



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Tecnología de la Construcción**

**Monografía**

**“DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LAS COMARCAS DE SAN JOSÉ, SAN ISIDRO Y SANTA RITA, MUNICIPIO DE MASATEPE, MASAYA PERIODO 2022-2047”.**

Para optar al título de Ingeniero Civil

**Elaborado por**

Br. Kevin Steven Alemán Balladares

Br. Juan Sebastián Loáisiga Dávila

Br. Marvin Antonio Soto Vásquez

**Tutor**

Msc. Ing. Ricardo Javier Fajardo González

Managua, Mayo 2022

## **DEDICATORIA**

A Dios por ser el baluarte de nuestras vidas, por habernos permitido culminar nuestra carrera universitaria.

A nuestros padres, por habernos apoyado incondicionalmente para hacer este sueño realidad, por cultivar e inculcar buenos consejos, por orientarnos y guiarnos por el buen camino durante estos años de carrera universitaria y también por guiarnos en nuestra formación como personas

A nuestros familiares por habernos brindado su ayuda en todo este proceso, por darnos palabras de aliento cuando la necesitábamos.

Y a todas aquellas personas que de alguna u otra manera hicieron posible la realización de este momento de culminación de estudios.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos primeramente a Dios por permitirnos llegar a este momento tan especial en nuestras vidas. Por habernos dado: Sabiduría, entendimiento, dirección, fortaleza y perseverancia. Por ser nuestro guía durante los momentos de adversidad y alegría que nos han enseñado a confiar en él.

Al MSc. Ing. Ricardo Javier Fajardo González por sus valiosos conocimientos y orientaciones, por habernos ayudado, guiado y respaldado en la elaboración de este documento.

A nuestros profesores de la carrera de ingeniería civil que compartieron con nosotros sus conocimientos durante el transcurso de todo el ciclo universitario, para que hoy estemos aquí y podamos enfrentar los retos que la vida nos prepara.

A nuestros Padres, familiares, amigos, compañeros de universidad y todas aquellas personas que nos ayudaron en el transcurso no solo de la realización de este documento sino durante toda nuestra carrera.

## RESUMEN

En las comarcas: San José de Masatepe, Santa Rita y San Isidro, municipio de Masatepe, las aguas provenientes de uso doméstico son descargadas directamente en las calles o patios, generando focos de enfermedades, produciendo malos olores y un mal aspecto a las comarcas. De igual forma predomina el uso de letrinas como opción de saneamiento. Por estas razones se realiza este trabajo monográfico, con la finalidad de mejorar la calidad de vida de los habitantes, que tengan una vida sana y más digna.

Se presenta como alternativa la ejecución de un sistema de alcantarillado sanitario, el cual consta con un total de 7.03 km de red de alcantarillado, 106 dispositivos de visita sanitarios en la red principal para las comarcas de San José y Santa Rita, una planta de tratamiento para depurar las aguas recolectadas la cual consta de: Un canal de entrada, rejillas, desarenador, medidor de caudal, tanque Imhoff y humedales de flujo subsuperficial para un caudal de 25.978 Lps.

Además de una línea de recolección de 470.85 m de red y 8 dispositivos de visita sanitarios en la zona de San Isidro y un sistema de tratamiento convencional el cual consta también de: Canal de entrada, rejillas, desarenador, medidor de caudal, tanque Imhoff y un humedal de flujo subsuperficial para un caudal de 2.546 Lps.

Cabe mencionar que el diseño de cada uno de estos componentes se realizó en base a las normativas establecidas en el país (Guía del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados INAA, el decreto 21-2017, guías del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente CEPIS) este diseño fue contemplado para un periodo de diseño de 25 años.

El costo de ejecución del sistema asciende a un total de C\$ 46,707,064.47 de córdobas netos los cuales representan la ejecución y puesta en marcha de las redes de alcantarillado, dispositivos de inspección y los sistemas de tratamientos.

## ÍNDICE

I.	GENERALIDADES .....	1
1.1.	Introducción.....	1
1.2.	Antecedentes .....	2
1.3.	Justificación.....	3
II.	OBJETIVOS.....	4
	Objetivo general.....	4
	Objetivos específicos .....	4
III.	MARCO TEÓRICO .....	5
3.1.	Sistema de alcantarillado .....	5
3.1.1.	Definición.....	5
3.1.2.	Componentes de un sistema de alcantarillado sanitario.....	5
3.2.	Sistemas de redes de alcantarillado .....	7
3.2.1.	Alcantarillado convencional .....	7
3.2.2.	Alcantarillado simplificado .....	7
3.2.3.	Alcantarillado de pequeño diámetro .....	7
3.2.4.	Alcantarillado condominal.....	7
3.3.	Proyección de población .....	8
3.3.1.	Fuente de información .....	8
3.3.2.	Método para la proyección de poblaciones: Método geométrico .....	9
3.3.3.	Población de diseño .....	9
3.4.	Dotaciones .....	10
3.4.1.	Clasificación de los barrios .....	10
3.4.2.	Factor de Harmonn (H).....	11

3.4.3.	Dotaciones de las aguas a recolectar .....	11
3.5.	Periodo económico para las estructuras del sistema .....	12
3.6.	Criterios de diseños .....	12
3.6.1.	Hidráulica de alcantarillas .....	12
3.6.2.	Coeficiente de rugosidad “n” de Manning .....	12
3.6.3.	Pendiente longitudinal mínima .....	13
3.6.4.	Diámetro mínimo .....	13
3.6.5.	Velocidad mínima .....	13
3.6.6.	Velocidad máxima .....	14
3.6.7.	Pérdida de carga adicional .....	14
3.6.8.	Cambio de diámetro .....	14
3.6.9.	Cobertura sobre tuberías .....	15
3.7.	Sistema de tratamiento .....	15
3.7.1.	Calidad de agua residual .....	15
3.7.2.	Proceso de tratamiento preliminar .....	17
3.7.3.	Proceso de tratamiento primario .....	18
3.7.4.	Proceso de tratamiento secundario .....	18
3.7.5.	Obra de descarga .....	24
IV.	DISEÑO METODOLÓGICO .....	25
4.1.	Tipo de investigación .....	25
4.2.	Población y muestra .....	26
4.3.	Actores involucrados en la investigación .....	26
4.4.	Técnicas y métodos de recopilación de información .....	26
4.4.1.	Estudio socioeconómico de la zona .....	26
4.4.2.	Censo poblacional .....	26

4.4.3.	Levantamiento topográfico .....	27
4.5.	Herramientas de análisis de datos .....	28
4.6.	Plan de procesamiento y análisis de información .....	28
4.6.1.	Población de diseño .....	28
4.6.2.	Caudales .....	29
4.6.3.	Hidráulica de las alcantarillas .....	30
4.6.4.	Sistema de tratamiento de aguas residuales .....	33
4.6.5.	Detallado de las componentes del sistema de alcantarillado .....	40
4.6.6.	Presupuesto de diseño del sistema propuesto .....	41
V.	DESCRIPCIÓN DE ÁREA EN ESTUDIO .....	42
7.1.	Macro localización .....	42
7.2.	Micro localización.....	43
7.3	Caracterización socioeconómica de la zona .....	43
7.4	Climatología .....	44
7.5	Crecimiento poblacional.....	44
7.6	Servicios existentes .....	44
VI.	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	46
6.1.	Resultados de estudio socioeconómico .....	46
6.2.	Análisis de topografía.....	53
6.3.	Población y caudal de diseño.....	54
6.3.1.	Proyección de población.....	54
6.3.2.	Caudal de diseño.....	55
6.4.	Diseño de red de alcantarillado.....	57
6.4.1.	Parámetros de diseño hidráulico .....	57
6.4.2.	Dimensionamiento.....	58

6.4.3. Dispositivos de inspección.....	58
6.4.4. Modelado y análisis de la red de alcantarillado .....	59
6.5. Diseño de la planta de tratamiento.....	67
6.5.1. Sistema de tratamiento de aguas residuales para las comarcas de San José de Masatepe y Santa Rita.....	67
6.5.2. Sistema de tratamiento de la comarca de San Isidro .....	74
6.6. Planos de obra .....	79
6.7. Costo inicial de obra.....	79
CONCLUSIONES.....	81
RECOMENDACIONES .....	82
Referencias .....	83
ANEXOS	

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Componentes de pozo de visita .....	6
Figura 2: Bosquejo de corte transversal de un humedal de flujo subsuperficial. ....	23
Figura 3: Detalle típico de rejillas .....	34
Figura 4: Parámetros hidráulicos en escalón .....	38
Figura 5: División política Nicaragua .....	42
Figura 6: División política Masaya.....	42
Figura 7: Macro localización del proyecto .....	43
Figura 8: Micro localización del proyecto .....	43
Figura 9: Porcentaje de adultos vs Niños .....	47
Figura 10: Nivel de educación.....	47
Figura 11: Promedio de ingresos vs gastos (cada 15 días).....	48
Figura 12: Calidad de vivienda .....	48
Figura 13: Tenencia de vivienda .....	49
Figura 14: Servicios básicos .....	49
Figura 15: Saneamiento de viviendas .....	50
Figura 16: Exclusividad de saneamiento .....	50
Figura 17: Tratamiento de aguas grises .....	51
Figura 18: Tratamiento de desechos.....	51
Figura 19: Apoyo de la obra .....	52
Figura 20: Comportamiento relaciones hidráulicas .....	xxxv

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Resumen cantidad de personas por año .....	54
<b>Tabla 2</b> Resultados de diseño tramos red principal .....	61
<b>Tabla 3</b> Resultados de diseño tramos red San Isidro.....	64
<b>Tabla 4</b> Resumen total de tuberías a instalar por red .....	64
<b>Tabla 5</b> Resultados de diseños de pozos de visitas .....	65
<b>Tabla 6</b> Dimensiones del canal de aproximación, planta de San José y Santa Rita .....	68
<b>Tabla 7</b> Dimensiones de las rejillas, planta de San José y Santa Rita.....	68

<b>Tabla 8</b> Dimensiones del desarenador, planta de San José y Santa Rita.....	68
<b>Tabla 9</b> Dimensiones de la canaleta Parshall, planta de San José y Santa Rita .....	69
<b>Tabla 10</b> Eficiencia del pretratamiento, planta de San José y Santa Rita .....	69
<b>Tabla 11</b> Dimensiones del tanque Imhoff, planta de San José y Santa Rita.....	70
<b>Tabla 12</b> Eficiencia del tratamiento primario, planta de San José y Santa Rita .....	70
<b>Tabla 13</b> Detalles del humedal, planta de San José y Santa Rita.....	71
<b>Tabla 14</b> Eficiencia del tratamiento secundario y de la planta de tratamiento de aguas residuales de las comarcas de San José y Santa Rita.....	71
<b>Tabla 15</b> Parámetros de diseño de obra de descarga .....	72
<b>Tabla 16</b> Resultados de diseño de obra de descarga .....	73
<b>Tabla 17</b> Dimensiones del canal de aproximación, planta de San Isidro .....	75
<b>Tabla 18</b> Dimensiones de las rejillas, planta de San Isidro .....	75
<b>Tabla 19</b> Dimensiones del desarenador, planta de San Isidro .....	75
<b>Tabla 20</b> Dimensiones de la canaleta Parshall, planta de San Isidro.....	75
<b>Tabla 21</b> Eficiencia del pretratamiento, planta de San Isidro .....	76
<b>Tabla 22</b> Dimensiones del tanque Imhoff, planta de San Isidro .....	76
<b>Tabla 23</b> Eficiencia del tratamiento primario, planta de San Isidro.....	77
<b>Tabla 24</b> Detalles del humedal, planta de San Isidro .....	77
<b>Tabla 25</b> Eficiencia del tratamiento secundario y de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comarca de San Isidro .....	78
<b>Tabla 26</b> Dotaciones de agua .....	vi
<b>Tabla 27</b> Consumo comercial, público e industrial, .....	vi
<b>Tabla 28</b> Período de diseño económico para las estructuras de los sistemas. ....	vii
<b>Tabla 29</b> Información típica de rejillas.....	vii
<b>Tabla 30</b> Valores de “ $\beta$ ” de Kirschmer.....	viii
<b>Tabla 31</b> Información típica para el diseño de desarenador .....	viii
<b>Tabla 32</b> Valores “k” y “n” en medidor de Parshall .....	ix
<b>Tabla 33</b> Información típica de diseño de tanque Imhoff.....	ix
<b>Tabla 34</b> Características típicas del medio filtrante para humedales .....	x
<b>Tabla 35</b> Características típicas para el diseño de humedales .....	x
<b>Tabla 36</b> Determinación del tamaño de una muestra archivística.....	xi

<b>Tabla 37</b> Valores de “K” en base al % de removido.....	xi
<b>Tabla 38</b> Diámetro de las partículas y velocidades de sedimentación vertical.....	xii
<b>Tabla 39</b> Tipos de desarenadores .....	xii
<b>Tabla 40</b> Dimensiones de la canaleta Parshall .....	xiii
<b>Tabla 41</b> Factor de capacidad relativa.....	xiv
<b>Tabla 42</b> Tiempo de digestión y retiro de lodos .....	xiv
<b>Tabla 43</b> Información básica de diseño .....	xxxiii
<b>Tabla 44</b> Información poblacional y territorial.....	xxxiii
<b>Tabla 45</b> Cálculo de tasa de crecimiento poblacional .....	xxxiii
<b>Tabla 46</b> Información preliminar de red de alcantarillado .....	xxxiv
<b>Tabla 47</b> Cálculo de caudal de diseño .....	xxxiv
<b>Tabla 48</b> Cálculos de red de alcantarillado sanitario San José y Santa Rita .....	xxxvi
<b>Tabla 49</b> Cálculos de red de alcantarillado sanitario San Isidro.....	xxxviii
<b>Tabla 50</b> Composición de las aguas residuales del municipio de Masatepe .....	xxxix
<b>Tabla 51</b> Composición de las aguas residuales del barrio Omar Varela.....	xxxix
<b>Tabla 52</b> Combinaciones de las diferentes tecnologías.....	xl
<b>Tabla 53</b> Eficiencia de remoción de los diferentes procesos de tratamientos.....	xl
<b>Tabla 54</b> Diseño de canal de aproximación, planta de San José de Masatepe y Sta Rita .....	xli
<b>Tabla 55</b> Diseño de rejillas, planta de San José de Masatepe y Sta Rita .....	xlii
<b>Tabla 56</b> Diseño de desarenador, planta de San José de Masatepe y Sta Rita .....	xliii
<b>Tabla 57</b> Diseño de canaleta Parshall, planta de San José de Masatepe y Sta Rita ...	xliv
<b>Tabla 58</b> Diseño de tanque Imhoff, planta de San José de Masatepe y Santa Rita.....	xlv
<b>Tabla 59</b> Diseño del humedal, planta de San José de Masatepe y Sta Rita.....	xlviii
<b>Tabla 60</b> Diseño de canal de aproximación, planta de San Isidro .....	xlix
<b>Tabla 61</b> Diseño de rejillas, planta de San Isidro .....	l
<b>Tabla 62</b> Diseño de desarenador, planta de San Isidro .....	li
<b>Tabla 63</b> Diseño de canaleta Parshall, planta de San Isidro.....	lii
<b>Tabla 64</b> Diseño de tanque Imhoff, planta de San Isidro .....	liii
<b>Tabla 65</b> Diseño de humedal, planta de San Isidro.....	lv
<b>Tabla 66</b> Costo y presupuesto red de alcantarillado .....	lvi

**Tabla 67** Costo y presupuesto planta de tratamiento Santa Rita y San José..... lviii

**Tabla 68** Costo y presupuesto planta de tratamiento San Isidro.....lx

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Proyección poblacional geométrica .....	29
Ecuación 2: Tasa de crecimiento poblacional .....	29
Ecuación 3: Factor Harmon.....	29
Ecuación 4: Caudal medio.....	30
Ecuación 5: Caudal mínimo.....	30
Ecuación 6: Caudal máximo.....	30
Ecuación 7: Caudal de diseño.....	30
Ecuación 8: Velocidad de flujo .....	30
Ecuación 9: Radio hidráulico .....	31
Ecuación 10: Radio hidráulico a tubería llena .....	31
Ecuación 11: Velocidad de flujo a tubería llena.....	31
Ecuación 12: Continuidad de Bernoulli.....	31
Ecuación 13: Caudal a tubería llena.....	31
Ecuación 14: Ángulo central "θ" en grados sexagesimales.....	32
Ecuación 15: Velocidad de flujo en tubería parcialmente llena .....	32
Ecuación 16: Caudal a tubería parcialmente llena .....	32
Ecuación 17: Tensión de arrastre.....	32
Ecuación 18: Pérdidas en rejillas .....	34
Ecuación 19: Gasto en el medidor Parshall.....	35
Ecuación 20: Concentración de contaminante en el efluente.....	36
Ecuación 21: Constante óptima de remoción .....	36
Ecuación 22: Caudal en el efluente del humedal .....	37
Ecuación 23: Altura critica del flujo.....	38
Ecuación 24: Altura de agua a pie de chorro.....	39
Ecuación 25: Profundidad de agua conjugada .....	39
Ecuación 26: Profundidad bajo el chorro.....	39
Ecuación 27: Longitud al pie del chorro.....	39
Ecuación 28: Longitud de desarrollo de resalto.....	39
Ecuación 29: Longitud total de primera huella.....	40
Ecuación 30: Longitud total de demás huellas .....	40

Ecuación 31: Tamaño de una muestra.....	xv
Ecuación 32: Número de intervalos.....	xv
Ecuación 33: Razón entre la pendiente y el coeficiente de Manning .....	xvi
Ecuación 34: Tirante de agua en el canal .....	xvi
Ecuación 35: Ancho del canal .....	xvi
Ecuación 36: Área de sección transversal del canal .....	xvi
Ecuación 37: Perímetro mojado .....	xvi
Ecuación 38: Radio hidráulico del canal.....	xvi
Ecuación 39: Velocidad de flujo en el canal según Manning.....	xvii
Ecuación 40: Área del canal aguas arriba de las rejillas .....	xvii
Ecuación 41: Velocidad aguas arriba de la rejilla.....	xvii
Ecuación 42: Longitud de reja .....	xvii
Ecuación 43: Número de barras/rejillas.....	xvii
Ecuación 44: Velocidad antes de las rejillas .....	xviii
Ecuación 45: Área que ocupan las rejillas.....	xviii
Ecuación 46: Velocidad a través de las rejillas .....	xviii
Ecuación 47: Pérdida hidráulica en la rejilla .....	xviii
Ecuación 48: Pérdida hidráulica por Kischmer.....	xviii
Ecuación 49: Tiempo de sedimentación de la partícula .....	xviii
Ecuación 50: Periodo de retención.....	xix
Ecuación 51: Volumen del desarenador.....	xix
Ecuación 52: Área superficial del desarenador .....	xix
Ecuación 53: Área superficial del desarenador corregida .....	xix
Ecuación 54: Volumen final del desarenador .....	xix
Ecuación 55: Área transversal del desarenador.....	xix
Ecuación 56: Velocidad horizontal en el desarenador.....	xix
Ecuación 57: Tasa de desbordamiento superficial .....	xx
Ecuación 58: Relación Longitud/Superficial .....	xx
Ecuación 59: Volumen de arena retenida .....	xx
Ecuación 60: Altura de arena retenida .....	xx
Ecuación 61: Lectura piezométrica a 2/3 de A en el canal .....	xx

Ecuación 62: Ancho de garganta en el punto Ha .....	xx
Ecuación 63: Velocidad en el punto de medida Ha .....	xxi
Ecuación 64: Velocidad en la sección wc.....	xxi
Ecuación 65: Caudal específico en la canaleta Parshall .....	xxi
Ecuación 66: Carga total en la sección wc.....	xxi
Ecuación 67: Ángulo “ $\theta$ ” .....	xxi
Ecuación 68: Velocidad antes del resalto.....	xxi
Ecuación 69: Altura de agua antes del resalto .....	xxii
Ecuación 70: Número de Froude.....	xxii
Ecuación 71: Altura de agua en el resalto .....	xxii
Ecuación 72: Pérdidas hidráulicas en la canaleta Parshall .....	xxii
Ecuación 73: Caudal de tratamiento .....	xxii
Ecuación 74: Área del sedimentador.....	xxii
Ecuación 75: Volumen del sedimentador .....	xxiii
Ecuación 76: Ancho del sedimentador .....	xxiii
Ecuación 77: Largo del sedimentador .....	xxiii
Ecuación 78: Volumen del digester .....	xxiii
Ecuación 79: Longitud mínima del vertedero .....	xxiii
Ecuación 80: Carga de sólidos que ingresan al sedimentador.....	xxiv
Ecuación 81: Masa de sólidos de lodos .....	xxiv
Ecuación 82: Volumen diario de sólidos digeridos .....	xxiv
Ecuación 83: Volumen de sólidos a extraerse .....	xxiv
Ecuación 84: Área superficial del lecho de secado de lodos.....	xxiv
Ecuación 85: Constante de biodegradación a 20°C.....	xxiv
Ecuación 86: Constante de reacción a temperatura ambiente .....	xxv
Ecuación 87: Área superficial requerida para el humedal .....	xxv
Ecuación 88: Tiempo de retención hidráulico del humedal .....	xxv
Ecuación 89: Carga orgánica .....	xxv
Ecuación 90: Carga hidráulica en el humedal .....	xxv
Ecuación 91: Coliformes en el efluente .....	xxv
Ecuación 92: Área de superficie unitaria .....	xxvi

Ecuación 93: Caudal unitario .....	xxvi
Ecuación 94: Relación Largo/Ancho del humedal .....	xxvi
Ecuación 95: Ancho del humedal .....	xxvi
Ecuación 96: Largo del humedal .....	xxvi

# I. GENERALIDADES

## 1.1. Introducción

Los sistemas de alcantarillado sanitario son un servicio básico para cualquier persona e imprescindibles para prevenir enfermedades infecciosas y proteger la salud. El tratamiento de aguas residuales es de vital importancia para proteger el medio ambiente, si las mismas no son tratadas conlleva a la contaminación de sus respectivas vertientes, ocasionando daños a los recursos hídricos.

En el departamento de Masaya, ubicado a 53.42 kilómetros de la capital, en el municipio de Masatepe se encuentran las comarcas vecinas de: San José, San Isidro y Santa Rita encontrándose las mismas a una distancia de 7.42 kilómetros del casco urbano de la municipalidad. Actualmente, estas comunidades carecen de un sistema de alcantarillado sanitario, lo que conlleva a la mayoría de sus habitantes a utilizar letrinas como una alternativa para tratar los desechos orgánicos, igualmente liberan las aguas de uso doméstico en las calles, provocando el deterioro en los terrenos, malos olores, incremento de insalubridad y reproducción de enfermedades.

En el documento presente se tiene como objetivo realizar el diseño del sistema de alcantarillado sanitario y el sistema de tratamiento de aguas residuales para las comunidades en estudio, tomando en cuenta las normativas vigentes del país y la situación socioeconómica de la zona. Se implementará el uso de software de cómputo para el modelado y análisis hidráulico del sistema de alcantarillado debido a la exactitud y optimización de tiempos que aporta el uso de estos. De igual manera el proyecto presentará su juego de planos, con el fin de detallar cada componente de la obra, y a su vez realizar el cálculo de los costos iniciales.

## **1.2. Antecedentes**

Masatepe es uno de los 9 municipios del departamento de Masaya, este al igual que muchos en el país no disponen del servicio de alcantarillado en la mayoría de su territorio, siendo las comarcas las principales afectadas.

Con el paso del tiempo el crecimiento poblacional de las comunidades de San José de Masatepe, San Isidro y Santa Rita ha incrementado y se estima que con el paso de los años siga en aumento, lo que conlleva a una mayor demanda de servicios básicos. En la actualidad en esta zona no se cuenta con el bien en estudio y se desconoce dato alguno de investigaciones previas o proyectos futuros referentes a la materia.

En el año 2017, El programa Integral sectorial de agua y saneamiento humano (PISAH), iniciativa de ENACAL junto a la embajada de España y la unión europea lanzan el proyecto de planta de tratamiento de aguas residuales y ampliación del sistema de alcantarillado sanitario del departamento con el fin de dar solución a la gran necesidad que este presenta.

Si bien es cierto la nueva planta de tratamiento si fue una obra de gran aporte, sin embargo, el proyecto no abarcaría todo el departamento, sino únicamente estaría enfocado en dar prioridad principalmente a la cabecera departamental Masaya. Con esto en mente se concibe la idea de realizar un proyecto que dé una solución óptima a esta situación con el fin de mejorar la calidad de vida y mitigar daños al medio ambiente.

### **1.3. Justificación**

En la actualidad las comunidades de: San José, San Isidro y Santa Rita no poseen el servicio de sistema de alcantarillado sanitario lo que da lugar a que las aguas grises se escurran por los patios y aceras de las calles, comprometiendo y perjudicando el medio ambiente y la salud de la población, creando condiciones de insalubridad en los domicilios y en la zona en general.

Desde un punto de vista social, con el presente proyecto se pretende dar respuesta a la situación que se vive en las comunidades en estudio, con el fin de mejorar la calidad de vida de los habitantes evitando la exposición a enfermedades respiratorias, estomacales u otras, que atacan a los más vulnerables (niños y adultos mayores).

Conforme el capítulo primero de la ley 559 “Ley especial de delitos contra el medio ambiente y los recursos naturales”, plantea la seriedad ante las acciones “que violen o alteren las disposiciones relativas a la conservación, protección, defensa y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales” (Asamblea Nacional, 2005, pág. 2) con esto en mente, se pretende diseñar un sistema de alcantarillado sanitario íntegro y capaz de captar el agua residual y conducirla hacia su sistema de tratamiento, contribuyendo de esta forma con la disminución de la contaminación ambiental de la zona.

Con la elaboración de esta obra, se aportará al incremento de la cobertura de red sanitaria de todo el departamento de Masaya. De igual manera, con la elaboración de este trabajo se proveerá de un documento que funcionará como referencia para futuros proyectos en la zona. En él se detalla información topográfica del territorio, la memoria de cálculo de acuerdo con las normas del país, planos de la obra, así como un cálculo de inversión inicial de la misma.

## II. OBJETIVOS

### Objetivo general

- Diseñar la red de alcantarillado sanitario y el sistema de tratamiento de aguas residuales para las comunidades de San José, San Isidro y Santa Rita, municipio de Masatepe, Masaya, periodo 2022-2047.

### Objetivos específicos

- Examinar el estado actual de la zona en cuestión, mediante un estudio socioeconómico.
- Efectuar un levantamiento topográfico para diseñar adecuadamente el trazado de la red de alcantarillado.
- Diseñar las componentes del sistema de alcantarillado sanitario, cumpliendo con las normas establecidas vigentes en el país garantizando el correcto cumplimiento del mismo.
- Realizar propuesta de sistema de tratamiento de aguas residuales asegurando se realicen de acuerdo con las normas establecidas en el país.
- Detallar las componentes del sistema de alcantarillado y de tratamiento mediante el juego de planos para una adecuada ejecución de la obra.
- Determinar el valor de inversión inicial de la obra calculando los costos de la misma.

### **III. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. Sistema de alcantarillado**

##### **3.1.1. Definición**

Un sistema de alcantarillado no es lo mismo que la red de alcantarillado, una red (Conjunto de tuberías que reciben las aguas residuales de ramales condominios o conexiones domiciliarias) es parte del sistema. (OPS/CEPIS, 2005, pág. 4)

Un sistema de alcantarillado: “consiste en una serie de tuberías y obras complementarias (Pozos de inspección, sumideros y rejillas, conexiones domiciliarias, etc.), necesarias para recibir y evacuar las aguas residuales de la población”. (Cualla, 1995, pág. 266)

##### **3.1.2. Componentes de un sistema de alcantarillado sanitario**

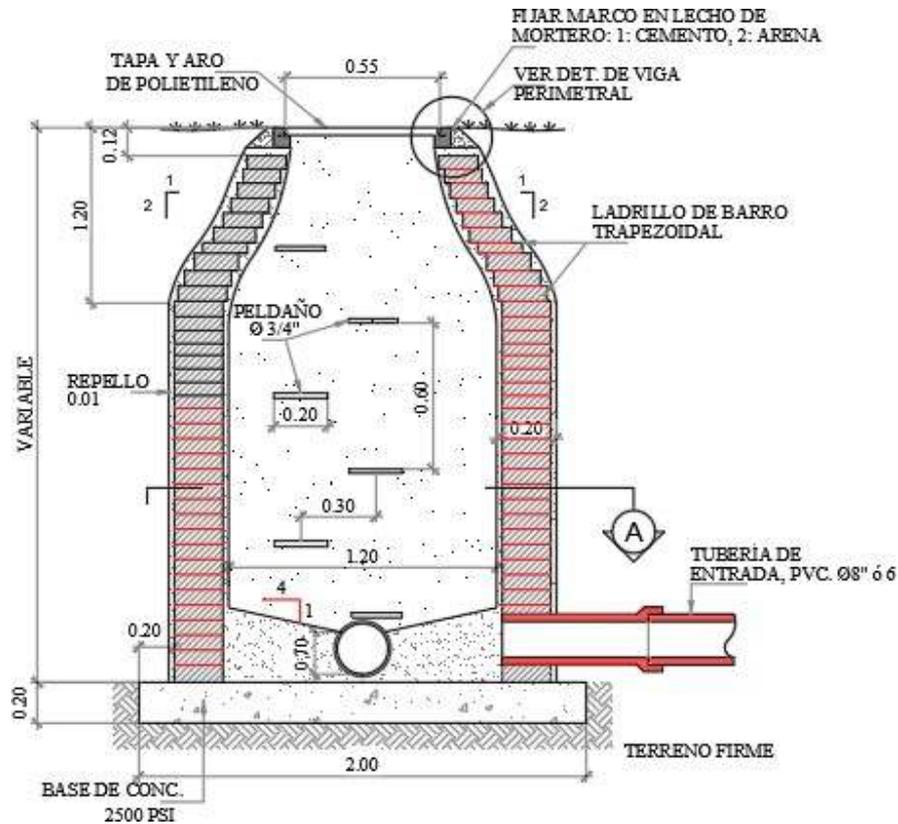
- Tubería: La tubería de alcantarillado se compone de dos o más tubos acoplados mediante un sistema de unión. (CONAGUA, 2019, pág. 11)
- Descarga domiciliaria: La descarga domiciliaria o albañal exterior es una tubería que permite el desalojo de las aguas servidas, de las edificaciones a la atarjea. (CONAGUA, 2019, pág. 35)
- Pozos de visita: Los pozos de visita son estructuras construidas sobre las tuberías, a cuyo interior se tiene acceso por la superficie de la calle. (CONAGUA, 2019, pág. 42)

Los pozos de visita tienen por función la inspección, limpieza y ventilación de las tuberías. Atendiendo al diámetro interior de las tuberías de llegada y/o salida los pozos de visita se clasifican en comunes y especiales.

