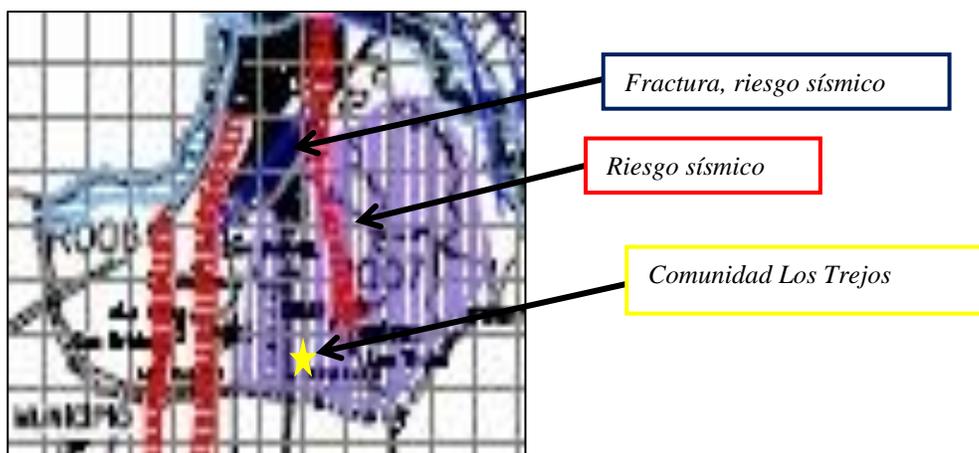


Figura 2: Sección mapa geológico de Tipitapa, UNI, Programa al Desarrollo Municipal, Alcaldía Municipal Fundación POPOLNA, 2003.

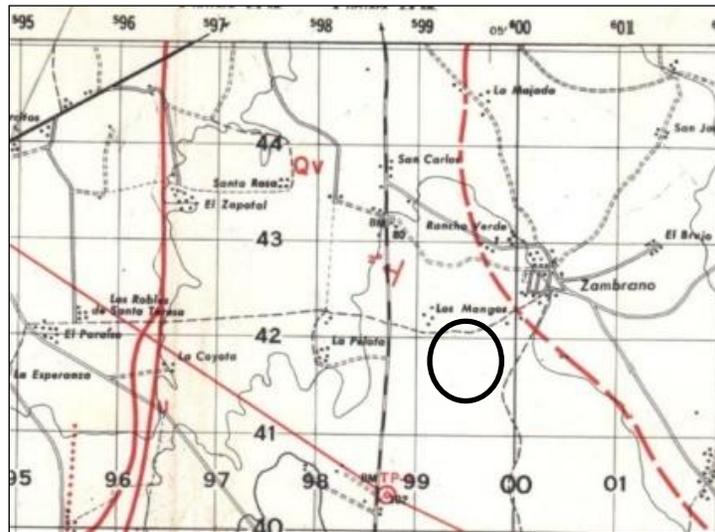


Figura 3: Sección mapa geológico de Nicaragua- INETER Los Trejos, Hoja 2962-II Nindirí.

#### 2.4.1.7 Geomorfología

El área de influencia directa del proyecto comunidad Los Trejos, Tipitapa, geomorfológicamente se encuentra dentro de la región del pacífico de Nicaragua, sobre la gran depresión de Nicaragua.

Este sitio colindante al lago Xolotlán, se caracteriza por la presencia de planicies horizontales con pendientes de entre el 0 y 6%. Posee un relieve regular casi plano.

#### 2.4.1.8 Suelos

Basados en el mapa de orden de suelo de la caracterización de la cuenca # 69, en el área de influencia directa del proyecto se presentan suelos de orden Molisol.

**Orden de suelo Molisol:** son suelos minerales con estado de desarrollo: incipiente, joven o maduro. Con un horizonte superficial (epipedónmóllico) de color oscuro, rico en humus, bien estructurado, suave en seco y un subsuelo de acumulación de arcilla aluvial (un horizonte argílico, o un horizonte cargado de arcilla); de poco profundos a muy profundos, fertilidad de baja a alta; desarrollados depósitos aluviales y lacustres sedimentados de origen volcánico, rocas básicas, ácidas, metamórficas, sedimentarias y piroclásticas.

El drenaje interno del suelo es de muy pobre a bien drenado, el nivel freático se encuentra bastante superficial durante la estación lluviosa en algunas áreas.

Por su parte el estudio de Catastro (1971) y posteriormente por TECNOPLAN (1978) y en parte por MIDINRA (1986); describen los suelos del municipio de Tipitapa, dentro de la subprovincia fisiográfica "Planicie Interlacustre", caracterizando el área de influencia directa del proyecto, comunidad Los Trejos, por la presencia de suelo Planicie volcánica reciente, con serie Zambrano.

***Planicie volcánica reciente Tipitapa - Zambrano***, donde predominan los suelos de las series Zambrano y Cofradía.

Se localizan en la parte sur del municipio y abarca la ciudad de Tipitapa y parte de las comunidades Zambrano, El Zapotal, El Quemado, Cofradía y comunidades sobre la carretera vieja Managua-Tipitapa, Santa Ana, La Mocuana, El Achotillo, San Juan del Chagüite. Los suelos se han formado a partir de materiales volcánicos recientes, depositados sobre antiguos suelos sedimentarios, con drenes naturales que escurren normalmente al Lago de Managua. La geología está constituida por tobas de tipo basáltico, lapilli y lavas del grupo Las Sierras; algunas áreas presentan una capa subsuperficial de talpetate (característico de la serie Zambrano). La mayor parte se encuentra en pendientes menores de 10%.

### **Limitantes y/o problemática del ecosistema**

- Carencia de sistemas de conservación de suelos en áreas utilizadas para la agricultura mecanizada.
- Erosión eólica e hídrica favorecida por la presencia de talpetate y procesos de compactación.
- Suelos de fertilidad natural alta, pero con baja disponibilidad de fósforo aprovechable para las plantas.
- Suelos susceptibles a la erosión inducida por el agua, la labranza y el viento. Vulnerabilidad al sellamiento superficial, que endurece la superficie y encostra y sella interiormente.

- Suelos compactados por labranza y sobre pastoreo, reduciéndose la aireación y penetrabilidad de raíces.
- Áreas en depresiones con alto riesgo de inundaciones.
- Algunas áreas de estos suelos con fertilidad natural alta, se encuentran densamente pobladas y presentan una tendencia de crecimiento urbanístico alto.

### **Suelo Serie Zambrano (ZM)**

Suelos profundos a muy superficiales, bien drenados, desarrollados a partir de cenizas volcánicas, con una capa de talpetate (duripan) en el subsuelo; se encuentran en relieve plano a fuerte ondulado; textura medias, moderadamente finas y muy finas; medianamente ácidos a ligeramente alcalinos, saturación de bases alta.

Son suelos minerales con una secuencia de horizontes A - B - C, encontrándose en una etapa intermedia de desarrollo, con un epipedónmólico sobre un horizonte argílico. El horizonte A tiene un espesor de hasta 16 cm, pardo oscuro en húmedo, arcilloso a franco arcilloso, friable, con muchos poros y abundantes raíces finas y muy finas. El horizonte B tiene un espesor de 144 cm, pardo oscuro, pardo amarillento y gris oscuro en húmedo; franco arcilloso y arcilloso, presentando dos capas intermedias de talpetate de muy a ligeramente fracturada; muy friable a firme, con muchos y frecuentes poros y de abundantes a pocas raíces finas y muy finas. El horizonte C tiene un espesor de más de 20 cm, pardo grisáceo en húmedo; franco arcillo arenoso, con abundante material alterado de toba. Se clasifican como TypicDurustalfsSu limitación principal es la erosión moderada.

### **Descripción del suelo**

Sobre el área de viviendas concentradas, es un área totalmente humanizada, presentando suelos contaminados, compactados y erosionados.

Las principales calles de la comunidad próximas a la carretera Tipitapa – Masaya están compuestas por carpeta de rodamiento de concreto hidráulico, el resto de macadán y en el anexo solamente conformadas sin recubrimiento específico.

## Uso potencial del suelo

En correspondencia a lo plasmado en el mapa uso potencial del suelo de la caracterización de la cuenca #5 o Río San Juan (Según el nuevo Atlas Cuencas Hidrográficas de Nicaragua bajo la metodología Pfafstetter, INETER 2014), el área de influencia directa del proyecto (comunidad Los Trejos), posee suelos de vocación eminentemente agrícola.

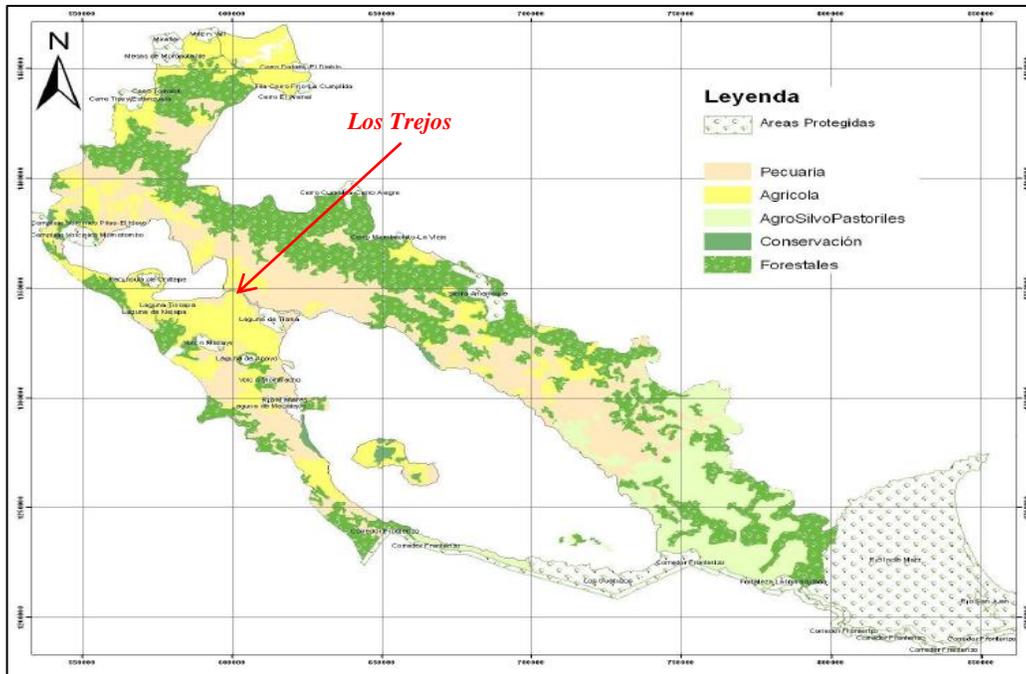


Figura 4: Mapa de uso potencial del suelo. Fuente: MARENA

## Uso actual de suelo

De acuerdo a lo observado en la inspección in-situ, en el área de influencia del proyecto el uso de éste es contrario a su vocación, está definido por áreas de viviendas y calles, mientras que, en su periferia, áreas destinadas a cultivos extensivos de sorgo, maní y en menor escala hortalizas y ganado.

### 2.4.1.9 Hidrología superficial

Basados al método PHCA de 1972, con la definición de Vertientes, Cuencas, Subcuencas y Microcuencas, en conformidad a lo establecido en la Ley de Aguas Nacionales vigente, en su Título I, Arto. #2, inciso "a". El territorio del municipio de Tipitapa, según el mapa de provincia geo estructurales del INETER 2004, forma parte de la gran vertiente

hidrográfica del Atlántico, caracterizándose por contar con cuerpos de agua permanentes, de largo recorrido y caudales considerables, drenando sus aguas al mar Caribe escurriendo sus aguas por medio de los lagos Xolotlan (o de Managua), Cocibolca (o de Nicaragua) y el río San Juan.

El municipio está enclavado dentro de la cuenca #5 o Río San Juan (Según el nuevo Atlas Cuencas Hidrográficas de Nicaragua bajo la metodología Pfafstetter, INETER 2014), el municipio de Tipitapa se ubica, sobre la parte alta de ésta, incidida por la subcuenca Río Tipitapa–Malacatoya, teniendo como único río principal el Río Tipitapa, atravesando su territorio, colindante al oeste con el lago Xolotlan o de Managua.

Dentro del territorio del área de influencia directa del proyecto comunidad Los Trejos, no se cuentan con cuerpos de agua superficiales permanentes ni intermitentes.

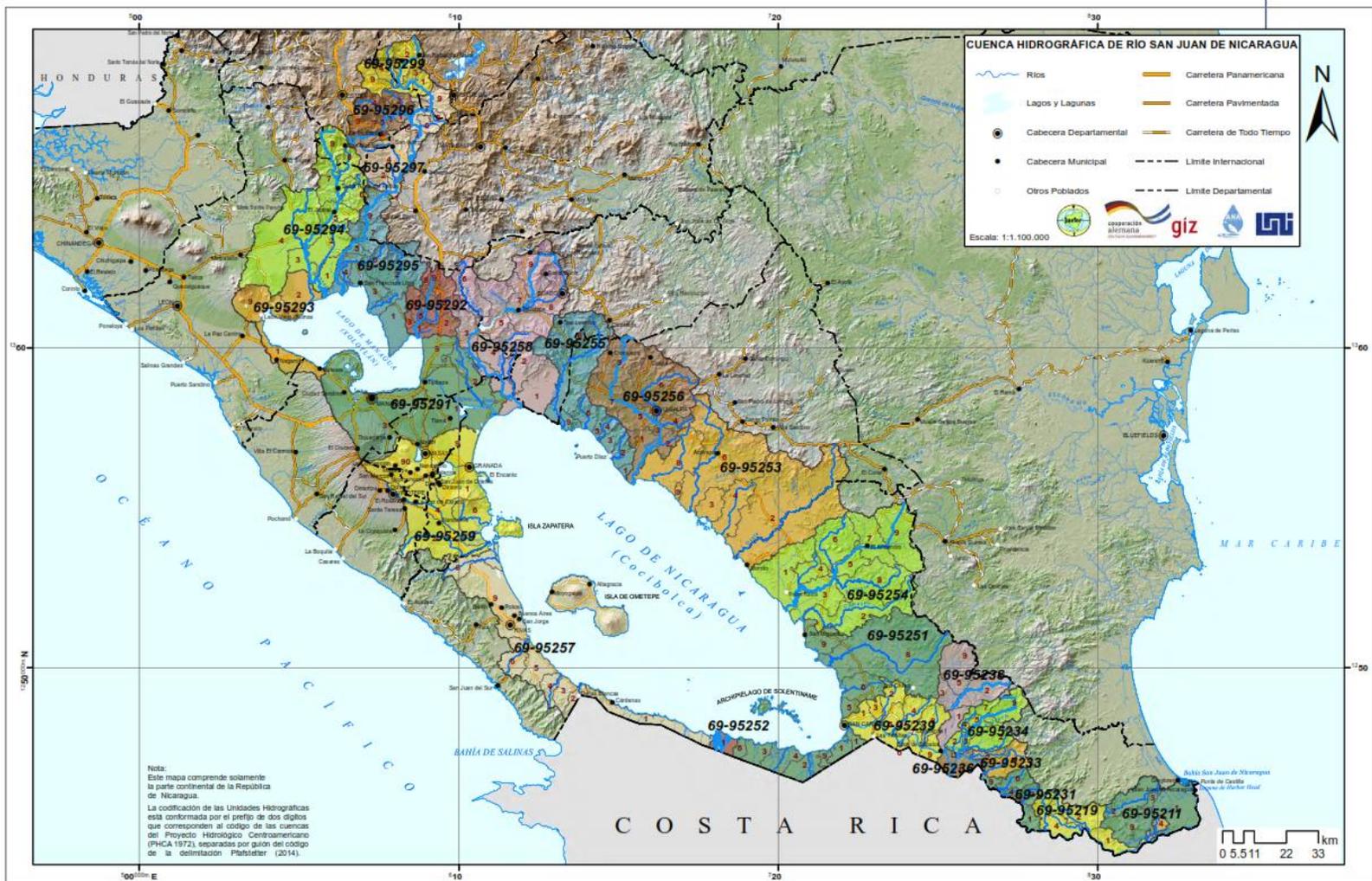


Figura 5: Cuenca #5 o Río San Juan Fuente: Atlas cuencas hidrográficas de Nicaragua bajo la metodología Pfafstetter, INETER 2014

#### **2.4.1.10 Aguas subterráneas**

De acuerdo con la Caracterización hidrogeológica e isotópica del acuífero Tipitapa - Malacatoya en la zona del estrecho interlagos, elaborado por INETER (Julio 2011), reafirma que en el área de influencia directa del proyecto predomina la formación volcánica cuaternaria.