Al momento de construir un pozo de visita se debe de tomar en cuenta que esto dependerá de las profundidades a las que este será construido, en términos generales un pozo de visita debe de tener una base de concreto la cual debe de contar con el espesor suficiente para soportar toda la estructura, las paredes de estos dispositivos por lo general son construidos de ladrillos de barro trapezoidales, además de aplicar repello para sellar las paredes, igualmente se requiere que estos

dispongan de peldaños para poder acceder para cualquier inspección o limpieza necesaria (ver figura 1).

Figura 1: Componentes de pozo de visita



Fuente: Elaboración propia

- Cruces: Cuando, por necesidad del trazo, se tiene que cruzar una depresión profunda, como cañadas o barrancas de poca anchura, suele lograrse por medio de una estructura que soporta la tubería. La tubería puede ser de acero o polietileno; la estructura por construir puede ser un puente ligero de acero, de concreto o de madera.
- Estaciones de bombeo: Las estaciones de bombeo son instalaciones integradas por infraestructura civil y electromecánica, destinadas a transferir volúmenes de aguas residuales crudas o tratadas de un determinado punto a otro generalmente ubicado a una mayor elevación, para satisfacer ciertas necesidades. (CONAGUA, 2019, pág. 61)

## **3.2. Sistemas de redes de alcantarillado**

### **3.2.1. Alcantarillado convencional**

Los sistemas convencionales de alcantarillado sanitario son los más usados en el país, además de ser los más populares para recolectar aguas residuales.

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 (OPS/CEPIS, 2005, pág. 6).

### **3.2.2. Alcantarillado simplificado**

Las redes de alcantarillado simplificado (RAS) están formadas por un conjunto de tuberías y accesorios que tienen la finalidad de coleccionar y transportar los desagües, bajo condiciones técnicas y sanitarias adecuadas, y a un costo accesible a las poblaciones de bajos ingresos, que normalmente son las beneficiarias del sistema.

Las RAS, se diseñan bajo los mismos criterios hidráulicos que las redes convencionales, sólo se diferencian de ellas en la simplificación y minimización del uso de materiales y de los criterios constructivos. (OPS/CEPIS, 2005, pág. 8)

### **3.2.3. Alcantarillado de pequeño diámetro**

Los sistemas de alcantarillados de pequeño diámetro están diseñados a fin de que los colectores sólo reciban la porción líquida de las aguas residuales domésticas para su disposición y tratamiento. La arena, grasa y otros sólidos que podrían obstruir los tubos son separados del flujo de desechos en tanques interceptores instalados aguas arriba de cada conexión a los colectores; los sólidos que se acumulan en los tanques se extraen periódicamente para su disposición segura. (OPS/CEPIS, 2005, pág. 10)

### **3.2.4. Alcantarillado condominal**

El alcantarillado condominal es aquel que se construye como una alternativa más económica respecto al sistema convencional. A continuación, se mencionan características de este:

- Los colectores frecuentemente son tendidos interiormente a las viviendas, partiendo de las instalaciones sanitarias del lote, siguiendo el recorrido más favorable de acuerdo con la pendiente del terreno y evitando excavaciones profundas.
- Las redes también podrán ser trazadas exteriormente a las viviendas, a través de jardines y veredas, como en el alcantarillado simplificado. De esta manera es posible obtener ahorros sustanciales en cuanto a la longitud, el diámetro y la profundidad de las tuberías empleadas.
- El trazado de las redes deberá hacerse siguiendo el criterio de servir a bloques urbanos vistos como una sola unidad, en lugar de servir a lotes de manera individual. Al conjunto de lotes que funcionan como unidad de servicio se le denomina “condominio” y se le define como el grupo de lotes (manzana) que es atendido por una misma red o tubería condominal.
- Cada manzana es considerada como si fuera la proyección horizontal de un edificio. De esta manera, las redes condominales dentro de una cuadra se construyen a lo largo de las propiedades privadas de sucesivas (lotes) con el permiso de los dueños. (OPS/CEPIS, 2005, pág. 13)

### **3.3. Proyección de población**

#### **3.3.1. Fuente de información**

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:

El instituto nacional de información y desarrollo (INIDE), el cual maneja toda la información relacionada con las poblaciones del país. Allí se pueden encontrar los documentos de los últimos censos nacionales realizados en los años, 1995 y 2005. El INIDE, además, puede facilitar las proyecciones de población de todas las localidades del país.

Información proveniente de instituciones propias del lugar, tales como: Alcaldías, la empresa nicaragüense de electricidad (ENEL), empresa nicaragüense de acueductos y alcantarillado (ENACAL) y el ministerio de salud (MINSAL).

### **3.3.2. Método para la proyección de poblaciones: 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. Según el instituto nicaragüense de acueductos y alcantarillado (INAA, 2004, pág. 5) se recomienda usar las siguientes tasas en base al crecimiento histórico.

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

### **3.3.3. Población de diseño**

La cantidad de alcantarillado sanitario que se construirá en una comunidad depende:

- ✓ Población al inicio del proyecto ( $P_0$ ): Población existente al momento de la elaboración de los diseños.
- ✓ Población al final del proyecto ( $P_f$ ): Población que va a contribuir para el sistema de alcantarillado, al final del periodo del proyecto.

### 3.4. Dotaciones

Uno de los principales factores a tomar en cuenta en el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario es el determinar la cantidad de agua que será recolectada y posteriormente tratada debidamente.

Las aguas que se tratan en un sistema de alcantarillado sanitarios se constituyen de las servidas en el sistema de agua potable, aunque no toda el agua regresa al sistema se afirma en la guía de diseño de alcantarillado sanitario. (INAA, 2004, pág. 7)

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. Sin embargo, se puede observar que no toda el agua abastecida por el acueducto vuelve, en forma de agua usada a la cloaca, debido a que una parte es descargada fuera del sistema de recolección.

El proceso para determinar el caudal de diseño del sistema de alcantarillado será de acuerdo con lo estipulado en el capítulo III de la guía de diseño de alcantarillado sanitario del INAA.

#### 3.4.1. Clasificación de los barrios

**a. Zonas de máxima densidad y actividades mixtas.** Las viviendas avicinan talleres y pequeñas industrias en un tejido urbano heterogéneo. En términos de superficie, las viviendas ocupan un promedio del 65% del área total del terreno y todas están conectadas a la red de agua potable.

**b. Zonas de alta densidad.** En los núcleos de viviendas de estas zonas se encuentran construcciones de todo tipo, desde la más sencilla hasta casas de alto costo, pero en lotes con dimensiones y áreas homogéneas (150 m<sup>2</sup> a 250 m<sup>2</sup>). Casi todas las viviendas están conectadas a la red de agua potable.

**c. Zonas de media densidad.** Se trata de viviendas de buen nivel de vida con áreas de lotes que varían entre los 500 m<sup>2</sup> y 700 m<sup>2</sup>. Todas están conectadas a la red de agua potable.

**d. Zonas de baja densidad.** Son áreas de desarrollo con viviendas de alto costo y de alto nivel de vida construidas en lotes con área mínimas de 1,000 m<sup>2</sup>. Todos conectados a la red de agua potable. (INAA, 2004, pág. 7)

### **3.4.2. Factor de Harmonn (H)**

Es la relación entre el caudal medio y el caudal máximo horario. Usualmente determinado por fórmulas en las cuales interviene la población y las características de consumo de agua. El rango de los valores recomendados se encuentra de 1.8 – 3, donde la población es servida en miles de habitantes (INAA, 2004, pág. 9).

### **3.4.3. Dotaciones de las aguas a recolectar**

**Caudal de infiltración (Qinf).** Incluye el agua del subsuelo que penetra las redes de alcantarillado, a través de las paredes de tuberías defectuosas, uniones de tuberías, conexiones y las estructuras de los pozos de visita, caja de paso, terminales de limpieza (INAA, 2004, pág. 9).

- Para tuberías con juntas de mortero se les deberá asignar un gasto de 10000 L/Hab/día.
- Para tuberías con juntas flexibles se les deberá asignar un gasto de 5000 L/Hab/día.
- Para tuberías plásticas 2 L/hora/100 m de tuberías y por cada 25 mm de diámetro. (INAA, 2004, pág. 9)

**Caudal medio (Qm).** El gasto medio de aguas residuales domésticas se deberá estimar con el 80% de la dotación del consumo de agua. Está expresado en litros por segundos. (INAA, 2004, pág. 9).

**Caudal min (Qmin).** El gasto máximo de aguas residuales domésticas se deberá determinar utilizando el factor de relación de Harmon. (INAA, 2004, pág. 9).

**Caudal máximo (Qmax).** El gasto máximo de aguas residuales domésticas se determinará a través del coeficiente de punta. Este factor regula el cálculo de la capacidad del conducto, ya que estos deben de ser suficientes para conducir el caudal máximo (INAA, 2004, pág. 9).

**Caudal industrial, institucional y comercial.** Este caudal será aquel generado por zonas distintas a las domésticas dichas aguas aportaran cierto valor a la cantidad

de agua a recolectar, estos valores según Guías Técnicas de INAA. (Ver anexo 2, tabla 27)

**Caudal de diseño (Qdis).** Caudal máximo horario de contribución de aguas residuales, más los caudales adicionales por infiltración, se calcula para la etapa inicial y final de periodo de diseño. Este dado en litros por segundos (INAA, 2004, pág. 9).

### **3.5. Periodo económico para las estructuras del sistema**

Cuando se diseña un sistema de alcantarillado sanitario, es necesario saber la vida útil de cada componente para así determinar futuras inversiones de mantenimiento. “Debe definirse hasta qué punto estos componentes pueden satisfacer las necesidades futuras de la localidad” (INAA, 2004, pág. 11) (Ver anexo 2, tabla 28).

### **3.6. Criterios de diseños**

#### **3.6.1. Hidráulica de alcantarillas**

Una alcantarilla es un conducto hidráulico, que generalmente funcionan como canales abiertos o parcialmente llenos, estas trabajan en función de la gravedad. De lo contrario, cuando el conducto está a su máxima capacidad y le es imposible el flujo por gravedad, estas son diseñadas como tuberías a presión.

#### **3.6.2. Coeficiente de rugosidad “n” de Manning**

El coeficiente de rugosidad de Manning, es un dato muy importante en el diseño hidráulico de las alcantarillas, ya que, estos nos definen el tipo de material y las velocidades máximas y mínimas que pueden soportar estos materiales.

El material más usado para sistemas de alcantarillado sanitario es el PVC, por su resistencia y durabilidad.

Las tuberías de alcantarillado más utilizadas en los ramales iniciales son las de PVC, por ser económicas y fáciles de instalar. Estas tuberías tienen valores de “n” de Manning muy bajos cuando están limpias, al inicio de su operación; con el tiempo y con el desarrollo de una película biológica, podrían experimentar incrementos significativos en el valor de “n”.

En el diseño de alcantarillas sanitarias se debe utilizar un valor grande de “n” (tal como  $0.013 \text{ s/m}^{1/3}$ ), que corresponde a la tubería con película biológica y sedimentos depositados, para establecer la capacidad de la tubería con el caudal pico al final del período de diseño, y un valor pequeño de “n” (tal como  $0.009 \text{ s/m}^{1/3}$ ), que corresponde a las condiciones iniciales de operación, con el caudal mínimo de diseño para determinar la pendiente de auto limpieza. (Castro Carrera F. La Motta, 2020, pág. 55)

### **3.6.3. Pendiente longitudinal mínima**

Para que una red de alcantarillado sanitario funcione en estado óptimo, se tiene que considerar una pendiente mínima, con el fin de proveer una velocidad mínima de arrastre de sedimentos y garantizar el flujo por gravedad.

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.

### **3.6.4. Diámetro mínimo**

Para que la red de alcantarillado sanitario tenga un costo mínimo, se tendrá un diámetro mínimo que sea capaz de transportar los desechos sólidos descargados al sistema, INAA Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales establece que: “El diámetro mínimo de las tuberías deberá ser de 150 mm” (INAA, 2004, pág. 13).

### **3.6.5. Velocidad mínima**

Para que el sistema de alcantarillado sanitario garantice una descarga adecuada, se recomienda una velocidad mínima de autolimpieza.

El criterio de velocidad mínima de autolimpieza supone que cuando el flujo es parcialmente lleno, la pendiente debe ser tal que produzca el mismo efecto auto limpiante que tendría la tubería llena con velocidad mínima (Fair G. M, 1966, pág. 55) es decir, que produzca una tensión de corte igual que la que se tendría en la

tubería llena con una velocidad mínima que, en Estados Unidos y en América Latina, comúnmente es de 0.6 m/s (Castro Carrera F. La Motta, 2020, pág. 51).

### **3.6.6. Velocidad máxima**

Con el fin de evitar la acción erosiva en las tuberías, se diseñará con una velocidad máxima, según Tercero S. (2010) afirma que la velocidad máxima deberá ser de 3 m/s (pág. 33).

Norma 9649.- El art. 5.1.1 de la norma establece que la máxima pendiente admisible será aquella para la cual se tenga  $v_f = 5 \text{ m/s}$  (Talavera, 2010, pág. 12).

### **3.6.7. Pérdida de carga adicional**

En el diseño se tendrá en cuenta las pérdidas de carga ocasionadas por uniones, cambios de flujo, entre otros.

Para todo cambio de alineación sea horizontal o vertical se incluirá una pérdida de carga igual a  $0.25 (V_m)^2/2g$  entre la entrada y salida del pozo de visita sanitario (PVS) correspondiente, no pudiendo ser en ninguno de los casos, menor de 3 cm (INAA, 2004, pág. 14).

### **3.6.8. Cambio de diámetro**

A medida que la red se hace más grande, los colectores secundarios recolectan más desechos que son descargados hacia una colectora principal, por medio de pozos de visita.

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.

En los cambios de diámetro, deberán coincidir los puntos correspondientes a los 8/10 de la profundidad de ambas tuberías. En el caso de que en un pozo de visita descarguen dos o más tuberías, deberán de coincidir los puntos correspondientes a los 8/10 de la profundidad de la tubería de entrada a nivel más bajo con el de la tubería de salida (INAA, 2004, pág. 14).

### **3.6.9. Cobertura sobre tuberías**

Se debe de garantizar un recubrimiento mínimo, con el fin de proteger la tubería. Afirman que: “Se deberá mantener una cobertura mínima de 1.20 para el sistema convencional y de 0.90m para el sistema simplificado sobre la corona de las tuberías en toda su longitud” (Tijerino G, 2002, Pág. 33).

### **3.7. Sistema de tratamiento**

El agua residual cruda es putrescible, de malos olores, ofensiva y un riesgo para la salud y el ambiente por consiguiente el objetivo básico del tratamiento de estas es proteger la salud y el bienestar de los individuos miembros de la sociedad, mediante los procesos que se indican más adelante.

La selección de un proceso de tratamiento de aguas residuales, o de la combinación adecuada de ellos, depende principalmente de: Las características del agua cruda, la calidad requerida del efluente, la disponibilidad de terreno, los costos de construcción y operación del sistema de tratamiento, la confiabilidad del sistema de tratamiento.

La mejor opción de tratamiento se selecciona con base en el estudio individual de cada caso, de acuerdo con las eficiencias de remoción requeridas y con los costos de cada una de las posibles soluciones técnicas. (INAA, 2004, pág. 74)

#### **3.7.1. Calidad de agua residual**

Toda caracterización de aguas residuales implica un programa de muestreo apropiado para asegurar representatividad de la muestra y un análisis de laboratorio de conformidad con normas establecidas que aseguren precisión y exactitud. Un programa de muestreo para caracterización y control de calidad de aguas residuales requiere un análisis cuidadoso del tipo de muestras, número de ellas y parámetros que se deben determinar (INAA, 2004, pág. 34).

**Muestreos.** Para la evaluación de las diferentes características de un agua residual se deben seguir los métodos normales o estándar. Para una caracterización adecuada de esta agua se requiere de una técnica apropiada de muestreo que

asegure resultados representativos del caudal global de aguas residuales y no solamente del caudal que circula en el instante del muestreo.

**Cantidad.** Deberán recogerse dos litros de muestra para la mayoría de los análisis fisicoquímicos. Ciertos ensayos necesitan volúmenes más grandes. No debe utilizarse la misma muestra para ensayos químicos, bacteriológicos y microscópicos debido a que los métodos de muestreo y manipulación son diferentes.

**Preservación de muestras.** Las muestras obtenidas en el campo deben constituirse en una representación precisa del material del que se está haciendo el muestreo; por tal motivo deben ser obtenidas, conservadas, transportadas y almacenadas de manera que cuando lleguen al laboratorio todavía sean representativas del material existente en el campo.

**Métodos de preservación.** Según el caso se deben usar:

- a) Control del pH.
- b) Adición de reactivos.
- c) Uso de envases opacos o de color ámbar.
- d) Refrigeración.
- e) Filtración.
- f) Congelamiento.

**Tipos de muestras.** A continuación, se presentan las diferentes tipos de muestras y sus alcances.

**Muestra instantánea o simple:** Representa solamente las características del agua residual para el instante de muestreo y en la mayoría de los casos, pueden no ser representativas de un período prolongado, puesto que estas características varían con el tiempo.

Los parámetros que deben medirse para caracterizar el agua residual por medio de muestras instantáneas son los siguientes: Oxígeno disuelto, coliformes, alcalinidad, acidez, grasas, aceites, pH y temperatura.

**Muestra compuesta:** Son la mezcla de varias muestras instantáneas recolectadas en el mismo punto de muestreo en diferentes tiempos a intervalos regulares

generalmente una hora, durante 24 horas. La mezcla se hace sin tener en cuenta el caudal en el momento de la toma.

**Muestra integrada:** Consiste en la toma de muestras simples, tomadas en diferentes puntos simultáneamente y tan cerca como sea posible, que luego se mezclan para su análisis. La integración debe hacerse de manera proporcional a los caudales medidos al tomar la muestra (INAA, 2004, pág. 51).

**Características más importantes de algunas aguas residuales.** Existen caracterizaciones típicas de aguas residuales, las cuales son de gran interés como referencia de los parámetros de importancia por analizar y de su magnitud; pero hay que recordar que cada agua residual es única en sus características y que, en lo posible, los parámetros de contaminación deben evaluarse en el laboratorio para cada agua residual específica (INAA, 2004, pág. 52).

### ***3.7.2. Proceso de tratamiento preliminar***

El pretratamiento está formado por todos aquellos procesos que se sitúan al inicio del sistema de depuración, y cuya función esencial consiste en eliminar sólidos gruesos (piedras, ramas, plásticos, etc.), grasas y arenas que pueden dañar o interferir en los procesos posteriores (García Serrano J, 2008, pág. 33).

**Aliviadero de entrada.** Esta estructura es de gran importancia en toda planta de tratamiento ya que evita la sobrecarga de caudal en las instalaciones que tratan aguas de redes de alcantarillado unitarias.

**Canal de desbastes.** El canal de desbaste es el primer proceso unitario con el que se encuentra el agua al llegar a la depuradora. En él se separan los grandes sólidos mediante su intercepción con rejillas.

**Desarenador.** La función de los desarenadores en el tratamiento de aguas residuales es remover arena, grava, cenizas, partículas u otro material sólido pesado que tenga velocidad de asentamiento o peso específico bastante mayor que el de los sólidos orgánicos putrescibles de las aguas residuales. Se deberán ubicar antes de todas las demás unidades de tratamiento, si con ello se facilita la operación de las demás etapas del proceso. Sin embargo, la instalación de rejillas, antes del

desarenador, también facilita la remoción de arena y la limpieza de los canales de desarenado.

### **3.7.3. Proceso de tratamiento primario**

Tiene como objetivo reducir la materia en suspensión. Es un proceso clave para reducir o mitigar el proceso paulatino de colmatación de los sistemas de humedales. Normalmente se utilizan fosas sépticas o tanques Imhoff. En algunos lugares también se están utilizando técnicas más avanzadas, como los reactores anaeróbicos de flujo ascendente.

**Tanque séptico.** Las fosas permiten la sedimentación de la materia en suspensión y su acumulación en el fondo en forma de lodos que se van descomponiendo por vía anaeróbica. A este proceso de descomposición se le suele denominar digestión y permite reducir el volumen de lodos gracias a la producción de gases, principalmente dióxido de carbono y metano. Las burbujas de gas pueden atrapar sólidos haciéndolos flotar y dando lugar con el tiempo a una capa de espuma bastante espesa (García Serrano J, 2008, pág. 41).

**Tanque Imhoff.** También conocido como tanque decantador-digestor, se puede considerar como una modificación de la fosa séptica convencional, en la que están separadas las zonas de decantación y de digestión, una encima de la otra los sólidos que sedimentan pasan hacia la zona de digestión a través de unas ranuras existentes en el fondo del compartimento superior. En el tanque Imhoff se mejora la sedimentación de los sólidos respecto a las fosas al evitar que las burbujas de gases formados durante la digestión los arrastren hacia la superficie. Las burbujas circulan por el exterior de las paredes de la zona de decantación hasta alcanzar la superficie del agua en los laterales o el centro.

### **3.7.4. Proceso de tratamiento secundario**

El propósito del tratamiento secundario es completar el proceso de tal modo que se evacúe el 90% de los contaminantes, bacterias y otros microorganismos. El oxígeno en el aire acelera el crecimiento de microorganismos útiles que consumen la materia orgánica dañina en el agua residual (Belzona Inc, 2010, pág. 18).

Los humedales, naturales o artificiales, son sistemas de tratamiento acuático en los cuales se usan plantas y animales para el tratamiento de aguas residuales. Los humedales artificiales son de superficie libre de agua, es decir, con espejo de agua; o de flujo subsuperficial sin espejo de agua. Los humedales artificiales se han utilizado en el tratamiento de aguas residuales municipales, para tratamiento secundario y avanzado, tratamiento de aguas de irrigación, para tratar lixiviados de rellenos sanitarios, tratamiento de efluentes de tanques sépticos, etc.

**Lagunas de estabilización.** En general, las lagunas son depósitos construidos mediante la excavación y compactación de la tierra que almacenan agua de cualquier calidad por un periodo determinado. Las lagunas constituyen un tratamiento de tipo extensivo alterno interesante ya que permiten un manejo sencillo del agua residual, la recirculación de nutrientes y la producción primaria de alimento en la cadena alimenticia (Oswald, 1995, pág. 31).

Una laguna de estabilización es básicamente un método de tratamiento extensivo del agua residual, que consiste en el almacenamiento del agua por medio de la actividad bacteriana con acciones simbióticas de las algas y otros organismos. (CONAGUA, 2019, pág. 1).

La forma más adecuada de clasificar a las lagunas es en función de la reacción biológica dominante. La estabilización de la materia orgánica se realiza ya sea mediante microorganismos que la metabolizan en presencia de oxígeno (aerobios), o bien, por microorganismos fermentativos que lo hacen en ausencia de oxígeno (anaerobios). En este sentido se distinguen los siguientes tres tipos de lagunas:

- **Aerobias:** Donde la estabilización de la materia orgánica soluble y la conversión de los nutrientes se realiza en presencia de oxígeno disuelto, el cual se suministra en forma natural o artificial.
- **Anaerobias:** La depuración se realiza en ausencia de oxígeno libre (condiciones aerobias) y/o combinado.
- **Facultativas:** La estabilización de la materia orgánica se lleva a cabo tanto en condiciones aerobias como anaerobias. Las primeras se mantienen en el estrato

superior de la laguna, mientras que, en el inferior, se realiza la degradación anaerobia en ausencia de oxígeno. En algunos casos puede haber aireación artificial en parte de ellas (CONAGUA, 2019, pág. 2).

Ventajas asociadas con el uso de las lagunas de estabilización:

- Bajo consumo de energía y costo de operación.
- Bajo capital de inversión, especialmente en los costos de construcción.
- Esquemas sencillos de flujo.
- Equipo y accesorios simples y de uso común (número mínimo de tuberías, bombas y aereadores).
- Operación y mantenimiento simple. No requieren equipos de alta tecnología y, por tanto, no es necesario personal calificado para estas labores.
- Remoción eficiente de bacterias patógenas, protozoarios y huevos de helmintos.
- Amortiguamiento de picos hidráulicos, de cargas orgánicas y de compuestos tóxicos.
- Disposición del efluente por evaporación, infiltración en suelo o riego.
- En algunos casos, remoción de nutrientes.
- Posibilidad de establecer un sistema de cultivo de algas proteicas para la producción de animales (empleando lagunas de alta tasa).
- Empleo como tanque de regulación de agua de lluvia o de almacenamiento del efluente para reúso.

Las principales desventajas son:

- Altos requerimientos de área.
- Efluente con elevado contenido de algas que, al ser descargado en los cuerpos de agua, es objetado, generando grandes controversias por su calidad proteica y su potencial de taponamiento del suelo si se usa en riego, por tanto, es necesario prever esto desde el diseño, para considerar la separación de las algas del efluente.

- Su funcionamiento depende de las condiciones ambientales tales como la temperatura, la radiación solar, la velocidad del viento, etcétera, que son propiedades aleatorias.
- Generación de olores desagradables y deterioro de la calidad del efluente por sobrecargas de contaminantes, bajo ciertas condiciones climatológicas.
- Contaminación de acuíferos por infiltración, particularmente en lagunas construidas sobre suelos arenosos.
- Pérdidas de agua debido a la evaporación e infiltración, que en zonas de escasez pueden ser importantes (CONAGUA, 2019, pág. 3).

**Lagunas aerobias.** Son depósitos de poca profundidad donde los microorganismos se encuentran en suspensión y prevalecen condiciones aerobias. El oxígeno es suministrado en forma natural por la aireación desde la superficie o por la fotosíntesis de las algas.

Las lagunas aerobias se dividen en dos grupos: Lagunas de baja tasa y de alta tasa.

Lagunas aerobias de baja tasa: Las lagunas aerobias de baja tasa se diseñan para mantener las condiciones aerobias en toda la profundidad de la laguna maximizando la cantidad de oxígeno producido por un incremento masivo de algas. En general, se emplean para tratar residuos orgánicos solubles y efluentes secundarios (CONAGUA, 2019, pág. 14).

Lagunas de tasa alta: Las lagunas aerobias de alta tasa se diseñan para optimizar la producción de algas y alcanzar altas producciones de material proteico. Su aplicación se centra en la remoción de nutrientes y el tratamiento de material soluble. Este tipo de lagunas requieren un mezclado continuo para favorecer la acción fotosintética de las algas, un mayor nivel de mantenimiento y personal altamente capacitado. La profundidad varía entre 30 y 45 cm. y por lo común sólo se operan en serie (CONAGUA, 2019, pág. 15).

**Lagunas anaerobias.** Las lagunas anaerobias son profundas y mantienen condiciones anóxicas y anaerobias en todo el espesor de esta. Esto es parcialmente cierto ya que en un pequeño estrato superficial se encuentra oxígeno disuelto

(menos de 50 cm) dependiendo de la acción del viento, la temperatura y la carga orgánica. En general, la zona superior tiene una influencia insignificante en la dinámica microbiana del medio acuático. Con el tiempo se forman natas por arriba del agua residual lo cual evita la presencia de las algas debido a la ausencia de luz solar e impide la difusión de oxígeno del aire (CONAGUA, 2019, pág. 16).

**Lagunas facultativas.** Una laguna facultativa se caracteriza por presentar tres zonas bien definidas: La zona superficial, donde las bacterias y algas coexisten simbióticamente como en las lagunas aerobias; la zona del fondo, de carácter anaerobio, donde los sólidos se acumulan por sedimentación y son descompuestos fermentativamente y, por último, una zona intermedia, parcialmente aerobia y parcialmente anaerobia, donde la descomposición de la materia orgánica se realiza mediante bacterias aerobias, anaerobias y facultativas (CONAGUA, 2019, pág. 17).

**Humedales artificiales.** Los humedales artificiales son concebidos como sistemas de depuración de aguas residuales en los que se incorporan elementos de ingeniería, diseñados, construidos y operados con propósitos específicos para una calidad de agua esperada, en función de un requerimiento de reúso o normativo. Mediante la remoción de materia orgánica permite mejorar considerablemente la calidad del agua (Knight, 2005, pág 15).

Lo anterior se logra mediante el control hipotético de los mecanismos de purificación existentes en los sistemas naturales. Los humedales artificiales se clasifican en:

**Humedales de flujo subsuperficial (HFSS).** Los sistemas de flujo subsuperficial se caracterizan por que la circulación del agua en los mismos se realiza a través de un medio granular, con una profundidad que depende de la profundidad que pueden alcanzar las raíces de las plantas. La vegetación se planta en este medio granular y el agua está en contacto con los rizomas y raíces de las plantas. En función de su configuración hidráulica, pueden ser de flujo horizontal o flujo vertical.

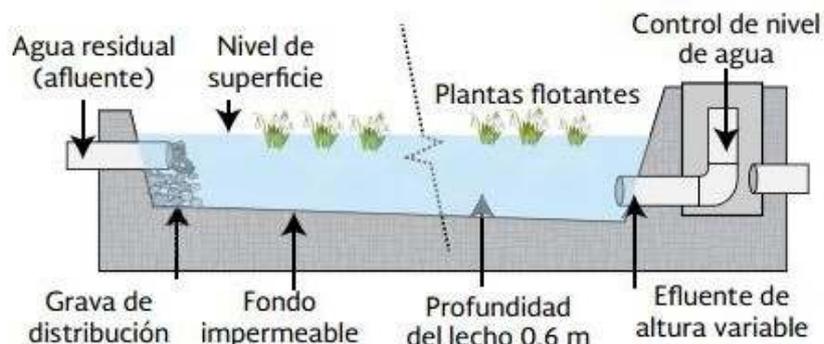
Los sistemas verticales con flujo subsuperficial son cargados intermitentemente. De esta forma, las condiciones de saturación con agua en la cama matriz son seguidas por períodos de insaturación, estimulando el suministro de oxígeno. Hay muchas

posibilidades de variar la distribución de intervalos, la composición de la cama, matriz y los resultados que se han obtenido son prometedores.

Las aguas infiltran verticalmente a través de un sustrato inerte (arenas, gravas) y se recogen en una red de drenaje situada en el fondo del humedal. La aplicación de agua se efectúa de forma intermitente, para preservar y estimular al máximo las condiciones aerobias. La vegetación emergente se planta también en este medio granular. Adicionalmente, para favorecer las condiciones aerobias del medio poroso, se suele colocar un sistema de aeración con chimeneas, que son tuberías cribadas con salidas al exterior. A diferencia del humedal subsuperficial de flujo horizontal, el sustrato está constituido por varias capas, encontrándose las más finas en la parte superior, aumentando el diámetro de la grava hacia abajo.

**Humedales de flujo superficial.** Los sistemas de flujo superficial son aquellos donde el agua circula preferentemente a través de los tallos de las plantas y está expuesta directamente a la atmósfera (Figura 2). Este tipo de humedales es una modificación al sistema de lagunas convencionales. A diferencia de éstas, tienen menor profundidad (no más de 0.6 m) y tienen plantas. Estos sistemas requieren más área que los de tipo subsuperficial y son una alternativa para cuando se requiere la remoción de nutrientes, en específico del fósforo (CONAGUA, 2019, pág. 2).

*Figura 2: Bosquejo de corte transversal de un humedal de flujo subsuperficial.*



Fuente: Comisión Nacional del Agua, Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Humedales Artificiales. México

### **3.7.5. Obra de descarga**

Se considera obra de descarga aquellas infraestructuras encargadas de transportar las aguas residuales ya tratada al cuerpo receptor estas obras se ejecutan con la finalidad de proteger el cuerpo receptor de erosión en el caso de presentar altos volúmenes y velocidades de descarga de esta manera regular el tipo de flujo en las descarga, dentro de las obras de descarga tenemos aliviaderos de descarga directa, rejillas de protección canales disipadores de energía, canales escalonados, rampas de descarga.

## IV. DISEÑO METODOLÓGICO

### 4.1. Tipo de investigación

#### Según enfoque de investigación

Esta investigación tiene un enfoque cualitativo y cuantitativo, también conocido como enfoque mixto.

- **Enfoque cualitativo:** Debido a que se indagó la calidad de vida de la población, mediante una encuesta socioeconómica.
- **Enfoque cuantitativo:** Debido a que se determinó la cantidad de población para elaborar el diseño del sistema de recolección de agua residual, además se determinó el costo de la obra, así como un levantamiento topográfico.

#### Según el tiempo de ocurrencia

La investigación es de tipo prospectiva debido a que esta se elaboró en función a la información que se poseía en la actualidad ignorando lo ocurrido en el pasado y se solventó la problemática existente con lo que se disponía.

#### Según alcances de los resultados

Esta investigación es de tipo aplicada ya que se basó en la aplicación de los conocimientos de ingeniería civil para poder realizar el diseño de alcantarillado y la planta de tratamiento respectivamente.

#### Según el periodo que se realiza el estudio

Tomando en cuenta que el diseño se desarrolla para un periodo específico de diseño la investigación es de tipo transversal debido a que esta se desarrolló en el período estipulado según las normativas.

#### Objeto de la investigación

El objeto de la investigación es proporcionar un servicio esencial y de calidad para la población de las comarcas ya mencionadas, el cual consistió en una red de

alcantarillado de aguas residuales y su sistema de tratamiento de aguas recolectadas.

#### **4.2. Población y muestra**

El proceso de obtención de la población y la muestra se realizó a partir de métodos estadísticos convenientes a este tipo de proyectos. Y de esta manera se consiguió la muestra indicada para representar a la población en estudio.

#### **4.3. Actores involucrados en la investigación**

En el proceso de llevar a cabo la elaboración de trabajo fue de esencial necesidad el involucramiento de las autoridades gubernamentales del municipio de Masatepe (alcaldía municipal) para los permisos de recolección de datos, la autoridades universitaria, las cuales asistieron a los investigadores en el proceso de elaboración del trabajo en cuestión, la población del municipio la cual es la principal afectada por las condiciones de insalubridad a la que se encuentran expuestas y los investigadores que estuvieron encargados de presentar el diseño que solventaría la necesidad de la población.

#### **4.4. Técnicas y métodos de recopilación de información**

##### **4.4.1. Estudio socioeconómico de la zona**

Para llevar a cabo la caracterización social y económica de la población en estudio se realizó un análisis socioeconómico mediante una encuesta la cual constó de preguntas relacionadas a las condiciones económicas, calidad de vida, situación sanitaria y de higiene. Una vez determinadas las condiciones sociales y económica se dispuso a caracterizar a la población y seleccionar el sistema que más se adecuaba a la situación de vida de estas (Ver anexos 1, Encuesta).

##### **4.4.2. Censo poblacional**

El censo poblacional de la comunidad en estudio fue necesario para la obtención de la cantidad de población para proyectarla, además de caracterizar la población en rango de edades y determinar los caudales de diseño a ser recolectados y tratados

por el sistema, este censo se llevó a cabo de manera paralela al estudio de socioeconómico, para optimizar el tiempo de la obtención de datos.

#### **4.4.3. Levantamiento topográfico**

La obtención de la información topográfica fue vital para el trazado de la red de alcantarillado adecuando las pendientes a lo que se especifica la guía de diseño del INAA por lo que la precisión de los datos desempeñó un papel relevante. Al momento de la recolección de información topográfica se supo que la alcaldía de Masatepe no disponía de dicho dato por lo que se realizó el levantamiento respectivo.

El levantamiento realizado, además de determinar la información esencial para el diseño, debe cumplir con las precisiones requeridas por lo que se necesitó usar el equipo más adecuado para el tipo de levantamiento.

- El levantamiento altimétrico se referencia obligadamente a un BM Geodésico. Se hacen estacionamientos no mayores de 20 m y se toman todos los accidentes que se presenten entre estos estacionamientos, tales como cauces, depresiones, cunetas, alcantarillas y otras tuberías existentes, etc.
- Formar al menos una poligonal cerrada de manera que se logre comprobar el cierre.
- La precisión lineal no debe ser menor de 1/3000. En el caso de poligonales cerradas el error angular "Ea" debe ser igual o menor de  $n\frac{1}{2}$  siendo n el número de ángulos del polígono y "Ea" expresado en segundos sexagesimales.
- En lugares convenientemente ubicados que garanticen su conservación, se colocaron mojones que permitan el replanteo del polígono, éstos se colocan antes del inicio de las mediciones y no se permite colocación posterior al levantamiento. Los mojones consisten en un cilindro de concreto simple de 0.10 m de diámetro y 0.80 m de largo con una varilla de acero de  $\frac{3}{4}$ " en el centro, sobre saliendo de la superficie del suelo 0.05 m.

- El error de cierre en nivelación “En” deberá ser igual o menor que  $30(L)^{1/2}$  siendo “L” la longitud nivelada en km. y “En” expresado en mm.
- Las curvas de nivel tendrán un intervalo de 0.50 m a 1.00 m y en terreno accidentado el intervalo será mayor.

#### **4.5. Herramientas de análisis de datos**

- Google Earth: Software satelital empleado para ver la ubicación del local, conocer latitud, longitud y altitud del sitio.
- Programas de Microsoft Office. Paquete del software Microsoft Word, Excel y PowerPoint: Paquetes de software utilizado para realizar el documento de tesis monográfico, las tablas de diseño de alcantarillado sanitario para el presupuesto final y la presentación del proyecto, respectivamente.
- AutoCAD: Software usado para la elaboración de los planos del sistema de alcantarillado sanitarios.
- CivilCAD: Software utilizado para el procesamiento de base de datos en Excel y elaboración de plano topográfico.

#### **4.6. Plan de procesamiento y análisis de información**

Los cálculos para cada una de las componentes de la red de alcantarillado se realizaron de acuerdo con lo especificado en la guía de diseño del INAA siguiendo la secuencia lógica que se presentara a continuación:

##### **4.6.1. Población de diseño**

La población de diseño se determinó mediante datos del censo poblacional realizado por el INIDE (1995 Y 2005) y el MINSA (2021), se proyectó para el último periodo de diseño utilizando el método de proyección geométrico.

Las normas establecen el rango donde debe de estar la tasa de crecimiento:

$$2.5\% \geq k_g \leq 4\%$$

$$Pf = Pb(1 + kg)^{(tf - tb)}$$

*Ecuación 1: Proyección poblacional geométrica*

$$kg = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{1/n} - 1$$

*Ecuación 2: Tasa de crecimiento poblacional*

Dónde  $k_g$  es la tasa de crecimiento

$Pf$  : Población futura (hab)

$Pb$  : Población base (hab)

$tf$  : Tiempo futuro (años)

$tb$  : Tiempo base (años)

$n$  : Diferencia entre tiempo futuro y tiempo base (años)

#### **4.6.2. Caudales**

##### **Factor de Harmonn (H)**

$$H = 1 + \frac{14}{4 + P^2}$$

*Ecuación 3: Factor Harmon*

P: Población servida en miles de habitantes

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

$$Q_{medio} = \frac{0.80 * Población * Dotación}{86,400} (lps)$$

*Ecuación 4: Caudal medio*

**Caudal mínimo de aguas residuales.** Para la verificación del gasto mínimo en las alcantarillas se debe aplicar la siguiente relación:

$$Q_{\text{mínimo}} = \frac{1}{5} Q_{\text{medio}} \text{ (lps)}$$

*Ecuación 5: Caudal mínimo*

**Caudal máximo.** El gasto máximo de aguas residuales domésticas se debe determinar utilizando el factor de relación Harmon.

$$Q_{\text{máximo}} = H * Q_{\text{medio}} \text{ (lps)}$$

*Ecuación 6: Caudal máximo*

**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 5000 L/ha/día. Para tuberías plásticas 2L/hora/100 m de tubería y por cada 25 mm de diámetro.

**Caudal de diseño**

$$Q_{\text{diseño}} = Q_{\text{máximo}} + Q_{\text{infiltración}} + Q_{\text{institucional}} + Q_{\text{industrial}} + Q_{\text{comercial}} \text{ (lps)}$$

*Ecuación 7: Caudal de diseño*

**4.6.3. Hidráulica de las alcantarillas**

**Fórmula de Manning para velocidad de flujo**

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

*Ecuación 8: Velocidad de flujo*

Dónde:

V: Velocidad (m/s)

n: Coeficiente de rugosidad de Manning (s/m<sup>1/3</sup>)

$R$ : Radio hidráulico (m)  
 $S$ : Pendiente longitudinal (m/m)

**Radio hidráulico**

$$R = \frac{A_m}{P_m} \quad (m)$$

*Ecuación 9: Radio hidráulico*

Dónde:

$A_m$  : Área de la sección mojada (m<sup>2</sup>)  
 $P_m$  : Perímetro mojado (m)

**Ecuaciones para tuberías con sección llena**

Radio hidráulico:  $R = \frac{D}{4} \quad (m)$

*Ecuación 10: Radio hidráulico a tubería llena*

Dónde:

$D$  es el diámetro de la tubería en metros

Velocidad:  $V = \frac{0.397}{n} * D^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad (m/s)$

*Ecuación 11: Velocidad de flujo a tubería llena*

Continuidad:  $Q = V * A = V * \frac{\pi}{4} * D^2 \quad (lps)$

*Ecuación 12: Continuidad de Bernoulli*

Caudal:  $Q = \frac{0.312}{n} * D^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad (lps)$

*Ecuación 13: Caudal a tubería llena*

**Ecuaciones para tuberías con sección parcialmente llena**

El ángulo central  $\theta$  en grados sexagesimales se define como:

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

*Ecuación 14: Ángulo central "θ" en grados sexagesimales*

Dónde h es la altura de la lámina de agua en metros.

$$\text{Velocidad: } V = \frac{0.397}{n} * D^{\frac{2}{3}} * \left( 1 - \frac{360 * \text{sen}(\theta)}{2\theta\pi} \right)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad (\text{m/s})$$

*Ecuación 15: Velocidad de flujo en tubería parcialmente llena*

$$\text{Caudal: } Q = \frac{0.312}{n} * D^{\frac{2}{3}} * \left( 1 - \frac{360 * \text{sen}(\theta)}{2\theta\pi} \right)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad (\text{lps})$$

*Ecuación 16: Caudal a tubería parcialmente llena*

### **Pendiente longitudinal mínima**

La pendiente longitudinal mínima debe ser aquella que produzca una velocidad de auto lavado, la cual se determinó aplicando el criterio de la tensión de arrastre, según la siguiente ecuación:

$$F = W * S * R \quad (\text{pa})$$

*Ecuación 17: Tensión de arrastre*

Dónde:

*W*: Es el peso específico del líquido (kg/m<sup>3</sup>)

*R*: Radio hidráulico a gasto mínimo en metros (m)

*S*: Pendiente en metros/metros

Se recomienda un valor mínimo de  $f = 1 \text{ Pa}$

#### **4.6.4. Sistema de tratamiento de aguas residuales**

**Calidad de agua.** El proceso de muestro para la obtención de los parámetros de calidad de agua se adecuó a los estipulada en el a capítulo VII de la guía técnica de diseño de alcantarillado sanitario del INAA.

El método de muestro a ser utilizado es:

Muestreo simple: Este se empleó con el fin de:

- Determinar las características de descargas instantáneas circulantes, identificar la fuente y evaluar los efectos potenciales en los procesos de tratamiento. Estas descargas son frecuentemente detectadas visualmente por el operador del sistema.

- Estudiar variaciones y extremos en un flujo de desechos en determinado período.
- Evaluar la descarga si ésta ocurre intermitentemente durante períodos cortos.
- Determinar si la composición de la corriente para hacer el muestreo es razonablemente constante.
- Determinar si los componentes por analizar son inestables o no pueden ser preservados.

Además de ser necesario se complementa con un **muestro compuesto** con la finalidad de determinar parámetros más específicos como: la DBO5 total y soluble, DQO soluble y total, sólidos suspendidos, disueltos y sedimentable, nitrógeno total, fósforo, cloruros, aceites y grasas, metales pesados, y detergentes.

#### **Tratamiento preliminar**

Rejillas: Las rejillas gruesas son aquellas con aberturas iguales o mayores de 6.4 mm pueden ser de barra o varillas de acero, se deben usar para proteger bombas, válvulas, tuberías y equipos, del taponamiento o interferencia causados por trapos, tarros y otros objetos grandes.

La longitud de la rejilla de limpieza manual no debe exceder de lo que pueda rastrillarse fácilmente a mano.

En la parte superior de la rejilla debe proveerse una placa de drenaje o placa perforada para que los objetos rastrillados puedan almacenarse temporalmente para su escurrimiento.

Las barras de la rejilla no deberán ser menores de 1 cm de anchura por 5 cm de profundidad.

El canal donde se ubica la rejilla deberá ser recto, de fondo horizontal o con una pequeña pendiente hacia la rejilla y perpendicular a ésta.

Por su gran importancia, la velocidad de aproximación deberá ser de 0.45 m/s a caudal promedio.

- Pérdidas en rejillas

$$h = \beta \left(\frac{w}{b}\right)^{4/3} hv * \text{sen}\theta \quad (m)$$

*Ecuación 18: Pérdidas en rejillas*

Dónde:

$h$  : Pérdida de carga, m

$\beta$  : Factor de forma de las barras

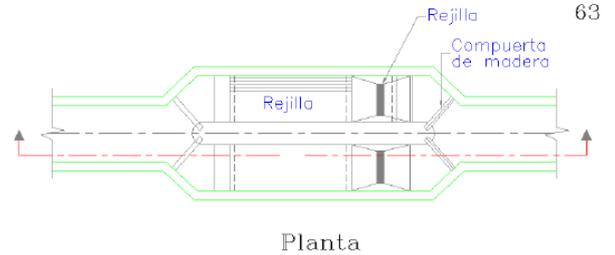
$w$  : Profundidad de la barra, m

$hv$  : Energía de velocidad del flujo de aproximación, m

$\theta$  : Ángulo de la rejilla con la horizontal

(Ver anexo 2, tabla 29)

*Figura 3: Detalle típico de rejillas*



Fuente: Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales, INAA 2004

➤ **Desarenador de flujo horizontal**

Para aguas residuales, se diseñan para una velocidad horizontal de flujo aproximadamente igual a 30 cm/s. Generalmente los desarenadores para aguas residuales se diseñan para remover todas las partículas de diámetro mayor de 0.20 mm.

➤ **Medidor Parshall**

El medidor Parshall está incluido entre los medidores de flujo crítico es de fácil construcción, presenta la ventaja de depender de sus propias características hidráulicas, una sola determinación de carga es suficiente, la pérdida de carga es baja, posee sistema de auto limpieza que hace que no haya obstáculos capaces de provocar formación de depósitos, por lo tanto, es el más recomendable para medir caudales de aguas residuales sin tratar. Se debe colocar a continuación del desarenador.

$$Q = H_a^n \quad (m^3/s)$$

*Ecuación 19: Gasto en el medidor Parshall*

Donde

$Q$  : Caudal (gasto) en  $m^3/s$

$H_a$ : Profundidad en relación con la cresta obtenida en el piezómetro situado a los 2/3 del largo  $A$  de la convergencia, contando esa distancia a lo largo de la pared de la convergencia de abajo para arriba, a partir de la sección extrema de abajo de la convergencia.

“ $K$ ” y “ $n$ ”: Valores numéricos que se muestran en el anexo 2, tabla 31 de acuerdo con la magnitud de la garganta ( $W$ ).

**Tratamiento primario**

El diseño del sistema de tratamiento primario se realizó según lo estipulado en la tabla 32, además durante el proceso de diseño de la unidad se recomienda corroborar que la zona de ubicación de la unidad garantice que el nivel freático se encuentre mínimo a 30 m de profundidad.

## Tratamiento secundario

### Humedales de flujo subsuperficial

En este tipo de humedales el agua fluye por debajo de la superficie de un medio poroso sembrado de plantas emergentes. El medio poroso es comúnmente grava gruesa y arena con espesores de 0.45 a 1.0 m y pendiente de 0.00 a 0.005. Estos humedales requieren menos áreas que los anteriores y no tienen problemas de malos olores y mosquitos, sin embargo, tiene un costo mayor debido al uso de grava y riesgo de taponamiento (INAA, 2004, pág. 166).

Durante el diseño del humedal se determinó la concentración de contaminante a la cual puede trabajar este, mediante la siguiente ecuación:

$$C_e = C_0 e^{-Kt}$$

*Ecuación 20: Concentración de contaminante en el efluente*

Donde

$C_e$  : Concentración del efluente, mg/L

$C_0$  : Concentración del afluente, mg/L

$K$  : Constante de remoción,  $d^{-1}$

$t$  : Período de retención, d; calculado con base en la profundidad del agua, el área superficial del lecho y el caudal afluente.

La constante de remoción será determinada a partir de la siguiente expresión:

$$K_{20} = K_0(37.31p^{4.172})$$

*Ecuación 21: Constante óptima de remoción*

Donde:

$K_0$  : Constante óptima de remoción, para medio con zona de raíces completamente desarrollada.

$K_0$  : 1.839  $d^{-1}$  para aguas residuales municipales.

$K_0$  : 0.198  $d^{-1}$  para aguas residuales industriales con DQO alta.

$K_{20}$ : Constante a 20 °C, d<sup>-1</sup>

$p$  : Porosidad total del medio, fracción decimal.

El área de la sección transversal del lecho de un humedal de flujo subsuperficial se determina por la ley de Darcy.

$$Q = K * A_t * \frac{\Delta h}{\Delta L}$$

*Ecuación 22: Caudal en el efluente del humedal*

Donde:

$Q$  : Caudal, m<sup>3</sup>/s

$K$  : Conductividad eléctrica del lecho completamente desarrollado, m/s.

$A_t$  : Área de la sección transversal del lecho, m<sup>2</sup>

$\frac{\Delta h}{\Delta L}$  : Pendiente de lecho

### **Recomendación de construcción para humedales de flujo subsuperficial**

- Usar piedras entre 50 y 100 mm para longitud de 0.60 m alrededor del influente distribuidor y las tuberías colectoras del efluente para reducir el taponamiento.
- Usar solo material lavado para el medio, eliminando así los granos finos que puedan taponar los poros del medio, y que posiblemente causen flujo superficial.
- Construir berma con un ancho mínimo de 0.60 m con alturas mínimas de 0.15 m sobre el medio y sobre la superficie de la tierra.
- Pendientes: exterior: 3H: 1V, interior: 2H: 1V

Todo el proceso de cálculo de cada una de las componentes del sistema fue evidenciado mediante una hoja de cálculo en Excel en donde se presentaron los cálculos de manera ordenada y lógica.

## Determinación de la obra de descarga al cuerpo receptor

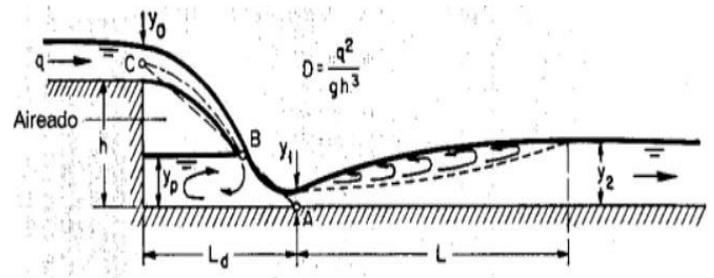
Una vez las aguas residuales hayan sido tratadas y estas se encuentren dentro de los parámetros de descarga al cuerpo receptor se procederá a evaluar el tipo de obra de descarga a utilizar en el caso que las pendientes del terreno sean demasiado pronunciadas y las velocidades de descarga sean demasiado altas se propondrá como obra de descarga un dissipador de energía tipo canal escalonado, en caso que las pendientes sean bajas en el punto de descarga y las velocidades no sean tan elevadas se propondrá una obra de descarga tipo aliviadero con rejas.

### Disipador de energía tipo canal escalonado

En el proceso del dimensionamiento de la obra de descarga será esencial conocer los siguientes parámetros:

- Caudal para emitir
- Diámetro de tubería de descarga
- Desnivel del terreno
- Ancho propuesto del canal

Figura 4: Parámetros hidráulicos en escalón



Dimensionamiento del canal

Fuente: Hidráulica de canales abiertos, Ven Te Chow, pág 414

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{gB}} \quad (m)$$

Ecuación 23: Altura crítica del flujo

Yc: Altura crítica (m)

Q: Caudal de descarga (lps)

B: Ancho de bajante (m)

g: Gravedad; 9.81 (m/s)

$$y_1 = 0.54 * \left(\frac{Y_{cr}}{h}\right)^{1.275} * h \quad (m)$$

*Ecuación 24: Altura de agua a pie de chorro*

Y<sub>1</sub>: Profundidad de agua al pie de chorro (m)

Y<sub>c</sub>: Altura critica (m)

h: Altura de contrahuella (m)

$$y_2 = 1.66 * \left(\frac{Y_{cr}}{h}\right)^{0.81} * h \quad (m)$$

*Ecuación 25: Profundidad de agua conjugada*

Y<sub>2</sub>: Profundidad conjugada (m)

Y<sub>c</sub>: Altura critica (m)

h: Altura de contrahuella (m)

$$y_p = \left(\frac{Y_{cr}}{h}\right)^{0.66} * h$$

*Ecuación 26: Profundidad bajo el chorro*

Y<sub>p</sub>: Profundidad de agua bajo el chorro (m)

Y<sub>c</sub>: Altura critica (m)

h: Altura de contrahuella (m)

$$L_c = 4.30 * \left(\frac{Y_{cr}}{h}\right)^{0.81} * h$$

*Ecuación 27: Longitud al pie del chorro*

L<sub>c</sub>: Distancia al pie del salto del chorro (m)

Y<sub>c</sub>: Altura critica (m)

h: Altura de contrahuella (m)

$$L_R = 6.90 * (y_2 - y_1)$$

*Ecuación 28: Longitud de desarrollo de resalto*

L<sub>r</sub>: Distancia de desarrollo del resalto (m)

Y<sub>1</sub>: Profundidad de agua al pie de chorro (m)

Y<sub>2</sub>: Profundidad conjugada (m)

$$L_R = L_c + L_r$$

*Ecuación 29: Longitud total de primera huella*

L<sub>r</sub>: Distancia de desarrollo del resalto (m)

L<sub>c</sub>: Distancia al pie del salto del chorro (m)

Una vez dimensionada la primera huella y contrahuella se procede a calcular las demás huellas siendo solamente necesario calcular el segundo escalón en donde Y<sub>c</sub> será el Y<sub>2</sub> del escalón anterior además que para los demás los escalones ya no es necesario que la longitud de la huella tome en cuenta la longitud de desarrollo del resalto debido a que este ya se produjo en el primer escalón.

$$L_R = L_c$$

*Ecuación 30: Longitud total de demás huellas*

#### **4.6.5. Detallado de las componentes del sistema de alcantarillado**

Una vez realizado todos los cálculos pertinentes para cada una de las partes del sistema de alcantarillado (red de recolección y planta de tratamiento) se procedió a plasmar de manera gráfica y clara las dimensiones y detalles de cada elemento a utilizar en la ejecución de la obra, este esquematizado se presentó en forma de planos los cuales contienen de manera resumida y clara toda la información requerida para la ejecución de la obra.

Los planos elaborados para el sistema propuesto de alcantarillado como planta de tratamiento están conformados por:

- Portada
- Plano de conjunto
- Plano topográfico
- Planos de sistema de red de alcantarillado sanitario

- Plano de plantas perfiles
- Plano de detalles
- Plano de conjunto de planta de tratamiento
- Plano de detalles de componentes
- Planos de perfil hidráulico en planta de tratamiento

#### **4.6.6. Presupuesto de diseño del sistema propuesto**

Una vez esquematizado todas las componentes del sistema de alcantarillado y planta de tratamiento de aguas residuales se procederán a la determinación del presupuesto para la ejecución de la obra.

Para la realización de estos cálculos será conveniente apoyarse del software Microsoft Excel que facilita realizar los mismos para poder determinar el costo aproximado que tomaría construir el sistema de alcantarillado propuesto y la planta de tratamiento. La cantidad de materiales a utilizar será determinada a partir de los planos, así como la cantidad de excavaciones para lograr instalar las tuberías de recolección.

En la integración del presupuesto se considerará los costos directos: La mano de obra calificada, la no calificada, las prestaciones laborales, los materiales de construcción y el transporte de estos. Igualmente, costos indirectos: La supervisión técnica, los costos de administración y la utilidad.

## V. DESCRIPCIÓN DE ÁREA EN ESTUDIO

### 7.1. Macro localización

Localizado en el departamento de Masaya, a unos 17.1km del mismo y aproximadamente a 53.42 km de la capital de la república, se encuentra el municipio de Masatepe, este posee una superficie territorial de 59.00 km<sup>2</sup> y limita, al norte con los municipios de la Concepción y Nindirí, al sur con el municipio del Rosario (Dpto. Carazo), al este con la Laguna de Masaya y los municipios de Niquinohomo y Nandasmó, al oeste con el municipio de la Concepción, San Marcos y Jinotepe (Ver figura 6)

Figura 5: División política Nicaragua



Fuente: INETER

Figura 6: División política Masaya

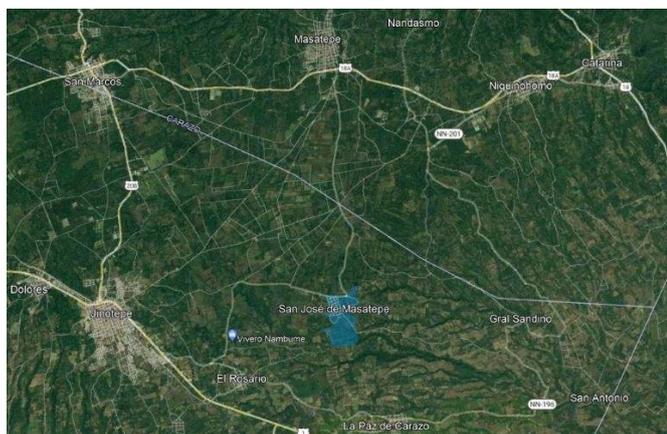


Fuente: Map of the world

## 7.2. Micro localización

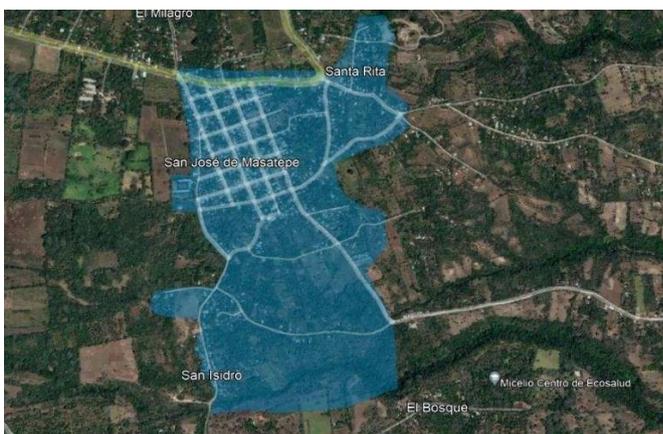
Ubicadas a una distancia de 7.42km aproximadamente de la municipalidad de Masatepe, se encuentran las comunidades de Santa Rita, San José de Masatepe, y San Isidro. Estas tres comarcas conforman la zona de influencia del proyecto. Su principal vía de acceso es la calle que conecta San José de Masatepe con Masatepe. Poseen como límites comarca el Milagro al norte, al oeste con la comunidad de los Ángeles, al este con las Crucitas, y al sur con las comunidades de San Joaquín y El bosque (Ver figura 7).

Figura 7: Macro localización del proyecto



Fuente: Propia, Imagen satelital Google Earth

Figura 8: Micro localización del proyecto



Fuente: Propia, Imagen satelital Google Earth

## 7.3 Caracterización socioeconómica de la zona

El principal rubro económico es el trabajo agrícola, el cual genera gran parte de los ingresos familiares. La producción básica está constituida por frijol, plataneras y maíz y en menor cantidad por hortalizas. Igualmente, la economía se basa en granjas avícolas, zonas francas (Empresa La Barranca). Entre otras fuentes de ingreso se tienen las pulperías y panaderías.

#### **7.4 Climatología**

El clima predominante es el de sabana tropical. Este clima, se caracteriza por presentar una marcada estación seca de entre cuatro a cinco meses de duración, extendiéndose principalmente entre Diciembre y Abril.

#### **7.5 Crecimiento poblacional**

Según datos del Instituto nacional de información de desarrollo, INIDE para los años de 1995 y 2005 se contaba con una población de (para las 3 comarcas juntas) 493 y 1234 habitantes respectivamente lo que representa una tasa de crecimiento poblacional de 9.61% entre ambos años.

De acuerdo con datos más recientes (año 2021), el ministerio de salud expone que la población presente es de 3283 personas, lo que señala una de crecimiento presente es de 6.31% del año 2005 al 2021.

#### **7.6 Servicios existentes**

- Salud: El sector salud es atendido por el ministerio de salud (MINSa), y se cuenta con un centro de salud que atiende la zona.
- Educación: El servicio es brindado por el ministerio de educación (MINED). Las modalidades que se atienden son: Preescolar, primaria, secundaria, multigrado y secundaria por encuentro.

La alcaldía municipal tiene una escuela de oficio llamada: Escuela de oficio "Gral. Augusto C. Sandino" y una escuela tecnológica llamada Escuela Tecnológica Municipal de Masatepe que brinda un servicio social a todas aquellas personas que quieren aprender un nuevo oficio y generar nuevos ingresos para sus familias.

- Energía eléctrica: La zona en estudio presenta el servicio de energía eléctrica. Actualmente es brindado por Disnorte-Dissur.

- Agua potable: Las comarcas en estudio presentan el acceso al servicio de agua potable. El servicio de agua potable es administrado por la empresa nicaragüense de acueductos y alcantarillados (ENACAL) quien tiene presencia en el municipio mediante oficinas en el casco urbano. Cabe destacar que el servicio no es continuo, de acuerdo con lo expresado por los habitantes se posee el agua solo por periodos de la tarde del día. Las fuentes de agua son pozos perforados y en algunos casos se presentan pozos artesanales.
- Aguas residuales: En la zona se cuentan con métodos de tratamiento tales como letrinas y en ciertos casos fosas sépticas (En minoría).
- Desechos sólidos: El tratado de los desechos sólidos, es realizada a través de camiones recolectores, con rutas asignadas respectivamente, cubriendo de esta manera las comarcas. Se conoce que este servicio presenta un costo de C\$30.00 (treinta córdobas).
- Vialidad: Por su posición geográfica las vías de entrada a las comarcas son: al norte conectando con el municipio de Masatepe mediante una carretera de aproximadamente 6.9 km de asfalto. En la zona en estudio predominan carreteras de adoquín (en las carreteras principales) y carreteras de tierra.

## VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 6.1. Resultados de estudio socioeconómico

En el municipio de Masatepe, las comunidades de San José, San Isidro y Santa Rita se cuentan con una población de 1281 personas, acuerdo al censo suministrado por el MINSA de la localidad (San José de Masatepe), realizado en el año 2020.

En el estudio y análisis socio económico se llevó a cabo el proceso de encuesta a los habitantes de la zona de estudio, con el objetivo de recopilar información y obtener datos, que nos muestren las condiciones que se presentan en el lugar actualmente. Incluyendo las vulnerabilidades a las que se enfrentan, sus posibilidades económicas, es decir, su forma de vida.

La cantidad de encuestas llevadas a cabo fueron 110. Para conocer este valor se utilizó como base “Determinación de una muestra archivista” de Lic. Salvador Elías Rodríguez Solís, la cual indica que este valor se obtiene aplicando el Teorema de límite central, (ver anexo, ecuación 31).

Los estudios estadísticos indican que el grado de error debe estar entre un rango del 1% al 10%, porque variaciones superiores al 10% reducen la validez de la información.

Establecidos estos rangos se determinó un grado de error del 8% por lo tanto el nivel de confianza sería el 92%. Después de determinar los valores anteriores se obtuvo el valor de “Z” de la tabla de apoyo al cálculo de tamaño de una muestra por su nivel de confianza. (Ver anexo 2, tabla 36)

$$n = 110 \text{ viviendas}$$

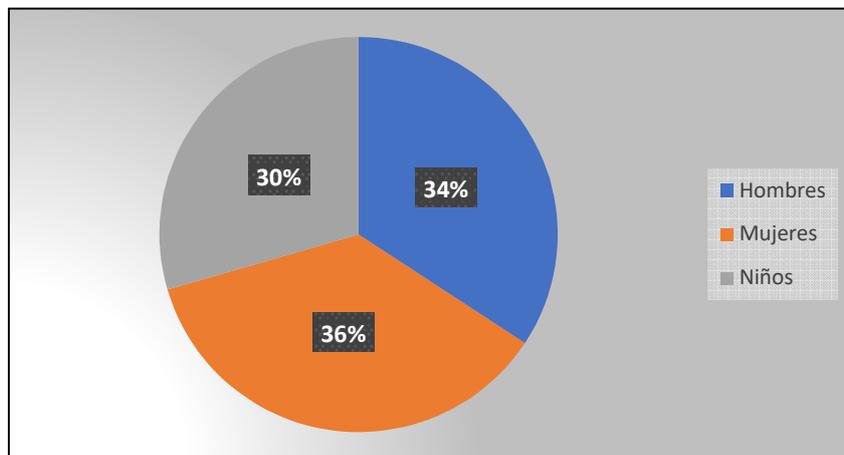
Obtenida la muestra, se selecciona quienes participaran en las encuestas mediante un muestreo aleatorio sistemático, que se basa en la selección aleatoria de los elementos (casas), utilizando intervalos obtenido a través de la ecuación 24.

$$K = \frac{1281}{110} \approx 11$$

Por lo tanto, se encuestará cada 11 viviendas hasta llegar a la muestra de 110.

## Características generales de la población

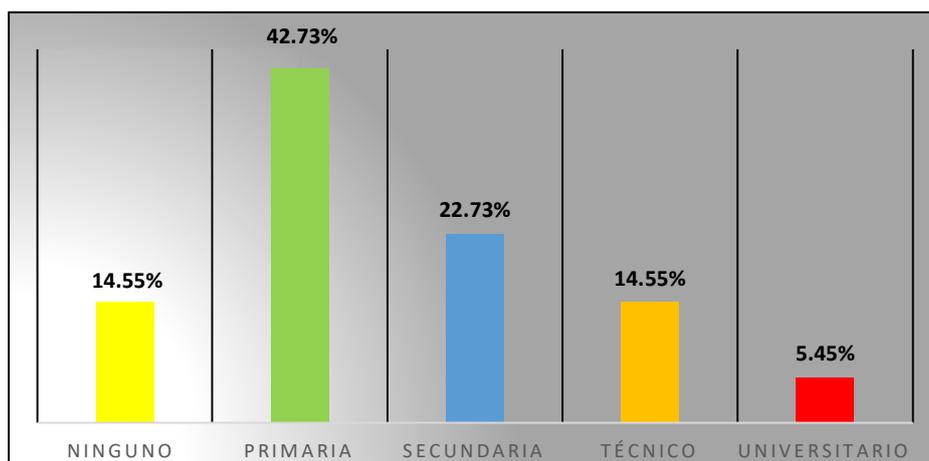
Figura 9: Porcentaje de adultos vs Niños



Fuente propia, resultado de encuesta socioeconómica

Una vez definida la cantidad de viviendas a encuestar, con la información recopilada se logró conocer que en su totalidad 158 son hombres lo que representa un 34% de la población, 167 son mujeres representando un 36% y finalmente 136 son niños equivalentes al 30%.

Figura 10: Nivel de educación

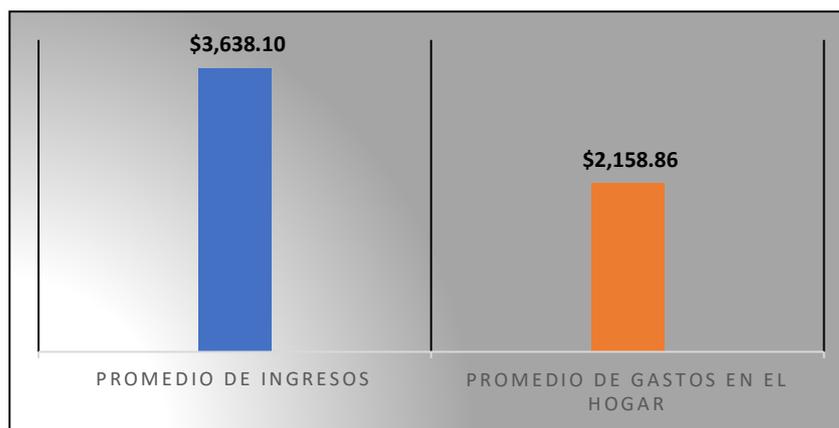


Fuente propia, resultado de encuesta socioeconómica

Así mismo el nivel académico presente en la zona es el siguiente, un 5.45% presenta estudios universitarios, el 14.55% presenta un estudio técnico, igualmente otro 14.55% de la población no posee estudio alguno, el 22.73% tiene estudios secundarios y 42.73% únicamente estudios primarios.

### Situación económica

Figura 11: Promedio de ingresos vs gastos (cada 15 días)

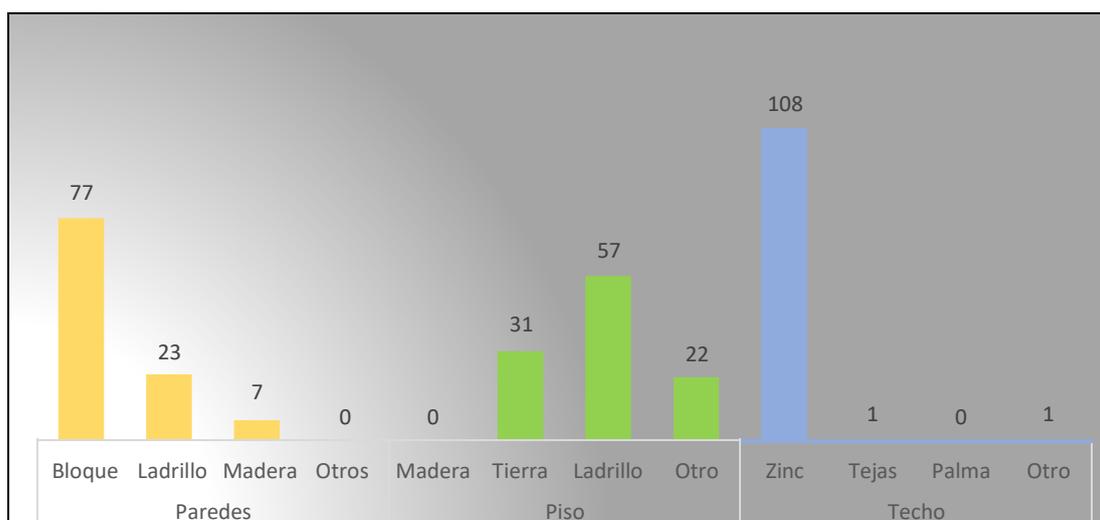


Fuente propia, resultado de encuesta socioeconómica

De acuerdo con la información obtenida las familias de la zona tienen ingresos promedio C\$ 3,638.10 vs gastos promedios de C\$ 2,158.86 en un intervalo de 15 días.

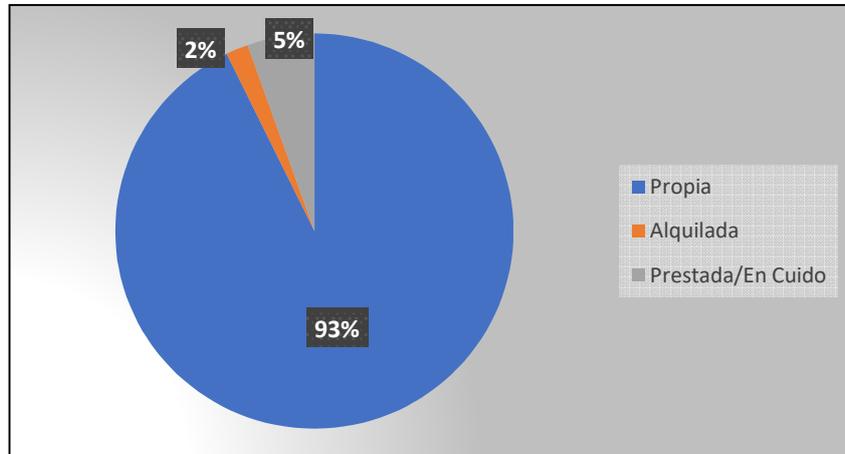
### Calidad de vivienda

Figura 12: Calidad de vivienda



Fuente propia, resultado de encuesta socioeconómica

Figura 13: Tenencia de vivienda

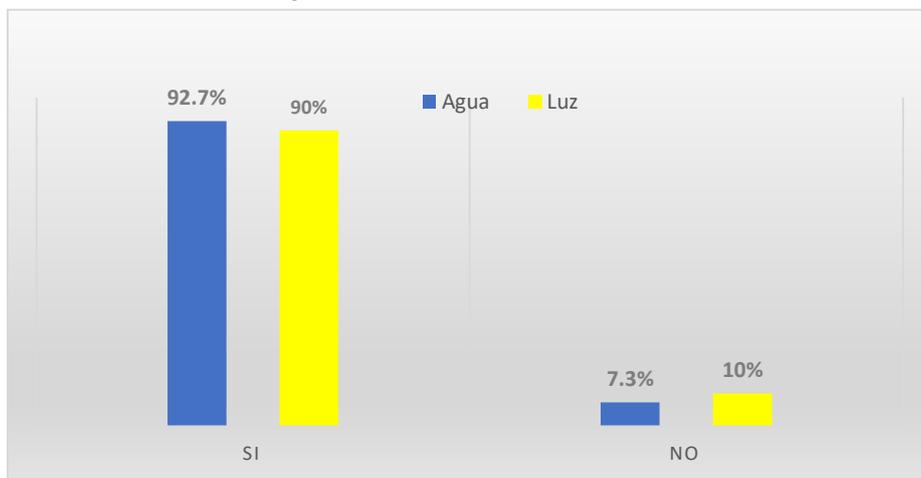


Fuente propia, resultado de encuesta socioeconómica

En la actualidad predominan las viviendas construidas a base de bloques, como material para piso se usa ladrillo y para las cubiertas está el zinc. Cabe mencionar que las casas en su mayoría son de autoría propia. (93%)

### Servicios básicos

Figura 14: Servicios básicos

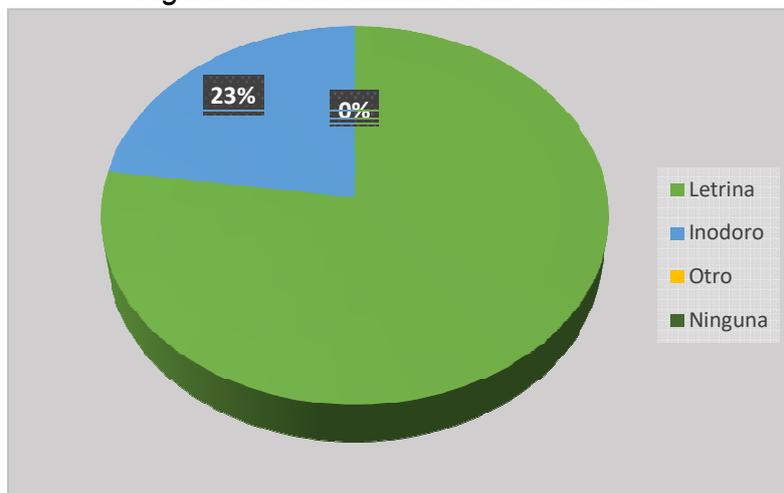


Fuente propia, resultado de encuesta socioeconómica

Los habitantes poseen los servicios de agua y energía eléctrica, 92.7% y 90% respectivamente. De igual manera cabe mencionar que los habitantes compartieron que el servicio de agua no está presente 24/7.

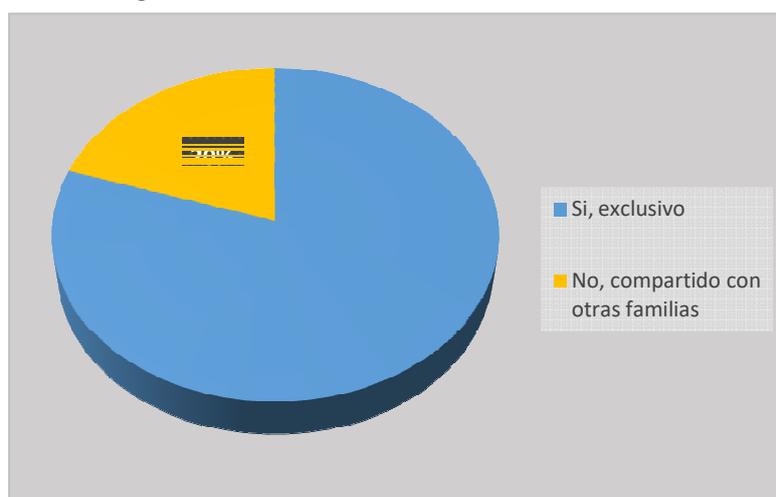
## Saneamiento y desechos

Figura 15: Saneamiento de viviendas



Fuente propia, resultado de encuesta socioeconómica

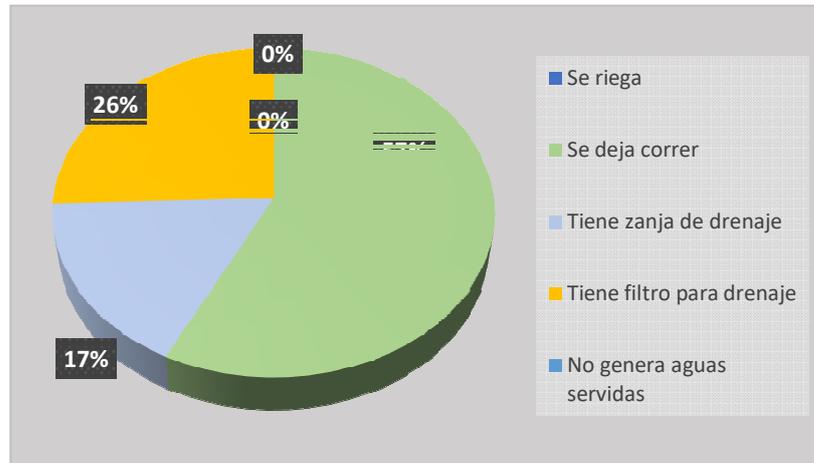
Figura 16: Exclusividad de saneamiento



Fuente propia, resultado de encuesta socioeconómica

En lo que respecta a cómo se manejan las aguas negras en la zona, el método más común es el uso de letrinas. Se conoce que el 77% de los habitantes emplean este sistema. Cabe mencionar que los mismos pobladores manifiestan su inconformidad con el mismo, aunque se encuentren en buen estado enfrentan problemas de higiene por los malos olores que se manifiestan e incluso la incomodidad de este al ser utilizado por varios hogares (El 20 % de familias comparten el servicio con otras viviendas).

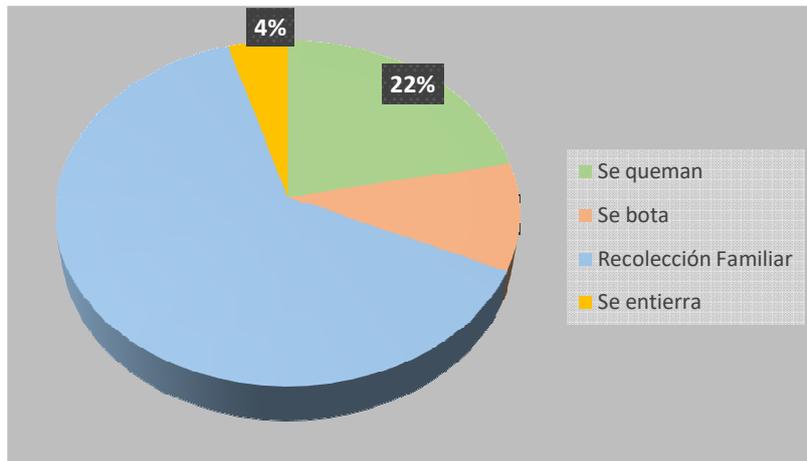
Figura 17: Tratamiento de aguas grises



Fuente propia, resultado de encuesta socioeconómica

Igualmente, un punto a destacar es el manejo de las aguas grises. Los habitantes en su minoría poseen filtros o zanjas de drenaje por lo que tienden a regar las aguas o dejarlas correr generando aguas estancadas en las calles donde los niños y adultos transitan.

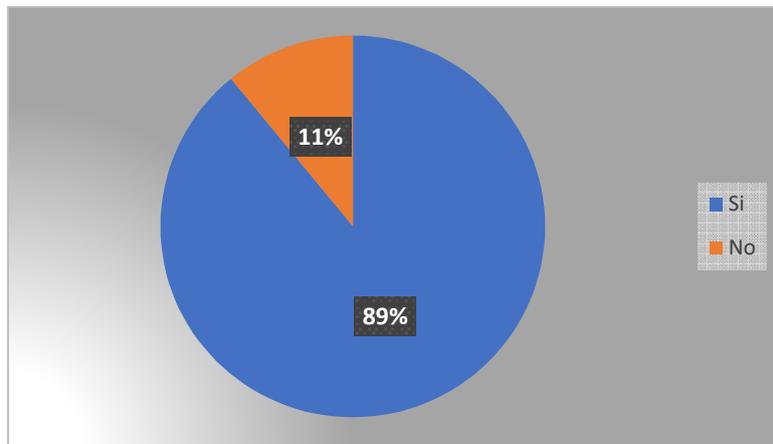
Figura 18: Tratamiento de desechos



Fuente propia, resultado de encuesta socioeconómica

En términos de la basura en las comunidades, en su gran mayoría pagan una cuota de 30 córdobas y se desecha por medio de camión recolector que pasa una vez por semana.

*Figura 19: Apoyo de la obra*



Fuente propia, resultado de encuesta socioeconómica

Finalmente se conoce que los habitantes por tener más comodidad y mejores condiciones salubres estarían dispuestos a ayudar en el proceso de elaboración del proyecto.

## 6.2. Análisis de topografía

El 28 de marzo del corriente año se inició el levantamiento topográfico altimétrico y planimétrico. Se abarco primeramente el casco urbano del municipio de San José, el punto de partida fue frente de la iglesia “*Iglesia católica San José*”, la zona en estudio no posee bancos de marca (BM) por lo cual se estableció uno mediante GPS de teléfono dando por coordenadas: X=593438.8245m, Y=1310329.7208m (este punto se marcó con espray y chapas metálica, nombre: BM).

Los principales aspectos que se tomaron en cuenta durante el levantamiento realizado fueron levantar las calles del municipio (borde izquierdo, borde derecho y eje central de la calle) en estaciones cada 5m esto con la finalidad de adquirir la mayor cantidad de información posible (desniveles del terreno), además de efectuar levantamiento en lote del terreno propuesto para el sistema de tratamiento y cauce natural en donde se verterán las aguas tratadas. El proceso de levantamiento topográfico duró 22 días finiquitando el día 19 de abril del 2021.

El equipo utilizado en el trabajo de campo fue el siguiente:

- Estación total Leica TS06
- Prisma
- Bastón prismático
- Trípode
- Cinta topográfica
- Plomos

La precisión de cierre angular del equipo usado es de 2”, y por otro lado la precisión de cierre longitudinal es de 1.5 mm + 2 ppm.

El presente levantamiento fue digitado y luego representados gráficamente en el software Auto CAD CIVIL 3D, en donde se ingresaron los puntos dados por el equipo de estación total para así mismo facilitar el análisis de la red, la realización de planos del lugar llevando un total de 3835 puntos (Ver anexos 4: Detalle parcial de levantamiento topográfico).

### 6.3. Población y caudal de diseño

Es obligatorio especificar la vida útil del proyecto para saber cuánto tiempo éste podrá cubrir las necesidades de la zona para la cual el mismo ha sido pensado. En esta obra se definió 25 años de período de diseño, esto en base al capítulo IV del INAA, tabla 4-1 donde se muestra el período de diseño económico para las distintas estructuras de un sistema A/S.

#### 6.3.1. Proyección de población

Para conocer el estimado de población que hará uso del proyecto en un lapso de 25 años, se auxilió del método de crecimiento geométrico dicha herramienta es adecuada para el cálculo de poblaciones futuras en ciudades que están en un constante desarrollo. (Ver ecuación 1)

La información utilizada en la proyección fue brindada por el INIDE (años de 1995 y 2005) e igualmente el MINSa (año 2021). A como se muestra en la siguiente tabla, la data fue proporcionada a nivel de comarca por año. Con la suma de cada una se obtuvo la cantidad total de personas por año respectivamente.

**Tabla 1** Resumen cantidad de personas por año

Comarca	INIDE		MINSa
	1995	2005	2021
San José de Masatepe	281	704	2397
San Isidro	59	148	351
Santa Rita	153	382	535

Fuente: Datos de INIDE (1995,2005), datos MINSa 2021

Una vez conocido los datos poblacionales se procedió a calcular el valor de la tasa de crecimiento siendo 7.96% el resultado, una vez sabiendo este índice, se hizo la comparativa con el capítulo 2, índice 2.3.2 INAA donde se estipula si el promedio de la proyección es mayor que 4% la población se proyectará en base el 4%. Siendo así nuestro caso.

Utilizando una tasa del 4%, se proyectó la cantidad de habitantes de la zona en intervalos de 5 años hasta cumplir los 25 años del período de diseño (previamente

definidos), siendo 2022 el año base. De esta manera se estima que la población al final del período de diseño sea de 9102 personas.

### **6.3.2. Caudal de diseño**

**Dotación.** Una vez conocida la población de diseño, se procedió a calcular el Q domiciliar, para ello se utilizó la tabla 3-2 Dotaciones de agua, capítulo III del INAA. La dotación para la zona en estudio sería de 105 L/hab/día. (Ver anexo 2, tabla 26)

**Q domiciliar.** Conociendo el valor de dotación, se obtuvo como resultado un Q domiciliar para nuestro último año del periodo de diseño igual a:

$$Q_{domiciliar} = 11.061 \text{ l/s}$$

**Consumo comercial, industrial y público.** Se definió el consumo comercial, industrial y público utilizando la tabla 3-4, capítulo III (INAA, 2004, pág. 8), en ella se establecen porcentajes, para cada uno de los anteriores, en base al Q domiciliar. (Ver anexo 2, tabla 27)

$$Q_{comercial} = 0.774 \text{ l/s}$$

$$Q_{industrial} = 0.221 \text{ l/s}$$

$$Q_{institucional} = 0.774 \text{ l/s}$$

**Gasto de infiltración. (Qinf).** El gasto de infiltración, “para tuberías plásticas será de 2L/hora/100m y por cada 25 mm de diámetro” (INAA, 2004, pág. 9).

Para una longitud total de tubería del sistema 7497.822m y utilizando un diámetro promedio de 6” el caudal de infiltración es de:

$$Q_{inf} = 0.25 \text{ l/s}$$

### **Gasto medio. (Qm)**

El gasto medio se estima como el 80% de la dotación del consumo de agua, (INAA, 2004, pág. 9), por consiguiente (Ver ecuación 4).

$$Q_{medio} = 0.80 * 11.061 = 8.849 \text{ l/s}$$

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

El caudal mínimo es igual al que representa el flujo pico que se produce de la descarga de un inodoro sanitario (INAA, 2013, pág. 12), por consiguiente: (ver ecuación 5).

$$Q_{\min} = 1.770 \text{ l/s}$$

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

Inicialmente se calculó el factor de relación de Harmon gracias a la ecuación No. 3 Por consiguiente:

$$K = 2.995$$

Este factor deberá tener un valor no menor que 1.80 ni mayor que 3 (INAA, 2004, pág. 9).

Finalmente se multiplicó este el valor obtenido al caudal medio para conocer el caudal máximo (Ver ecuación no. 6):

$$Q_{\max} = 26.505 \text{ l/s}$$

### **Gasto de diseño. (Qd)**

El caudal de diseño para nuestro sistema ha sido calculado de la suma de los caudales anteriormente obtenidos (Ver ecuación no.7), por resultado se presenta:

$$Q_d = 28.525 \text{ l/s}$$

#### **6.4. Diseño de red de alcantarillado**

En el proceso de elaboración de la red se tomaron en cuenta 3 factores: Topografía, garantía de alcance de obra (para la población) y zona de tratamiento de aguas.

1. La topografía fue un factor muy primordial en el diseño ya que en base a esta se procuró que el sistema trabajara por gravedad, de manera que fuera posible el transporte de las aguas a las áreas definidas para el tratamiento de las aguas residuales antes de su vertido.
2. Se garantizó la cobertura a toda la zona en estudio con el fin de brindar el servicio durante el período de diseño.
3. Finalmente, debido a los desniveles topográficos presentado en las zonas se definieron dos zonas convenientes para el tratamiento de las aguas residuales.

El diseño está basado a las especificaciones de las guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales del INAA, que es la norma de referencia nicaragüense.

##### **6.4.1. Parámetros de diseño hidráulico**

**Pendiente mínima y máxima.** La pendiente mínima que se utilizó para el diseño es de  $S = 0.005$  m/m en base a lo especificado en la guía de criterios para el diseño de sistemas de alcantarillado sanitario. (INAA, 2013, pág. 13). Respecto a la pendiente máxima, según la guía antes citada su valor admisible será aquel para el cual se tenga una velocidad de 5m/s, lo cual se garantizó satisfactoriamente.

**Velocidad mínima y máxima.** Los valores de velocidades mínima y máxima usados en el diseño fueron 0.06 m/s y 5 m/s respectivamente, los cuales cumplen con el criterio de garantizar la autolimpieza en las tuberías.

**Tensión tractiva.** Para el cálculo hidráulico de la red se tomó en cuenta dos factores bases:

1. Diseño en base a un flujo laminar (Por lo que se usa la ecuación de Manning).

2. Cumplimiento de la tensión de arrastre, la cual no deberá ser menor que 1 Pascal, garantizando así que toda materia sedimentable sea arrastrada durante su trayecto por la tubería.

Finalmente, la tensión tractiva o tensión de arrastre fue calculada con la ecuación 17.

**Tirante máximo.** El tirante máximo (conocido como la capacidad de llenado) se establece que no deberá ser mayor del 75% del diámetro total de la tubería, con lo cual, se ha cumplido en el sistema propuesto.

#### **6.4.2. Dimensionamiento**

**Diámetro.** De acuerdo con lo establecido en las guías técnicas del INAA, el diámetro de tubería nunca deberá ser menor a 150 mm (6"). Para ello se utilizó tubería de 6", de igual forma en los tramos que la capacidad de llenado excedía el 75% se decidió ensanchar el diámetro a 8" respectivamente.

**Material.** El material para utilizar en tuberías y accesorios será PVC SDR-41. Se seleccionó el mismo por dos principales motivos, primeramente, menos problemas por fricción dado que este presenta un coeficiente de Manning relativamente bajo de 0.009 (INAA, 2005, pág. 13), y finalmente se ha optado por este material por su accesibilidad de obtención y bajos costos.

#### **6.4.3. Dispositivos de inspección**

**Distancia máxima.** La separación máxima entre pozos de visita no deberá ser mayor a los 100 m, con equipo tradicional (INAA, 2005, pág. 27).

**Profundidad mínima.** Ningún pozo de la red tendrá una altura menor a 1.20 m.

#### **Diámetros**

- El diámetro interno (D) del pozo será 1.20 m, para alcantarillas con  $\phi$ : 750 mm y menores.
- Para pozos comprendidos entre las alturas de 1.20 m y 1.80 m, los dispositivos serán cilíndricos con diámetro interno de 1.20 m. Para alturas mayores, los

pozos serán provistos de una parte superior cónica con diámetro interno de 1.20 m.

- Para alcantarillas con diámetros de 200 mm y menores, con profundidades de rasante de tubos hasta un máximo de 1.80 m, se usarán dispositivos de visita cilíndricos (DVC) consistente en tubos de concreto precolado con diámetro interno de 0.90 m.

### **Material de construcción**

Los pozos de visita y dispositivos de visita se construirán con ladrillo cuarterón.

Para pozos que sobrepasan a los 3 m de altura, serán prefabricados de concreto armado, elaborados por Concretera Total. Se ha decidido usar este tipo por dos motivos:

1. Se debe considerar un grosor de pared diferente para que resista los esfuerzos a que será sometida durante el funcionamiento del sistema.
2. Por el riesgo que representa para un obrero trabajar a esa altura si se construyera en sitio.

A todos los dispositivos se les colocará una tapa de polietileno con 0.65 m de diámetro con orificios de 0.02 m de diámetro. En el fondo, tendrán una media caña con pendiente transversal hacia los canales no menor del 2%.

#### **6.4.4. Modelado y análisis de la red de alcantarillado**

El proceso de modelado y análisis hidráulico de la red de alcantarillado propuesta fue realizado haciendo uso de los programas de:

- Civil 3D para el procesamiento de la información topográfica y trazado de la red de alcantarillado sanitario.
- Google Earth como auxilio en la georreferenciación e identificación de principales estructuras además de la valoración del terreno con las imágenes satelitales.
- ArcGIS en el proceso de elaboración de los polígonos de Thiessen además de la obtención de cada una de las áreas de influencias por los polígonos.