En este estudio basado en el inventario de 3,600 objetos hidrogeológicos realizado dentro del área interlago considerando época seca y lluviosa se obtuvieron los siguientes datos:

Los pozos perforados presentan profundidades del agua con respecto al terreno de 0.2 m a 111.9 m. los pozos excavados las profundidades mínimas y máximas van desde 0.07 m a 81.66 m.

A partir de la Piezometría del área la dirección de escurrimiento de los flujos de agua subterránea sobre el área de influencia del proyecto (comunidad los Trejos), “el sector alto (zona sur) se da hacia la zona baja Laguna de Tisma y Lago Cocibolca”, dentro del acuífero Las Sierras con dirección suroeste – este.

Así mismos expresa que “En toda la zona de interlagos se determinó un escurrimiento subterráneo total de 875,898m<sup>3</sup>/d, es decir 320 MMC anuales. El principal uso que se da al agua es potable, domésticos, ganadería y de riego. Se calculó un consumo mínimo de 50 g/d para pozo excavado y máximo de 50,000g/d para pozos perforados”.

Partiendo que dicho pozo se encuentra cercano a la finalización de su vida útil, se propone la perforación de un nuevo pozo en el mismo predio en que se encuentra el actual Coordenada UTM WGS – 84 X: 598887 Y: 1342479 a una altitud de 91 msnm.

#### **2.4.2 Medio biótico**

##### **2.4.2.1 Áreas protegidas**

El territorio de la Comunidad Los Trejos y sus alrededores, no se encuentran dentro de área protegida alguna.

#### **2.4.2.2 Flora**

De acuerdo a la descripción biofísica del Plan de Desarrollo municipal, el territorio de Tipitapa está comprendido en la zona denominada “Bosques de Matorral o semiárido” y “Sabana Semi Boscosa Tropical”. El primero es característico de llanos y lugares secos, lo componen arbustos muy ramificados, retorcidos, de hojas reducidas y a veces transformadas en espinas (árboles caducifolios), y el segundo, se caracteriza por el contraste estacional entre el periodo de lluvia y el de sequía; entre los meses de mayo y noviembre

Se establece en una zona de vida de Clima Bosque Húmedo Sub Tropical, con una vegetación natural donde predominan los sistemas agropecuarios intensivos. En años anteriores estas tierras han sido utilizadas con agricultura intensiva de algodón y sorgo, sin las debidas prácticas de conservación, por lo que en la actualidad presentan altos grados de erosión tanto eólica como hídrica. Esta zona soporta cierta presión urbanística del municipio de Tipitapa, añadiendo su cercanía con las ciudades de Managua y Masaya.

Las principales limitantes del sector son: Carencia de sistemas de conservación de suelos en áreas utilizadas para la agricultura mecanizada, inadecuada práctica de la labranza y pastoreo intensivo lo que reduce la ventilación y penetrabilidad de las raíces, y como factor relevante el desmedido crecimiento urbanístico, por lo que algunas áreas de suelos con fertilidad natural alta se encuentran altamente poblados.

La observación in-situ (en período de inviernos) demuestra que la cobertura vegetal es limitada dado en gran medida al uso del suelo para asentamiento humano y cultivos anuales bajo la modalidad de extensivos.

La vegetación observada se restringe a algunos linderos de propiedades como cercas vivas, generalmente compuesta por especímenes arbóreos de pequeño a mediano, portes exóticos como el caso de Nim y Acacias, sobre patios de vivienda algunos arbustos ornamentales.

Sobre áreas abiertas predominan cultivos extensivos de sorgo y maní, y en sus periferias especies herbáceas como malezas, aun en invierno (según visita a la comunidad) se visualizan amplias áreas con suelos totalmente desnudos.

### Flora identificada en Área de influencia directa del proyecto

FLORA RELEVANTE DEL SITIO	
Nombre común	Nombre Científico
<b>Arbóreas</b>	
Nim	<i>Azadirachta indica</i>
Acacia	<i>Familia Fabaceae</i>
<b>Herbáceas</b>	
Escoba lisa	<i>Sida acuta</i>

Tabla 1: Flora relevante en el sitio

#### 2.4.2.3 Fauna

La existencia de fauna se encuentra íntimamente relacionada con la zona de vida, la vegetación y el estado de la misma.

El área de influencia del proyecto se encuentra dentro de la zona de vida bosque húmedo subtropical, con un alto grado de humanización y actividades agropecuarias históricamente extensiva, se encuentra muy degradado, perdiendo el sitio habitat naturales para especies faunísticas.

La fauna silvestre se encuentra en proceso constante de desplazamiento, llegando a ser escasa, tanto en especie como en cantidad, debido al alto grado de intervención, escasa cobertura vegetal y suelos sobre explotados por actividades agrícolas,

Basados en la observación in-situ sobre el área de influencia directa del proyecto (centro poblado), se evidencia que, en el área de viviendas, la fauna está restringida a ser corredor de especies de aves comunes más característicos del trópico seco como, Zanates, Güis, sin avistamiento de sitios de alimentación o anidación, con la presencia de reptiles pequeños (lagartijas).

## Fauna identificada en la Zona de influencia directa del proyecto

Fauna en la zona de influencia directa del proyecto	
<b>a) Reptiles</b>	
<i>Lagartijas</i>	<i>No identificada</i>
<b>b) Aves</b>	
<i>Zanate</i>	<i>Quiscalusmexicanus</i>
<i>Güis</i>	<i>Pitangussulphuratus</i>

Tabla 2: Fauna de influencia directa

### **III Marco teórico**

#### **3.1 Red de alcantarillado**

Se denomina red de alcantarillado al sistema de estructuras y tuberías públicas cerradas, destinadas a recolectar y transportar aguas residuales que fluyan con gravedad libremente bajo condiciones normales desde el lugar en que se generan hasta el sitio en que se vierten a cauce o se tratan.

Las redes de alcantarillado son estructuras hidráulicas que funcionan a presión atmosférica. Muy raramente y en tramos breves, están constituidos por tuberías que trabajan bajo presión. Normalmente son canales de sección circular, oval, o compuesta, enterrados la mayoría de las veces bajo las vías públicas.

#### **3.2 Estudios de población y periodos de diseño**

La cantidad de alcantarillado sanitario que se construirá en una comunidad, depende de la población existente y su proyección. La determinación de la cantidad de aguas residuales a eliminar de una comunidad es fundamental para el proyecto de instalaciones de recolección, bombeo, tratamiento, evacuación y futuras extensiones del servicio.

La información necesaria para seleccionar la tasa de crecimiento con la cual habrá de proyectarse la población de la localidad en estudio, podrá conseguirse en las Instituciones siguientes:

En Nicaragua, el organismo estatal encargado de llevar los datos oficiales acerca del crecimiento poblacional es el Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE), antes llamado Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censos (INEC), cuyos datos abarcan a todo el país. Ahí se puede encontrar los documentos de los últimos censos nacionales realizados en los últimos años. Información proveniente de Instituciones propias del lugar, tales como: Alcaldías, ENEL, ENACAL y el MINSA. Se hará uso de los planes reguladores urbanísticos que se hayan desarrollado o se estén desarrollando por el Instituto Nicaragüense de la Vivienda Urbana y Rural (INVUR) y las Alcaldías.

También se puede proyectar la población considerando el número de viviendas, lotes de saturación y número de habitantes por vivienda.

### **3.2.1 Métodos de cálculo de proyección de población**

Los métodos de cálculo más utilizados en Nicaragua son: el método aritmético y el método geométrico, sin que ellos sean los únicos que se puedan aplicar ya que también existen los siguientes: Tasa de Crecimiento a Porcentaje Decreciente, Método Geográfico de Tendencia, Método por Porcentaje de Saturación, etc.

#### **3.2.1.1 Método aritmético**

Este método se aplica a pequeñas comunidades en especial en el área rural y a ciudades con crecimiento muy estabilizado y que posean áreas de extensión futura casi nulas.

#### **3.2.1.2 Método geométrico**

Este método es más aplicable a ciudades que no han alcanzado su desarrollo y que se mantienen creciendo a una tasa fija y es el de mayor uso en Nicaragua. Se recomienda usar las siguientes tasas en base al crecimiento histórico:

- a) Ninguna de las localidades tendrá una tasa de crecimiento urbano mayor de 4%.
- b) Ninguna de las localidades tendrá una tasa de crecimiento urbano menor del 2.5%.
- c) Si el promedio de la proyección de población por los dos métodos adoptados presenta una tasa de crecimiento:
  1. Mayor del 4%, la población se proyectará en base al 4%, de crecimiento anual.
  2. Menor del 2.5%, la proyección final se hará basada en una tasa de crecimiento del 2.5%.
  3. No menor del 2.5%, ni mayor del 4%, la proyección final se hará basada en el promedio obtenido.

### **3.2.2 Periodo De Diseño**

El período de diseño se estima en base a factores que inciden en la capacidad y buen funcionamiento del sistema, estos factores son:

- Vida útil de los elementos que componen el sistema.
- Planes de desarrollo futuro.
- Tasa de crecimiento de la población
- Funcionamiento del sistema en sus primeros años de vida

- Capacidad de población del área de estudio.
- Población de saturación.

De acuerdo a las normas de Diseño del INAA, se diseña para un período de 20 - 25 años por lo que la población futura será para ese período y depende de factores como economía, fondos disponibles y criterio del diseñador.

### **3.3 Aguas residuales**

#### **3.3.1 Concepto**

Agua residual se define como un tipo de agua que está contaminada con desechos originados por actividades domésticas, industriales y por agua que se filtra por la tubería (agua subterránea y pluvial).

#### **3.3.2 Clasificación de las aguas residuales**

##### **3.3.2.1 Doméstica**

Es el agua residual (también llamada Sanitaria), procedente de residencias, instalaciones comerciales, públicas y similares.

##### **3.3.2.2 Industrial**

Comprenden las descargas líquidas de procesos industriales como manufactura y procesamiento de alimentos.

##### **3.3.2.3 Infiltración y conexiones incontroladas**

Es el Agua que penetra de forma no controlada en la red de alcantarillado procedente del subsuelo, y agua pluvial que es descargada a la red a partir de fuentes tales como bajantes de edificios, drenes de cimentaciones y alcantarillas pluviales.

##### **3.3.2.4 Agua pluvial**

Es el flujo derivado de eventos de precipitación, el cual es introducido deliberadamente dentro de las alcantarillas con el propósito de ser transportado.

### **3.3.3 Cantidades de aguas residuales**

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 e industriales etc.

La cantidad de Aguas residuales, depende de la población servida y de la fracción de agua consumida que se vierte en el sistema de saneamiento y es menor que la cantidad de agua suministrada a causa de:

- Pérdidas en las tuberías.
- Riego de jardines.
- Agua consumida en los procesos industriales.
- Consumo no descargado.

Generalmente se considera aproximadamente un 80 % de la dotación doméstica de Agua Potable. Por otra parte, debemos considerar las aportaciones de los abastos particulares, conexiones ilícitas, agua de infiltración etc.

#### **3.3.3.1 Aporte comercial, industrial y publico**

Para las ciudades y localidades del país, exceptuando la capital, INAA brinda, diversos porcentajes de acuerdo a la dotación domestica diaria, en casos especiales se estudiará específicamente en forma detallada.

#### **3.3.3.2 Caudal de infiltración**

- Para tuberías con juntas de mortero se les deberá asignar un gasto de 10,000 L/ha/día.
- Para tuberías con juntas flexibles se les deberá asignar un gasto de 5,000 L/ha/día.
- Para tuberías plásticas 2L/hora/100m de tubería y por cada 25 mm de diámetro.

### **3.3.3.3 Caudal medio**

El gasto medio de aguas residuales domésticas se deberá estimar igual al 80% de la dotación del consumo de agua.

### **3.3.3.4 Caudal mínimo**

Para la verificación del gasto mínimo en las alcantarillas se deberá aplicar que el caudal mínimo sea igual a 1/5 del caudal medio.

### **3.3.3.5 Caudal máximo**

El gasto máximo de aguas residuales domésticas se deberá determinar utilizando el factor de relación de Harmon.

El factor de Harmon (H) deberá tener un valor no menor de 1.80 ni mayor de 3.00. CPD es el Consumo Promedio Diario.

### **3.3.3.6 Caudal de diseño**

Si el área a servir tuviera más de uno de los usos antes señalados, los caudales de aguas residuales se deberán estimar como la suma de las contribuciones parciales por uso, debiéndose efectuar el diseño de los tramos de alcantarillado en base del aporte calculado para cada uso, y no usando el valor promedio por área unitaria.

## **3.4 Sistema de alcantarillado**

### **3.4.1 Concepto**

Se denomina Alcantarillado Sanitario al sistema de conducción y recolección de aguas residuales domésticas e industriales.

### **3.4.2 Tipos de alcantarillado sanitario**

El tipo de Alcantarillado depende de sus dimensiones, configuración planimetría, altimétrica del sitio de ejecución de este y de los recursos financieros disponibles.

#### **3.4.2.1 Convencional**

Los sistemas convencionales de alcantarillado son el método más popular para la recolección y conducción de las aguas residuales. Está constituido por colectoras que

son construidas, generalmente, en una parte lateral de calles y avenidas e instaladas en pendiente, permitiendo que se establezca un flujo por gravedad desde las viviendas hasta la planta de tratamiento.

El sistema convencional, es el más utilizado en Nicaragua, está compuesto por tuberías con diámetro mínimo de 150 mm, pozos de visita y conexiones domiciliarias con una caja de registro en cada vivienda. Todas las tuberías se diseñan únicamente para que pasen por la red pública en las calles con una profundidad mínima de 1.50 m, más el diámetro del tubo.

#### **3.4.2.2 No convencional**

Son sistemas, la mayoría de origen brasileño, los cuales se crearon como alternativa ante el alcantarillado convencional, entre los que cabe mencionar están: el sistema simplificado, el condominal y el sistema de redes de aguas residuales decantadas o de pequeño diámetro, etc.

#### **3.4.2.3 Pluvial**

Transporta agua de lluvia y cualquier otro residuo que pueda ser descargado a las calles o sobre la superficie del suelo.

#### **3.4.2.4 Separados y combinados**

La alcantarilla combinada transporta tanto las aguas residuales como aguas de lluvias. El sistema compuesto por alcantarillas combinadas se denomina Sistema Combinado, mientras que el sistema que segrega las aguas de lluvias es llamado Sistema Separado.

### **3.4.3 Clasificación de las tuberías**

- Laterales o cabeceros: reciben únicamente los desagües provenientes de los domicilios.
- Secundarias: Reciben el caudal de dos o más tuberías iniciales.
- Colector secundario: Recibe el desagüe de dos o más tuberías secundarias.
- Colector principal: Capta el caudal de dos o más colectores secundarios.

- Emisario final: Conduce todo el caudal de aguas residuales o lluvias a su punto de entrega, que puede ser una planta de tratamiento o un vertimiento a un cuerpo de agua como un río, lago o el mar.

#### **3.4.4 Otros elementos de alcantarillado:**

La red de alcantarillado, además de los colectores o tuberías, está constituida por otras estructuras hidráulicas diseñadas para permitir el correcto funcionamiento del sistema. Entre otras, se puede mencionar las siguientes:

- Pozos de inspección.
- Cámaras de caída.
- Aliviaderos frontales o laterales.
- Sifones invertidos.
- Sumideros y rejillas.
- Conexiones domiciliarias.

#### **3.4.5 Hidráulica de alcantarillas**

Para el diseño de los sistemas de alcantarillado sanitario es necesario el conocimiento de principios básicos de la hidráulica aplicados a líquidos en conductos cerrados o abiertos sin presión, a su vez el diseño debe cumplir con ciertos parámetros regulatorios según los códigos vigentes en el país, para asegurar su correcto funcionamiento cumpliendo la condición de auto limpieza para limitar la sedimentación de sólidos.

##### **3.4.5.1 Fórmulas para el diseño**

Se considera para la técnica de cálculo que tanto el caudal como la velocidad promedio permanecen constantes para un determinado tramo de tubería. Para los cálculos hidráulicos se pueden emplear la fórmula de Ganguillet – Kutter, pero se utilizará la fórmula empírica de Manning, práctica para canales abiertos y conductos cerrados.

##### **3.4.5.2 Coeficiente de rugosidad**

El cálculo hidráulico de las alcantarillas se deberá hacer en base a la fórmula de Manning. En la siguiente tabla se indican los valores del coeficiente de rugosidad “n” de Manning, para las tuberías de uso más corriente.

<b>Material</b>	<b>Coeficiente</b>
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

*Tabla 3: Coeficientes de rugosidad. Fuente: Norma NTON 09 002 99*

Generalmente las colectoras de hasta 375 mm de diámetro son diseñadas para trabajar, como máximo, a la media sección, destinándose la mitad superior de los conductos a la ventilación del sistema y a las imprevisiones y oscilaciones excepcionales. Las colectoras mayores que reciben efluentes de redes relativamente extensas, que corresponden a mayor población tributaria, están sujetas a menores variaciones de caudal y por eso pueden ser dimensionadas para funcionar con tirantes de 0.70 a 0.80 del diámetro.

### **3.4.5.3 Diámetro mínimo**

El diámetro mínimo de las tuberías cabeceras y secundarias será de 150mm (6") y para los colectores principales será de 200mm (8").

### **3.4.5.4 Criterio De La tensión tractiva**

La tensión tractiva, 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, para garantizar la condición de auto limpieza que un sistema de alcantarillado debe de cumplir evitando así problemas de obstrucción y taponamiento. Se recomienda que la tensión de arrastre sea igual a 1pa.

### **3.4.5.5 Pendiente longitudinal mínima**

La pendiente longitudinal mínima deberá ser aquella que produzca una velocidad de auto lavado, la cual se podrá determinar aplicando el criterio de la Tensión de Arrastre.

### 3.4.5.6 Elementos hidráulicos (sección transversal circular)

Los elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular, la cual consiste en una serie de tablas que permitirán obtener coeficientes adimensionales a partir de una de las relaciones entre: velocidad a sección llena y velocidad real, el diámetro de la tubería y el tirante, el caudal a sección llena y el caudal de diseño o el área de la tubería y el área mojada.

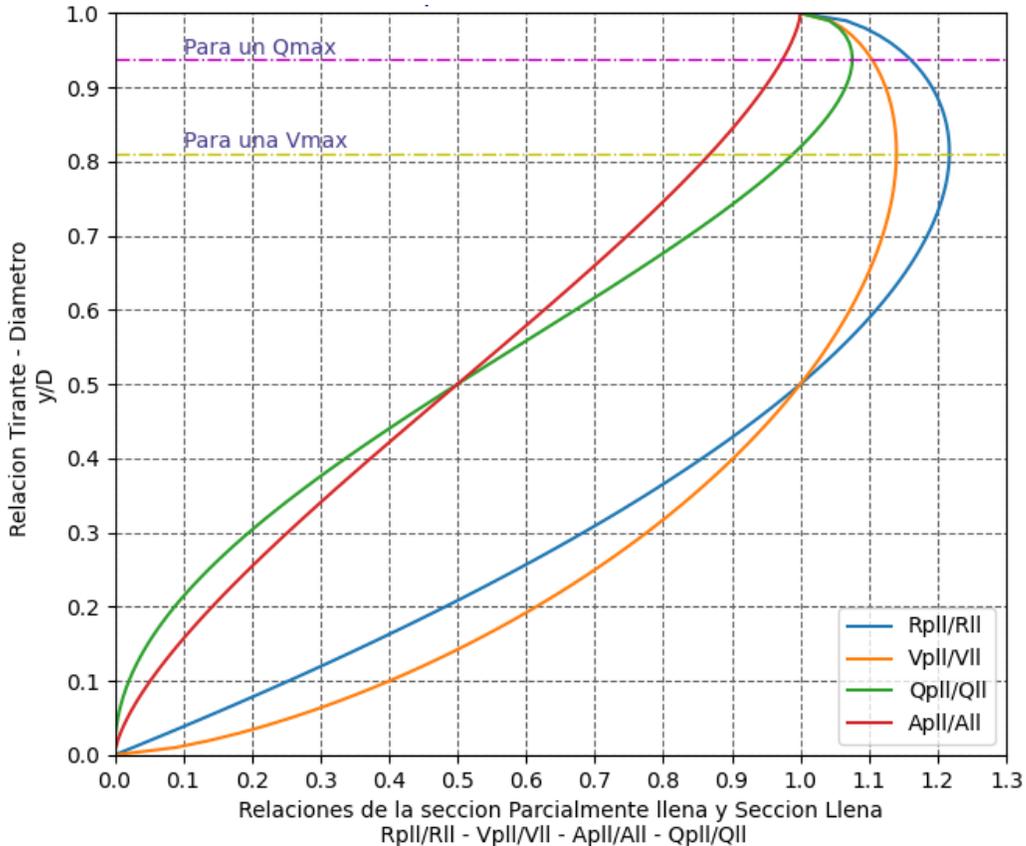


Figura 6: Diagrama de relaciones hidráulicas para secciones circulares parcialmente llenas

Una vez obtenida la relación de los caudales, esta se sustituye en la curva del banano, interceptando como primera opción a la relación Y/D, (tirante de aguas sobre el diámetro) procurando obtener en la intercepción de valores, un resultado menor al de 0.8, valor que indica la correcta circulación de las aguas a través de las tuberías, un valor mayor o igual al 0.8 nos indica un diseño de alcantarillado bastante deficiente con circulación de aguas de manera incorrecta.

Cuando al momento de interceptar valores en la curva, se obtienen valores mayores o iguales al 0.8, se procede a cambiar el diámetro D de la tubería, aumentando el valor del diámetro al siguiente tamaño que existe según el tipo de tubería que se usa, procediendo a realizar nuevamente la intercepción verificando si el valor obtenido en la relación Y/D cambia a un valor menor al 0.8.

Si al momento de cambiar del diámetro no se obtiene el valor deseado en la curva del banano, repetimos el paso anterior cambiando nuevamente el diámetro de la tubería hasta que se obtenga un valor de relación Y/D menor al 0.8 procurando de esta manera una correcta funcionalidad en el diseño de alcantarillado.

#### **3.4.5.7 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 y 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 o 0.5 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.

#### **3.4.5.8 Pérdida de carga adicional**

Para todo cambio de alineación sea horizontal o vertical se incluirá una pérdida de carga igual a  $0.25(Vm)^2/2g$  entre la entrada y la salida del pozo de visita sanitario (PVS) correspondiente, no pudiendo ser en ninguno de los casos menor que 3cm<sup>3</sup>.

#### **3.4.5.9 Cambio de 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.

#### **3.4.5.10 Angulo De tubería**

En todos los pozos de visita o cajas de registro, el ángulo formado por la tubería de entrada y la tubería de salida deberá tener un valor mínimo de 90° y máximo de 270° medido en sentido del movimiento de las agujas del reloj y partiendo de la tubería de entrada.

#### **3.4.5.11 Cobertura de tubería**

En el diseño se deberá mantener una cobertura mínima sobre la corona de la tubería en toda su longitud de acuerdo con su resistencia estructural y que facilite el drenaje de las viviendas hacia las recolectoras.

#### **3.4.5.12 Ubicación de tubería**

En las vías de circulación dirigidas de Este a Oeste, las tuberías se deberán ubicar al Norte de la línea central de la vía. En las vías de circulación dirigidas de Norte a Sur, las tuberías se deberán ubicar al Oeste de la línea central de la vía.

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 1.50m.

#### **3.4.5.13 Secciones especiales de alcantarillas**

Cuando sea imprescindible usar alcantarillas de sección diferente que la circular, se deberán diseñar también las transiciones necesarias.

#### **3.4.5.14 Sifones invertidos**

Los sifones invertidos se utilizan para pasar por debajo de estructuras tales como conducciones, ferrocarriles subterráneos o bajo un curso de agua a través de un valle. Se deberán construir con tuberías de hierro dúctil, concreto reforzado u otro material resistente a las presiones que estarán sometidos.

Los parámetros de diseño serán los siguientes:

- El diámetro mínimo, igual al mismo tamaño que el de las alcantarillas.
- La velocidad deberá mantenerse entre 0.90 y 1.20 m/s.

Se deberán instalar más de una tubería, para mantener velocidades adecuadas en todo momento, disponiendo los tubos de tal manera, que éstos entren progresivamente en operación al aumentar el caudal de agua residual.

La pérdida de carga realmente necesaria en cualquier momento deberá ser igual a la pérdida por rozamiento más las pérdidas singulares.

El nivel de arranque de la cámara de registro a la salida del sifón deberá estar a una elevación por debajo, con relación a la rasante en la cámara de registro a la entrada del sifón, igual a las pérdidas de carga enunciadas en el numeral anterior.

#### **3.4.5.15 Conexiones domiciliarias**

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 domiciliarias. Ellas deberán instalarse por debajo de las tuberías del acueducto, inclusive de las tuberías Inter domiciliarias. Su diámetro mínimo deberá ser de 100 mm, para viviendas unifamiliares. Para el caso de hoteles, hospitales, colegios, etc., su diámetro se podrá determinar considerando la cantidad de artefactos sanitarios y aplicando el método de Hunter para obtener el caudal de descarga. La pendiente mínima podrá estar entre 1 y 2% dependiendo de la profundidad de la recolectora.

### **3.5 Pozos de visita**

#### **3.5.1 Ubicación**

Se deberán ubicar Pozos de Visita Sanitarios (PVS) o cámaras de inspección, en todo cambio de alineación horizontal o vertical, en todo cambio de diámetro; en las intersecciones de dos o más alcantarillas, en el extremo de cada línea cuando se prevean futuras ampliaciones aguas arriba, en caso contrario se deberán instalar "Registros Terminales" (cleanout).

#### **3.5.2 Distancia máxima**

El espaciamiento máximo entre PVS deberá variar, dependiendo de los métodos y equipos de mantenimientos que se utilicen.

### 3.5.3 Características del pozo de visita

- El PVS podrá ser construido totalmente de concreto, o con el cuerpo de ladrillo cuarterón apoyado sobre una plataforma de concreto. En el caso que el cuerpo sea de ladrillo éste deberá repellarse con mortero interna y externamente para evitar la infiltración en ambos sentidos.
- Para pozos con profundidades mayores de 3 m, el proyectista deberá determinar el grosor de la pared, para que resista los esfuerzos a que será sometida durante el funcionamiento del sistema.
- El diámetro interno (D) del pozo será 1.20m, para alcantarillas con diámetro  $\Phi = 750\text{mm}$  y menores; para alcantarillas con  $\Phi$  mayores de 750mm, D deberá ser igual a  $\Phi + 600\text{mm}$ .
- Todos los PVS estarán provisto en la parte superior de una tapa que permita una abertura de 0.60m de diámetro, la cual está dotada de 2 orificios de 0.03m de diámetro para proveer el escape de gases.
- Para alcantarillas con diámetros de 200mm y menores, con profundidades de rasante de tubos hasta un máximo de 1.80m, se usarán Dispositivos de Visita Cilíndricos (DVC) consistente en tubos de concreto precolado con diámetro interno de 760mm.
- Para profundidades de rasante de tubos de 0.60m a 1.00m se usarán Cajas de Registro Sanitarias (CRS).
- El fondo del pozo tendrá un acabado fino, con pendiente transversal hacia los canales no menor del 2%. Todas las aristas serán ser redondeadas.
- El pozo de visita será provisto en su interior, de peldaños con diámetro no menor de 15mm de aleación de aluminio, separados verticalmente 0.30m.

### 3.5.4 Pozos de visita con caída

Se usarán pozos de visita con caída cuando la altura entre el fondo del pozo de visita y el fondo de la tubería de entrada sea mayor de 0.60m.

## **3.6 Tratamiento de aguas residuales**

### **3.6.1 Generalidades**

El objetivo prioritario del Sistema de Tratamiento y disposición de las aguas residuales domésticas, es la eliminación de impurezas contenidas en esta, remover materia orgánica, parásitos y microorganismos patógenos productores de enfermedades endémicas y además proteger la calidad de los recursos hídricos de una región, nación o continente. Obteniendo como resultado la protección de la salud y el bienestar de los individuos miembros de la sociedad.

La disposición de las aguas residuales crudas en cuerpos receptores producen contaminación, que puede ser peligrosa para el ser humano y cuerpos receptores, porque imposibilita su posterior uso, por tanto el efluente producido por el sistema de tratamiento, debe presentar características necesarias y debe cumplir ciertas normas establecidas por los gobiernos federales y estatales, que le permitan su descarga en cuerpos receptores, sin que esta acción cause un impacto ambiental negativo a dicho recurso. De tal modo que posibilite su posterior uso ya sea para riego de cultivo agrícola o recreación, etc.

Las operaciones de pretratamiento, las cuales comprenden el uso de rejillas, bombas, rejillas y trituradores, desarenadores, lavadores de arena, estanques de pre-aireación y de flotación, tratamientos químicos y floculación.

Tratamiento primario: los cuales son de acción física o fisicoquímica como sedimentación, flotación, coagulación - floculación, para provocar la separación física de los materiales en suspensión presentes en el líquido residual procedente del pretratamiento.

Tratamiento secundario: adicional al primario, biológico. El tratamiento secundario presupone la aplicación previa de tratamientos primarios, Podrán aplicarse tratamientos secundarios por lodos activados, zanjas de oxidación, filtros biológicos percoladores o de goteo y sus variantes, lagunas de estabilización (Aerobia, facultativa y anaerobia), de Oxidación (Oxigenación fotosintética y aireadas), de acabado y otros de uso más limitado, como filtros intermitentes de arena; lechos de contacto etc.

El efluente final del tratamiento secundario, en la planta de depuración de las aguas servidas deberá cumplir con los rangos y términos establecidos en el Decreto No. 33-95, para descargas a cuerpos de agua receptores.

### **3.6.2 Operaciones y procesos unitarios en el tratamiento del agua residual**

Los contaminantes presentes en el agua residual pueden eliminarse por métodos físicos, químicos y biológicos. Los métodos individuales se describen por operaciones físicas unitarias, procesos químicos unitarios y biológicos unitarios.

**Las Operaciones Físicas:** predomina la aplicación de las fuerzas físicas, como el desbaste, mezclado, floculación, sedimentación, flotación y filtración.

**Los Procesos Químicos:** la eliminación de contaminantes es provocada por la adición de compuestos químicos o por otras reacciones químicas como la precipitación, transferencia de gases, adsorción y la desinfección.

**Los Procesos Biológicos:** son los métodos de tratamiento en los cuales, se consigue la eliminación de contaminantes por la actividad biológica. El tratamiento biológico se usa especialmente para eliminar las sustancias orgánicas biodegradables (coloidales o disueltas) presentes en el agua residual. Estas sustancias se convierten en gases que pueden escapar a la atmósfera y en tejido celular biológico que puede eliminarse por sedimentación. Dependiendo del tipo de bacterias que se aclimate, se tratará de una fase anaerobia (bacterias anaerobias), aeróbico (bacterias aeróbicas), o facultativo (bacterias que se desenvuelve tanto en ambientes anaerobios como aeróbicos). Existen también anóxicos en que las bacterias utilizan compuesto que contienen oxígeno (p.e. nitrato) como fuente para respiración.

**Tratamiento Anaerobio:** opera bajo una condición de ausencia de aire u oxígeno, caracterizado por el empleo de una alta carga orgánica y, por consiguiente, un corto período de retención. Es muy sensible a factores ambientales y operativos como: temperatura, variaciones bruscas de carga y de pH, ya que puede producir períodos de baja eficiencia con un efluente de calidad pobre, es de reacciones lentas y producto de éstas se emiten malos olores. Las bacterias aprovechan parte de los nutrientes inorgánicos en la fabricación de su propio protoplasma celular, sin embargo, como

consecuencia del agotamiento de los nutrientes y de otros fenómenos aún no muy claramente comprendidos, produciéndose una disminución de la flora bacteriana; el efluente tiene un alto contenido de materia orgánica y color, lo que hace necesario una siguiente fase de tratamiento.

**Tratamiento Aerobio:** la carga orgánica que se recibe es pequeña, con la cual prevalecen las condiciones aerobias. Las principales reacciones que se dan son degradación aerobia y fotosíntesis. Se utilizan principalmente como tratamientos adicionales de efluentes que proceden de otro tipo de tratamiento y que contienen pocos sólidos en suspensión. Se caracteriza por la descomposición de la materia orgánica en presencia de oxígeno. En este proceso se producen compuestos inorgánicos que sirven de nutrientes a las algas, las que logran sintetizar la materia orgánica que se integra a su propio protoplasma. En esta misma fase se produce oxígeno que facilita la actividad de las bacterias aeróbicas, lográndose de esta manera satisfacer la demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

**Tratamiento Facultativo:** Consiste en remover la DBO bajo condiciones aeróbicas, aprovechando principalmente la simbiosis (combinación de los procesos Aerobio y Anaerobio) entre las algas y bacterias.

### 3.6.3 Clasificación de los tratamientos de aguas residuales.

Dependiendo de las características y el nivel en que se apliquen los tratamientos pueden clasificarse como: tratamientos preliminares, primarios, secundarios y terciarios.