- Sewer-GEMS Connect edition: Este software se utilizó como principal herramienta del diseño de la red además la valoración inicial de cada uno de los parámetros de diseño (velocidad, pendiente y tensión tractiva) además de ser esencial en la obtención de las profundidades óptimas además de los diámetros de las tuberías a utilizar en la red.
- Hoja de cálculo: El uso del programa de cómputo Microsoft Excel fue esencial al momento de registrar y realizar los cálculos numéricos de la red de alcantarillado (caudales, resumen de información, relaciones y parámetros hidráulicos, cálculos hidráulicos y resúmenes de diseño), de esta manera se procesó y corroboró el diseño realizado a través de Sewer-GEMS, obteniendo resultados satisfactorios constatando que los parámetros de diseño se cumpliera en todos en cada uno de los tramos de la red de alcantarillado tanto como la red de Santa Rita y San José como la red en San Isidro.

El diseño y análisis de la red de alcantarillado resultó en un total de 112 tramos de tuberías y 78 Dispositivos de visita sanitario, cumpliendo con todos y cada uno de los parámetros de diseño mencionado anteriormente (ver anexos 5 tabla 48). A continuación, se mostrarán los resultados de la red de alcantarillado sanitario:

**Tabla 2 Resultados de diseño tramos red principal**

TUBERÍA			TRAMO		COTAS DE INVERT		S (%)	Q (lps)	V (m/s)	T (pa)
NO.	LONG (M)	Ø (in)	PVS (ENTRADA)	PVS (SALIDA)	ENTRADA (msnm)	SALIDA (msnm)				
Tub - 1	49.667	6 "	PVS - 1	PVS - 2	474.094	471.611	5.00%	1.500	1.24	5.46
Tub - 2	81.563	6 "	PVS - 2	PVS - 3	471.587	467.522	4.98%	1.500	1.25	5.53
Tub - 22	99.000	6 "	PVS - 22	PVS - 23	474.755	472.366	2.41%	1.500	0.97	3.14
Tub - 23	82.882	6 "	PVS - 23	PVS - 24	472.342	468.198	5.00%	1.500	1.24	5.46
Tub - 25	82.576	6 "	PVS - 25	PVS - 24	469.504	468.198	1.58%	1.500	0.83	2.25
Tub - 24	81.465	6 "	PVS - 24	PVS - 3	468.174	467.522	0.80%	1.500	0.66	1.33
Tub - 3	83.104	6 "	PVS - 3	PVS - 4	467.498	466.833	0.80%	1.500	0.66	1.33
Tub - 4	79.147	6 "	PVS - 4	PVS - 5	466.809	466.176	0.80%	1.500	0.66	1.33
Tub - 5	80.840	6 "	PVS - 5	PVS - 6	466.152	464.918	1.53%	1.590	0.84	2.25
Tub - 6	81.408	6 "	PVS - 6	PVS - 7	464.894	460.824	5.00%	1.778	1.31	5.94
Tub - 26	50.000	6 "	PVS - 26	PVS - 27	469.744	469.266	0.96%	1.500	0.70	1.54
Tub - 27	65.000	6 "	PVS - 27	PVS - 28	469.242	468.503	1.14%	1.500	0.74	1.75
Tub - 28	52.405	6 "	PVS - 28	PVS - 29	467.318	464.698	5.00%	1.500	1.24	5.46
Tub - 29	83.965	6 "	PVS - 29	PVS - 30	464.674	464.002	0.80%	1.500	0.66	1.33
Tub - 30	8.000	6 "	PVS - 30	PVS - 31	463.978	463.914	0.80%	1.500	0.66	1.33
Tub - 31	65.000	6 "	PVS - 31	PVS - 32	463.890	463.129	1.17%	1.500	0.75	1.79
Tub - 32	55.933	6 "	PVS - 32	PVS - 33	463.105	461.761	2.40%	1.500	0.97	3.12
Tub - 33	69.909	6 "	PVS - 34	PVS - 35	469.708	468.139	2.24%	1.500	0.94	2.95
Tub - 34	79.237	6 "	PVS - 35	PVS - 36	468.115	465.777	2.95%	1.500	1.04	3.68
Tub - 35	82.364	6 "	PVS - 36	PVS - 33	465.753	461.761	4.85%	1.500	1.23	5.38
Tub - 36	61.408	6 "	PVS - 37	PVS - 33	462.348	461.761	0.96%	1.500	0.70	1.54
Tub - 44	79.959	6 "	PVS - 33	PVS - 7	461.737	460.824	1.14%	2.000	0.81	2.00
Tub - 7	76.194	6 "	PVS - 7	PVS - 8	460.800	460.157	0.84%	3.959	0.89	2.12
Tub - 8	81.635	6 "	PVS - 8	PVS - 9	460.133	457.479	3.25%	4.153	1.45	6.23
Tub - 78	53.617	6 "	PVS - 78	PVS - 9	458.369	457.479	1.66%	1.500	0.85	2.35
Tub - 37	19.701	6 "	PVS - 38	PVS - 39	474.891	474.172	3.65%	1.500	1.12	4.34
Tub - 38	77.368	6 "	PVS - 39	PVS - 40	474.148	470.733	4.41%	1.500	1.19	4.98
Tub - 39	83.204	6 "	PVS - 40	PVS - 41	470.709	467.905	3.37%	1.500	1.09	4.06
Tub - 40	79.455	6 "	PVS - 41	PVS - 42	467.881	464.526	4.22%	1.500	1.18	4.83
Tub - 41	78.308	6 "	PVS - 42	PVS - 43	464.502	463.331	1.50%	1.500	0.82	2.17
Tub - 42	83.934	6 "	PVS - 43	PVS - 44	463.307	460.478	3.37%	1.500	1.09	4.06
Tub - 43	80.809	6 "	PVS - 44	PVS - 9	460.454	457.479	3.68%	1.500	1.13	4.37
Tub - 9	78.699	6 "	PVS - 9	PVS - 10	457.455	455.816	2.08%	5.746	1.36	5.06
Tub - 45	70.954	6 "	PVS - 45	PVS - 46	473.764	470.216	5.00%	1.500	1.24	5.47
Tub - 46	80.575	6 "	PVS - 46	PVS - 47	470.192	468.295	2.35%	1.500	0.96	3.06
Tub - 47	82.349	6 "	PVS - 47	PVS - 48	468.271	466.330	2.36%	1.500	0.96	3.06

TUBERÍA			TRAMO		COTAS DE INVERT		S (%)	Q (lps)	V (m/s)	T (pa)
NO.	LONG (M)	Ø (in)	PVS (ENTRADA)	PVS (SALIDA)	ENTRADA (msnm)	SALIDA (msnm)				
Tub - 48	78.824	6 "	PVS - 48	PVS - 49	466.306	463.776	3.21%	1.500	1.07	3.92
Tub - 49	83.166	6 "	PVS - 49	PVS - 50	463.752	461.260	3.00%	1.500	1.04	3.69
Tub - 50	80.127	6 "	PVS - 50	PVS - 10	459.822	455.816	5.00%	1.634	1.28	5.72
Tub - 51	98.004	6 "	PVS - 51	PVS - 52	469.572	468.164	1.44%	1.500	0.81	2.11
Tub - 52	35.352	6 "	PVS - 52	PVS - 53	468.140	467.649	1.39%	1.500	0.80	2.05
Tub - 53	72.842	6 "	PVS - 53	PVS - 54	467.625	464.088	4.86%	1.500	1.24	5.39
Tub - 54	21.737	6 "	PVS - 54	PVS - 55	464.064	462.978	5.00%	1.500	1.24	5.46
Tub - 55	50.740	6 "	PVS - 56	PVS - 57	464.040	462.457	3.12%	1.500	1.06	3.84
Tub - 56	60.892	6 "	PVS - 57	PVS - 55	462.433	461.904	0.87%	1.500	0.68	1.42
Tub - 57	99.381	6 "	PVS - 55	PVS - 58	461.880	457.985	3.92%	1.500	1.14	4.56
Tub - 58	52.762	6 "	PVS - 59	PVS - 58	460.447	457.985	4.67%	1.500	1.22	5.26
Tub - 59	92.510	6 "	PVS - 60	PVS - 61	466.358	461.733	5.00%	1.500	1.24	5.46
Tub - 60	53.719	6 "	PVS - 61	PVS - 62	460.979	458.293	5.00%	1.500	1.24	5.46
Tub - 61	35.599	6 "	PVS - 62	PVS - 58	458.269	457.985	0.80%	1.500	0.66	1.33
Tub - 62	99.376	6 "	PVS - 58	PVS - 63	457.961	457.166	0.80%	3.485	0.84	1.92
Tub - 63	98.000	6 "	PVS - 63	PVS - 64	457.142	456.358	0.80%	3.774	0.86	1.99
Tub - 64	44.311	6 "	PVS - 64	PVS - 65	456.334	455.935	0.90%	3.884	0.90	2.22
Tub - 65	93.896	6 "	PVS - 66	PVS - 67	465.820	461.125	5.00%	1.500	1.24	5.47
Tub - 66	33.966	6 "	PVS - 67	PVS - 68	460.446	458.748	5.00%	1.500	1.24	5.46
Tub - 67	65.401	6 "	PVS - 68	PVS - 69	458.724	456.405	3.55%	1.500	1.10	4.21
Tub - 68	55.671	6 "	PVS - 69	PVS - 65	456.381	455.935	0.80%	1.500	0.66	1.33
Tub - 69	69.171	6 "	PVS - 65	PVS - 70	455.911	455.358	0.80%	4.703	0.91	2.18
Tub - 70	40.181	6 "	PVS - 70	PVS - 71	455.334	455.012	0.80%	4.878	0.92	2.22
Tub - 71	47.033	6 "	PVS - 72	PVS - 73	466.786	464.763	4.30%	1.500	1.19	4.93
Tub - 72	67.199	6 "	PVS - 73	PVS - 74	464.739	462.554	3.25%	1.500	1.08	3.98
Tub - 73	75.000	6 "	PVS - 74	PVS - 75	460.407	456.657	5.00%	1.500	1.24	5.46
Tub - 74	76.611	6 "	PVS - 75	PVS - 71	456.633	455.012	2.12%	1.500	0.93	2.84
Tub - 75	46.003	6 "	PVS - 71	PVS - 76	454.988	454.620	0.80%	6.035	0.98	2.42
Tub - 76	81.000	6 "	PVS - 76	PVS - 77	454.596	453.948	0.80%	6.333	0.99	2.47
Tub - 77	37.614	6 "	PVS - 77	PVS - 10	453.924	453.624	0.80%	6.521	1.00	2.50
Tub - 10	91.972	6 "	PVS - 10	PVS - 11	453.600	452.864	0.80%	14.041	1.21	3.33
Tub - 11	31.691	8 "	PVS - 11	PVS - 12	452.840	452.586	0.80%	14.201	1.22	3.36
Tub - 79	88.000	6 "	PVS - 79	PVS - 80	457.299	456.457	0.96%	1.500	0.70	1.54
Tub - 80	67.771	6 "	PVS - 80	PVS - 12	456.433	455.319	1.64%	1.500	0.85	2.33
Tub - 12	85.000	8 "	PVS - 12	PVS - 13	452.562	451.882	0.80%	15.243	1.24	3.45
Tub - 13	31.575	8 "	PVS - 13	PVS - 14	451.858	451.606	0.80%	15.414	1.24	3.46
Tub - 14	61.000	8 "	PVS - 14	PVS - 15	451.582	451.094	0.80%	15.563	1.25	3.48

TUBERÍA			TRAMO		COTAS DE INVERT		S (%)	Q (lps)	V (m/s)	T (pa)
NO.	LONG (M)	Ø (in)	PVS (ENTRADA)	PVS (SALIDA)	ENTRADA (msnm)	SALIDA (msnm)				
Tub - 15	95.000	8 "	PVS - 15	PVS - 16	451.070	450.310	0.80%	15.906	1.25	3.51
Tub - 81	45.939	6 "	PVS - 81	PVS - 82	458.116	457.677	0.96%	1.500	0.70	1.53
Tub - 82	68.434	6 "	PVS - 82	PVS - 83	457.653	457.048	0.88%	1.500	0.68	1.43
Tub - 83	61.844	6 "	PVS - 83	PVS - 84	457.024	455.279	2.82%	1.500	1.03	3.57
Tub - 84	56.886	6 "	PVS - 85	PVS - 86	460.533	458.384	3.78%	1.500	1.13	4.46
Tub - 85	47.553	6 "	PVS - 86	PVS - 84	458.360	455.982	5.00%	1.500	1.24	5.47
Tub - 86	29.012	6 "	PVS - 84	PVS - 87	455.255	453.805	5.00%	1.500	1.24	5.46
Tub - 87	54.461	6 "	PVS - 87	PVS - 88	453.781	452.800	1.80%	1.500	0.87	2.51
Tub - 88	11.624	6 "	PVS - 88	PVS - 89	452.776	452.683	0.80%	1.500	0.66	1.33
Tub - 89	37.018	6 "	PVS - 90	PVS - 91	458.718	458.169	1.48%	1.500	0.82	2.15
Tub - 90	40.110	6 "	PVS - 91	PVS - 92	458.145	456.140	5.00%	1.500	1.24	5.46
Tub - 91	55.282	6 "	PVS - 92	PVS - 89	455.564	452.800	5.00%	1.500	1.24	5.46
Tub - 92	30.160	6 "	PVS - 89	PVS - 93	452.659	452.418	0.80%	1.601	0.67	1.37
Tub - 93	80.293	6 "	PVS - 93	PVS - 94	452.394	451.751	0.80%	1.843	0.70	1.47
Tub - 94	79.364	6 "	PVS - 94	PVS - 95	451.727	451.092	0.80%	2.456	0.76	1.65
Tub - 95	97.533	6 "	PVS - 95	PVS - 96	451.068	450.288	0.80%	2.903	0.80	1.78
Tub - 96	77.220	6 "	PVS - 96	PVS - 97	450.264	449.646	0.80%	3.536	0.84	1.93
Tub - 21	99.374	6 "	PVS - 97	PVS - 16	449.622	448.827	0.80%	3.656	0.85	1.97
Tub - 16	92.000	8 "	PVS - 16	PVS - 17	448.803	447.819	1.07%	20.211	1.49	4.87
Tub - 17	60.375	8 "	PVS - 17	PVS - 18	446.447	443.428	5.00%	20.523	2.61	16.68
Tub - 18	85.355	8 "	PVS - 18	PVS - 19	443.378	442.695	0.80%	20.671	1.34	3.88
Tub - 19	77.392	8 "	PVS - 19	PVS - 20	442.671	442.052	0.80%	21.107	1.35	3.91
Tub - 97	70.494	6 "	PVS - 98	PVS - 99	460.515	458.236	3.23%	1.500	1.07	3.95
Tub - 98	98.572	6 "	PVS - 99	PVS - 100	458.212	457.424	0.80%	1.500	0.66	1.33
Tub - 99	25.653	6 "	PVS - 100	PVS - 101	457.400	457.195	0.80%	1.500	0.66	1.33
Tub - 100	98.320	6 "	PVS - 101	PVS - 102	457.171	455.628	1.57%	1.500	0.83	2.24
Tub - 101	56.979	6 "	PVS - 102	PVS - 103	455.604	453.407	3.86%	2.151	1.27	5.33
Tub - 102	98.341	6 "	PVS - 103	PVS - 104	453.383	448.466	5.00%	2.926	1.52	7.42
Tub - 103	68.057	6 "	PVS - 104	PVS - 105	448.442	445.262	4.67%	3.609	1.59	7.77
Tub - 104	56.732	6 "	PVS - 105	PVS - 106	445.238	443.311	3.40%	4.077	1.47	6.37
Tub - 105	54.487	6 "	PVS - 106	PVS - 20	443.287	442.052	2.27%	4.366	1.30	4.81
Tub - 20	32.374	8 "	PVS - 20	PVS - 21	442.028	441.769	0.80%	25.978	1.42	4.22

Fuente: Elaboración propia, resultados de hoja de cálculo de Excel

**Tabla 3 Resultados de diseño tramos red San Isidro**

TUBERÍA			TRAMO		COTAS DE INVERT		S (%)	Q (lps)	V (m/s)	T (pa)
NO.	LONG (M)	Ø (in)	PVS (ENTRADA)	PVS (SALIDA)	ENTRADA (msnm)	SALIDA (msnm)				
Tub - 106	88.681	6 "	PVS - 107	PVS - 108	461.117	457.204	4.41%	1.500	1.19	4.98
Tub - 107	49.940	6 "	PVS - 108	PVS - 109	457.180	455.131	4.10%	1.500	1.17	4.77
Tub - 108	98.819	6 "	PVS - 109	PVS - 110	455.107	453.610	1.51%	1.500	0.82	2.18
Tub - 109	93.413	6 "	PVS - 110	PVS - 111	453.586	449.536	4.34%	1.592	1.22	5.11
Tub - 110	70.000	6 "	PVS - 111	PVS - 112	447.847	444.347	5.00%	1.980	1.36	6.24
Tub - 111	50.000	6 "	PVS - 112	PVS - 113	443.428	440.928	5.00%	2.461	1.45	6.92
Tub - 112	20.000	6 "	PVS - 113	PVS - 114	439.625	438.625	5.00%	2.546	1.46	7.00

Fuente: Elaboración propia, resultados de hoja de cálculo de Excel

Long tubería de 6"	6846.060 m
Long tubería de 8"	651.762 m
<b>Total</b>	<b>7497.822 m</b>

Fuente: Elaboración propia, resultados de hoja de cálculo de Excel

**Tabla 4 Resumen total de tuberías a instalar por red**

Long red Principal	7026.969 m
Long red San Isidro	470.853 m
<b>Total</b>	<b>7497.822 m</b>

Fuente: Elaboración propia, resultados de hoja de cálculo de Excel

**Tabla 5 Resultados de diseños de pozos de visitas**

<b>POZOS DE VISITA</b>			
<b>PVS</b>	<b>ELEVACIÓN DE TERRENO</b>	<b>ELEVACIÓN DE FONDO</b>	<b>PROFUNDIDAD DE PVS</b>
PVS - 1	475.540	474.098	1.442
PVS - 2	472.810	471.586	1.224
PVS - 3	469.240	467.746	1.494
PVS - 4	468.860	467.299	1.561
PVS - 5	467.700	466.476	1.224
PVS - 6	466.120	464.891	1.229
PVS - 7	462.020	460.796	1.224
PVS - 8	461.360	460.136	1.224
PVS - 9	458.680	457.456	1.224
PVS - 10	457.020	454.448	2.572
PVS - 11	456.660	453.958	2.702
PVS - 12	456.520	453.779	2.741
PVS - 13	455.750	453.325	2.425
PVS - 14	455.210	453.148	2.062
PVS - 15	453.740	452.416	1.324
PVS - 16	451.800	449.764	2.036
PVS - 17	449.070	446.398	2.672
PVS - 18	444.680	443.356	1.324
PVS - 19	444.360	442.905	1.455
PVS - 20	444.460	442.492	1.968
PVS - 21 EFLUENTE	441.769	440.131	1.638
PVS - 22	475.950	474.750	1.200
PVS - 23	474.580	472.338	2.242
PVS - 24	469.400	468.176	1.224
PVS - 25	470.700	469.500	1.200
PVS - 26	470.940	469.740	1.200
PVS - 27	471.000	469.242	1.758
PVS - 28	469.700	467.315	2.385
PVS - 29	465.900	464.676	1.224

<b>PVS</b>	<b>ELEVACIÓN DE TERRENO</b>	<b>ELEVACIÓN DE FONDO</b>	<b>PROFUNDIDAD DE PVS</b>
PVS - 77	457.74	454.657	3.083
PVS - 78	459.57	458.370	1.200
PVS - 79	458.5	457.300	1.200
PVS - 80	459.28	456.437	2.843
PVS - 81	459.32	458.120	1.200
PVS - 82	459.14	457.648	1.492
PVS - 83	458.78	457.029	1.751
PVS - 84	457.18	455.253	1.927
PVS - 85	461.73	460.530	1.200
PVS - 86	460.59	458.363	2.227
PVS - 87	455	453.776	1.224
PVS - 88	454	452.776	1.224
PVS - 89	454	452.694	1.306
PVS - 90	459.92	458.720	1.200
PVS - 91	459.43	458.146	1.284
PVS - 92	457.34	455.564	1.776
PVS - 93	454	452.519	1.481
PVS - 94	453.36	452.091	1.269
PVS - 95	452.43	451.206	1.224
PVS - 96	452.7	450.702	1.998
PVS - 97	451.78	450.287	1.493
PVS - 98	461.71	460.510	1.200
PVS - 99	459.44	458.216	1.224
PVS - 100	459.24	457.439	1.801
PVS - 101	460.7	457.239	3.461
PVS - 102	456.83	455.606	1.224
PVS - 103	455.09	453.380	1.710
PVS - 104	449.67	448.446	1.224
PVS - 105	446.46	445.236	1.224
PVS - 106	444.51	443.286	1.224
PVS - 107	462.317	461.117	1.200
PVS - 108	458.404	457.180	1.224
PVS - 109	456.331	455.107	1.224
PVS - 110	454.81	453.586	1.224
PVS - 111	450.736	447.847	2.889
PVS - 112	445.547	443.428	2.119
PVS - 113	442.128	439.625	2.503
PVS - 114	439.825	438.625	1.200

Fuente: Elaboración propia, resultados de hoja de cálculo de Excel

Nota: Los pozos de visitas con profundidades menores a 1.8m serán dispositivos cilíndricos de inspección de concreto armado con diámetro interno de 0.90 m

## **6.5. Diseño de la planta de tratamiento**

### **6.5.1. Sistema de tratamiento de aguas residuales para las comarcas de San José de Masatepe y Santa Rita**

Para elaborar el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales para las comarcas de San José de Masatepe y Santa Rita se tomó en cuenta la calidad de agua del municipio de Masatepe (ver anexo 6, tabla 50), El tipo tren de tratamiento y los valores de porcentajes de remoción de los distintos procesos de tratamiento se obtuvieron de la Publicación de la Gaceta No. 90. (Ver anexo 6, tabla 53)

Para tratar las aguas de San José de Masatepe y Santa Rita se realizó la combinación de tecnologías convencionales: Pretratamiento + Tanque Imhoff + Biofiltro.

Los diseños hidráulicos de las distintas componentes están basados en las especificaciones de las guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales del INAA, que es la norma de referencia nicaragüense; así como documentos de la Organización Panamericana de la Salud, guías de CONAGUA, libros de texto e investigaciones monográficas.

#### **Tratamiento preliminar**

El tratamiento preliminar está conformado por rejillas colocadas en un canal de aproximación, seguido por un desarenador de flujo horizontal y finalizando con una unidad medidora de caudal (Canaleta tipo Parshall). A continuación, se presentan las dimensiones de estas unidades.

**Tabla 6 Dimensiones del canal de aproximación, planta de San José y Santa Rita**

Concepto	Símbolo	Valor	Unidad	Criterio
Ancho del canal	$b$	0.32	m	
Altura de agua en el canal	$y$	0.16	m	
Borde libre	$B_L$	0.30	m	0.2 - 0.3 m
Área de la sección transversal	$A$	0.05	m <sup>2</sup>	
Perímetro mojado	$P$	0.65	m	
Radio Hidráulico	$R_H$	0.08	m	
Velocidad	$V$	0.50	m/s	0.30-0.60 m/seg

Fuente: Elaboración propia, resultados de hoja de cálculo de Excel

**Tabla 7 Dimensiones de las rejillas, planta de San José y Santa Rita**

Concepto	Símbolo	Valor	Unidad	Criterio
Ancho de la reja		0.32	m	
Altura de la reja		0.46	m	
Diámetro de las barras	$d_b$	0.0125	m	Tabla 9-1 de la NTON
Separación entre barras	$C$	0.035	m	Tabla 9-1 de la NTON
Número de barras	$n$	6		

Fuente: Elaboración propia, resultados de hoja de cálculo de Excel

**Tabla 8 Dimensiones del desarenador, planta de San José y Santa Rita**

Concepto	Símbolo	Valor	Unidad	Criterio
Ancho	$b$	0.60	m	
Longitud	$L$	3.00	m	
Altura de agua en el desarenador	$H$	0.16	m	
Altura de lodos en la tolva	$h$	1.60	m	
Pendiente del fondo de la tolva	$P$	10%	%	OPS/OMS/CEPIS

Fuente: Elaboración propia, resultados de hoja de cálculo de Excel

**Tabla 9 Dimensiones de la canaleta Parshall, planta de San José y Santa Rita**

Concepto	Símbolo	Valor	Unidad	Criterio
Ancho de la garganta del canal	W	0.076	m	Según el caudal
Longitud de transición de entrada	M	0.305	m	
Longitud de la sección convergente	B	0.457	m	
Longitud de la garganta	F	0.152	m	
Longitud de la sección divergente	G	0.305	m	

Fuente: Elaboración propia, resultados de hoja de cálculo de Excel

**Tabla 10 Eficiencia del pretratamiento, planta de San José y Santa Rita**

Parámetro	Unidad de medida	Entrada a la planta	Salida del Pre-Tratamiento	Eficiencia del Pre-Tratamiento
PH		7.33		
Temperatura	°C	26.6		
SST	mg/L	504		
SS	mg/L	10	8	20%
Aceites y grasas	mg/L	179		
DBO	mg/L	601	420.7	30%
DQO	mg/L	1312	1049.6	20%
Nitrógeno total	mg/L	25.67		
Fósforo total	mg/L	17.45		
Coliformes fecales	NMP/100ml	2.40E+08	1.97E+08	18%

Fuente: Norma técnica ambiental para regular los sistemas de tratamiento y de aguas residuales/La Gaceta Diario oficial No.90. Nicaragua 2006.

### Tratamiento primario

El tratamiento primario consiste en un tanque Imhoff de dos celdas con su lecho de secado de lodos, cuyas dimensiones se muestran en la tabla 11.

**Tabla 11 Dimensiones del tanque Imhoff, planta de San José y Santa Rita**

Concepto	Símbolo	Valor	Unidad	Criterio
<b>Sedimentador</b>				
Ancho		2	m	
Largo		8	m	
Borde libre		0.5	m	
Profundidad		2.65	m	
Volumen total		56.92	m <sup>3</sup>	
<b>Digestor</b>				
Volumen		285	m <sup>3</sup>	
Área superficial		64	m <sup>2</sup>	
Área de ventilación		24	m <sup>2</sup>	
Relación Ventilación/Superficial		38%		OK, Relación > 30%
Borde libre		0.50	m	
Profundidad		5.02	m	
Long. Mín vertedero de salida		4.58	m	
Tiempo para digestión y retiro de lodos		30.00	días	OPS, 2005
<b>Lecho de secado de lodos</b>				
Área del lecho de secado		190.52	m <sup>2</sup>	

Fuente: Elaboración propia, resultados de hoja de cálculo de Excel

**Tabla 12 Eficiencia del tratamiento primario, planta de San José y Santa Rita**

Parámetro	Unidad de medida	Salida del Pre-Tratamiento	Salida del Tratamiento Primario	Eficiencia del tratamiento Primario
<b>PH</b>				
<b>Temperatura</b>	°C			
<b>SST</b>	mg/L			
<b>SS</b>	mg/L	8	3.52	56%
<b>Aceites y grasas</b>	mg/L			
<b>DBO</b>	mg/L	420.7	168.28	60%
<b>DQO</b>	mg/L	1049.6	419.84	60%
<b>Nitrógeno total</b>	mg/L		24.6432	4%
<b>Fósforo total</b>	mg/L		16.5775	5%
<b>Coliformes fecales</b>	NMP/100ml	1.97E+08	2.95E+07	85%

Fuente: Norma técnica ambiental para regular los sistemas de tratamiento y de aguas residuales/La Gaceta Diario oficial No.90. Nicaragua 2006.

## Tratamiento secundario

Se dispondrá de un sistema de humedales de flujo subsuperficial con las siguientes características.

**Tabla 13** Detalles del humedal, planta de San José y Santa Rita

Concepto	Símbolo	Valor	Unidad	Criterio
Número de Biofiltros	$N$	4		
Ancho del humedal	$A_H$	47	m	
Largo del humedal	$L_H$	75	m	
Profundidad del medio filtrante		0.75	m	0.3 - 0.75 m

Fuente: Elaboración propia, resultados de hoja de cálculo de Excel

**Tabla 14** Eficiencia del tratamiento secundario y de la planta de tratamiento de aguas residuales de las comarcas de San José y Santa Rita.

Parámetro	Unidad de medida	Entrada a la planta	Salida del Tratamiento Primario	Salida del Biofiltro, Humedal de flujo Sub-Superficial	Eficiencia del Biofiltro	Condiciones	
						Decreto 21-2017	Nota
PH		7.33		1.00		6 - 9	
Temperatura	°C	26.6					
SST	mg/L	504		50.40	90%	100	CUMPLE
SS	mg/L	10	3.52	0.18	95%	1	CUMPLE
Aceites y grasas totales	mg/L	179				20	
DBO	mg/L	601	168.28	0.00555	100%	110	CUMPLE
DQO	mg/L	1312	419.84	83.97	80%	220	CUMPLE
Nitrógeno total	mg/L	25.67	24.6432	2.96	88%	45	CUMPLE
Fósforo total	mg/L	17.45	16.5775	0.83	95%	15	CUMPLE
Coliformes fecales	NMP/100ml	2.40E+08	2.95E+07	9.74E+02	100%	1.00E+04	CUMPLE

Fuente: Norma técnica ambiental para regular los sistemas de tratamiento y de aguas residuales/La Gaceta Diario oficial No.90. Nicaragua 2006.

## Obra de descarga.

Una vez el agua residual ha sido tratada y cumpla con todos los parámetros estipulados en el decreto de vertido se procede a transportar el agua al cuerpo receptor, el caso de la PTAR principal de San José y Santa Rita se procederá a proponer una obra de descarga tipo canal escalonado, este dispositivo es propuesto

con la finalidad de disipar las altas velocidades y así reducir la erosión en el cuerpo receptor.

**Tabla 15** Parámetros de diseño de obra de descarga

Tipo de obra	Disipador gradeado
Caudal a cuerpo emisor (lps) [Q]	25.978
Altura a vencer (m) [Ht]	2.5
Diámetro de tubería de descarga (pulg) [D]	8
Ancho de bajante propuesto (m)	1.20

Fuente: Elaboración propia, resultados de hoja de cálculo de Excel

A partir de las condiciones iniciales del diseño se procedió a determinar cada uno de los parámetros hidráulicos esenciales para el dimensionamiento del bajante.