### 3.6.4 Tratamientos preliminares

Estos tratamientos son destinados a preparar las aguas residuales para que reciban los tratamientos subsiguientes, sin perjudicar los equipos mecánicos y sin obstruir tuberías y causar depósitos permanentes en tanques. Las unidades de tratamiento preliminares más importantes son:

- Separación de sólidos gruesos: rejas, rejillas, tamices, filtros gruesos.
- Separación de sólidos suspendidos y sedimentables: desarenadores, sedimentadores, centrifugadores, filtros finos.
- Separación de grasas: retenedores de grasas.

- Separación de gases: aireación tanque de compensación y/u homogenización.

### 3.6.4.1 Rejas

La primera operación unitaria obligada en el tratamiento de aguas residuales es el cribado, esta operación se realiza usando rejas y circulando el agua a través de ellas. Su finalidad es retener los sólidos en suspensión de distintos tamaños, que trae consigo el influente de aguas residuales crudas, contribuye además a reducir el volumen de espuma, evitar la obstrucción de los conductos, proteger los equipos y reducir al mínimo la absorción de oxígeno.

Las rejas son un conjunto de barras colocadas una al lado de otra, estas pueden ser rectangulares o circulares y con un determinado grado de inclinación. La distancia o la abertura de las barras de las rejillas depende del tamaño de las partículas, que se desean retener y eliminar, mediante esta operación y de su limpieza, la cual puede hacerse de forma manual (limpiar con un rastrillo) o mecánica. Según el tamaño de las aberturas se clasifica en:

#### Clasificación de rejas según el tamaño de aberturas

Rejas	Separación cm.
Finas	1 - 2
Medias	2 - 4
Gruesas	4 - 10

*Tabla 4: Diseño y construcción de una planta modelo de tratamiento, universidad católica de Colombia*

### 3.6.4.2 Desarenadores

Los desarenadores tienen como objetivo separar arenas, gravas, cenizas y cualquier otra materia que tenga una velocidad de sedimentación o peso específico, superior al de los sólidos orgánicos putrescibles presentes en el agua residual. La arena también incluye cascarones de huevo, pedazos de hueso, granos de café y grandes partículas orgánicas tales como residuos de comida.

La eliminación de esos materiales, ayuda a proteger los equipos mecánicos móviles contra la abrasión y contra el desgaste anormal y a reducir la formación de depósitos

pesados en las tuberías, canales y conductos, así como a disminuir la frecuencia de limpieza en los digestores, la cual es necesaria realizar para remover las acumulaciones excesivas de arena en tales unidades.

Existen diferentes tipos de desarenadores, los más comunes en el tratamiento de aguas residuales, son los de flujo horizontal y los aireados, también conocidos como de flujo helicoidal.

**Los desarenadores de flujo horizontal:** Se diseñan para una velocidad horizontal de flujo aproximadamente igual a 30 cm/s. Dicha velocidad permite el transporte de la mayor parte de partículas orgánicas del agua residual a través de la cámara y tiende a suspender el material orgánico sedimentado, pero permite el asentamiento del material inorgánico pesado. En la práctica, para facilidad de construcción se usan desarenadores de sección trapezoidal, aproximada a la sección de diseño parabólica. Generalmente los desarenadores para aguas residuales se diseñan para remover todas las partículas de diámetro mayor de 0.20 mm

### **3.6.5 Tratamientos primarios**

Es un proceso físico o físico-químico que incluye la sedimentación de sólidos en suspensión u otros procesos, en los que la materia orgánica de las aguas residuales que entren se reduzca por lo menos en un 20% antes del vertido y el total de sólidos en suspensión en las aguas residuales de entrada se reduzca por lo menos en un 50%.

Dentro de los tratamientos primarios se pueden considerar, El tanque Imhoff, las lagunas de estabilización (primarias) y los reactores UASB.

#### **3.6.5.1 Tanques sépticos**

Los tanques sépticos se diseñan fundamentalmente para la remoción de la carga de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Disueltos Totales (SDT) y Sólidos Sedimentables (SS), con la finalidad que cumplan con las normas de vertido de efluente descritas en la ley ambiental del Ministerio de Recursos Naturales y del Medio Ambiente MARENA.

En estos tanques la parte sólida de las aguas servidas es separada por un proceso de sedimentación, y a través del denominado “proceso séptico” se estabiliza, por la acción de bacterias anaerobias, la materia orgánica de esta agua para lograr transformarla en un lodo inofensivo. Una trampa de grasa, o triturador se debe proveer anterior al tubo de entrada de aguas residuales.

### 3.6.5.2 Tanque Imhoff

El tanque Imhoff es una unidad de tratamiento primario cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos. Es un sistema de tratamiento anaerobio de dos pisos, ampliamente usado para el tratamiento primario. Para comunidades de 5000 habitantes o menos, los tanques Imhoff ofrecen ventajas para el tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que integran la sedimentación del agua y la digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad, por ese motivo también se llama tanques de doble cámara.

Pueden verse tanques Imhoff en muchas formas rectangulares y hasta circulares, pero siempre proporcionan una cámara o cámaras superiores, por las cuales pasan las aguas negras en su período de sedimentación y separación sólido-líquido, además de otra cámara inferior donde la materia recibida por gravedad, permanece en condiciones tranquilas para su digestión anaeróbica.

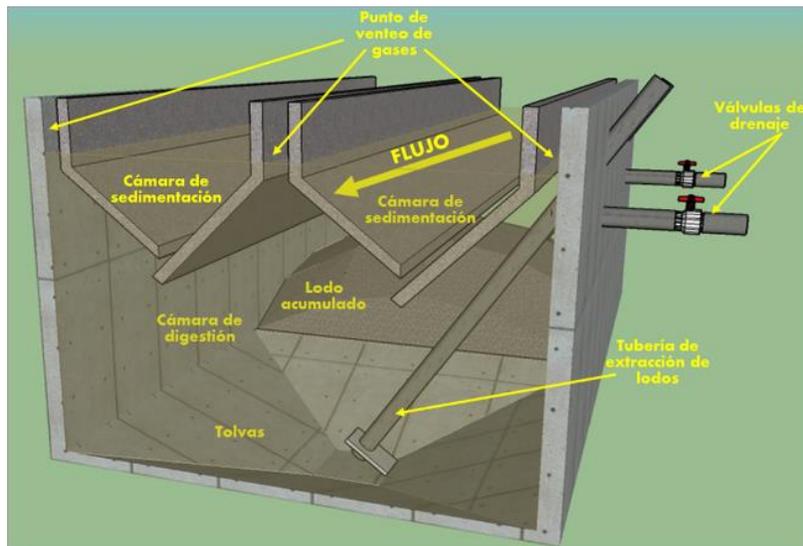


Figura 7: Esquema de tanque Imhoff

El tanque Imhoff elimina del 40 al 50% de sólidos suspendidos y reduce la DBO de 25 a 35%. Los lodos acumulados en el digester del tanque Imhoff se extraen periódicamente

y se conducen a lechos de secados. Debido a esta baja remoción de la DBO y coliformes, lo que se recomendaría es enviar el efluente hacia una laguna facultativa para que haya una buena remoción de microorganismos en el efluente.

De la forma del tanque se obtienen varias ventajas:

1. Los sólidos sedimentables alcanzan la cámara inferior en menor tiempo.
2. La forma de la ranura y de las paredes inclinadas que tiene la cámara acanalada de sedimentación, fuerza a los gases de la digestión a tomar un camino hacia arriba que no perturba la acción sedimentadora.

### **3.6.5.3 Lechos de Secado de Lodos**

Luego de haberle proporcionado el tratamiento adecuado a las aguas residuales, a través de los diferentes procesos, en cada etapa de tratamiento, el residuo final o lodo es colocado en los lechos de secado de lodos, los cuales se encargan de eliminar la humedad del lodo final. Los lechos de secado de lodos son generalmente el método más simple y económico para deshidratar los lodos digeridos por infiltración, ya que requieren de un mínimo de atención en su operación. Después de ocurrida la deshidratación de los lodos se retira y disponen de ellos enterrándolos o pueden ser utilizados para mejoramiento de suelos.

#### **Tipos de lechos de secado de Lodos**

1. Lechos de Arena para Secado.
2. Lechos de Secado de Pavimento
3. Lechos de Medio Artificial.
4. Lechos de Secado con ayuda de Vacío.

#### **Lechos de arena para secado**

Están conformados por diferentes capas de materiales, entre las que se encuentra una capa de arena fina que reposa sobre una capa de grava, entre otras. Los drenajes son de tuberías perforadas, con un diámetro mínimo de 4" y con una pendiente de 1%. Se deben de colocar como mínimo 2 lechos de secado de lodos.

#### **3.6.5.4 Filtro anaeróbico de flujo ascendente**

El Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente o FAFA, es un componente ocasional de plantas de tratamiento. La función del filtro, también llamado reactor anaerobio tiene por finalidad reducir la carga contaminante de las aguas servidas. El agua servida es alimentada al filtro a través del fondo, construido de forma que permita distribuir el flujo en forma uniforme en toda la sección del filtro.

#### **3.6.6 Tratamientos secundarios o biológicos**

Elimina las partículas coloidales y similares. Puede incluir procesos biológicos y químicos. El proceso secundario más habitual es un proceso biológico, en el que se facilita que bacterias aerobias digieran la materia orgánica que llevan las aguas. Este proceso se suele hacer llevando el efluente que sale del tratamiento primario a tanques en los que se mezcla con agua cargada de lodos activos (microorganismos), el agua que sale contiene muchas menos impurezas.

En los tratamientos secundarios se pueden considerar los siguientes:

1. Lagunas de Estabilización.
2. Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente. (FAFA).
3. Sistemas con Biofiltros o humedales de flujo subsuperficial.

##### **3.6.6.1 Clasificación de sistemas de tratamientos secundarios**

Los sistemas de tratamientos pueden clasificarse en convencionales y no convencionales. Los procesos convencionales abarcan aquellos que involucran mecanización de los sistemas, en tanto que los no convencionales no involucran mecanización, pero requieren grandes áreas de terreno y están enfocados mayormente al tratamiento de aguas servidas domésticas. Entre estos sistemas se encuentran las lagunas de estabilización, lagunas anaeróbicas y “Wetlands” (lagunas de baja profundidad con presencia de plantas acuáticas). El diseño de estas unidades está en general basado en el tiempo de retención y en la carga orgánica aplicada por unidad de superficie, lo que conlleva grandes requerimientos de superficie para la generalidad de los casos.

### **3.6.6.2 Laguna de estabilización**

El tratamiento de aguas residuales por el método de lagunas de estabilización, es el más simple que existe. Las lagunas están constituidas por excavaciones poco profundas (1 - 4m), con periodos de retención de magnitud considerable (1 - 40 días), cercadas por taludes de tierra. Generalmente tienen forma rectangular o cuadrada. Tiene un alto rendimiento (45 – 70 %) de reducción del DBO en un tiempo de retención de 2 días.

El tratamiento a través de lagunas tiene tres objetivos:

1. Remover de las aguas residuales la materia orgánica que ocasiona la contaminación.
2. Eliminar los microorganismos patógenos que representan un grave peligro para la salud.
3. Utilizar su efluente, con otras finalidades, como en agricultura.

Nicaragua, siendo un país de clima tropical ofrece condiciones favorables, para el tratamiento de las aguas residuales mediante procesos naturales, como es el caso de las Lagunas de Estabilización, lo cual es debido principalmente a la temperatura ambiente. Cuando las Lagunas de Estabilización, trabajan como tratamiento primario, reciben el agua residual bruta sin ningún tipo de tratamiento, las lagunas pueden actuar como: anaerobias, aerobias y facultativas.

Las lagunas constituyen un método de tratamiento simple, económico y bastante eficiente, pueden ser aplicadas y clasificadas según los siguientes criterios:

1. Según reacciones biológicas: anaerobias, facultativas y aerobias.
2. Según el grado de tratamiento previo: primaria, secundaria y terciaria.
3. Según el método de aireación: aerobias y aireadas.
4. Según la condición de descarga: sin descarga, descarga controlada, descarga continua.

### **3.6.6.3 Lagunas facultativas**

Las lagunas facultativas pueden ser de dos tipos: lagunas facultativas primarias, las cuales reciben las aguas crudas, y las lagunas facultativas secundarias, que reciben las aguas sedimentadas de la etapa primaria (usualmente el efluente de una laguna

anaerobia). Son diseñadas para remoción de Demanda Bioquímica de (DBO5) en base a una baja carga orgánica que permita el desarrollo de una población activa de algas. De esta manera, las algas generan el oxígeno requerido por las bacterias heterotróficas para remover la Demanda Bioquímica de (DBO5) soluble.

#### **3.6.6.4 Lagunas anaeróbicas**

Construidas con profundidades de 2 – 4 m Reciben aguas residuales brutas, la carga oscila entre 600 - 1200 Kg DBO5/Ha/día, con gran cantidad de sólidos en suspensión. La carga orgánica es tan grande que toda la masa de agua se encuentra en condiciones anaerobias.

Debido a las altas cargas, que soporta este tipo de unidad de tratamiento y a las eficiencias reducidas, se hace necesario el tratamiento posterior, generalmente por unidades de laguna facultativas en serie, para alcanzar el grado de tratamiento requerido. Para este caso deberá comprobarse que la laguna facultativa secundaria, no tenga una carga mayor que el límite, según los parámetros establecidos. Deberá proyectarse un número mínimo de dos unidades en paralelo para permitir la operación en una de las unidades mientras se remueve el lodo de la otra.

El proceso del tratamiento en una laguna anaeróbica obedece a dos etapas, siendo la primera, la de fermentación (generada por bacterias del tipo facultativo), y la segunda o metanogénesis, generada por bacterias estrictamente anaeróbicas a temperaturas mayor de 15 °C. Por lo general debido al alto rendimiento de reducción de DBO en un tiempo de retención de aproximadamente de dos días, se utiliza para aguas de elevada carga orgánica.

Las Lagunas Anaeróbicas son dimensionadas bajo el concepto de carga volumétrica aplicada y permiten en general profundidades mayores que las facultativas, lo que redonda comparativamente en un menor requerimiento de terreno.

Por las características propias de la población microbiana y el hábitat en que se desarrollan, las lagunas Anaeróbicas son especialmente sensibles a cambios como el pH y la Temperatura, de manera que una variación en 2 unidades de pH o 2 grados centígrados puede llevar al desequilibrio de la población microbiana, generando olores ofensivos en el entorno, el colapso temporal del sistema y una lenta recuperación.

### **3.6.6.5 Lagunas de maduración**

Las lagunas de maduración tienen como objetivo principal el de reducir la concentración de bacterias patógenas. Estas lagunas generalmente son el último paso del tratamiento antes de volcar las aguas tratadas en los receptores finales o de ser reutilizadas en la agricultura.

### **3.6.6.6 Sistemas con biofiltros o humedales de flujo subsuperficial.**

El biofiltro es un sistema de tratamiento natural del agua residual. Es la imitación de un ambiente acuático natural, el cual incluye todo aquello que sostiene la vida de los organismos que se encuentran en él, como agua, nutrientes y los requerimientos esenciales para los metabolismos aeróbicos y anaeróbicos, en los cuales, en una sola etapa de tratamiento se combinan filtración mecánica, precipitación química y biodegradación. La combinación de estos procesos garantiza una purificación efectiva de las aguas residuales, pues no se incurre en gastos de energía ni de aditivos químicos. El biofiltro es un filtro biológico que utiliza un lecho filtrante como base para la población bacteriana, y están sembradas en la superficie plantas macrófitas. Las macrófitas tienen la capacidad de introducir a través de sus raíces oxígeno a las zonas aledañas, con el fin de establecer una población de bacterias aeróbicas, las cuales logran la mayor parte de la descomposición de la materia orgánica, así como la nitrificación del nitrógeno amoniacal a nitrato.

Este tipo de sistema, una vez iniciada su operación, solamente es necesario controlar el crecimiento de las plantas, lo que como una alternativa puede ser la comercialización de las mismas, no contempla sistemas mecanizados, ni requiere de energía eléctrica para su funcionamiento.

#### ***Lecho Filtrante***

Las funciones principales del lecho filtrante son: proveer el mecanismo de filtración para la retención de sólidos suspendidos y proporcionar el área de soporte para la formación de la capa de microorganismos que degradan aeróbica y anaeróbicamente la materia contaminante, además de construir el medio utilizado por las raíces de las plantas macrófitas para su fijación y desarrollo.

La característica fundamental requerida para el material del lecho filtrante es su resistencia al desgaste provocado por las aguas residuales, la cual debe garantizar que el lecho no se deteriore con el paso del tiempo. La porosidad juega un papel importante, puesto que de ella depende la superficie disponible para la formación de la capa bacteriana responsable en gran medida de la depuración de las aguas residuales y también tiene un efecto directo sobre el tamaño del biofiltro.