Dimensionamiento de primer escalón del bajante

- Cálculo de altura crítica hidráulica “ $Y_c$ ”:

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{gB}} \quad (m)$$

$$Y_c = 0.036 \text{ m}$$

- Cálculo de altura de agua al pie del chorro “ $Y_1$ ”:

$$y_1 = 0.54 * \left(\frac{Y_{cr}^{1.275}}{h}\right) * h$$

$$Y_1 = 0.0095 \text{ m}$$

- Cálculo de profundidad de agua conjugada “ $Y_2$ ”:

$$y_2 = 1.66 * \left(\frac{Y_{cr}}{h}\right)^{0.81} * h$$

$$y_2 = 0.099 \text{ m}$$

- Cálculo de profundidad de agua bajo el chorro “ $Y_p$ ”:

$$y_p = \left(\frac{Y_{cr}}{h}\right)^{0.66} * h$$

$$y_p = 0.089 \text{ m}$$

- Cálculo de distancia a pie de chorro “ $L_c$ ”:

$$L_c = 4.30 * \left(\frac{Y_{cr}}{h}\right)^{0.81} * h$$

$$L_c = 0.257 \text{ m}$$

- Cálculo de distancia desarrollo de resalto hidráulico “ $L_r$ ”:

$$L_r = 6.90 * (y_2 - y_1)$$

$$L_r = 0.618 \text{ m}$$

- Cálculo de distancia total de huella “ $L_R$ ”:

$$L_R = L_c + L_r$$

$$L_R = 0.875 \text{ m} \cong 0.900 \text{ m}$$

#### Dimensionamiento de primer escalón del bajante

En el caso de los restos de los escalones del bajante el cálculo se realizara de manera idéntica que al del primer escalón con las únicas diferencias que el  $Y_c$  del segundo escalón será equivalente “ $y_2$ ” además que la longitud de huella de los demás escalones será equivalente a  $L_r$  ya que el resalto hidráulico se producirá en el primer escalón.

A continuación se presente un resumen con los resultados obtenido del dimensionamiento del bajante:

**Tabla 16 Resultados de diseño de obra de descarga**

<b>Tipo de obra</b>	Disipador gradeado
<b>Caudal a cuerpo emisor (lps) [Q]</b>	25.978 lps
<b>Altura a vencer (m) [Ht]</b>	2.500 m
<b>Diámetro de tubería de descarga (pulg) [D]</b>	8 "
<b>Ancho de bajante propuesto</b>	1.200 m
<b>Altura de contra huella de primera grada</b>	0.500 m

<b>Longitud de huella de primera grada</b>	0.900 m
<b>Altura de contra huella de demás gradas</b>	0.500 m
<b>Longitud de huella de demás grada</b>	0.600 m
<b>Cantidad de gradas a usar</b>	5
<b>Longitud total de Bajante</b>	3.300 m

Fuente: Elaboración propia, resultados de hoja de cálculo de Excel

### **6.5.2. Sistema de tratamiento de la comarca de San Isidro**

Para elaborar el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales para la comarca de San Isidro se tomó en cuenta la calidad de agua del barrio Omar Valera de la ciudad de Bueno Aires del departamento de Rivas (Ver anexo 6, tabla 51), esto debido a que la población de diseño (564 Hab) es similar a la de San Isidro (941 Hab), ambos se consideran pequeñas poblaciones.

Para tratar las aguas de San Isidro se realizó la combinación de tecnologías convencionales: Pretratamiento + Tanque Imhoff + Biofiltro.

Los diseños hidráulicos de las distintas componentes están basados en las especificaciones de las guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales del INAA, que es la norma de referencia nicaragüense; así como documentos de la Organización Panamericana de la Salud, guías de CONAGUA, libros de texto e investigaciones monográficas.

#### **Tratamiento preliminar**

El tratamiento preliminar está conformado por rejillas colocadas en un canal de aproximación, seguido por un desarenador de flujo horizontal y finalizando con una unidad medidora de caudal (Canaleta tipo Parshall). A continuación, se presentan las dimensiones de estas unidades.

A continuación, se presentan las dimensiones de estas unidades.

**Tabla 17 Dimensiones del canal de aproximación, planta de San Isidro**

Concepto	Símbolo	Valor	Unidad	Criterio
Ancho del canal	$b$	0.09	m	
Altura de agua en el canal	$y$	0.09	m	
Borde libre	$B_L$	0.30	m	0.2 - 0.3 m
Área de la sección transversal	$A$	0.01	m <sup>2</sup>	
Perímetro mojado	$P$	0.26	m	
Radio Hidráulico	$R_H$	0.03	m	
Velocidad	$V$	0.33	m/s	0.30-0.60 m/seg

Fuente: Elaboración propia, resultados de hoja de cálculo de Excel

**Tabla 18 Dimensiones de las rejillas, planta de San Isidro**

Concepto	Símbolo	Valor	Unidad	Criterio
Ancho de la reja		0.09	m	
Altura de la reja		0.29	m	
Diámetro de las barras	$d_b$	0.0050	m	Tabla 9-1 de la NTON
Separación entre barras	$C$	0.025	m	Tabla 9-1 de la NTON
Número de barras	$n$	3		

Fuente: Elaboración propia, resultados de hoja de cálculo de Excel

**Tabla 19 Dimensiones del desarenador, planta de San Isidro**

Concepto	Símbolo	Valor	Unidad	Criterio
Ancho	$b$	0.50	m	
Longitud	$L$	2.50	m	
Altura de agua en el desarenador	$H$	0.09	m	
Altura de lodos en la tolva	$h$	0.40	m	
Pendiente del fondo de la tolva	$P$	10%	%	OPS/OMS/CEPIS

Fuente: Elaboración propia, resultados de hoja de cálculo de Excel

**Tabla 20 Dimensiones de la canaleta Parshall, planta de San Isidro**

Concepto	Símbolo	Valor	Unidad	Criterio
Ancho de la garganta del canal	$w$	0.025	m	Según el caudal
Longitud de la sección convergente	$B$	0.356	m	
Longitud de la garganta	$F$	0.076	m	
Longitud de la sección divergente	$G$	0.203	m	

Fuente: Elaboración propia, resultados de hoja de cálculo de Excel

**Tabla 21** Eficiencia del pretratamiento, planta de San Isidro

Parámetro	Unidad de medida	Entrada a la planta	Salida del Pre-Tratamiento	Eficiencia del Pre-Tratamiento
PH		7.49		
Temperatura	°C	26.6		
SST	mg/L	581.33		
SS	mg/L	6.67	7.5	25%
Aceites y grasas totales	mg/L	208.96		
DBO	mg/L	439.73	510.85	15%
DQO	mg/L	653.17	1115.2	15%
Nitrógeno total	mg/L	16.81		
Fósforo total	mg/L	5.78		
Coliformes	NMP/100ml	5.52E+05	4.14E+05	25%

Fuente: Norma técnica ambiental para regular los sistemas de tratamiento y de aguas residuales/La Gaceta Diario oficial No.90. Nicaragua 2006.

### Tratamiento primario

Para el tratamiento primario se hará uso de tanque Imhoff

**Tabla 22** Dimensiones del tanque Imhoff, planta de San Isidro

Concepto	Símbolo	Valor	Unidad	Criterio
<b>Sedimentador</b>				
Ancho		1	m	
Largo		4	m	
Borde libre		0.5	m	
Profundidad		0.93	m	
Volumen total		3.30	m <sup>3</sup>	
<b>Digestor</b>				
Volumen		32.94	m <sup>3</sup>	
Área superficial		15	m <sup>2</sup>	
Área de ventilación		8	m <sup>2</sup>	
Relación Ventilación/Superficial		53%		OK, Relación > 30%
Borde libre		0.50	m	
Profundidad		2.48	m	
Long. Mín vertedero de salida		4.58	m	
Tiempo para digestión y retiro de lodos		30	días	OPS, 2005
<b>Lecho de secado de lodos</b>				
Área del lecho de secado		22.05	m <sup>2</sup>	

Fuente: Elaboración propia, resultados de hoja de cálculo de Excel

**Tabla 23** Eficiencia del tratamiento primario, planta de San Isidro

Parámetro	Unidad de medida	Salida del Pre-Tratamiento	Salida del Tratamiento Primario	Eficiencia del tratamiento Primario
PH				
Temperatura	°C			
SST	mg/L			
SS	mg/L	7.5	1.875	75%
Aceites y grasas totales	mg/L			
DBO	mg/L	510.85	306.51	40%
DQO	mg/L	1115.2	501.84	55%
Nitrógeno total	mg/L		24.6432	4%
Fósforo total	mg/L		16.5775	5%
Coliformes	NMP/100ml	4.14E+05	4.14E+04	90%

Fuente: Norma técnica ambiental para regular los sistemas de tratamiento y de aguas residuales/La Gaceta Diario oficial No.90. Nicaragua 2006.

### Tratamiento secundario

Se dispondrá de un sistema de humedales de flujo subsuperficial con las siguientes características.

**Tabla 24** Detalles del humedal, planta de San Isidro

Concepto	Símbolo	Valor	Unidad	Criterio
Número de Biofiltros	$N$	1		
Ancho del humedal	$A_H$	21	m	
Largo del humedal	$L_H$	31	m	
Profundidad del medio filtrante		0.75	m	0.3 - 0.75 m

Fuente: Elaboración propia, resultados de hoja de cálculo de Excel

**Tabla 25** Eficiencia del tratamiento secundario y de la planta de tratamiento de aguas residuales de la comarca de San Isidro

Parámetro	Unidad de medida	Entrada a la planta	Salida del Tratamiento Primario	Salida del Biofiltro, Humedal de flujo Sub-Superficial	Eficiencia del Biofiltro	Condiciones	
						Decreto 21-2017	Nota
PH		7.49		1.00		6 - 9	
Temperatura	°C	26.6					
SST	mg/L	581.33		50.40	90%	100	CUMPLE
SS	mg/L	6.67	1.875	0.09	95%	1	CUMPLE
Aceites y grasas totales	mg/L	208.96				20	
DBO	mg/L	439.73	306.51	6.13020	98%	110	CUMPLE
DQO	mg/L	653.17	501.84	100.37	80%	220	CUMPLE
Nitrógeno total	mg/L	16.81	24.6432	2.96	88%	45	CUMPLE
Fósforo total	mg/L	5.78	16.5775	0.83	95%	15	CUMPLE
Coliformes	NMP/100ml	5.52E+05	4.14E+04	8.28E+02	98%	1.00E+04	CUMPLE

Fuente: Norma técnica ambiental para regular los sistemas de tratamiento y de aguas residuales/La Gaceta Diario oficial No.90. Nicaragua 2006.

## **6.6. Planos de obra**

Se realizó la elaboración de los planos constructivos en donde se plasmó de manera gráfica y esquemática todos los resultados de los diseños de cada una de las componentes del sistema de alcantarillado sanitario y sistema de tratamiento de las aguas residuales.

Cabe mencionar que la elaboración de estos planos es esencial al momento de ejecutar, estos planos fueron elaborados con la ayuda del programa Civil 3D el cual facilitó y agilizó en gran medida la elaboración de estos.

Los planos elaborados se adjuntan en los anexos y se presentan de la siguiente manera:

- Portada.
- Planta de arquitectónica.
- Planta topográfica del sistema de alcantarillado.
- Planta de general del sistema de alcantarillado.
- Planta de típica del sistema de alcantarillado.
- Planos planta-perfil de la colectora principal.
- Detalles generales de la red de alcantarillado
- Notas generales de la red de alcantarillado
- Planta general del sistema de tratamiento
- Detalles de los sistemas de tratamiento de aguas.
- Perfil hidráulico de la planta de tratamiento.

## **6.7. Costo inicial de obra**

Primeramente, se realizó el cálculo de cantidades de obras. Esto incluye estimación de volumen de excavación, relleno y compactación para zanjas de tuberías y dispositivos de inspección, cantidad de materiales para tuberías y pozos de visitas, entre otras actividades ordenadas por etapas y subetapas (FISE, 2018, pág 31).

Seguido, una vez conocida la cantidad de obra, se procedió a determinar costos por etapas.

El cálculo de las cantidades de obras se realizó para un total de 7497.82 metros de tubería PVC SDR-41, en diámetros de 6" y 8" respectivamente, distribuidos en 112 tramos de tubería. En lo que respecta a los pozos de visitas sanitarios, se calculó las cantidades de material para un total de 114 pozos para profundidades que varían entre los 1.20 m a los 3.372 m. Del total, 78 son dispositivos sanitarios cilíndricos (DVC).

De igual forma se tomó en cuenta los costos iniciales de las plantas de tratamientos considerando las estructuras de concreto de 3000 psi equivalente a 210 Kgf/cm<sup>2</sup>, además de varillas corrugadas de acero #3 y #4 para los refuerzos, así como sus accesorios para aquellas tecnologías que lo requieran, como: Rejillas circulares, medios filtrantes, hormigón rojo, etc.

Este presupuesto se hizo en base a las especificaciones del catálogo de etapas y subetapas del FISE, la cantidad de obra y costos de ejecución se muestran en el anexo 7 y 8.

## CONCLUSIONES

En la actualidad los habitantes de las comunidades de San José, Santa Rita y San Isidro del municipio de Masatepe no están conformes con el sistema de tratamiento actual, únicamente un 23% de la población tiene la oportunidad de tratar las aguas mediante una fosa séptica, se constató que la población está dispuesta a apoyar con la ejecución del proyecto ya sea monetariamente y/o con mano de obra.

Se realizó levantamiento topográfico de la zona en estudio obteniendo la información del relieve, desniveles y principales puntos de interés lo cuales fueron esenciales al momento de efectuar el trazado y diseño de la red de alcantarillado.

El proceso de diseño de red se realizó en base a lo estipulado en las especificaciones que se plasman en “Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas (INIDE, Masatepe en cifras, 1995) (MINSA, 2021)residuales” del INAA, cumpliendo con todos los parámetros que se establecen aquí para el diseño de una red pública, garantizando de esta manera el correcto desempeño hidráulico.

La red de alcantarillado resultante del diseño está compuesta por 6754.088 metros de tubería PVC SDR-41 de 6”, 548.613 metros de tubería PVC SDR-41 de 8”, 195.121 metros de tubería PVC SDR-41 de 10”, además de un total de 114 dispositivos de visitas sanitarios (80 DVC y 34 PVS).

En lo correspondiente al sistema el tratamiento de las aguas residuales de las comarcas de San José de Masatepe, Santa Rita y San Isidro, se realizó la propuesta de un tren de tratamiento comprendido de: Pre-tratamiento (rejillas y desarenador), medidor de caudal (canaleta tipo Parshall), tratamiento primario (tanque Imhoff) y un tratamiento secundario (humedal de flujo sub-superficial) con los cuales se pudo cumplir los parámetros establecidos por el decreto 21-2017.

Se elaboraron un conjunto de planos constructivos en donde se plasma de manera gráfica los resultados obtenidos del diseño para facilitar el proceso de ejecución de este. El monto total requerido para la ejecución de esta obra es de C\$ 46,707,064.47 de córdobas netos.

## RECOMENDACIONES

Con la finalidad de garantizar el correcto funcionamiento del diseño realizado además de la correcta ejecución de la obra se realizan las siguientes recomendaciones:

- Al momento de ejecutar la obra se recomienda la presencia de una cuadrilla topográfica con la finalidad de garantizar las correctas pendientes, profundidades y ubicación de los componentes diseñados, además de corroborar los desniveles topográficos y así garantizar que el sistema trabaje por gravedad.
- Se recomienda realizar campañas de concientización con la población sobre el correcto uso de la red sanitaria, de esta manera evitar la presencia de desecho que obstruyan la red y garantizar el buen uso de esta.
- Se recomienda brindar mantenimientos preventivos y/o correctivos de manera periódica para así eliminar la presencia de sedimento en la red que pueda reducir el correcto desempeño de esta.
- Se recomienda efectuar de un manual de operación y mantenimiento de esta manera en aras de exponenciar la eficiencia y garantizar un correcto funcionamiento del sistema.
- Se recomienda definir un estimado de costos de mantenimiento del proyecto con el propósito de garantizar el buen funcionamiento de este a lo largo del periodo de diseño.
- Se recomienda la construcción de un vertedero municipal, donde se puedan depositar los residuos de la población, para evitar que se utilicen las calles y red de alcantarillado para esto; además para que en este mismo se evacuen la biomasa (lodos y residuos de los humedales) producido por las componentes de las PTAR.
- Se recomienda realizar un estudio de impacto ambiental con la finalidad de valorar las afectaciones generadas por la ejecución y operatividad de la obra.

## Referencias

Asamblea Nacional. (2005). *Ley especial de delitos contra el medio ambiente y los recursos naturales*. Nicaragua: La Gaceta No. 225.

Belzona Inc. (2010). *Tratamiento de aguas residuales*. Miami, FL.

Castro Carrera F. La Motta, E. (2020). *Graphical design tools to determine the minimum self-cleansing slope in small diameter sanitary y sewers*. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

CONAGUA. (2019). *Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales. Lagunas de estabilización*. México.

CONAGUA. (2019). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado*. México.

CONAGUA. (2019). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Humedales Artificiales*. México.

CONAGUA. (2019). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: Lagunas de estabilización*. Mexico.

Cualla, R. A. (1995). *Elementos para diseño de acueductos y alcantarillado sanitario*. Colombia.

Fair G. M, G. J. (1966). *Water and Wastewater Engineering. Volume 1 Water Supply and Wastewater Removal*. New York, USA.

FISE, F. d. (2018). *Catalogo de etapas y sub etapas*. Nicaragua.

- García Serrano J, C. H. (2008). *Guía Práctica de diseño, construcción y explotación de sistemas de humedales de flujo subsuperficial*. España: Universidad politécnica de Cataluña.
- Grios, O. A. (2012). *Dimensionamiento de un sistema de Humedales Artificiales de Flujo Sub superficial para la depuración de aguas residuales grises, a pequeña escala en el barrio Omar Varela de la ciudad de Buenos Aires, Rivas*. Managua, Nicaragua.
- INAA. (2004). *Guías Técnicas para el Diseño de Alcantarillado Sanitario y Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales*. Nicaragua.
- INAA. (2013). *Normativa alcantarillado sanitario condominial. Guía de criterios técnicos para el diseño de sistemas*. Nicaragua.
- INIDE. (1995). *Masatepe en cifras*. Managua: Instituto Nacional de Información de Desarrollo.
- INIDE. (2005). *Masatepe en cifras*. Managua Nicaragua: Instituto Nacional de Información de Desarrollo.
- Knight, K. &. (2005). *Implantación y evolución de un húmedal artificial de flujo subsuperficial en Cogua, Cundinamarca*. Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- MINSA. (2021). *Caracterización del Sector-MOSAFC*. Nicaragua: Ministerio de Salud.
- Mondragón, O. (2012). *Dimensionamiento de un sistema de Humedales Artificiales de Flujo Sub superficial para la depuración de aguas residuales grises, a pequeña escala en el barrio Omar Varela de la ciudad de Buenos Aires, Rivas*. Nicaragua.
- OPS/CEPIS, O. p. (2005). *Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización*. Lima.

- Oswald, W. (1995). *Ponds in the twenty-first century` Water Science and Technology*. Gran Bretaña: IWA Publishing.
- Talavera, T. (2010). *Uso del criterio de la fuerza tractiva en el diseño de alcantarillado sanitario en Nicaragua*. Nicaragua.
- Tijerino G, M. J. (2002). *Factibilidad técnica económica del sistema de alcantarillado sanitario para la ciudad de Juigalpa*. Nicaragua.
- López Cualla R.A., 2ª Edición, *Diseño de acueductos y alcantarillados*, Bogotá. Colombia, Alfaomega
- MIFIC. (2006). *Norma técnica ambiental para regular los sistemas de tratamiento y de aguas residuales/La Gaceta Diario oficial No.90*. Nicaragua.
- Nicaragua, G. (2007). *Ley especial de delitos contra el Medio Ambiente y los Recursos Naturales. Ley N° 559. La Gaceta, (159)*.
- Stephanie Cerna, B. V. (2018). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el casco urbano del municipio de Teustepe, Departamento de Boaco*. Managua.
- Xiomara Potosme, Y. B. (2019). *Evaluación de planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Masatepe, Departamento de Masaya*. Managua.

## ANEXOS

*Anexo 1: Encuesta a utilizar para el estudio socio económico de la población*

### DATOS GENERALES

Departamento: \_\_\_\_\_ Municipio/GTI: \_\_\_\_\_

Comunidad: \_\_\_\_\_ Sector: \_\_\_\_\_

Coordenadas UTM (WG584): X: \_\_\_\_\_ Y: \_\_\_\_\_ Z: \_\_\_\_\_

### I. DATOS DE COMPOSICIÓN DE LA FAMILIA

Nombres, Apellidos Jefe/a de familia: \_\_\_\_\_

Cédula del jefe/a de familia: \_\_\_\_\_

Miembros de la Familia (Iniciar con responsable o jefe/a del hogar. Número de teléfono: \_\_\_\_\_)

NOMBRES Y APELLIDOS	PARENTESCO	SEXO		EDAD	Nivel Académico APROBADO					OCUPACIÓN	
		M	F		N	P	S	T	U		


Número de familias que viven en la vivienda:		Número de integrantes de las familias:	
Número de hombres:		Número de mujeres:	
Número de niños y niñas de 0 a 18 años			

1. ¿Existen en el hogar personas con capacidades diferentes? Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_
- Hombres: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Niños: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_
- Mujeres: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ Niños: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_

**II. SITUACIÓN ECONÓMICA DE LA FAMILIA**

2. ¿Cuántos de los miembros de la familia realizan trabajo remunerado? Hombres: \_\_\_\_\_ Mujeres: \_\_\_\_\_
3. ¿Cuál es el ingreso económico total de todos los miembros de la familia que trabajan y aportan a los gastos del hogar al mes? C\$ \_\_\_\_\_

4. ¿Cuánto es el gasto promedio mensual en pago por energía eléctrica del hogar? C\$

\_\_\_\_\_

5. ¿Cuánto es el gasto promedio mensual en pago por telefonía celular del hogar? C\$

\_\_\_\_\_

6. ¿Cuánto es el gasto promedio mensual estimado al mes del hogar?  
C\$ \_\_\_\_\_

### III. CONDICIONES DE LA VIVIENDA

¿Qué material de construcción predomina en la vivienda?

7. Paredes: a) Bloque: \_\_\_\_\_ b) Ladrillo: \_\_\_\_\_ c) Madera: \_\_\_\_\_ d) Otro: \_\_\_\_\_

8. El piso: a) Madera: \_\_\_\_\_ b) Tierra: \_\_\_\_\_ c) Ladrillo: \_\_\_\_\_ d) Otro: \_\_\_\_\_

9. El techo: a) Zinc: \_\_\_\_\_ b) Teja: \_\_\_\_\_ c) Palma: \_\_\_\_\_ d) Otro: \_\_\_\_\_

10. ¿La vivienda cuenta con servicio de energía eléctrica? Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

11. ¿La vivienda cuenta con servicio de agua potable? Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

12. Tenencia de la vivienda:

a) Propia \_\_\_\_\_ b) Alquilada \_\_\_\_\_ c) Prestada/En cuidado \_\_\_\_\_

### IV. ABASTECIMIENTO DE AGUA DE CONSUMO

13. ¿Cómo se abastece de agua para consumo del hogar?

a) Red pública dentro de la vivienda \_\_\_\_\_

- b) Red pública fuera de la vivienda, pero dentro de la propiedad \_\_\_\_\_
- c) Pozo público \_\_\_\_\_
- d) Pozo privado \_\_\_\_\_
- e) Fuente natural \_\_\_\_\_
- f) Cosecha de agua \_\_\_\_\_
- g) Otro, ¿Cuál? \_\_\_\_\_

14. ¿Quién acarrea el agua?

- a) Niños/as \_\_\_\_\_ b) Mujeres \_\_\_\_\_ c) Hombres \_\_\_\_\_ d) Todos \_\_\_\_\_

15. Tiempo a la fuente de agua (Al sistema de abastecimiento, ida y vuelta)  
\_\_\_\_\_ minutos

16. ¿Dispone de suficiente agua para atender las necesidades del hogar? Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

17. ¿Tiene menos disponibilidad de agua en el verano? Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

18. ¿Cuánto es el gasto estimado mensual en pago de agua que recibe del hogar? C\$  
\_\_\_\_\_

19. ¿Qué condiciones tiene el agua que consumen (¿Se puede marcar varias situaciones?)

- a) Tiene mal sabor \_\_\_\_\_ b) Tiene mal olor \_\_\_\_\_

20. Los recipientes en que se almacena el agua los mantienen:

Tapados \_\_\_\_\_ Destapados \_\_\_\_\_ (Verificar)

21. ¿Estaría dispuesto a trabajar en un nuevo sistema de agua?

- a) Sí \_\_\_\_\_ b) No \_\_\_\_\_

**V. SANEAMIENTO E HIGIENE AMBIENTAL DE LA VIVIENDA** (Observar, verificar)

22. ¿Cuál es la opción de saneamiento que posee en su vivienda?  
a) Letrina\_\_\_\_ b) Inodoro\_\_\_\_ c) Ninguna\_\_\_\_ d) Otros (Mencionar) \_\_\_\_\_
23. ¿Usa letrina? a) Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_
24. ¿En qué estado se encuentra su opción de saneamiento? a) Buena\_\_\_\_ b) Mala\_\_\_\_
25. ¿Dónde está instalada su opción de saneamiento?  
a) Dentro de la vivienda\_\_\_\_ b) Fuera de la vivienda \_\_\_\_\_
26. ¿Su opción de saneamiento es de uso exclusivo del hogar?  
a) Si, exclusivo \_\_\_\_\_ b) No, compartido con otras familias \_\_\_\_\_
27. ¿Cuántas familias comparten la opción de saneamiento? \_\_\_\_\_
28. ¿Están satisfechos con la opción de saneamiento que utiliza actualmente?  
a) Si \_\_\_\_\_ b) No \_\_\_\_\_ ¿Por qué? \_\_\_\_\_
29. De no tener opción de saneamiento, ¿Estaría dispuesto/a apoyar con la construcción de éstas?  
a) Sí \_\_\_\_\_ b) No \_\_\_\_\_
30. ¿Cuánto estaría dispuesto(a) a pagar para mejorar su opción de saneamiento?  
C\$ \_\_\_\_\_
31. ¿La letrina está construida en suelo? a) Rocoso\_\_\_\_ b) Arenoso\_\_\_\_ c) Arcilloso \_\_\_\_\_
32. ¿Qué hacen con las aguas de la cocina y/o lavadero de la casa?  
a) La riegan\_\_\_\_ b) La dejan correr\_\_\_\_ c) Tienen zanja de drenaje\_\_\_\_ d) Tiene filtro para drenaje\_\_\_\_ No generan aguas servidas \_\_\_\_\_
33. ¿Qué hacen con desechos sólidos? (Basura del hogar)  
a) La queman\_\_\_\_ b) La botan\_\_\_\_ c) Recolección domiciliar\_\_\_\_ d) La entierran \_\_\_\_\_

Nombre y Apellido del Encuestado (a) \_\_\_\_\_

Parentesco del jefe/a de familia \_\_\_\_\_

El formato de encuesta fue proporcionado por el FISE, dicho formato es el usado para la caracterización de las zonas de desarrollo de proyectos del FISE

## Anexo 2: Tablas de diseño

**Tabla 26** Dotaciones de agua

Rango de población	Dotación L/hab/día
0 - 5,000	100
5,000 - 10,000	105
10,000 - 15,000	110
15,000 - 20,000	120
20,000 - 30,000	130
30,000 - 50,000	155
50,000 - 100,000 y más	160

Fuente: Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales

**Tabla 27** Consumo comercial, público e industrial,

Consumo	Porcentaje
Comercial	7
Público o institucional	7
Industrial	2

Fuente: Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales.

**Tabla 28** Período de diseño económico para las estructuras de los sistemas.

Tipo de estructuras	Características especiales	Período de diseño/años
Colectores principales Emisarios de descarga	Difíciles y costosos de agrandar	10 a 50
Tuberías secundarias hasta $\phi$ 375 mm		25 o más
Plantas de tratamiento de aguas servidas	Pueden desarrollarse por etapas. Deben considerarse las tasas de interés por los fondos a invertir.	10 a 25
Edificaciones y estructuras de concreto.		50
Equipos de bombeo:		
a) De gran tamaño		15 a 25
b) Normales		10 a 15

Fuente: Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales.

**Tabla 29** Información típica de rejillas

Parámetro	Limpieza manual	Limpieza mecánica
Sección recta de la barra:		
Anchura (mm)	5 - 15	5 - 15
Profundidad (mm)	25 - 37.5	25 - 37.5
Separación entre barras (mm)	25 - 50	15 - 75
Ángulo con la vertical (grados)	30 - 45	0 - 30
Velocidad de aproximación (m/s)	0.30 - 0.60	0.60 - 1.10
Pérdida de carga admisible (m)	0.15	0.15

Fuente: Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales.

**Tabla 30** Valores de “ $\beta$ ” de Kirschmer

Tipo de barras	$\beta$
Rectangular con aristas vivas	2.42
Rectangular con la cara aguas arriba semicircular	1.83
Rectangular con las caras aguas arriba y abajo semicircular	1.67
Circular	1.79

Fuente: Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales.

**Tabla 31** Información típica para el diseño de desarenador

Parámetro	Valores	
	Intervalos	Típico
Tiempo de retención, s	45 - 90	60
Velocidad horizontal, m/s	0.24 - 0.40	0.30
Velocidad de sedimentación para la eliminación de:		
Malla 65, m/min <sup>(1)</sup>	0.95-1.25	1.15
Malla 106, m/min <sup>(1)</sup>	0.60 - 0.90	0.75
Relación largo: ancho	2.5:1 – 5:1	
Relación ancho: profundidad	1:1 – 5:1	
Cargas superficial, m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	700 - 1600	
Incremento de longitud por turbulencia en la entrada y salida.	2. Hm - 0.5 L	

Hm = Profundidad máxima del desarenador

L = Longitud teórica del desarenador

(1) = Si el peso específico de la arena es substancialmente menor que 2.65, deben usarse velocidades inferiores.

Fuente: Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales.

**Tabla 32** Valores “k” y “n” en medidor de Parshall

W (m)	“K”	“n”	Capacidad (m <sup>3</sup> /s)	
			Mínima	Máxima
0.076	0.176	1.547	0.00085	0.0538
0.152	0.381	1.580	0.00152	0.1104
0.229	0.535	1.530	0.00255	0.2519
0.305	0.690	1.522	0.00311	0.4556
0.457	1.054	1.538	0.00425	0.6962
0.610	1.426	1.550	0.01189	0.9367
0.925	2.182	1.556	0.01726	1.4263
1.220	2.935	1.578	0.03679	1.9215
1.525	3.728	1.587	0.06280	2.4220
1.830	4.515	1.595	0.07440	2.9290
2.135	5.306	1.601	0.11540	3.4400
2.440	6.101	1.606	0.13070	3.9500

Fuente: Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales.

**Tabla 33** Información típica de diseño de tanque Imhoff

Parámetro	Unidad	Valor	
		Intervalo	Típico
<b>Cámara de sedimentación</b>			
Volumen	m <sup>3</sup> /hab	-	0.03
Carga superficial	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h	1.0 – 1.7	1.35
Carga sobre el vertedero efluente	m <sup>3</sup> /m.h	7 - 25	24
Tiempo de retención	h	2.0 – 4.0	2.00
Velocidad del flujo	cm/min	-	30
Longitud/ancho	Relación	2:1 – 5:1	3:1
Pendiente del fondo (V/H)	Relación	5:4 – 7:4	3:2
Abertura de comunicación entre cámaras	cm	15 - 30	25
Proyección horizontal del saliente	cm	15 - 30	25
<b>Deflector de espumas</b>			
Por debajo de la superficie	cm	25 - 40	30
Por encima de la superficie	cm	-	30
Borde libre	cm	45 - 60	60
<b>Zona de ventilación de gases</b>			
Superficie en % del total	%	15 - 30	20
Anchura de abertura	cm	45 - 75	60
<b>Cámara de digestión</b>			
Volumen	m <sup>3</sup> /hab	0.05 – 0.10	0.06
Pendiente mínima del fondo (V/H)	Relación		1: 2
Tubería de extracción de lodos $\phi$	cm	20 - 30	25
Distancia libre hasta el nivel de lodos	cm	30 - 90	60
Profundidad total del tanque	m	7.25 – 9.5	9.0

Fuente: Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales.