En Nicaragua existen materiales resistentes que poseen alta porosidad, tales como el hormigón rojo, hormigón negro y la piedra volcánica negra. Los primeros dos, que se encuentran en bancos de arena volcánica del país, tienen una porosidad entre el 40 y 60%, mientras que la piedra negra de mayor granulometría tiene una porosidad superior al 70%. Los dos tipos de hormigón se han utilizado en lechos filtrantes de diferentes unidades, obteniéndose mejores resultados con el hormigón rojo. La piedra negra ha mostrado su mayor utilidad en la sección de la distribución del flujo a la entrada del biofiltro, así como en la zona de recolección.

#### ***Plantas utilizadas en el biofiltro.***

Las plantas se pueden seleccionar en base a la eficiencia proporcionada en el tratamiento de las aguas residuales. Hasta el momento, se tiene información fundamentada sobre el uso de plantas como el platanillo (*Heliconia*), zacate Taiwán (*Pennisetum purpureum*), carrizo (*Phragmites australis*), tule (*Typha domingüensis*), *Cyperus articulatus* y *Phalaris arundinacea*. Todas estas plantas resultan efectivas en el tratamiento de aguas residuales y pueden indistintamente elegirse si se desea obtener algún efecto u obtener algún provecho de ellas. Por ejemplo, el platanillo u otras plantas de la familia de las *Heliconia* se pueden seleccionar con propósitos ornamentales, pues produce flores de diferentes colores, el zacate Taiwán puede utilizarse como alimento de ganado vacuno y el tule y *Phalaris arundinacea* para obtener material de trabajo para la elaboración de artesanías. Sin embargo, cuando se desea remover en mayor medida gérmenes patógenos, la planta más conveniente a utilizar es el carrizo (*Phragmites australis*), pues se ha comprobado que esta planta aumenta la eficiencia del Biofiltro en la remoción de bacterias coliformes fecales. Además, si hay presencia de metales pesados en las aguas residuales, *Phragmites* y *Typha* son las plantas que remueven éstos en mayor cantidad (Cooper et al. 1996).

### **3.6.7 Tratamientos Terciarios.**

Tratamientos de las aguas residuales posterior a la etapa secundaria o biológica, que consiste en la remoción de nutrientes, tal como fósforo, el nitrógeno y de un alto porcentaje de sólidos en suspensión. Las metas de tratamientos varían de acuerdo al reuso que se le pretenda dar a estas aguas; se pueden usar lagunas con plantas acuáticas para la remoción.

#### **3.6.7.1 Calidad de los efluentes**

El efluente final de la planta de tratamiento de aguas servidas, deberá cumplir con los rangos y términos establecidos en el Decreto 33 – 95 “*La Gaceta Diario Oficial*” para descargas a cuerpos de agua receptores.

#### **3.6.7.2 Reuso de los efluentes del sistema de tratamiento**

Una vez que el líquido residual ha sido tratado debidamente, se puede considerar los siguientes puntos para su utilización:

- Riego agrícola.
- Acuicultura.
- Riegos a campos deportivos.
- Riegos a parques públicos.

El riego es uno de los principales usos potenciales de las aguas residuales, a su vez, esta utilización permite reducir el consumo de aguas subterráneas o superficiales limpias, aminorando problemas como: la salinización de los acuíferos o la escasez de agua para el consumo humano.

Se debe considerar que no se utilice el agua para el riego de cultivos hidropónicos (absorben mucha agua), estos deben ser cosidos antes de ingerirlos, además se deberá controlar la calidad del agua y se deberá ajustar a las directrices sobre riego y drenaje establecidas en el Decreto No. 33-95, que rige la “Ley general del medio ambiente y los recursos naturales” en Nicaragua.

### 3.6.7.3 Obras hidráulicas en el sistema de tratamiento

Este tipo de Obras son dispositivos complementarios al tratamiento del agua residual en sus diferentes fases de tratamiento, hasta la disposición final del efluente, dentro de estos se consideraron los siguientes:

- **Cabezal de descarga**

La función del cabezal de descarga, es fijar en el terreno el extremo final de la línea de conducción y realizar la transición entre la tubería de la línea de conducción y el canal principal. La transición se efectúa a través de una descarga en caída libre del caudal, transportado por la línea de conducción sobre la sección de ensanchamiento o sección inicial del canal principal, el que posteriormente distribuye los caudales a tratarse en los módulos del sistema de tratamiento.

- **Canal principal y tuberías de interconexión**

La función principal del canal, será la de conducir el caudal entregado por la línea de conducción, bajo un régimen de flujo uniforme y laminar, que permita la medición de los gastos que entran al sistema y su posterior repartición a los diferentes módulos de tratamiento, a través de las tuberías de distribución o canales secundarios.

- **Medidor Parshall**

Este dispositivo permite la medición de caudales, principalmente en canales. Es un sistema muy práctico debido a su sencillez de construcción y de operación, ya que se trata de un elemento de proporciones estandarizadas; con una o dos lecturas de niveles es posible obtener el caudal.

Por otra parte, debido a su diseño, no es posible la acumulación de sedimentos en ningún punto del medidor que puedan obstaculizar o alterar las mediciones, lo cual lo hace ideal para el caso de agua con mucho material sedimentable.

Existe una gran variedad de materiales de construcción del medidor Parshall como, por ejemplo: concreto, mampostería, acrílico y materiales sintéticos.

El medidor Parshall consiste en una reducción gradual de la sección hasta llegar a la garganta, en donde se debe desarrollar el flujo crítico; posteriormente hay una ampliación gradual hasta llegar al ancho original del canal. Las dimensiones son dadas en función del ancho de la garganta y se encuentra tabulada en la mayoría de libros de hidráulica y

la selección del medidor más adecuado, se hace teniendo en cuenta el caudal y el ancho del canal. Es recomendable en general tomar el ancho de la garganta como  $1/3$  y  $1/2$  del ancho del canal.

- **Vertedero de demasía**

Los vertederos de demasía son del tipo lateral, por su posición en relación a la corriente. Estos son construidos a un lado de los canales, se utilizan corrientemente para desviar el exceso del caudal de aguas Residuales y evitar la saturación del sistema de tratamiento a causa de la sobrecarga.

## **IV Diseño metodológico**

La metodología empleada para el diseño de este sistema de alcantarillado está basada en las guías técnicas empleadas por La Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados para el sistema sanitario convencional con interconexión con un alcantarillado condominal. Con el proyecto se brindará servicio al 100% de la población de la comunidad. Los trabajos se realizaron dentro del marco de la ingeniería hidráulica-sanitaria.

El diseño metodológico para la realización del trabajo monográfico, se desarrollará en base a los objetivos planteados estructurados de la siguiente manera:

### **4.1 Área de estudio**

#### **4.1.1 Caracterización del área de proyecto**

Reconocimiento y recopilación de datos del área de estudio, esta deberá contar con una serie de características para facilitar el desarrollo de soluciones de bajo costo y sostenibles de sistemas de alcantarillado sanitario. A continuación, se detallan las siguientes características:

- Estar dentro de los límites de la comunidad.
- Ser parte del plan de ocupación y uso de suelo de la ciudad.
- Contar con servicio de agua potable.
- Tener una ocupación de 60 al 70% de lotes existente.
- Hábitos de higiene y situación sanitaria.

#### **4.1.2 Censo**

Se recopilarán los censos realizados por MINSA, el Nuevo FISE, alcaldía de Tipitapa y se establecerán los estudios de población además de agregar otros censos realizados por cuenta propia.

#### **4.1.3 Estudio socio – económico**

Entre los principales instrumentos realizados en el proyecto, se aplicó una encuesta, para determinar el nivel de vida socio-económico. Se realizaron encuestas casa por casa en cada uno de los barrios en estudios tomando en cuenta los siguientes aspectos: tamaño

de la familia (hab. por lote), nivel de ingresos, nivel cultural, condición actual de saneamiento, consumo real del agua, potencial para la participación social.

#### **4.1.4 Levantamiento topográfico**

Se realizará recopilación de la información de levantamientos topográficos de altimetría y planimetría en la alcaldía de Tipitapa.

El levantamiento planimétrico del área del proyecto se representará: las áreas de cuencas de drenaje, levantamientos de obstáculos, desniveles y lugares donde será trazada la red principal o colectora. Se levantarán las dimensiones de anchos de frente de lotes, anchos de calles, ancho de aceras y accidentes naturales. El levantamiento altimétrico en las calles a cada 20 m, o menor cuando haya cambios en los niveles de las calles.

Se realizará el dibujo del relieve topográfico y perfiles longitudinales de las calles de los barrios en AutoCAD Civil 3D 2012.

#### **4.2 Estudio de gabinete**

##### **4.2.1 Proyección de población y consumo.**

Con los estudios de los censos de INIDE y el censo ejecutado por el MINSA, se determinarán las tasas de crecimiento y la población futura para un periodo de 20 años. Para el cálculo de la población de diseño se utilizará el Método Geométrico según normas de diseño del INAA.

La fórmula estará definida como:

$$P_d = P_0(1 + r)^n \qquad \text{Población de diseño ( 1 )}$$

Donde:

$P_d$ : Población de diseño.

$P_0$ : Población actual.

$r$ : Tasa de crecimiento.

$n$ : Periodo de diseño del proyecto.

## 4.2.2 Cantidades de aguas residuales

### 4.2.2.1 Consumo doméstico, comercial, industrial y público

Estos dependerán tanto de la ciudad en estudio como de la densidad poblacional de la misma, el caudal se tomará de las tablas brindadas por INAA para cada caso respectivamente.

### 4.2.2.2 Gasto de infiltración (Qinf).

- Para tuberías con juntas de mortero se les deberá asignar un gasto de 10,000 L/ha/día.
- Para tuberías con juntas flexibles se les deberá asignar un gasto de 5000 L/ha/día.
- Para tuberías plásticas 2L/hora/100 m de tubería y por cada 25 mm de diámetro.

### 4.2.2.3 Gasto medio (Qm).

El gasto medio de aguas residuales domésticas se deberá estimar igual al 80% de la dotación del consumo de agua.

$$Q_m = 0.8 * dot \quad \text{Gasto medio ( 2 )}$$

### 4.2.2.4 Gasto mínimo de aguas residuales (Qmin).

Para la verificación del gasto mínimo en las alcantarillas se deberá aplicar la siguiente relación:

$$Q_{min} = \frac{1}{5} Q_m \quad \text{Gasto mínimo ( 3 )}$$

### 4.2.2.5 Gasto máximo de aguas residuales (Qmax).

El gasto máximo de aguas residuales domésticas se deberá determinar utilizando el factor de relación de Harmon (H), el cual deberá tener un valor no menor de 1.80 ni mayor de 3.00

$$H = 1 + \frac{14}{4 + P^{1/2}} \quad \text{Factor de relación Harmon (4)}$$

P: Población servida en miles de habitantes.

$$Q_{max} = HQ_m \quad \text{Gasto máximo ( 5 )}$$

#### 4.2.2.6 Estimación del caudal de diseño.

Con los registros históricos de consumo de agua potable que lleva el ENACAL y las guías técnicas para el diseño de alcantarillados sanitarios y sistemas de tratamiento de aguas residuales del INAA se establecerá la dotación de agua utilizada y los caudales de diseño de aguas residuales para la población proyectada.

El caudal de diseño hidráulico del sistema de alcantarillas se deberá calcular de la forma siguiente:

$$Q_d = Q_{max} + Q_{inf} + Q_{com} + Q_{ind} + Q_{inst} \quad \text{Caudal de diseño ( 6 )}$$

$Q_{max}$ : Gasto Máximo.

$Q_{inf}$ : Gasto de Infiltración.

$Q_{com}$ : Gasto Comercial.

$Q_{ind}$ : Gasto Industrial.

$Q_{inst}$ : Gasto Institucional o Público.

### 4.2.3 Hidráulica de alcantarillas

#### 4.2.3.1 Trazado de la red

El trazado de la red se determinará analizando por medio de la topografía las condiciones del terreno que sean las más adecuadas para que el sistema de alcantarillado trabaje por gravedad y tenga menores profundidades de excavación.

#### 4.2.3.2 Formula y coeficiente de rugosidad de Manning “n”

El cálculo hidráulico de las alcantarillas se deberá hacer en base a la fórmula de Manning. En la tabla-3 de los anexos se indican los valores del coeficiente de rugosidad “n” de Manning, para las tuberías de uso más corriente.

#### 4.2.3.3 Radio hidráulico:

$$R = \frac{A_m}{P_m}$$

*Radio hidráulico ( 7 )*

Donde:

$A_m$ : Área Mojada ( $m^2$ )

$P_m$ : Perímetro Mojado ( $m^2$ )

#### 4.2.3.4 Fórmula de Manning:

La más recomendable por su sencillez y los resultados satisfactorios su aplicación en alcantarillas, colectores, canales de dimensiones grandes y pequeñas es la fórmula de Manning.

Donde:

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

*Formula de manning ( 8 )*

V: Velocidad (m/s)

n: Coeficiente de Rugosidad (adimensional)

R: Radio hidráulico (m)

S: Pendiente (m/m)

#### 4.2.3.5 Para tuberías con sección llena:

V: Velocidad (m/s)

$$V = \frac{0.396}{n} D^{2/3} S^{1/2} \text{ (m/s)}$$

*velocidad ( 9 )*

Continuidad:

$$Q = V * A$$

*continuidad ( 10 )*

Caudal ( $m^3/s$ ):

$$Q = \frac{0.312}{n} D^{8/3} S^{1/2}$$

*Caudal ( 11 )*

#### 4.2.3.6 Para tuberías parcialmente llena

- El ángulo Central  $\theta$  (En grados sexagesimal):

$$\theta = 2\arccos\left(1 - \frac{2h}{D}\right) \quad \text{Angulo central ( 12 )}$$

- Radio hidráulico (m):

$$R = \frac{D}{4}\left(1 - \frac{360\text{sen}\theta}{2\pi\theta}\right) \quad \text{Radio hidráulico ( 13 )}$$

- Velocidad (m/s):

$$V = \frac{0.396}{n} D^{2/3} \left(1 - \frac{360\text{sen}\theta}{2\pi\theta}\right)^{2/3} S^{1/2} \quad \text{velocidad ( 14 )}$$

- Caudal (m<sup>3</sup>/s):

$$Q = \frac{D^{8/3}}{7257.15n(2\pi\theta)^{2/3}} (2\pi\theta - 360\text{sen}\theta)^{5/3} S^{1/2} \quad \text{caudal ( 15 )}$$

#### 4.2.3.7 Diámetro mínimo

El diámetro mínimo de las tuberías cabeceras y secundarias será de 150mm (6") y para los colectores principales será de 200mm (8").

#### 4.2.3.8 Criterio de la tensión tractiva

La tensión tractiva, 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, para garantizar la condición de auto limpieza que un sistema de alcantarillado debe de cumplir evitando así problemas de obstrucción y taponamiento. Tiene la siguiente Expresión:

$$\tau = \rho gRS \quad \text{Criterio de la tensión tractiva (16)}$$

Donde:

T: Tensión de arrastre, en pascal (Pa).

$\rho$ : Densidad del agua (1000 Kg/m<sup>3</sup>).

g: Aceleración de la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>).

La pendiente del colector será calculada con criterio de la tensión tractiva, según la siguiente expresión:

- **Pendiente para tubería con sección llena:**

$$S = \frac{4\tau}{\rho g D} \text{ (m/m)}$$

*Pendiente para tubería con sección llena ( 17 )*

- **Pendiente para tubería parcialmente llena:**

$$S = \frac{4\tau}{\rho g D \left(1 - \frac{360 \text{sen}\theta}{2\pi\theta}\right)} \text{ (m/m)}$$

*Pendiente para tubería parcialmente llena ( 18 )*

#### **4.2.3.9 Pendiente longitudinal mínima**

La pendiente longitudinal mínima deberá ser aquella que produzca una velocidad de auto lavado, la cual se podrá determinar aplicando el criterio de la Tensión de Arrastre, según la siguiente ecuación:

$$f = WRhS$$

*Pendiente longitudinal mínima ( 19 )*

Donde:

W: Peso específico del agua en N/m<sup>3</sup>.

Rh: Radio hidráulico a gasto mínimo en m.

S: Pendiente mínima en m/m.

f: Tensión de arrastre en Pascales (Pa).

Se recomienda un valor mínimo de f: 1 Pa.

#### **4.2.3.10 Cálculo hidráulico de la red.**

Se realizará el análisis hidráulico y topográfico por medio del uso de la hoja de cálculo del programa Microsoft Excel y/o Sewer CAD; así como mediante la utilización de programas de diseño y cálculo de redes de alcantarillado sanitario como el CIVIL CAD tratando de ajustarse a las pendientes naturales del terreno y sobre todo que cumpla con las normas de diseño de INAA.

El análisis hidráulico se iniciará por calcular las dotaciones, de acuerdo a los procesamientos de datos obtenidos de los censos y datos operativos de consumo de ENACAL. Se determinarán los caudales de diseño en colectores, subcolectores por el centro de las calles.

Una vez terminado los estudios de campo y de gabinete, se analizarán en el plano alternativas de trazado para el Sistema de Alcantarillado Sanitario, considerando las características topográficas, que faciliten un drenaje adecuado de las aguas servidas por gravedad determinando los diámetros, longitudes, pendientes y profundidades de tuberías. Procurando que todos los caudales fluyan por gravedad, cumpliendo con normas y criterios de diseño. Para el trazado y análisis hidráulico de la red se usarán los programas, AutoCAD, Civil 3D y se revisará con el programa Excel.

### **4.3 Sistema de tratamiento de aguas residuales**

#### **4.3.1 Criterios para la ubicación de sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR)**

Es primordial cumplir con los criterios obligatorios de diseño que rigen los cálculos y dimensionamiento de los elementos que componen un sistema de alcantarillado sanitario y sistema de tratamiento para aguas residuales en Nicaragua.

La Ubicación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales (STAR) debe cumplir con todos los criterios establecidos en el Acápite 6 de la Norma técnica Obligatoria Nicaragüense para regular los sistemas de tratamientos de aguas residuales y su reúso.

- La ubicación de las STAR debe tomar en cuenta los planes de desarrollo urbano de la municipalidad o localidad.
- El terreno donde se construya la STAR no debe ser un área inundable. No se permite la construcción en lugares en pantanales, humedales (Swampoo), marisma y similares.
- El área del terreno donde se ubique o se instale un STAR debe tener una pendiente menor de 5 %.
- la instalación o construcción de los STAR deben estar ubicados a sotavento de cualquier actividad donde haya permanencia de personas por más de 8 horas, de

tal manera que el aire circule de las actividades hacia el sitio de la ubicación del STAR y no lo contrario.

- La distancia de separación entre la instalación o construcción de cualquier STAR, y viviendas, fuente de abastecimiento y nivel freático.
- La distancia mínima entre los STAR y campos de pozos de abastecimiento de agua potable debe ser en un radio de 1000 metros medidos desde el pozo más cercano.
- Todo STAR que se ubique en áreas protegidas debe solicitar la autorización o permiso ambiental al MARENA según corresponda. En el caso de áreas protegidas con planes de manejo, el sitio de ubicación de los STAR deberá registrarse según la zonificación y su normativa correspondiente.
- Cuando la descarga o disposición final del efluente de un STAR se requiera en Aguas superficiales, debe ser autorizado por el MARENA según el tipo de corriente, uso del recurso y actividades que se realicen en el punto de descarga. En el caso de los ríos y quebradas se debe tomar en cuenta el uso y las actividades que se realicen aguas abajo.
- La distancia entre un STAR y un aeropuerto, aeródromo o una terminal aérea, debe ser establecida por el Ministerio de Transporte e Infraestructura.
- La instalación de un STAR con respecto a la profundidad del manto freático debe ser como mínimo de 2 m a partir del fondo del STAR y cumplir con las especificaciones siguientes:
  - a) Para suelos limosos y limo – arenoso se debe proceder a impermeabilizar y compactar el área al 95% Proctor standard.
  - b) En aquellos casos en que la profundidad del nivel freático sea menor de 2 metros MARENA e INAA, según su competencia autorizará la viabilidad del sistema.
  - c) En aquellos casos en que la profundidad del nivel freático sea menor de 2 metros MARENA e INAA, según su competencia autorizará la viabilidad del sistema.

### 4.3.2 Rejas.

Se diseñó según los criterios típicos para rejas de la Guía Técnica de Alcantarillado Sanitario y Tratamiento de Aguas Residuales del INAA.

- **Altura máxima y Altura media**

La altura máxima ( $H_{m\acute{a}x}$ ) y media ( $H_m$ ) de agua en el Canal y la Reja se despejan de la igualdad de las siguientes ecuaciones, respectivamente:

$$\frac{Q_d * n}{\sqrt{S}} = H_{max} + b \left[ \frac{H_{max} * b}{b * 2H_{m\acute{a}x}} \right]^{2/3} \quad \text{Altura máxima ( 20 )}$$

$$\frac{Q_d * n}{\sqrt{S}} = H_m + b \left[ \frac{H_m * b}{b * 2H_m} \right]^{2/3} \quad \text{Altura media ( 21 )}$$

Donde:

Qd: Caudal de diseño ( $m^3/s$ )

Qm: Caudal medio ( $m^3/s$ )

n: 0.013 (Coeficiente de Manning para Concreto)

S: Pendiente del Canal (m/m)

b: Ancho del Canal (m)

Hmáx: Altura máxima (m)

Hm: Altura media (m)

- **Velocidad máxima y media en el canal antes de llegar a las rejas.**

$$V_{m\acute{a}x} = \frac{Q_d}{B * H_{m\acute{a}x}} \quad V_m = \frac{Q_m}{B * H_m} \quad \text{Velocidad máxima ( 22 )}$$

- **Área total mojada**

$$A_t = b * H_{m\acute{a}x} \quad \text{Área total mojada ( 23 )}$$

- **Eficiencia**

$$E = \frac{a}{a + t} \quad \text{Eficiencia ( 24 )}$$

Donde:

E: Eficiencia

a: Separación entre rejas (m).

t: espesor de las rejillas (m).

- **Área útil**

$$A_u = A_t * E \quad \text{Área útil ( 25 )}$$

- **Velocidad de paso**

$$V_p = \frac{Qd}{A_u} \quad \text{Velocidad de paso ( 26 )}$$

- **Área total por velocidad media**

$$A' = b * H_{med} \quad \text{Área total por velocidad media ( 27 )}$$

- **Perdidas de carga por Kirschmer en rejillas limpias**

$$h_{fo} = \left(\frac{E}{E_0}\right)^2 * Hf = \left(\frac{E}{0.75 * E}\right)^2 * hf \quad \text{Perdidas de carga por kirschmer ( 28 )}$$

Donde:

hfo: pérdida de carga por Kirschmer (m).

- **Altura del canal**

$$H_{canal} = H_{máx} + h_{fo} + BL \quad \text{Altura del canal ( 29 )}$$

Donde:

BL: borde libre (m)

Hcanal: Altura del canal (m)

- **Área útil por velocidad media**

$$A'_u = A'_t * E \quad \text{Área útil por velocidad media ( 30 )}$$

- **Velocidad media**

$$V'_m = \frac{Q_m}{A'_u} \quad \text{Velocidad media ( 31 )}$$

### 4.3.3 Desarenador de flujo horizontal.

Se diseñó según los criterios para un desarenador de flujo horizontal de la Guía Técnica de Alcantarillado Sanitario y Tratamiento de Aguas Residuales del INAA.

- **Criterios de diseño**

Diámetro de Partícula: 0.15 – 0.2 mm

Velocidad de Sedimentación: 0.24 – 0.40 m/s

Altura de almacenamiento: H = 1 m

- **Ancho**

$$b = \frac{Q}{V_s} \quad \text{Ancho ( 32 )}$$

Donde:

Q: Caudal de Diseño

H: Profundidad

Vs: Velocidad de Sedimentación

- **Volumen de sedimento**

$$V_s = Q * Tr * 0.029m^3 \quad \text{Volumen de sedimento ( 33 )}$$

Donde:

Vs: Volumen de Sedimento

Q: Caudal de Diseño

Tr: Tiempo de retención

- **Volumen requerido**

$$V_r = \frac{V_s}{1000} \quad \text{Volumen requerido ( 34 )}$$

Donde:

Vr: Volumen requerido (m<sup>3</sup>)

Vs: Volumen de Sedimento (Its)

- **Volumen propuesto de tolva**

$$V_t = H * b * l \quad \text{Volumen propuesto de tolva ( 35 )}$$

Donde:

H: Profundidad (m)

b: Ancho (m)

l: Largo (m)

#### 4.3.4 Medidor Parshall.

Usando la mitad de la base del canal de distribución, se seleccionó un medidor con una garganta de (W) de 0.152 m.

- **Altura de la sección de medición**

$$h_o = K * Q^n$$

*Altura de la sección de medición ( 36 )*

Donde:

K: constante de Calibración

N: Constante de Calibración

Q: Caudal (m<sup>3</sup>/s)

- **Ancho de la sección con medición**

$$D' = \frac{2}{3} * (D - W) + W$$

*Ancho de la sección con medición ( 37 )*

Donde:

D': valores para las diferentes secciones de garganta

W: ancho de garganta (m)

- **Velocidad en la sección de medición**

$$V_o = \frac{Q}{D' * H_o}$$

*Velocidad en la sección de medición ( 38 )*

Donde:

H<sub>o</sub>: Altura de la Sección de Medición (m)

- **Velocidad antes del resalto**

$$V_1 = 2 \left[ \frac{2g * E_o}{3} \right] * \cos \frac{\theta}{3}$$

*Velocidad antes del resalto ( 39 )*

Donde:

E<sub>o</sub>: carga hidráulica.

g: constante de gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>).

- **Altura de agua antes del resalto**

$$h_1 = \frac{q}{v_1}$$

*Altura del agua antes del resalto ( 40 )*

Donde:

h<sub>1</sub>: Altura de agua antes del resalto (m)

q: Caudal específico en la garganta

- **Altura del resalto**

$$h_2 = \frac{h_1}{2} * ((1 + 8F)^{0.5} - 1)$$

*Altura del resalto ( 41 )*

Donde:

F: Número de Froude

- **Altura de salida del canal**

$$h_3 = h_2 - N - K$$

*Altura de salida del canal ( 42 )*

Donde:

N y K: son diferentes dimensiones de garganta

- **Velocidad en la sección de salida**

$$V_3 = \frac{Q}{C * h_3}$$

*Velocidad en la sección de salida ( 43 )*

Donde:

C: Valor para las diferentes dimensiones de garganta

#### **4.3.5 Tanque Imhoff.**

Para el diseño del Tanque Imhoff los criterios tomados para el dimensionamiento son los recomendados por (INAA, 2004) en la Guía Técnica para el diseño de Alcantarillado Sanitario y Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales y por la Guía para el Diseño Técnico de Tanques Sépticos, Imhoff y Lagunas de Estabilización del (CEPIS, 2005). La función principal del tanque Imhoff es eliminar la mayor cantidad de sólidos suspendidos y sedimentables que posea el agua residual.

- **Cámara de digestión:**

Tiempo de retención: 2- 4 horas

Carga superficial: 24 – 25 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> \* día

Producción de lodos Percápita: 0.001 m<sup>3</sup>/hab

Coeficiente de lodos digeridos: K = 0.5

Tiempo de retención de lodos: 30-60 días

- **Volumen de zona digestión**

$$VD = Vfdu * td \qquad \text{Volumen de zona de digestión ( 44 )}$$

- **Volumen de almacenamiento de lodos**

$$K = Td * K * Pl * P \qquad \text{Volumen de almacenamiento de lodos ( 45 )}$$

- **Volumen de lodos**

$$VL = P * Td * Pl \qquad \text{Volumen de lodos ( 46 )}$$

- **Área de secado**

$$A_{sec} = \frac{Vl}{A} \qquad \text{Área de secado ( 47 )}$$

Altura de secado de lodos: 0.3 – 0.5 m

**Cámara de decantación:**

- **Volumen de sedimentación**

$$Vs = Qmax * Tr \qquad \text{Volumen de sedimentación ( 48 )}$$

- **Volumen total**

$$Vt = Vd + Vl + Vs \qquad \text{Volumen total ( 49 )}$$

- **Área superficial Total**

$$Ast = As + Ai \qquad \text{Área superficial total ( 50 )}$$

- **Área de sedimentación**

$$Ased = \frac{Q}{Cs} \qquad \text{Área de sedimentación ( 51 )}$$

- **Cámara de espuma:**

Área para la capa de impurezas =  $0.20 * A_s$

Cámara de espuma ( 52 )

- **Longitud total**

$$L_t = L_{mod} * \text{Numero de unidad}$$

Longitud total ( 53 )

- **Ancho total**

$$B_t = 2 B_1 + B_{gas}$$

Ancho total ( 54 )

- **Deflector de espuma**

H1: por debajo de la superficie 0.3 m

H2: por encima de la superficie 0.3 m

H3: altura de agua residual.

$$H_3 = \frac{V_s}{A_{sm}}$$

Deflector de espuma ( 55 )

Donde:

V<sub>sm</sub>: velocidad de sedimentador

A<sub>sm</sub>: Área superficial mínima

- **Altura total**

$$H_t = H_1 + H_2 + H_3$$

Altura total ( 56 )

- **Altura de zona de lodo**

$$H_{lz} = \frac{\frac{V_l}{L_m}}{\frac{B_{lt} + b_{tv}}{2}}$$

Altura de zona de lodo( 57 )

Donde:

L<sub>m</sub>: longitud de modulo (m)

B<sub>t</sub>: ancho total (m)

B<sub>tv</sub>: ancho de tolva de lodo (m)

#### 4.3.6 Biofiltros

El Biofiltro de Flujo Horizontal Secundario se dimensiono con el objetivo de remover la carga orgánica y disminuir la contaminación microbológica, presente en el agua residual,

de acuerdo con los criterios de calidad exigidos (Decreto 33-95 MARENA). Luego a este diseño se le comprobó su eficiencia mediante el cálculo de Coliformes Fecales esperados, el cual debía ser inferior a los 1.0E+03 NMP/100 ml.

- **Criterios**

Carga hidráulica: (17.255 – 68.255) M/año

Pendiente: 1 %

Profundidad Efectiva: 0.60m – 1.0 m

Altura de borde libre: 0.10 m

Altura de lecho Filtrante: 0.10 m

Espesor de capa de arcilla: 0.25 m

Relación de Taludes: 1:1.5

Relación larga / ancho: 0.5 -1.5

- **Eficiencia de remoción de coliformes fecales en la salida**

$$C_F \text{ Salida} = C_F \text{ entrada} \text{ Exp } \frac{-160}{ch} \quad \text{Coliformes fecales salidas ( 58 )}$$

$$DBO \text{ Salida} = DBO \text{ entrada} \text{ Exp } \frac{-81.8}{ch} \quad \text{Coliformes fecales salidas ( 59 )}$$

Donde:

Ch: carga hidráulica

- **Temperatura del agua residual**

$$k_T = k_{20} * 1.19^{(T-20)} \quad \text{Temperatura del agua residual ( 60 )}$$

Donde:

K20: Constante de biodegradación de materia orgánica.

T: temperatura de agua residual de la zona.

- **Sección efectiva**

$$W = \frac{Q}{Ki * S} \quad \text{Sección efectiva( 61 )}$$

Donde:

Ki: permeabilidad del lecho filtrante

Q: caudal

S: pendiente

- **Longitud de taludes al inicio**

$$L_i = P_i * 1.5$$

*Longitud de taludes al inicio ( 62 )*

Donde:

Li: Longitud de talud al inicio.

Pi: Profundidad de excavación

- **Longitud de taludes al final**

$$L_i = P_t * 1.5$$

*Longitud de taludes al final ( 63 )*

Donde:

Li: Longitud de talud al final.

Pi: Profundidad total de excavación

- **Ancho de taludes al inicio**

$$B_s = 1 * L_i + \frac{B}{n}$$

*Ancho de taludes al inicio ( 64 )*

Donde:

Li: Longitud de talud al inicio.

B: Ancho de la pila.

n: Numero de pila.

- **Ancho de taludes al final**

$$B_s = 1 * L_f + \frac{B}{n}$$

*Ancho de taludes al final ( 65 )*

Donde:

Lf: Longitud de talud al final.

B: Ancho de la pila.

n: Numero de pila.

- **Volumen total**

$$V_t = Vlf + Vrr$$

*Volumen total ( 66 )*

Donde:

Vlf: Volumen de lecho filtrante

Vrr: Volumen de taludes rellenados

#### **4.3.7 Selección del proceso de tratamiento**

La selección del sistema de tratamiento Tanque Imhoff más Biofiltro, ya que estos han sido utilizados a nivel mundial en el tratamiento de aguas residuales domésticas de pequeñas poblaciones, principalmente por su capacidad de remoción de contaminantes, lo cual se tiene la experiencia en Nicaragua , además son de bajo costos de inversión y mantenimiento, no requieren energía y también para estar en armonía con el tratamiento existente colindante al propuesto con el fin de proponer un sistema eficiente, y de fácil operación y mantenimiento

Se realizará un análisis con la siguiente propuesta:

#### **Rejas + Tanque Imhoff + Biofiltro.**

#### **4.4 Elaboración del presupuesto**

Se realizó el cálculo de las obras propuestas que involucra la ejecución total del proyecto del sistema de Alcantarillado sanitario, basándose en técnicas y procedimientos establecidos por INAA y ENACAL.