**Tabla 34** Características típicas del medio filtrante para humedales

Medio	Tamaño efectivo (TE) (mm)	Porosidad (p)	Conductividad hidráulica m/d
Arena media	1	0.30	500
Arena gruesa	2	0.32	1000
Arena y grava	8	0.35	5000
Grava media	32	0.40	10000
Grava gruesa	128	0.45	100000

Fuente: Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales.

**Tabla 35** Características típicas para el diseño de humedales

Parámetro	Valor
Período de retención, d	
Remoción de DBO	3 – 4
Remoción de N	4 – 15
Carga hidráulica, m <sup>3</sup> /ha.d	470 – 1870
Carga orgánica, kg DBO/ha.d	< 112
Carga SST, kg/ha.d	390
Profundidad del agua, m	0.30 – 0.60
Profundidad del medio, m	0.45 – 0.75
Control de mosquitos	No requiere
Parámetros	Valor
Programa de cosecha	No requiere
Calidad esperada del efluente, mg/L	
DBO	< 20
SST	< 20
Nt	< 10
Pt	< 5

Fuente: Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales.

**Tabla 36** Determinación del tamaño de una muestra archivística

Certeza	95%	94%	93%	92%	91%	90%
<b>Z</b>	1.96	1.88	1.81	1.75	1.69	1.65
<b>Z<sup>2</sup></b>	3.84	3.53	3.28	3.06	2.86	2.72
<b>e</b>	0.05	0.06	0.078	0.08	0.09	0.1
<b>e<sup>2</sup></b>	0.0025	0.0036	0.0049	0.0064	0.0081	0.01

Fuente: "Determinación del tamaño de una muestra archivística" Lic. Salvador Elías Rodríguez Solís

**Tabla 37** Valores de "K" en base al % de removido

TIPO (M)	99%	98%	97%	96%	95%	90%	85%	80%	75%	70%	60%	50%
A	0.990	0.98	0.97	0.96	0.95	0.80	0.85	0.80	0.75	0.65	0.55	0.50
B	2.350	2.10	1.97	1.87	1.77	1.47	1.28	1.13	0.98	0.90	0.67	0.54
C		3.55	3.20	2.95	2.75	2.10	1.75	1.50	1.26	1.10	0.85	0.63
D		3.93	3.50	3.20	3.00	2.30	1.90	1.60	1.40	1.38	0.90	0.69
16			3.90	3.55	3.30	2.50	2.05	1.71	1.45	1.30	0.95	0.71
8				3.95	3.60	2.68	2.15	1.80	1.52	1.32	1.00	0.73
4						3.18	2.50	2.00	1.66	1.45	1.03	0.76
2							3.25	2.55	2.00	1.75	1.20	0.82
1½							3.85	2.95	2.33	1.90	1.30	0.90
1								4.00	3.00	2.35	1.50	1.00

Fuente: Chernicharo, 2005

**Tabla 38** Diámetro de las partículas y velocidades de sedimentación vertical

f	Vp	f	Vp
(mm)	(mm/s)	(mm)	(mm/s)
1	100	0.15	15
0.8	83	0.1	8
0.6	63	0.08	6
0.5	53	0.06	3.8
0.4	42	0.05	2.9
0.3	32	0.04	2.1
0.2	21	0.03	1.3

Fuente: Chernicharo, 2005

**Tabla 39** Tipos de desarenadores

Teórico máximo ( no se puede obtener)	A
Desnatador superficial ( sistema Rockner-Roth)	B
Tanque intermitente, en tiempo de servicio solamente.	C
Tanque flujo continuo, límite teórico.	D
Aproximado al límite teórico.	16
Muy bien acondicionado, con pantallas.	8
Bien acondicionado, con pantallas.	4
Dos tanques en paralelo.	2
Un tanque largo bien controlado.	1½
Un tanque contínuo.	1

**Tabla 40 Dimensiones de la canaleta Parshall**

W	A	B	C	D	E	F	G	K	N	R	M	P	X	Y
2.5	36.3	35.6	9.3	16.8	22.9	7.6	20.3	1.9	2.9	-	-	50	0.8	1.3
5.1	41.4	40.6	13.5	21.4	35.6	11.4	25.4	2.2	4.3	-	-	70	1.6	2.5
7.6	46.6	45.7	17.8	25.9	38.1	15.2	30.5	2.5	5.7	40.6	30.5	76.8	2.5	3.8
15.2	62.1	61	39.4	40.3	45.7	30.5	61	7.6	11.4	40.6	30.5	90.2	5.1	7.6
22.9	88	86.4	38	57.5	61	30.5	45.7	7.6	11.4	40.6	30.5	108	5.1	7.6
30.5	137.2	134.4	61	84.5	91.5	61	91.5	7.6	22.9	50.8	38.1	149.2	5.1	7.6
45.7	144.9	142	76.2	102.6	91.5	61	91.5	7.6	22.9	50.8	38.1	167.6	5.1	7.6
61	152.5	149.6	91.5	120.7	91.5	61	91.5	7.6	22.9	50.8	38.1	185.4	5.1	7.6
91.5	17.7	164.5	122	157.2	91.5	61	91.5	7.6	22.9	50.8	38.1	222.3	5.1	7.6
122	183	179.5	152.5	193.8	91.5	61	91.5	7.6	22.9	61	45.7	271.1	5.1	7.6
152.5	198.3	194.1	183	230.3	91.5	61	91.5	7.6	22.9	61	45.7	308	5.1	7.6
182.8	213.5	209	213.4	266.7	91.5	61	91.5	7.6	22.9	61	45.7	344.2	5.1	7.6
213.5	228.8	224	244	303	91.5	61	91.5	7.6	22.9	61	45.7	381	5.1	7.6
244	244	239.2	274.5	340	91.5	61	91.5	7.6	22.9	61	45.7	417.2	5.1	7.6
304	274.5	427	366	475.9	122	91.5	183	15.3	34.3	-	-	-	30.5	22.9

Fuente: CONAGUA

**Tabla 41** Factor de capacidad relativa

Temperatura °C	Factor de capacidad relativa
5	2
10	1.4
15	1
20	0.7
> 25	0.5

Fuente: OPS/CEPIS 2005

**Tabla 42** Tiempo de digestión y retiro de lodos

Temperatura °C	Tiempo de digestión en días
5	110
10	76
15	55
20	40
> 25	30

Fuente: OPS/CEPIS 2005

### Anexo 3: Ecuaciones utilizadas

#### ECUACIONES ESTUDIO SOCIOECONÓMICO

$$n = \frac{NZ^2pq}{d^2(N-1) + NZ^2pq}$$

*Ecuación 31: Tamaño de una muestra*

Dónde:

N: Universo (total de casas en el municipio – casco urbano)

Z: Porcentaje de confianza (92% - 1.75)

d: Posibilidad de error (8%)

p: Probabilidad a favor (0.5)

q:(1 – probabilidad a favor), son valores establecidos por la estadística.

$$K = \frac{N}{n}$$

*Ecuación 32: Número de intervalos*

Donde:

K: Número de intervalos

N: Universo

n: Tamaño de la muestra

#### ECUACIONES PARA EL DISEÑO DEL CANAL RECTANGULAR

$$m = \frac{1}{n} \left( \frac{S^2}{m^3/s} \right)$$

*Ecuación 33: Razón entre la pendiente y el coeficiente de Manning*

Dónde:  $S$  es la pendiente del fondo del canal (%)

$n$  es el coeficiente de Manning ( $s/m^{1/3}$ )

$$y = \sqrt[8]{\frac{(k+2)^2 Q}{k^5}} \left(\frac{Q}{m}\right)^3 \quad (\text{m})$$

*Ecuación 34: Tirante de agua en el canal*

Dónde:  $Q$  es el caudal ( $m^3/s$ )

$k$  es la relación base/altura (m/m)

$$b = k \sqrt[8]{\frac{(k+2)^2 Q}{k^5}} \left(\frac{Q}{m}\right)^3 \quad (\text{m})$$

*Ecuación 35: Ancho del canal*

$$A = b * y \quad (\text{m}^2)$$

*Ecuación 36: Área de sección transversal del canal*

Dónde:  $b$  es la base del canal (m)

$y$  es la altura de agua del canal (m)

$$P = 2y + b \quad (\text{m})$$

*Ecuación 37: Perímetro mojado*

$$R_H = A/P \quad (\text{m})$$

*Ecuación 38: Radio hidráulico del canal*

Dónde:  $A$  es el área del canal ( $m^2$ )

$P$  es el perímetro mojado (m)

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

*Ecuación 39: Velocidad de flujo en el canal según Manning*

### **ECUACIONES PARA EL DISEÑO DE REJILLAS**

$$A = h * w \quad (\text{m}^2)$$

*Ecuación 40: Área del canal aguas arriba de las rejillas*

Dónde:  $h$  es la altura de agua en el canal (m)

$w$  es el ancho del canal (m)

$$V = \frac{Q}{A} \quad (\text{m/s})$$

*Ecuación 41: Velocidad aguas arriba de la rejilla*

$$L = \frac{h_b + h}{\text{Sen}(\text{Ángulo})} \quad (\text{m})$$

*Ecuación 42: Longitud de reja*

Dónde:  $h_b$  es la altura de borde libre (m)

$$n = \frac{W - C}{C + d_b} \quad (\text{adimensional})$$

*Ecuación 43: Número de barras/rejillas*

Dónde:  $W$  es el ancho de canal (m)

$C$  separación entre rejas (m)

$d_b$  diámetro/ancho de reja (m)

$$V_a = \frac{Q}{(W-d_b)*h} \quad (\text{m/s})$$

*Ecuación 44: Velocidad antes de las rejillas*

$$A_r = n * d_b * h \quad (\text{m}^2)$$

*Ecuación 45: Área que ocupan las rejillas*

$$V_r = \frac{Q}{A-A_r} \quad (\text{m/s})$$

*Ecuación 46: Velocidad a través de las rejillas*

$$h_L = \frac{1}{0.7} \left( \frac{V_r^2 - V_a^2}{2g} \right) \quad (\text{m})$$

*Ecuación 47: Pérdida hidráulica en la rejilla*

$$h_v = \frac{V_a^2}{2g} \quad h_L = \beta \left( \frac{d_b}{c} \right)^{\frac{4}{3}} h_v \text{sen}(\theta) \quad (\text{m})$$

*Ecuación 48: Pérdida hidráulica por Kischmer*

## **ECUACIONES PARA EL DISEÑO DE DESARENADOR**

$$t = \frac{H}{V_p} \quad (\text{s})$$

*Ecuación 49: Tiempo de sedimentación de la partícula*

Dónde:  $H$  Altura de agua en el sedimentador (m)

$V_p$  Velocidad de sedimentación vertical de la partícula (m/s)

$$a = K * t \quad (\text{s})$$

*Ecuación 50: Periodo de retención*

Dónde:  $K$  Factor en base al % removido

$$V_i = Q * a \quad (\text{m}^3)$$

*Ecuación 51: Volumen del desarenador*

$$A = \frac{V}{H} \quad (\text{m}^2)$$

*Ecuación 52: Área superficial del desarenador*

$$A_s = b * L \quad (\text{m}^2)$$

*Ecuación 53: Área superficial del desarenador corregida*

Dónde:  $b$  Ancho de desarenador (m)

$L$  Largo del desarenador (m)

$$V_f = b * L * H \quad (\text{m}^3)$$

*Ecuación 54: Volumen final del desarenador*

$$A_t = b * H \quad (\text{m}^2)$$

*Ecuación 55: Área transversal del desarenador*

$$V_h = \frac{Q}{A_t} \quad (\text{m/s}) \quad ; \quad 0.24 \leq V_h \leq 0.40$$

*Ecuación 56: Velocidad horizontal en el desarenador*

$$R_T = \frac{Q}{A_s} \quad (\text{m}^3/\text{día}/\text{m}^2)$$

*Ecuación 57: Tasa de desbordamiento superficial*

$$\frac{L}{H} \quad (\text{adimensional}) ; 15 \leq \frac{L}{H} \leq 30$$

*Ecuación 58: Relación Longitud/Superficial*

$$V_l = \frac{S_s * E * Q * 86400}{1000000 * g * S} * T \quad (\text{m}^3)$$

*Ecuación 59: Volumen de arena retenida*

$$h = \frac{V_l}{A_s} \quad (\text{m})$$

*Ecuación 60: Altura de arena retenida*

## **ECUACIONES PARA EL DISEÑO DE CANALETA PARSHALL**

$$H_a = \left(\frac{Q}{k}\right)^{\frac{1}{n}} \quad (\text{m})$$

*Ecuación 61: Lectura piezométrica a 2/3 de A en el canal*

Dónde:  $K$  y  $n$  son los valores de calibración

$$W_a = \frac{2}{3} * (D - w) + w \quad (\text{cm})$$

*Ecuación 62: Ancho de garganta en el punto  $H_a$*

Dónde:  $D$  Es el ancho de la entrada de la sección convergente (cm)

$w$  Es el ancho de la garganta (cm)

$$V_a = \frac{Q}{W_a * H_a} \quad (\text{m/s})$$

*Ecuación 63: Velocidad en el punto de medida Ha*

$$V_0 = \frac{Q}{w * H_a} \quad (\text{m/s})$$

*Ecuación 64: Velocidad en la sección wc*

$$q = \frac{Q}{w} \quad (\text{m}^3/\text{m}/\text{seg})$$

*Ecuación 65: Caudal específico en la canaleta Parshall*

$$H_c = \frac{V_0^2}{2g} + H_a + \frac{M}{4} \quad (\text{m})$$

*Ecuación 66: Carga total en la sección wc*

Dónde:  $M$  Es la longitud de transición de entrada (m)

$\frac{V_0^2}{2g}$  Es la carga de velocidad (m)

$$\theta = \cos^{-1} \left[ \frac{(-q * g)}{\left(\frac{2}{3} * g * H_c\right)^{1.5}} \right] \quad (\text{rad})$$

*Ecuación 67: Ángulo "θ"*

$$V_1 = 2 * \left[ \left( \frac{2 * g * H_c}{3} \right)^{0.5} * \cos \left( \frac{\theta}{3} \right) \right] \quad (\text{m/s})$$

*Ecuación 68: Velocidad antes del resalto*

$$h_1 = \frac{q}{V_1} \text{ (m)}$$

*Ecuación 69: Altura de agua antes del resalto*

$$F = \frac{V_1}{\sqrt{g \cdot h_1}} \text{ (adimensional)}$$

*Ecuación 70: Número de Froude*

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

*Ecuación 71: Altura de agua en el resalto*

$$h_f = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4 * h_2 * h_1} \text{ (m)}$$

*Ecuación 72: Pérdidas hidráulicas en la canaleta Parshall*

## **ECUACIONES PARA EL DISEÑO DE TANQUE IMHOFF**

$$Q_p = \frac{Pob * Q * Contr}{1000} \text{ (m}^3\text{/día)}$$

*Ecuación 73: Caudal de tratamiento*

### **SEDIMENTADOR**

$$A = \frac{Q_p}{C_s} \text{ (m}^2\text{)}$$

*Ecuación 74: Área del sedimentador*

Dónde:  $C_s$  Es la carga superficial medida en  $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{hora}$

$$V = Q_p * R \quad (\text{m}^3)$$

*Ecuación 75: Volumen del sedimentador*

Dónde:  $R$  (hrs) Es el periodo de retención hidráulica que varía entre  $1.5 \leq R \leq 2.5$

$$\text{Ancho} = \frac{\sqrt{A/2}}{r} \quad (\text{m})$$

*Ecuación 76: Ancho del sedimentador*

$$\text{Largo} = \text{Ancho} * r \quad (\text{m})$$

*Ecuación 77: Largo del sedimentador*

## **DIGESTOR**

$$V_d = \frac{70 * P_{ob} * f_{cr}}{1000} \quad (\text{m}^3)$$

*Ecuación 78: Volumen del digestor*

Dónde:  $f_{cr}$  Es el factor de capacidad relativa

$$L_{\text{mín}} = \frac{Q_{\text{máx}}}{C_{hv}} \quad (\text{m})$$

*Ecuación 79: Longitud mínima del vertedero*

Dónde:  $C_{hv}$  [ $\text{m}^3/(\text{m} * \text{día})$ ] Es la carga hidráulica sobre el vertedero y varía entre  $125 \leq C_{hv} \leq 500$

## LECHO DE SECADO DE LODOS

$$C = \frac{Pob * Contr}{1000} \text{ (KgSS/día)}$$

*Ecuación 80: Carga de sólidos que ingresan al sedimentador*

$$Msd = 0.5 * 0.5 * 0.7 * C + 0.5 * 0.3 * C \text{ (KgSS/día)}$$

*Ecuación 81: Masa de sólidos de lodos*

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{lodos} * \%Sólidos} \text{ (Litros/día)}$$

*Ecuación 82: Volumen diario de sólidos digeridos*

Dónde:  $\rho_{lodos}$  Es la densidad de los lodos medida en Kg/L

$$V_{el} = V_{ld} * \text{tiempo para digestión} \text{ (m}^3\text{)}$$

*Ecuación 83: Volumen de sólidos a extraerse*

$$A_{ls} = \frac{V_{el}}{Ha} \text{ (m}^2\text{)}$$

*Ecuación 84: Área superficial del lecho de secado de lodos*

## ECUACIONES PARA EL DISEÑO DE BIOFILTRO, HUMEDAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL

$$K_{20} = 1.839 * (37.31 * p^{4.172}) \text{ (d}^{-1}\text{)}$$

*Ecuación 85: Constante de biodegradación a 20°C*

Dónde:  $p$  Es la porosidad del medio filtrante

$$K = K_{20} * (1.06^{T_a - 20}) \quad (d^{-1})$$

Dónde:  $T_a$  Es la temperatura de agua en el mes más frío (°C)

*Ecuación 86: Constante de reacción a temperatura ambiente*

$$A_{sup} = \frac{Q_m * \ln(C_{o-DBO} / C_{e-DBO})}{K * Prof_{medio\ filtrante} * p} \quad (m^2)$$

*Ecuación 87: Área superficial requerida para el humedal*

Dónde:  $C_{o-DBO}$  y  $C_{e-DBO}$  Son las concentraciones de DBO inicial y final del biofiltro (mg/L)

$$TR_{Hid} = \frac{A_{sup} * Prof_{medio\ filtrante} * p}{Q_m} \quad (\text{días})$$

*Ecuación 88: Tiempo de retención hidráulico del humedal*

$$C_{org} = \frac{DBO_{afl} * Prof_{medio\ filtrante} * p}{TR_{Hid}} \quad (\text{KgDBO/hab*d})$$

*Ecuación 89: Carga orgánica*

$$C_{HID} = \frac{Q_m}{A_{sup}} \quad (m^3/hab*días)$$

*Ecuación 90: Carga hidráulica en el humedal*

$$CF_{efluente} = CF_{afluente}^{-K * TR_{Hid}} \quad (\text{NMP/100ml})$$

*Ecuación 91: Coliformes en el efluente*

$$AS_u = \frac{A_{sup}}{N} \quad (\text{m}^2)$$

*Ecuación 92: Área de superficie unitaria*

$$Q_u = \frac{Q_m}{N} \quad (\text{m}^3/\text{días})$$

*Ecuación 93: Caudal unitario*

Relación Largo/Ancho

$$\frac{L}{A}$$

*Ecuación 94: Relación Largo/Ancho del humedal*

$$A_H = \sqrt{\frac{AS_u}{L/A}} \quad (\text{m})$$

*Ecuación 95: Ancho del humedal*

$$L_H = A_H * L/A \quad (\text{m})$$

*Ecuación 96: Largo del humedal*

#### Anexo 4: Datos parciales de levantamiento topográfico

N°	X	Y	Elev	Descripción
1	593438.8245	1310329.721	469.540	BM
2	593431.3162	1310323.872	469.631	BC
3	593435.9751	1310325.688	469.668	LC
4	593440.6339	1310327.503	469.620	BC
5	593435.3844	1310313.432	469.872	BC
6	593440.0432	1310315.247	469.946	LC
7	593444.7021	1310317.062	470.000	BC
8	593439.015	1310304.114	470.000	BC
9	593443.6738	1310305.929	470.000	LC
10	593448.3327	1310307.745	470.000	BC
11	593442.6456	1310294.796	470.000	BC
12	593447.3045	1310296.612	470.000	LC
13	593451.9633	1310298.427	470.000	BC
14	593446.2762	1310285.479	469.689	BC
15	593450.9351	1310287.294	469.687	LC
16	593455.5939	1310289.109	469.669	BC
17	593449.9069	1310276.161	469.171	BC
18	593454.5657	1310277.976	469.186	LC
19	593459.2245	1310279.792	469.141	BC
20	593453.5375	1310266.843	468.552	BC
21	593458.1963	1310268.659	468.539	LC
22	593462.8551	1310270.474	468.425	BC
23	593457.1681	1310257.526	467.943	BC
24	593461.8269	1310259.341	467.867	LC
25	593466.4857	1310261.156	467.751	BC
26	593418.3723	1310329.548	469.326	BC
27	593420.1931	1310324.892	469.428	LC
28	593422.0029	1310320.231	469.531	BC
29	593429.5064	1310328.533	469.524	LC
30	593409.0589	1310325.907	469.299	BC
31	593410.8797	1310321.25	469.401	LC
32	593412.6895	1310316.589	469.504	BC
33	593399.7456	1310322.265	469.459	BC

34	593401.5664	1310317.608	469.410	LC
35	593403.3762	1310312.947	469.399	BC
36	593390.4322	1310318.623	469.477	BC
37	593392.253	1310313.967	469.397	LC
38	593394.0628	1310309.306	469.317	BC
39	593381.1189	1310314.982	469.461	BC
40	593382.9397	1310310.325	469.384	LC
41	593384.7495	1310305.664	469.303	BC
42	593371.8055	1310311.34	469.369	BC
43	593373.6263	1310306.683	469.292	LC
44	593375.4361	1310302.023	469.218	BC
45	593360.5401	1310306.935	469.298	BC
46	593362.3609	1310302.279	469.208	LC
47	593364.1707	1310297.618	469.117	BC
48	593427.6856	1310333.19	469.417	BC
49	593432.3445	1310335.005	469.378	LC
50	593437.0033	1310336.821	469.319	BC
51	593424.055	1310342.508	469.147	BC
52	593428.7138	1310344.323	469.088	LC
53	593433.3727	1310346.138	469.029	BC
54	593420.4244	1310351.825	469.000	BC
55	593425.0832	1310353.641	469.000	LC
56	593429.742	1310355.456	469.000	BC
57	593416.7938	1310361.143	469.288	BC
58	593421.4526	1310362.958	469.148	LC
59	593426.1114	1310364.773	469.008	BC
60	593413.1632	1310370.461	469.588	BC
61	593417.822	1310372.276	469.458	LC
62	593422.4808	1310374.091	469.341	BC
63	593409.5326	1310379.778	469.956	BC
64	593414.1914	1310381.593	469.840	LC
65	593418.8502	1310383.409	469.710	BC
66	593405.9019	1310389.096	470.482	BC
67	593410.5608	1310390.911	470.337	LC
68	593415.2196	1310392.726	470.196	BC
69	593401.8338	1310399.536	471.173	BC
70	593406.4926	1310401.352	471.026	LC

71	593411.1514	1310403.167	470.890	BC
72	593404.9329	1310406.973	471.401	PC-1
73	593400.024	1310404.197	471.476	LC
74	593398.2142	1310408.858	471.763	BC
75	593388.8898	1310405.212	471.932	BC
76	593390.7106	1310400.556	471.650	LC
77	593392.5204	1310395.895	471.369	BC
78	593379.5765	1310401.571	472.077	BC
79	593381.3973	1310396.914	471.806	LC
80	593383.2071	1310392.253	471.560	BC
81	593370.2631	1310397.929	472.238	BC
82	593372.0839	1310393.273	471.915	LC
83	593373.8937	1310388.612	471.669	BC
84	593360.9497	1310394.288	472.358	BC
85	593362.7706	1310389.631	472.036	LC
86	593364.5804	1310384.97	471.778	BC
87	593351.6364	1310390.646	472.321	BC
88	593353.4572	1310385.989	472.008	LC
89	593355.267	1310381.328	471.782	BC
90	593340.371	1310386.241	472.287	BC
91	593342.1918	1310381.584	471.981	LC
92	593344.0016	1310376.923	471.757	BC
93	593331.0686	1310382.604	472.159	BC
94	593332.8808	1310377.969	471.915	LC
95	593334.6882	1310373.282	471.672	BC
96	593402.873	1310410.674	471.678	LC
97	593407.5318	1310412.489	471.554	BC
98	593394.5836	1310418.176	472.449	BC
99	593399.2424	1310419.991	472.332	LC
100	593403.9012	1310421.807	472.211	BC
101	593390.953	1310427.494	473.132	BC
102	593395.6118	1310429.309	473.007	LC
103	593400.2706	1310431.124	472.886	BC
104	593387.3223	1310436.811	473.867	BC
105	593391.9812	1310438.627	473.806	LC
106	593396.64	1310440.442	473.744	BC
107	593383.6917	1310446.129	474.414	BC

108	593388.3506	1310447.944	474.380	LC
109	593393.0094	1310449.76	474.330	BC
110	593380.0611	1310455.447	474.892	BC
111	593384.7199	1310457.262	474.838	LC
112	593389.3788	1310459.077	474.784	BC
113	593376.4305	1310464.764	475.462	BC
114	593381.0893	1310466.58	475.464	LC
115	593385.7481	1310468.395	475.378	BC
116	593379.0552	1310471.8	475.778	PC-2
117	593367.7478	1310467.934	475.787	BC
118	593367.7939	1310471.996	475.996	LC
119	593366.4401	1310474.854	476.200	BC
120	593357.8459	1310470.795	476.075	LC
121	593358.913	1310465.976	475.821	BC
122	593357.2404	1310474.149	476.277	BC
123	593346.2038	1310466.283	475.967	BC
124	593346.002	1310470.369	476.200	LC
125	593345.7796	1310473.271	476.371	BC
126	593339.0637	1310469.765	476.205	LC
127	593339.3708	1310465.759	476.003	BC
128	593338.8358	1310472.738	476.355	BC
129	593328.8096	1310469.5	476.271	LC
130	593328.8096	1310464.949	476.044	BC
131	593328.2746	1310471.929	476.396	BC
132	593320.1787	1310468.169	476.237	LC
133	593321.5865	1310464.396	476.063	BC
134	593319.6756	1310471.27	476.380	BC
135	593311.7473	1310463.642	476.046	BC
136	593311.7473	1310467.091	476.203	LC
137	593311.4752	1310470.641	476.365	BC
138	593300.0386	1310462.744	475.997	BC
139	593300.0386	1310466.913	476.180	LC
140	593299.8213	1310469.748	476.303	BC
141	593346.9254	1310463.953	475.849	LC
142	593347.5796	1310462.06	475.752	BC
143	593339.292	1310464.381	475.935	BC
144	593339.8736	1310462.12	475.817	LC

145	593340.7139	1310459.687	475.691	BC
146	593330.7699	1310462.037	475.884	BC
147	593331.5614	1310459.22	475.737	LC
148	593332.3932	1310456.812	475.610	BC
149	593323.9165	1310460.151	475.843	BC
150	593324.8321	1310457.612	475.709	LC
151	593326.2818	1310454.701	475.552	BC
152	593317.3123	1310458.334	475.773	BC
153	593318.4532	1310455.183	475.612	LC
154	593319.4371	1310452.336	475.462	BC
155	593311.2894	1310456.677	475.701	BC
156	593312.3619	1310453.307	475.529	LC
157	593314.3866	1310450.591	475.388	BC
158	593303.2529	1310454.466	475.608	BC
159	593304.5122	1310451.223	475.443	LC
160	593305.8969	1310447.657	475.261	BC
161	593293.8259	1310465.519	476.048	PC-3
162	593294.5775	1310461.559	475.881	LC
163	593289.9994	1310460.972	475.802	BC
164	593301.6457	1310458.605	475.819	BC
165	593297.0138	1310457.907	475.746	LC
166	593291.4078	1310457.345	475.657	BC
167	593300.0686	1310450.451	475.417	LC
168	593294.5939	1310449.083	475.326	LC
169	593307.2776	1310444.102	475.080	BC
170	593302.4199	1310443.505	475.064	LC
171	593297.5204	1310441.603	474.983	BC
172	593310.4797	1310435.92	474.669	BC
173	593305.823	1310434.099	474.591	LC
174	593301.162	1310432.29	474.515	BC
175	593314.8846	1310424.655	474.156	BC
176	593310.2279	1310422.834	474.062	LC
177	593305.5669	1310421.024	473.969	BC
178	593318.5262	1310415.341	473.728	BC
179	593313.8695	1310413.521	473.634	LC
180	593309.2085	1310411.711	473.540	BC
181	593322.1678	1310406.028	473.307	BC

182	593317.5111	1310404.207	473.209	LC
183	593312.8502	1310402.397	473.111	BC
184	593325.8094	1310396.715	472.889	BC
185	593321.1528	1310394.894	472.792	LC
186	593316.4918	1310393.084	472.696	BC
187	593329.4511	1310387.401	472.411	BC
188	593324.7944	1310385.581	472.358	LC
189	593320.1334	1310383.771	472.284	BC
190	593333.0927	1310378.088	471.919	BC
191	593328.436	1310376.267	471.867	LC
192	593323.775	1310374.457	471.816	BC
193	593288.3223	1310470.82	476.203	BC
194	593288.1984	1310465.821	475.997	LC
195	593288.0627	1310460.823	475.771	BC
196	593278.3254	1310471.068	475.889	BC
197	593278.2015	1310466.069	475.697	LC
198	593278.0658	1310461.071	475.505	BC
199	593268.3285	1310471.315	475.500	BC
200	593268.2046	1310466.317	475.325	LC

Nota: Esto representa una parte del levantamiento topográfico realizado, el levantamiento total consta de 3835 puntos (Nube de punto completa el archivo CSV).