En esta etapa se elaborarán las soluciones técnicas basadas en los resultados de los estudios básicos y normativas de diseños nacionales vigentes, elaborándose también el take off del proyecto determinando el alcance del mismo. El proceso de cálculo del presupuesto es relativamente sencillo, pero debido al elevado número de tramos y de pozos proyectados en los planos, el proceso adquiere un poco de complejidad.

El cálculo de precios de mano de obra se puede obtener mediante el rendimiento (días/cantidades de obras) de la cuadrilla u obreros según el tipo de actividad, luego el número de días resultante se multiplica por el precio acordado o establecido según el cargo del trabajador.

El objetivo de determinar los costos que lleva la realización del sistema de alcantarillado sanitario es el de indicar cuál será aproximadamente el costo de ejecución del proyecto

en su totalidad, basándonos en las condiciones y consideraciones establecidas en los planos. El fundamento de los cálculos para el presupuesto se basa técnicamente en determinar la cantidad de obras, esta a su vez, servirá para calcular la cantidad de materiales necesarios para su construcción las cuales se multiplicarán por los precios obtenidos por cotizaciones.

#### **4.5 Selección y diseño de la planta de tratamiento**

La comunidad los Trejos no cuenta con un sistema de tratamiento por lo cual se tendrá que diseñar un sistema acorde para la comunidad.

##### **4.5.1 Elementos a considerarse para el desarrollo hidráulico-sanitario de una PTAR**

1. El informe del proyecto de la red de alcantarillado del área o ciudad a beneficiar.
2. Población contribuyente a la PTAR, al inicio, al fin y en etapas intermedias del proyecto.
3. Los caudales de aguas residuales relativos a la población contribuyente a la PTAR
4. La localización, clasificación y concentración industrial en el área contribuyente a la PTAR.
5. Los caudales de aguas residuales de origen industrial para las varias etapas del proyecto.
6. Las características previstas para las aguas residuales afluentes a la PTAR.
7. Las exigencias legales sobre lanzamiento y disposición final de aguas residuales tratadas.
8. El o los punto (s) de lanzamiento y el o los respectivo (s) cuerpo (s) receptor (es) definidos en el proyecto de red de alcantarillado.
9. Los planes y programas de usos del agua en la región, que pueden ser afectados por el lanzamiento de aguas residuales.
10. Las características de calidad de agua del cuerpo receptor que son alteradas por el lanzamiento de aguas residuales.
11. El régimen de escurrimiento y/o circulación de las aguas del cuerpo receptor.
12. Las áreas y características topográficas disponibles para la construcción de la PTAR y el precio del terreno.
13. Sondajes de reconocimiento del subsuelo en el área de la PTAR.

14. Levantamiento topográfico del área disponible, con curvas de nivel de metro en metro y escala 1:500.
15. Cota de inundación máxima del cuerpo receptor, o el régimen de mareas.

#### **4.5.2 Actividades a realizar para el desarrollo hidráulico-sanitario de una PTAR**

1. Seleccionar e interpretar los elementos disponibles para el proyecto.
2. Determinar el grado de tratamiento necesario.
3. Definir las alternativas de tratamiento, para la fase líquida y la fase sólida.
4. Seleccionar los parámetros de diseño de la PTAR y determinar los valores a utilizar.
5. Pre-dimensionar las unidades de las operaciones y procesos elegidos.
6. Elaborar la disposición en planta de las diversas unidades.
7. Elaborar el perfil hidráulico preliminar para las diversas alternativas.
8. Evaluar los costos totales para las diversas alternativas.
9. Efectuar una comparación técnico-económica y escoger la alternativa.
10. Dimensionar y diseñar en definitiva las diversas unidades y obras complementarias.
11. Escoger los equipos y especificar sus características, especialmente aquellas que interfieren con el proyecto hidráulico-sanitario.
12. Ajustar la disposición en planta tomando en cuenta la circulación de personas y vehículos, como también el proyecto arquitectónico-paisajístico.
13. Elaborar el perfil hidráulico de acuerdo a la disposición en planta finalmente adoptada y ajustada.

#### **4.5.3 Criterios para la selección de las tecnologías para el tratamiento de aguas residuales**

Todos los criterios que se aplicarán para la selección de las tecnologías se tomarán de la Guía: *Selección De Tecnologías Para El Tratamiento De Aguas Residuales* (Noyola, Morgan, & Otros, 2013).

También se considerarán los criterios propuestos en las Guías:

- Normas De Diseño Para Sistemas De Recolección De Aguas Residuales, Aguas Pluviales Y Tratamiento De Aguas Residuales
- Criterios De Selección Y Comparación De Plantas Depuradoras En Pueblos Rurales.

Ambas guías proponen con un proceso de preselección de las depuradoras y describen las diferentes tecnologías conforme a las etapas de tratamientos de las aguas residuales.

De forma general los criterios que regirán la selección de la tecnología a implementar serán los siguientes:

1. La tecnología es acorde con el desarrollo socio económico y tecnológico de la localidad.
2. Confiable técnicamente y factible de ser construido y operado.
3. Mínimos costos de inversión inicial y de operación y mantenimiento.
4. Mínimo o ningún requerimiento de personal especializado para su operación.
5. Poco o ningún requerimiento de energía eléctrica.
6. Que las concentraciones de DBO5 y coliformes fecales cumpla con los parámetros de vertido a cuerpos receptores.

El sistema de tratamiento seleccionado, producirá un efluente de calidad tal que, el vertido de este, ocasione el mínimo impacto ambiental sobre el cuerpo receptor, para lo cual se establecieron los siguientes criterios generales de calidad:

1. Mantener la concentración de oxígeno disuelto en el cuerpo receptor, a través de la remoción de la DBO del efluente a verter.
2. Reducir la turbiedad y permitir mayor penetración de la luz, por medio de la remoción de sólidos en suspensión y sedimentables.
3. Reducir la incidencia de las enfermedades hídricas y minimizar el impacto ambiental de las estructuras de tratamiento, a través de la descarga de un efluente con concentraciones de patógenos acordes con las disposiciones del Decreto N.º 21-2017 de la “Ley general del medio ambiente y los recursos naturales”.

Se decidió que la planta de tratamiento que operará constará de tratamiento preliminar, primario y secundario.

Unos de los factores importantes en la selección de las tecnologías para los procesos de la PTAR fue la superficie de construcción disponible, se optará por utilizar tecnologías que no ocupen demasiado espacio, esto no es un inconveniente porque la demanda de caudal producida por la población no es relativamente grande, y puesto que dichas tecnologías pueden manejar este caudal sin problemas y además con excelentes resultados, así que se concluyó:

Como tratamiento primario: Tanque Imhoff, ideal para comunidades pequeñas inferior a los 5000hab, con eficiencias de remoción de DBQ hasta del 65% y de SS hasta de 70%.

#### **4.5.4 Criterios para z de infiltración propuestas.**

La distancia mínima de cualquier punto de la zanja de infiltración a viviendas, tuberías de agua, pozos de abastecimiento y cursos de agua superficiales (ríos, arroyos, etc.) serán de 5, 15, 30 y 15 metros respectivamente.

La distancia mínima entre la zanja y cualquier árbol debe ser mayor a 3,0 m.

Cuando se dispongan de dos o más zanjas de infiltración en paralelo, se requerirá instalar una o más cajas de distribución de flujos.

La longitud de la zanja de infiltración se determinará mediante la división del área útil del campo de infiltración entre el ancho de la zanja de infiltración.

La longitud deseable de cada zanja de infiltración será de 20 m, permitiéndose en casos justificados longitudes hasta de 30 m.

Todo campo de absorción tendrá como mínimo dos líneas de distribución. Las líneas de distribución deben ser de igual longitud, y la separación de eje a eje no deberá ser menor de 2,10 m.

La tubería de distribución estará conformada por tubos de PVC, asbesto cemento, mortero cemento-arena, u otro material apropiado de 100 mm, 4" de diámetro, 0,30 m de

longitud y espaciados entre ellos de 10 milímetros. Alternativamente, podrán practicarse en la parte baja de los tubos, perforaciones de 13 mm de diámetro espaciados 0,10 m.

En el fondo de la zanja de infiltración se acomodará una capa de grava limpia de 0,15 m de espesor constituida por material con granulometría entre 2,5 a 5,0 cm. Sobre ella se acomodará la tubería de distribución y se la cubrirá totalmente con la misma grava. Encima de la grava gruesa se colocará una capa de grava fina de 0,10 m de espesor y granulometría de 1,0 a 2,5 cm. Sobre la capa de grava fina, y para evitar la alteración de la capacidad filtrante de la grava, se colocará papel grueso o una capa de cinco centímetros de espesor de paja o cualquier otro tipo de material permeable que facilite la evapotranspiración del agua residual aplicada en la zanja de infiltración.

Sobre la capa maleza o césped se colocará el material de relleno hasta alcanzar el nivel natural del suelo. Se debe evitar compactar el material de relleno para no afectar la cama de grava y considerar la formación de un camellón para compensar el hundimiento del terreno causado por el asentamiento natural del mismo.

El fondo de la zanja deberá quedar por lo menos a 2,0 m por encima del nivel freático.

La profundidad de las zanjas estará en función de la topografía del terreno y no deberá ser menor a 0,5 m.

El ancho de las zanjas estará en función de la capacidad de infiltración de los terrenos y podrá variar entre un mínimo de 0,40 m, a un máximo de 0,90 m.

La pendiente mínima de la tubería de distribución será de 1,5‰ (1,5 por mil) y un valor máximo de 3,0% (3,0 por mil), pero en ningún caso ha de exceder el 4,5‰ (4,5 por mil).

## V Análisis e interpretación de resultados

### 5.1 Resultados del diseño

Como diseño de alcantarillado sanitario del poblado de los Trejos se elaboró un alcantarillado por el “Método convencional” el cual consiste en un sistema por arrastre hidráulico, donde se debió proveer una dotación de agua suficiente para su correcto funcionamiento.

Está constituido por redes colectoras que son construidas, generalmente, en la parte central de calles y avenidas e instaladas en pendiente, permitiendo que se establezca un flujo por gravedad desde las viviendas hasta la planta de tratamiento

#### 5.1.1 Proyección poblacional

Utilizando el método geométrico basándose en los datos de población brindados por el Nuevo FISE del 2016 al 2019, además del censo realizado por el equipo de la presente investigación realizado en 2020, se calculó una tasa de crecimiento promedio con el fin de estimar mediante el mismo método la población de diseño y se obtuvieron los siguientes resultados:

PROYECCIÓN DE POBLACIÓN MÉTODO GEOMETRICO					
Año	Población	r%	r%	r%	r%
2016	1444				
2017	1481	2.56%			
2018	1520	2.60%	2.63%		
2019	1556	2.52%	2.50%	2.37%	
2020	1596	2.53%	2.52%	2.47%	2.57%
	<b>Promedio</b>	<b>2.55%</b>	<b>2.56%</b>	<b>2.42%</b>	<b>2.57%</b>

Tabla 5: Calculo de la tasa de crecimiento por el método geométrico. Fuente: Elaboración propia

Se toma un valor de  $r=2.55\%$  de acuerdo a los requisitos establecidos por la normativa de ENACAL, el valor de “r” tiene que ser mayor o igual a 2.5% y menor o igual a 4%. Se toma el mayor de los valores calculados.

Tasa de crecimiento	
r(%)	2.55%

Tabla 6: Tasa de crecimiento propuesta. Fuente: Elaboración propia

Se tiene una población base del año 2021 que a partir de este dato se proyectó hacia el año 2041 que fue cuando se realizó el diseño. Se cuenta con datos urbanísticos del sector urbano y rural, pero en este caso se trabaja con el sector urbano ya que es el sector que fue beneficiado por el alcantarillado.

Con el valor de  $r=2.55$  se realiza la proyección poblacional a 20 años obteniendo los siguientes resultados:

Proyección Poblacional	
Año	Población
2021	1636
2022	1678
2023	1720
2024	1764
2025	1809
2026	1856
2027	1903
2028	1951
2029	2001
2030	2052
2031	2104
2032	2158
2033	2213
2034	2270
2035	2327
2036	2387
2037	2448
2038	2510
2039	2574
2040	2640
2041	<b>2707</b>

Tabla 7: Resultados de proyección de la población. Fuente: Elaboración propia

Para el año 2041 se calcula tener una población de 2707 habitantes. Esta es una cantidad bastante pequeña debido a que esta es una comunidad rural muy pequeña con un crecimiento poblacional relativamente bajo.

### 5.1.2 Índice poblacional

El índice ocupacional representa la cantidad de personas promedio habitan en una vivienda, ya que se tenía el número de viviendas para el año 2016 y los habitantes del mismo año, entonces se calculó obteniéndose un índice de 4.31, por lo que se propone un índice de 5 habitantes/vivienda.

Además, dicho índice sirve para calcular la densidad poblacional que se utilizará para cálculos hidráulicos del alcantarillado.

<b>INDICE OCUPACIONAL</b>	
N° de Viviendas 2020	370
Habitantes 2020	1596
Índice calculado	4.31
Índice propuesto	5
<b>Densidad Poblacional</b>	
Habitantes 2041	2707
Area (Ha)	21.45
Densidad (Hab/Ha)	126.20

Tabla 8: Calculo de Índice ocupacional y densidad de población. Fuente Elaboración propia

### 5.1.3 Cálculo de la dotación

De las Guías Técnicas para el diseño de Alcantarillado Sanitario y Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales de INAA (NTON\_09\_003-99) se obtiene de su capítulo 3, inciso 2.2 y la Tabla 3-2 que corresponde a las dotaciones de agua:

**TABLA 2-2  
DOTACIONES DE AGUA**

Rango de población	Dotación	
	g/hab/día	L/hab/día
0 - 5.000	20	75
5.000 - 10.000	25	95
10.000 - 15.000	30	113
15.000 - 20.000	35	132
20.000 - 30.000	40	151
30.000 - 50.000	45	170
50.000 - 100.000 y más	50	189

*Tabla 9: Dotación de la población. Fuente: Norma NTON 09 002 99*

Cálculo para la dotación	
Dotación	U/M
75	Lppd

*Tabla 10: Calculo de la dotación. Fuente: Elaboración propia*

En resumen, se obtienen los datos generales del sistema:

Datos para diseño:	
Proyecto:	DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO, EN LA COMUNIDAD LOS TREJOS, MUNICIPIO DE TIPITAPA, MANAGUA
Tipo de sistema:	Alcantarillado Sanitario Convencional
Localidad:	Departamento
No. De viviendas:	370
Población 2020 (Hab.):	1596
Tasa de Crecimiento (r %):	2.55%
Población diseño 2041 (Hab.):	2707
Hacinamiento (Hab/vivienda):	5.00
Dotación Propuesta	75.00
	19.82
Densidad poblacional (Hab/Ha)	126.20
Material de tubería:	Polivinilo (PVC)

<b>Datos para diseño:</b>	
Coeficiente de rugosidad de Manning del material:	0.009
Tipo de junta:	Tuberías con juntas flexibles
Caudal de infiltración:	2L/hr/100m @ 25mm de Ø

Tabla 11: Resumen de datos para el diseño de alcantarillado. Fuente Elaboración propia

#### 5.1.4 Cálculo de caudales de aguas residuales

En la tabla 12 se muestra el resumen del caudal de diseño de aguas residuales domésticas generado por los barrios aportantes que drenaran a la red propuesta. Para más detalles ver Anexo

<b>Caudales y Longitud de Tubería Total</b>		
Ltotal	<b>5847.1</b>	M
Qm	1.88	Lps
Qm	29.80	Gpm
H (calculado)	3.48	
H (propuesto)	3.00	
Qmáx	5.64	Lps
Comercial	7.00%	
Institucional	7.00%	
Industrial	2.00%	
Qdiseño	<b>6.14</b>	Lps

Tabla 12: Calculo de caudales y longitud de tubería total

En el cuadro se muestra el resumen del caudal de diseño de aguas residuales domésticas generado por los barrios aportantes que drenaran a la red propuesta.

Q.medio l/s	Q.Infiltrac l/s	Q.máximo l/s	Q.Especial l/s	Q.Diseño l/s
1.88	0.19	5.64	0.30	<b>6.14</b>

Tabla 13: Resumen de caudales

#### 1.1.1. Datos generales del sistema de alcantarillado

El diseño del alcantarillado es un sistema netamente por gravedad por lo que no se cuenta con ningún dispositivo de bombeo en el diseño, evitando de esta manera costos de inversión, las alcantarillas están sometidas a pendientes que permitan la libre circulación de las aguas sanitarias, durante el diseño se cambian los diámetros de

alcantarilla dependiendo las circunstancias que el diseño lo amerite, a continuación se presentan longitudes de alcantarillas correspondiente a cada uno de los diámetros existente en el diseño.

#### 5.1.4.1 Trazado de la red de recolección.

Para el diseño se consideró tres áreas de drenaje, en función de la dirección de la pendiente natural, que permite drenar hacia secciones en común, y desde estas a puntos de recolección desde los cuales se puede evacuar el caudal hacia el sistema de tratamiento.

Se trazó la Red de tipo convencional, siguiendo el sentido del drenaje natural del terreno. El área de influencia de la colectora se definió en función de las posibilidades de reunir el caudal punto definidos y desde y desde estos conducirlos hacia sistema de tratamiento, verificando siempre que las profundidades de excavación resulten someras.

La cobertura fue de 21.45 Ha equivalente a 100%, para una población de 1,596 habitantes. Las redes serán de tipo convencional con tubería PVC F-949 y diámetros de 150 mm (6").

Diámetro de tubería	Cantidad en ML	Cantidad en unidad
Tubería PVC F-949 de 150mm (6")	5,847.10	975

Tabla 14: Cantidad de tubería del proyecto

#### 4.1.3.2 Pozos de visita sanitario

Los pozos de visita sanitario son las estructuras encargadas de la facilidad de la limpieza del alcantarillado, son cámaras de inspección colocadas en todo cambio de alineación, sus distancias están normadas por INAA, es el sistema de alcantarillados se cuenta con cierta cantidad de PVS. A continuación, un resumen de la cantidad de pozos de visita de acuerdo a su profundidad.

Descripción	Cantidad
Excavación en suelo normal con equipo, rango de profundidad de 0.00 a 1.50m	31
Excavación en suelo normal con equipo, rango de profundidad de 2.01 a 2.50m	14
Excavación en suelo normal con equipo, rango de profundidad de 2.51 a 3.50m	19
Excavación en suelo normal con equipo, rango de profundidad de 3.51 a 4.50m	18
Excavación en suelo normal con equipo, rango de profundidad de 4.51 a 5.50m	8

*Tabla 15: Cantidad de pozos de visita*

Todos los pozos de visita hasta profundidades de 3.5m se proponen sencillos de ladrillo cuarterón trapezoidal, tapa y aro de polietileno de media densidad y alta resistencia, no reciclable. Sin embargo, para los que oscilan entre 3.51 y 5m se proponen de doble pared de ladrillo cuarterón trapezoidal, tapa y aro de polietileno de media densidad y alta resistencia, no reciclable.

### **5.1.5 Diseño de la ampliación del sistema de tratamiento.**

#### **5.1.5.1 Pre tratamiento.**

Canal de concreto reforzado seguido de dos rejillas de acero, una rejilla gruesa y una rejilla fina con eficiencias de 81% y 68%, velocidades de paso a través de estas de 0.36 m/s y 0.30 m/s respectivamente, estando dentro de los rangos establecidos de 60% - 85% y 0.30 - 0.60 m/s. Luego el flujo es conducido hacia un desarenador de flujo horizontal de doble cámara con una velocidad de flujo de 0.19 m/s para lograr un asentamiento de material granular mayor a 0.20 mm. A continuación, se ubica en el canal para la medición de caudal un medidor de flujo tipo Parshall diseñado con un ancho de garganta de 3”.

- **Canal de entrada general**

Canal de Entrada de 0.30 m de ancho y 0.20 m de alto el cual conducirá el gasto de diseño 6.14 l/s hacia los Tanques Imhoff, su longitud será de 4m, y tendrá una altura de

0.07m, con una velocidad de 0.44 m/s las velocidades máximas y medias del canal están comprendidas entre, 0.54 m/s y 0.30 m/s, esto permite que los sólidos arenosos no se sedimenten, procurando una velocidad uniforme a través de las barras, ayudando a evitar demasiadas turbulencias.

- **Canal Parshall**

Medidor de Flujo Parshall de 3" Según especificaciones. Ver en Anexo

- **Rejas**

Se instalarán Rejas de Limpieza Manual una para retención de elementos gruesos con separación entre barras de 4 cm y una para finos con separación de 2 cm de diámetro de varilla de 3/8" para ambas y con una inclinación de 45° con respecto a la horizontal.

- **Desarenador**

Desarenador de Flujo Horizontal de 0.5 m de ancho para cada cámara, con una altura de 0.37 m incluyendo borde libre, una altura de lodos en tolva de 1.82m y una pendiente de 10%.

#### **5.1.5.2 Tanque Imhoff.**

El tratamiento primario para la planta principal está compuesto de un Tanque Imhoff, constan de dos cámaras de sedimentación con un tiempo de retención de 3 horas, con un porcentaje de área superficial de zona de ventilación de 56% mayor a los 30% requeridos y una cámara de digestión con una capacidad de almacenamiento de lodos de 30 días (*Apéndice F.2 y Planos Planta y Perfil del Tanque Imhoff*). Pose, a su vez un lecho de secado para soportar la descarga de lodos mensualmente con una capacidad de 6.77 m<sup>3</sup> cada uno, con un lecho filtrante compuesto de varias capas. Su dimensionamiento se observa en el *Anexo*

#### **5.1.5.3 Biofiltros.**

Para el tratamiento secundario de la planta se proponen Biofiltros de Flujo Horizontal. En la planta principal se proponen series de dos biofiltros en paralelo con una carga hidráulica de 563.74m<sup>3</sup>/Ha x día y un tiempo de retención de 4.01 días (*Ver Anexo*).

#### 5.1.5.4 Resumen de los resultados del sistema de Tratamiento propuesto.

De acuerdo con los resultados anteriores, el área total del sistema de tratamiento es de 0.25 Ha y a continuación se presenta un resumen de la descripción de las dimensiones y calidad de los efluentes, en los Cuadros 8 y 9.

Tecnología seleccionada	Ancho m	Largo m	Área m <sup>3</sup>	Altura m	Volumen m <sup>3</sup>	Tiempo de Retención Días
Tanque Imhoff.	5.4	4	21.6	4	47.37	0.083
Biofiltro.	44	36	1584	1.23	3,896.64	4

Tabla 16: Dimensiones del sistema de tratamiento. Fuente: Elaboración propia

Alternativa Seleccionada	Área Total Ha.	Entrada al Sistema Secundario.				Salida del Sistema.			
		Eficiencia		Calidad		Eficiencia		Calidad	
		DBO %	Colifo %	DBO Mg/l	Colifor. NMP/100 ml	DBO %	Colifo %	DBO Mg/l	Colifor. NMP/100 ml
Tanque Imhoff + Biofiltro.	0.25	81	68	65	1+E07	99.99	99.97	0.02	3.00E+06

Tabla 17: Eficiencia del sistema de tratamiento. Fuente: Elaboración propia

La descarga final se realizará en zanjas de infiltración propuestas, pues el caudal que debe tratar la planta es bajo y no existen fuentes de agua considerables cercanas (Ver Detalle de Zanjas de Infiltración en Planos 1.8.1), la planta propuesta cumple con las Normas de vertido del decreto 33-95 del MARENA.

#### 5.2 Costos de la obra

El costo aproximado para la inversión para la ejecución del proyecto “Diseño De Alcantarillado Sanitario, En La Comunidad Los Trejos, Municipio De Tipitapa, Managua” es de **C\$ 28,187,198.60** antes de impuestos.

<b>COSTOS TOTALES DE RED DE ALCANTARILLADO</b>			
a	COSTOS DIRECTOS TOTALES	$\Sigma$ CD	<b>C\$16,364,059.59</b>
b	COSTOS INDIRECTOS	15% * a	C\$2,454,608.94
c	UTILIDADES	10% * a	C\$1,636,405.96
d	PRECIO DE VENTA SIN IMPUESTO	a+b+c	<b>C\$20,455,074.48</b>
e	IMPUESTO DE LA ALCALDÍA	1% * d	C\$2,045,507.45
f	IMPUESTOS TOTALES	15 % * d + e	C\$5,113,768.62
g	PRECIO DE VENTA CON IMPUESTO	d + f	<b>C\$25,568,843.10</b>

*Tabla 18: Costos de la red de alcantarillado*

<b>COSTOS TOTALES DE PLANTA DE TRATAMIENTO</b>			
a	COSTOS DIRECTOS TOTALES	$\Sigma$ CD	<b>C\$6,185,699.30</b>
b	COSTOS INDIRECTOS	15% * a	C\$927,854.89
c	UTILIDADES	10% * a	C\$618,569.93
d	PRECIO DE VENTA SIN IMPUESTO	a+b+c	<b>C\$7,732,124.12</b>
e	IMPUESTO DE LA ALCALDÍA	1% * d	C\$773,212.41
f	IMPUESTOS TOTALES	15 % * d + e	C\$1,933,031.03
g	PRECIO DE VENTA CON IMPUESTO	d + f	<b>C\$9,665,155.15</b>

*Tabla 19: Costos de la planta de tratamiento*

<b>COSTOS TOTALES DE RED + PLANTA DE TRATAMIENTO</b>			
A	COSTOS DIRECTOS TOTALES	$\Sigma$ CD	<b>C\$22,549,758.88</b>
B	COSTOS INDIRECTOS	15% * a	C\$3,382,463.83
C	UTILIDADES	10% * a	C\$2,254,975.89
D	PRECIO DE VENTA SIN IMPUESTO	a+b+c	<b>C\$28,187,198.60</b>
E	IMPUESTO DE LA ALCALDÍA	1% * d	C\$2,818,719.86
F	IMPUESTOS TOTALES	15 % * d + e	C\$7,046,799.65
G	PRECIO DE VENTA CON IMPUESTO	d + f	<b>C\$35,233,998.25</b>

*Tabla 20: Costos totales del proyecto*

## **VI Conclusiones**

### **6.1 Conclusiones**

Se determinó la demanda y se diseñó un sistema de red de alcantarillado para 20 años. Los Trejos cuenta con una población de 1636 habitantes para 2021. La base de esta población fue proyectada para 2041, con una tasa de crecimiento de 2.55%, resultado 2707 habitantes.

Se utilizó la norma “Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales” de INAA 2003 para el diseño de la red de alcantarillo, obteniendo un caudal máximo de 5.64 l/s y un caudal de diseño de 6.47 l/s.

Las tuberías de la red tienen una longitud de 5,847.10 m y debido al baja caudal y tomando en cuanto el sistema más óptimo y económico se propuso que toda la red de recolección de las colectoras principales y secundarias sean de TDP F 949 de material PVC de 150mm.

El total de Pozos de Visita Sanitarios de la red es de 64 unidades sencillos de ladrillo revestido con una profundidad menor a 3.50m y 26 unidades de doble ladrillo con profundidades entre 3.50m y 5.00 m. Además, se consideraron las conexiones domiciliarias.

Se tomó en cuenta los parámetros establecidos por INAA que recomienda una tensión de arrastre mínima de 1 Pa que suficiente para transportar los sedimentos sin que se estanquen. De manera que la velocidad mínima es 0.3 m/s y máxima de 1.42 m/s, cumpliendo con los antes mencionado.

Además, se realizó un levamiento topográfico, se procesó utilizando el software AutoCAD Civil 3D 2020 con el fin de generar una superficie que nos brindara las elevaciones del sitio de manera precisa y se presentaran los planos de una manera moderna y estética.

Cabe mencionar que se modeló el sistema en el Software SewerCAD CONNECT.Edition. v10, con el fin de evaluarlo de manera efectiva, pues el software ofrece muchas herramientas entre ellas la simulación del sistema con lo que se determinó que cumple con los parámetros de diseño establecidos por las normas de INAA.

El sistema de Tratamiento seleccionado es Tanque Imhoff + Biofiltro, la cual consta de: Pre-Tratamiento (rejas y desarenador), Tratamiento Primario (Tanque Imhoff y Lechos de Secado de Lodos) y Tratamiento Secundario (Biofiltros de flujo subsuperficial de tipo Horizontal). Ver planos en Anexos.

La red de alcantarillado propuesta es de tipo Convencional para dar una cobertura alrededor del 100% y drenar en su totalidad por el sistema de salida de la planta de tratamiento.

Se propone en la salida de la planta de tratamiento zanjas de infiltración esto debido al bajo caudal propio del proyecto además del hecho de carecer de fuentes de agua cercanas.

El costo total del proyecto resultó de C\$ 28,187,198.60 (veinte ocho millones ciento ochenta y siete mil ciento noventa y ocho con 60/100 córdobas netos) después de impuestos que incluyen la construcción del alcantarillado sanitario, la construcción de la planta de tratamiento y toma en cuenta mano de obra, transporte, utilidades e imprevistos.

## **6.2 Recomendaciones**

El sistema de tratamiento se recomienda que sea del tipo convencional con conexiones a los hogares y planta de tratamiento que incluye pre tratamiento y Tanque Imhoff + Biofiltro.

Se recomienda capacitar a toda la población beneficiada dándoles a conocer tanto la importancia de conectarse al sistema como el buen uso de este servicio. Una vez construido o ejecutado el proyecto, se debe brindar seguimiento a las actividades de operación y mantenimiento para la red de alcantarillado y de los sistemas de tratamiento de forma que se garantice el correcto funcionamiento del sistema a lo largo de su vida útil.

Utilizar sistema de apuntalado, en la instalación de alcantarillas, con profundidades mayores a los 1.5 m en zanjas con anchos de 0.5 m y de excavación manual, y en toda zanja en la que el tipo de suelo ponga en riesgo la seguridad de los obreros. Es importante utilizar los sistemas constructivos descritos en el documento para los pozos de visita y tubería de la red de alcantarillado.

Durante el proceso de construcción se recomienda incluir mano de obra local y traer el personal que haga falta de las zonas aledañas si fuese necesario. Además, comprobar los niveles de las tuberías y elevaciones de los pozos de visita, utilizando equipos de topografía como Estaciones totales, teodolitos y/o Niveles precisos y calibrados.

Cabe mencionar que se deben hacer los estudios correspondientes para definir la mejor alternativa para evacuar el agua tratada por la planta de tratamiento. Debido a que el caudal es bajo se proponer entre las alternativas utilizar el agua para riego o bien construir zanjas de infiltración.

También se recomienda a la Alcaldía Municipal de Tipitapa promover la reforestación de los Trejos con el fin de conservar la capacidad hídrica y estabilidad ambiental del proyecto. Además de realizar las diligencias correspondientes para lograr la ejecución de este proyecto ya que este tendrá un impacto significativo en la calidad de vida y la economía de la población de los Trejos, Tipitapa, Managua.

## VII Bibliografía

- McGhee, T. J. (1999). *Abastecimiento de Agua y Alcantarillado*. Colombia: McGraw-Hill, Inc.
- INAA. (1998). Guías Técnicas para el diseño de Alcantarillado Sanitario y Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. *Guías Técnicas para el diseño de Alcantarillado Sanitario y Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales*. Managua, Nicaragua: Autor.
- Normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua (NTON 09 003-99)
- FAIR. 1996. “Abastecimiento de Agua y Remoción de Aguas Residuales”, Limusa, México DF Metcalf – Hedí, Ingeniería Sanitaria: Redes de Alcantarillado y Bombeo de aguas residuales, Editorial Labor S.A.\_1985.
- Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización (tercera edición) volumen I Metcalf & Eddy, Inc.
- Alcaldía de Tipitapa
- ASTEC. (2005). Tecnología Sostenible para el Tratamiento de Aguas Residuales, Biofiltros. Managua.
- Baldizòn, M. E. (2012). Apuntes de Ingeniería Sanitaria I y II. Apuntes de Ingeniería Sanitaria I y II. Managua, Nicaragua.
- CEPIS. (2005). Guías para el Diseño de Tecnologías para Alcantarillado Sanitario. Perú.
- ENACAL. (2013). Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados. Obtenido de Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados:  
<http://www.enacal.com.ni/informacion/doc/brochureenacalalcantarillado.pdf>.
- INAA. (2004). Guías Técnicas para el Diseño de Alcantarillado Sanitario y Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. Managua, Nicaragua: Autor.
- INAA. (2005). Manual de Mantenimiento de los Sistemas de Alcantarillado Sanitario. Managua.

- McGhee, T. J. (1999). Abastecimiento de Agua y Alcantarillado. Colombia: McGraw-Hill, Inc.
- MARENA. (s.f.). Disposiciones para el Control de Contaminación Proveniente de Descargas de Aguas Residuales Domesticas, Industriales, Agropecuarias, Decreto 33-95. Managua.
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Alcantarillado>