## Anexo 5: Tablas de cálculo de diseño de redes de alcantarillado

**Tabla 43** Información básica de diseño

Lugar en estudio:	Masatepe		
Tren de tratamiento:	Tratamiento convencional para agua residual domestica		
Localización de proyecto:	Comarcas San José, San Isidro y Santa Rita	<b>Extensión</b>	<b>0.985 km<sup>2</sup></b>
Año base	2022		
Periodo de diseño	25 años		

**Tabla 44** Información poblacional y territorial

Comarca	Población			Área (km <sup>2</sup> )	Área (Ha)
	1995	2005	2021		
San José de Masatepe	281	704	2397	0.347	34.719
San Isidro	59	148	351	0.399	39.918
Santa Rita	153	382	535	0.229	22.898
Total	493	1234	3283	0.985	98.550

**Tabla 45** Cálculo de tasa de crecimiento poblacional

Censo poblacional		Tasa de crecimiento geométrico	
Año	Población (hab)	Rg promedio	
1995	493 hab	Rg 1995-2005	9.61%
2005	1234 hab	Rg 2005-2021	6.31%
2021	3283 hab	Rg	7.96%

**Tabla 46** Información preliminar de red de alcantarillado.

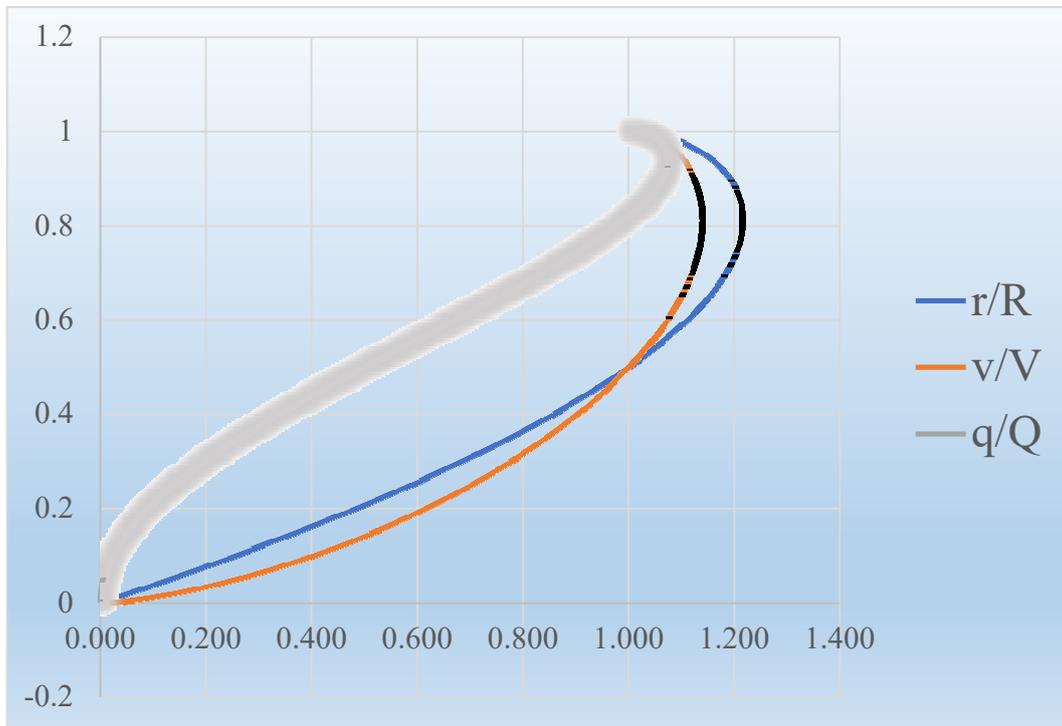
Material por utilizar	PVC
Manning	0.009
Longitud total de tubería PVC	7497.822 m
Diámetro prom propuesto	6 "

Población (Hab)	Dotación	C. Doméstico (L/día)	C. Doméstico (LPS)	C. Comercial (LPS)	C. Industrial (LPS)	C. Público (LPS)
3414	100	341432	3.952	0.277	0.079	0.277
4154	100	415404	4.808	0.337	0.096	0.337
5054	105	530673	6.142	0.430	0.123	0.430
6149	105	645645	7.473	0.523	0.149	0.523
7481	105	785526	9.092	0.636	0.182	0.636
9102	105	955711.922	11.061	0.774	0.221	0.774

**Tabla 47** Cálculo de caudal de diseño

Área total (Ha)	Q infiltración	Qm (LPS)	Q min (LPS)	FH	Q max (LPS)	Q diseño (LPS)
98.550	24.993	3.161	0.632	3.000	9.484	35.109
98.550	24.993	3.846	0.769	3.000	11.539	37.301
98.550	24.993	4.914	0.983	3.000	14.741	40.716
98.550	24.993	5.978	1.196	3.000	17.935	44.123
98.550	24.993	7.273	1.455	3.000	21.820	48.268
98.550	24.993	8.849	1.770	2.995	26.505	53.267

Figura 20: Comportamiento relaciones hidráulicas



Fuente propia, cálculos relaciones hidráulicas

**Tabla 48** Cálculos de red de alcantarillado sanitario San José y Santa Rita

TUBERÍA		TRAMO		COTA DE TERRENO		COTAS DE INVERT		S (%)	Qdis	Qdis	Q	Ø CALC				Ø PROP				CONDICIONES A TUBO LLENO						RELACIONES				V (diseño)		rh	Tension		Criterio
NO.	LONG(M)	PVS (ENTRADA)	PVS (SALIDA)	ENTRADA (msnm)	SALIDA (msnm)	ENTRADA (msnm)	SALIDA (msnm)		lps	lps	lps	mm	in	in	mm	Q (m3/s)	V(m/s)	A (m)	P (m)	Rh (m)	Q/QII	Vt/VII	Y/D	r/Rh	(m/s)	V>0.6 m/s	m	Pa	Criterio (>1 Pa)	Y<75%					
Tub - 1	49.667	PVS - 1	PVS - 2	475.540	472.810	474.094	471.611	5.00%	0.216	0.216	1.500	41	2	6	150	0.0492	2.786	0.018	0.471	0.038	0.03	0.445	0.118	0.297	1.241	Cumple	0.011	5.464	Cumple	Cumple					
Tub - 2	81.563	PVS - 2	PVS - 3	472.810	469.240	471.587	467.522	4.98%	0.155	0.371	1.500	41	2	6	150	0.0492	2.782	0.018	0.471	0.038	0.03	0.450	0.120	0.302	1.252	Cumple	0.011	5.534	Cumple	Cumple					
Tub - 22	99.000	PVS - 22	PVS - 23	475.950	474.580	474.755	472.366	2.41%	0.169	0.169	1.500	46	2	6	150	0.0342	1.936	0.018	0.471	0.038	0.044	0.500	0.142	0.353	0.967	Cumple	0.013	3.135	Cumple	Cumple					
Tub - 23	82.882	PVS - 23	PVS - 24	474.580	469.400	472.342	468.198	5.00%	0.193	0.362	1.500	41	2	6	150	0.0492	2.786	0.018	0.471	0.038	0.030	0.445	0.118	0.297	1.241	Cumple	0.011	5.465	Cumple	Cumple					
Tub - 25	82.576	PVS - 25	PVS - 24	470.700	469.400	469.504	468.198	1.58%	0.073	0.073	1.500	50	2	6	150	0.0277	1.567	0.018	0.471	0.038	0.054	0.531	0.157	0.387	0.833	Cumple	0.015	2.254	Cumple	Cumple					
Tub - 24	81.465	PVS - 24	PVS - 3	469.400	469.240	468.174	467.522	0.80%	0.212	0.647	1.500	57	2	6	150	0.0197	1.115	0.018	0.471	0.038	0.076	0.589	0.186	0.452	0.657	Cumple	0.017	1.331	Cumple	Cumple					
Tub - 3	83.104	PVS - 3	PVS - 4	469.240	468.860	467.498	466.833	0.80%	0.196	1.215	1.500	57	2	6	150	0.0197	1.115	0.018	0.471	0.038	0.08	0.589	0.186	0.452	0.657	Cumple	0.017	1.331	Cumple	Cumple					
Tub - 4	79.147	PVS - 4	PVS - 5	468.860	467.700	466.809	466.176	0.80%	0.189	1.404	1.500	57	2	6	150	0.0197	1.114	0.018	0.471	0.038	0.08	0.589	0.186	0.452	0.656	Cumple	0.017	1.330	Cumple	Cumple					
Tub - 5	80.840	PVS - 5	PVS - 6	467.700	466.120	466.152	464.918	1.53%	0.186	1.590	1.590	52	2	6	150	0.0272	1.540	0.018	0.471	0.038	0.06	0.544	0.163	0.401	0.837	Cumple	0.015	2.252	Cumple	Cumple					
Tub - 6	81.408	PVS - 6	PVS - 7	466.120	462.020	464.894	460.824	5.00%	0.187	1.778	1.778	43	2	6	150	0.0492	2.786	0.018	0.471	0.038	0.04	0.471	0.129	0.323	1.312	Cumple	0.012	5.940	Cumple	Cumple					
Tub - 26	50.000	PVS - 26	PVS - 27	470.940	471.000	469.744	469.266	0.96%	0.103	0.103	1.500	55	2	6	150	0.0215	1.218	0.018	0.471	0.038	0.070	0.576	0.179	0.437	0.701	Cumple	0.016	1.536	Cumple	Cumple					
Tub - 27	65.000	PVS - 27	PVS - 28	471.000	469.700	469.242	468.503	1.14%	0.107	0.211	1.500	53	2	6	150	0.0235	1.329	0.018	0.471	0.038	0.064	0.560	0.171	0.419	0.744	Cumple	0.016	1.752	Cumple	Cumple					
Tub - 28	52.405	PVS - 28	PVS - 29	469.700	465.900	467.318	464.698	5.00%	0.127	0.338	1.500	41	2	6	150	0.0492	2.786	0.018	0.471	0.038	0.030	0.445	0.118	0.297	1.241	Cumple	0.011	5.464	Cumple	Cumple					
Tub - 29	83.965	PVS - 29	PVS - 30	465.900	465.770	464.674	464.002	0.80%	0.260	0.597	1.500	57	2	6	150	0.0197	1.115	0.018	0.471	0.038	0.076	0.589	0.186	0.452	0.657	Cumple	0.017	1.331	Cumple	Cumple					
Tub - 30	8.000	PVS - 30	PVS - 31	465.770	465.740	463.978	463.914	0.80%	0.298	0.895	1.500	57	2	6	150	0.0197	1.115	0.018	0.471	0.038	0.076	0.589	0.186	0.452	0.656	Cumple	0.017	1.330	Cumple	Cumple					
Tub - 31	65.000	PVS - 31	PVS - 32	465.740	464.330	463.890	463.129	1.17%	0.101	0.997	1.500	53	2	6	150	0.0238	1.348	0.018	0.471	0.038	0.063	0.558	0.170	0.417	0.752	Cumple	0.016	1.794	Cumple	Cumple					
Tub - 32	55.933	PVS - 32	PVS - 33	464.330	463.200	463.105	461.761	2.40%	0.173	1.169	1.500	46	2	6	150	0.0341	1.932	0.018	0.471	0.038	0.044	0.500	0.142	0.353	0.965	Cumple	0.013	3.122	Cumple	Cumple					
Tub - 33	69.909	PVS - 34	PVS - 35	470.910	469.340	469.708	468.139	2.24%	0.067	0.067	1.500	47	2	6	150	0.0330	1.867	0.018	0.471	0.038	0.045	0.504	0.144	0.358	0.941	Cumple	0.013	2.954	Cumple	Cumple					
Tub - 34	79.237	PVS - 35	PVS - 36	469.340	466.980	468.115	465.777	2.95%	0.140	0.206	1.500	45	2	6	150	0.0378	2.140	0.018	0.471	0.038	0.040	0.486	0.136	0.339	1.041	Cumple	0.013	3.683	Cumple	Cumple					
Tub - 35	82.364	PVS - 36	PVS - 33	466.980	463.200	465.753	461.761	4.85%	0.183	0.390	1.500	41	2	6	150	0.0485	2.743	0.018	0.471	0.038	0.031	0.450	0.120	0.302	1.234	Cumple	0.011	5.382	Cumple	Cumple					
Tub - 36	61.408	PVS - 37	PVS - 33	463.550	463.200	462.348	461.761	0.96%	0.300	0.300	1.500	55	2	6	150	0.0215	1.218	0.018	0.471	0.038	0.070	0.576	0.179	0.437	0.701	Cumple	0.016	1.535	Cumple	Cumple					
Tub - 44	79.959	PVS - 33	PVS - 7	463.200	462.020	461.737	460.824	1.14%	0.141	2.000	2.000	60	2	6	150	0.0235	1.332	0.018	0.471	0.038	0.085	0.610	0.197	0.476	0.812	Cumple	0.018	1.999	Cumple	Cumple					
Tub - 7	76.194	PVS - 7	PVS - 8	462.020	461.360	460.800	460.157	0.84%	0.181	3.959	3.959	81	3	6	150	0.0202	1.145	0.018	0.471	0.038	0.2	0.776	0.300	0.684	0.888	Cumple	0.026	2.123	Cumple	Cumple					
Tub - 8	81.635	PVS - 8	PVS - 9	461.360	458.680	460.133	457.479	3.25%	0.194	4.153	4.153	64	3	6	150	0.0397	2.247	0.018	0.471	0.038	0.11	0.647	0.218	0.521	1.454	Cumple	0.020	6.227	Cumple	Cumple					
Tub - 78	53.617	PVS - 78	PVS - 9	459.570	458.680	458.369	457.479	1.66%	0.214	0.214	1.500	50	2	6	150	0.0284	1.605	0.018	0.471	0.038	0.053	0.529	0.156	0.385	0.850	Cumple	0.014	2.352	Cumple	Cumple					
Tub - 37	19.701	PVS - 38	PVS - 39	476.090	475.370	474.891	474.172	3.65%	0.166	0.166	1.500	43	2	6	150	0.0421	2.381	0.018	0.471	0.038	0.036	0.471	0.129	0.323	1.121	Cumple	0.012	4.336	Cumple	Cumple					
Tub - 38	77.368	PVS - 39	PVS - 40	475.370	471.930	474.148	470.733	4.41%	0.116	0.282	1.500	41	2	6	150	0.0463	2.618	0.018	0.471	0.038	0.032	0.455	0.122	0.307	1.190	Cumple	0.011	4.978	Cumple	Cumple					
Tub - 39	83.204	PVS - 40	PVS - 41	471.930	469.100	470.709	467.905	3.37%	0.189	0.472	1.500	44	2	6	150	0.0404	2.288	0.018	0.471	0.038	0.037	0.475	0.131	0.328	1.087	Cumple	0.012	4.062	Cumple	Cumple					
Tub - 40	79.455	PVS - 41	PVS - 42	469.100	465.730	467.881	464.526	4.22%	0.189	0.661	1.500	42	2	6	150	0.0452	2.561	0.018	0.471	0.038	0.033	0.459	0.124	0.311	1.176	Cumple	0.012	4.835	Cumple	Cumple					
Tub - 41	78.308	PVS - 42	PVS - 43	465.730	464.530	464.502	463.331	1.50%	0.184	0.845	1.500	51	2	6	150	0.0269	1.524	0.018	0.471	0.038	0.056	0.538	0.160	0.394	0.819	Cumple	0.015	2.169	Cumple	Cumple					
Tub - 42	83.934	PVS - 43	PVS - 44	464.530	461.680	463.307	460.478	3.37%	0.188	1.033	1.500	44	2	6	150	0.0404	2.288	0.018	0.471	0.038	0.037	0.475	0.131	0.328	1.087	Cumple	0.012	4.063	Cumple	Cumple					
Tub - 43	80.809	PVS - 44	PVS - 9	461.680	458.680	460.454	457.479	3.68%	0.191	1.223	1.500	43	2	6	150	0.0423	2.391	0.018	0.471	0.038	0.036	0.471	0.129	0.323	1.126	Cumple	0.012	4.374	Cumple	Cumple					
Tub - 9	78.699	PVS - 9	PVS - 10	458.680	457.020	457.455	455.816	2.08%	0.155	5.746	5.746	79	3	6	150	0.0318	1.798	0.018	0.471	0.038	0.18	0.759	0.288	0.661	1.365	Cumple	0.025	5.065	Cumple	Cumple					
Tub - 45	70.954	PVS - 45	PVS - 46	475.810	471.420	473.764	470.216	5.00%	0.194	0.194	1.500	41	2	6	150	0.0492	2.786	0.018	0.471	0.038	0.030	0.445	0.118	0.297	1.241	Cumple	0.011	5.465	Cumple	Cumple					
Tub - 46	80.575	PVS - 46	PVS - 47	471.420	469.500	470.192	468.295	2.35%	0.206	0.400	1.500	47	2	6	150	0.0338	1.912	0.018	0.471	0.038	0.044	0.500	0.142	0.353	0.955	Cumple	0.013	3.059	Cumple	Cumple					
Tub - 47	82.349	PVS - 47	PVS - 48	469.500	467.530	468.271	466.330	2.36%	0.324	0.724	1.500	47	2	6	150	0.0338	1.913	0.018	0.471	0.038	0.044	0.500	0.142	0.353	0.956	Cumple	0.013	3.062	Cumple	Cumple					
Tub - 48	78.824	PVS - 48	PVS - 49	467.530	464.980	466.306	463.776	3.21%	0.320	1.043	1.500	44	2	6	150	0.0395	2.232	0.018	0.471	0.038	0.038	0.480	0.133	0.332	1.071	Cumple	0.012	3.924	Cumple	Cumple					
Tub - 49	83.166	PVS - 49	PVS - 50	464.980	462.460	463.752	461.260	3.00%	0.335	1.378	1.500	45	2	6	150	0.0381	2.157	0.018	0.471	0.038	0.039	0.482	0.134	0.335	1.040	Cumple	0.013	3.689	Cumple	Cumple					
Tub - 50	80.127	PVS - 50	PVS - 10	462.460	457.020	459.822	455.816	5.00%	0.255	1.634	1.634	42	2	6	150	0.0492	2.786	0.018	0.471	0.038	0.033	0.459	0.124	0.311	1.280	Cumple	0.012	5.725	Cumple	Cumple					
Tub - 51	98.004	PVS - 51	PVS - 52	470.770	469.360	469.																													

TUBERÍA		TRAMO		COTA DE TERRENO		COTAS DE INVERT		S (%)	Qdis Parcial	Qdis acumulado	Q compensa	Ø CALC		Ø PROP		CONDICIONES A TUBO LLENO					RELACIONES				V (diseño)		rh	Tension		Crterio Tirante
NO.	LONG(M)	PVS (ENTRADA)	PVS (SALIDA)	ENTRADA (msnm)	SALIDA (msnm)	ENTRADA (msnm)	SALIDA (msnm)		lps	lps	lps	mm	in	in	mm	Q (m3/s)	V(m/s)	A (m)	P (m)	Rh (m)	Q/QII	Vt/VII	Y/D	r/Rh	(m/s)	V>0.6 m/s	m	Pa	Crterio (>1 Pa)	Y<75%
Tub - 57	99.381	PVS - 55	PVS - 58	464.180	460.050	461.880	457.985	3.92%	0.145	1.227	1.500	42	2	6	150	0.0436	2.467	0.018	0.471	0.038	0.034	0.464	0.126	0.316	1.144	Cumple	0.012	4.555	Cumple	Cumple
Tub - 58	52.762	PVS - 59	PVS - 58	461.650	460.050	460.447	457.985	4.67%	1.345	1.345	1.500	41	2	6	150	0.0476	2.692	0.018	0.471	0.038	0.032	0.455	0.122	0.307	1.224	Cumple	0.011	5.262	Cumple	Cumple
Tub - 59	92.510	PVS - 60	PVS - 61	469.730	462.930	466.358	461.733	5.00%	0.280	0.280	1.500	41	2	6	150	0.0492	2.786	0.018	0.471	0.038	0.030	0.445	0.118	0.297	1.241	Cumple	0.011	5.464	Cumple	Cumple
Tub - 60	53.719	PVS - 61	PVS - 62	462.930	459.490	460.979	458.293	5.00%	0.368	0.648	1.500	41	2	6	150	0.0492	2.786	0.018	0.471	0.038	0.030	0.445	0.118	0.297	1.241	Cumple	0.011	5.465	Cumple	Cumple
Tub - 61	35.599	PVS - 62	PVS - 58	459.490	460.050	458.269	457.985	0.80%	0.127	0.775	1.500	57	2	6	150	0.0197	1.113	0.018	0.471	0.038	0.076	0.589	0.186	0.452	0.656	Cumple	0.017	1.327	Cumple	Cumple
Tub - 62	99.376	PVS - 58	PVS - 63	460.050	460.560	457.961	457.166	0.80%	0.138	3.485	3.485	78	3	6	150	0.0197	1.115	0.018	0.471	0.038	0.177	0.753	0.284	0.653	0.839	Cumple	0.025	1.923	Cumple	Cumple
Tub - 63	98.000	PVS - 63	PVS - 64	460.560	459.060	457.142	456.358	0.80%	0.289	3.774	3.774	81	3	6	150	0.0197	1.115	0.018	0.471	0.038	0.192	0.770	0.296	0.676	0.859	Cumple	0.025	1.990	Cumple	Cumple
Tub - 64	44.311	PVS - 64	PVS - 65	459.060	457.560	456.334	455.935	0.90%	0.110	3.884	3.884	80	3	6	150	0.0209	1.182	0.018	0.471	0.038	0.186	0.765	0.292	0.669	0.904	Cumple	0.025	2.215	Cumple	Cumple
Tub - 65	93.896	PVS - 66	PVS - 67	468.010	462.330	465.820	461.125	5.00%	0.179	0.179	1.500	41	2	6	150	0.0492	2.786	0.018	0.471	0.038	0.030	0.445	0.118	0.297	1.241	Cumple	0.011	5.465	Cumple	Cumple
Tub - 66	33.966	PVS - 67	PVS - 68	462.330	459.950	460.446	458.748	5.00%	0.190	0.368	1.500	41	2	6	150	0.0492	2.786	0.018	0.471	0.038	0.030	0.445	0.118	0.297	1.241	Cumple	0.011	5.464	Cumple	Cumple
Tub - 67	65.401	PVS - 68	PVS - 69	459.950	457.600	458.724	456.405	3.55%	0.143	0.512	1.500	43	2	6	150	0.0415	2.346	0.018	0.471	0.038	0.036	0.471	0.129	0.323	1.105	Cumple	0.012	4.213	Cumple	Cumple
Tub - 68	55.671	PVS - 69	PVS - 65	457.600	457.560	456.381	455.935	0.80%	0.142	0.654	1.500	57	2	6	150	0.0197	1.115	0.018	0.471	0.038	0.076	0.589	0.186	0.452	0.657	Cumple	0.017	1.332	Cumple	Cumple
Tub - 69	69.171	PVS - 65	PVS - 70	457.560	457.540	455.911	455.358	0.80%	0.165	4.703	4.703	88	4	6	150	0.0197	1.114	0.018	0.471	0.038	0.239	0.820	0.332	0.742	0.913	Cumple	0.028	2.183	Cumple	Cumple
Tub - 70	40.181	PVS - 70	PVS - 71	457.540	457.590	455.334	455.012	0.80%	0.175	4.878	4.878	89	4	6	150	0.0197	1.115	0.018	0.471	0.038	0.247	0.828	0.338	0.753	0.923	Cumple	0.028	2.220	Cumple	Cumple
Tub - 71	47.033	PVS - 72	PVS - 73	467.990	465.960	466.786	464.763	4.30%	0.411	0.411	1.500	42	2	6	150	0.0457	2.584	0.018	0.471	0.038	0.033	0.459	0.124	0.311	1.187	Cumple	0.012	4.925	Cumple	Cumple
Tub - 72	67.199	PVS - 73	PVS - 74	465.960	463.750	464.739	462.554	3.25%	0.084	0.496	1.500	44	2	6	150	0.0397	2.247	0.018	0.471	0.038	0.038	0.480	0.133	0.332	1.078	Cumple	0.012	3.975	Cumple	Cumple
Tub - 73	75.000	PVS - 74	PVS - 75	463.750	457.860	460.407	456.657	5.00%	0.216	0.712	1.500	41	2	6	150	0.0492	2.786	0.018	0.471	0.038	0.030	0.445	0.118	0.297	1.241	Cumple	0.011	5.465	Cumple	Cumple
Tub - 74	76.611	PVS - 75	PVS - 71	457.860	457.590	456.633	455.012	2.12%	0.245	0.957	1.500	48	2	6	150	0.0320	1.813	0.018	0.471	0.038	0.047	0.510	0.147	0.365	0.925	Cumple	0.014	2.838	Cumple	Cumple
Tub - 75	46.003	PVS - 71	PVS - 76	457.590	457.470	454.988	454.620	0.80%	0.201	6.035	6.035	96	4	6	150	0.0197	1.115	0.018	0.471	0.038	0.306	0.878	0.379	0.823	0.979	Cumple	0.031	2.422	Cumple	Cumple
Tub - 76	81.000	PVS - 76	PVS - 77	457.470	457.740	454.596	453.948	0.80%	0.298	6.333	6.333	98	4	6	150	0.0197	1.115	0.018	0.471	0.038	0.322	0.891	0.390	0.841	0.993	Cumple	0.032	2.475	Cumple	Cumple
Tub - 77	37.614	PVS - 77	PVS - 10	457.740	457.020	453.924	453.624	0.80%	0.188	6.521	6.521	99	4	6	150	0.0197	1.113	0.018	0.471	0.038	0.332	0.898	0.396	0.851	0.999	Cumple	0.032	2.496	Cumple	Cumple
Tub - 10	91.972	PVS - 10	PVS - 11	457.020	456.660	453.600	452.864	0.80%	0.141	14.041	14.041	132	5	6	150	0.0197	1.115	0.018	0.471	0.038	0.71	1.086	0.624	1.132	1.211	Cumple	0.042	3.332	Cumple	Cumple
Tub - 11	31.691	PVS - 11	PVS - 12	456.660	456.520	452.840	452.586	0.80%	0.160	14.201	14.201	133	5	8	200	0.0425	1.351	0.031	0.628	0.050	0.33	0.900	0.398	0.854	1.216	Cumple	0.043	3.356	Cumple	Cumple
Tub - 79	88.000	PVS - 79	PVS - 80	458.500	459.280	457.299	456.457	0.96%	0.593	0.593	1.500	55	2	6	150	0.0215	1.219	0.018	0.471	0.038	0.070	0.576	0.179	0.437	0.702	Cumple	0.016	1.537	Cumple	Cumple
Tub - 80	67.771	PVS - 80	PVS - 12	459.280	456.520	456.433	455.319	1.64%	0.241	0.834	1.500	50	2	6	150	0.0282	1.598	0.018	0.471	0.038	0.053	0.529	0.156	0.385	0.846	Cumple	0.014	2.329	Cumple	Cumple
Tub - 12	85.000	PVS - 12	PVS - 13	456.520	455.750	452.562	451.882	0.80%	0.207	15.243	15.243	136	5	8	200	0.0424	1.350	0.031	0.628	0.050	0.36	0.917	0.414	0.879	1.239	Cumple	0.044	3.448	Cumple	Cumple
Tub - 13	31.575	PVS - 13	PVS - 14	455.750	455.210	451.858	451.606	0.80%	0.171	15.414	15.414	137	5	8	200	0.0424	1.349	0.031	0.628	0.050	0.36	0.921	0.417	0.883	1.242	Cumple	0.044	3.458	Cumple	Cumple
Tub - 14	61.000	PVS - 14	PVS - 15	455.210	453.740	451.582	451.094	0.80%	0.150	15.563	15.563	137	5	8	200	0.0424	1.350	0.031	0.628	0.050	0.37	0.923	0.419	0.886	1.246	Cumple	0.044	3.479	Cumple	Cumple
Tub - 15	95.000	PVS - 15	PVS - 16	453.740	451.800	451.070	450.310	0.80%	0.343	15.906	15.906	138	6	8	200	0.0424	1.350	0.031	0.628	0.050	0.38	0.928	0.424	0.894	1.253	Cumple	0.045	3.508	Cumple	Cumple
Tub - 81	45.939	PVS - 81	PVS - 82	459.320	459.140	458.116	457.677	0.96%	0.144	0.144	1.500	55	2	6	150	0.0215	1.218	0.018	0.471	0.038	0.070	0.576	0.179	0.437	0.701	Cumple	0.016	1.535	Cumple	Cumple
Tub - 82	68.434	PVS - 82	PVS - 83	459.140	458.780	457.653	457.048	0.88%	0.138	0.282	1.500	56	2	6	150	0.0207	1.172	0.018	0.471	0.038	0.072	0.579	0.181	0.441	0.679	Cumple	0.017	1.434	Cumple	Cumple
Tub - 83	61.844	PVS - 83	PVS - 84	458.780	457.180	457.024	455.279	2.82%	0.152	0.434	1.500	45	2	6	150	0.0370	2.093	0.018	0.471	0.038	0.041	0.491	0.138	0.344	1.027	Cumple	0.013	3.570	Cumple	Cumple
Tub - 84	56.886	PVS - 85	PVS - 86	461.730	460.590	460.533	458.384	3.78%	0.121	0.121	1.500	43	2	6	150	0.0428	2.422	0.018	0.471	0.038	0.035	0.468	0.128	0.321	1.135	Cumple	0.012	4.456	Cumple	Cumple
Tub - 85	47.553	PVS - 86	PVS - 84	460.590	457.180	458.360	455.982	5.00%	0.183	0.304	1.500	41	2	6	150	0.0492	2.787	0.018	0.471	0.038	0.030	0.445	0.118	0.297	1.241	Cumple	0.011	5.466	Cumple	Cumple
Tub - 86	29.012	PVS - 84	PVS - 87	457.180	455.000	455.255	453.805	5.00%	0.072	0.810	1.500	41	2	6	150	0.0492	2.786	0.018	0.471	0.038	0.030	0.445	0.118	0.297	1.240	Cumple	0.011	5.463	Cumple	Cumple
Tub - 87	54.461	PVS - 87	PVS - 88	455.000	454.000	453.781	452.800	1.80%	0.116	0.926	1.500	49	2	6	150	0.0296	1.672	0.018	0.471	0.038	0.051	0.523	0.153	0.378	0.875	Cumple	0.014	2.507	Cumple	Cumple
Tub - 88	11.624	PVS - 88	PVS - 89	454.000	454.000	452.776	452.683	0.80%	0.104	1.030	1.500	57	2	6	150	0.0197	1.115	0.018	0.471	0.038	0.076	0.589	0.186	0.452	0.656	Cumple	0.017	1.330	Cumple	Cumple
Tub - 89	37.018	PVS - 90	PVS - 91	459.920	459.430	458.718	458.169	1.48%	0.187	0.187	1.500	51	2	6	150	0.0268	1.518	0.018	0.471	0.038	0.056	0.538	0.160	0.394	0.816	Cumple	0.015	2.151	Cumple	Cumple
Tub - 90	40.110	PVS - 91	PVS - 92	459.430	457.340	458.145	456.140	5.00%	0.175	0.362	1.500	41	2	6	150	0.0492	2.786	0.018	0.471	0.038	0.030	0.445	0.118	0.297	1.240	Cumple	0.011	5.463	Cumple	Cumple
Tub - 91	55.282	PVS - 92	PVS - 89	457.340	454.000	455.																								

**Tabla 49** Cálculos de red de alcantarillado sanitario San Isidro.

TUBERÍA		TRAMO		COTA DE TERRENO		COTAS DE INVERT		S (%)	Qdis	Qdis	Q	Ø CALC				Ø PROP				CONDICIONES A TUBO LLENO					RELACIONES				V (diseño)		rh	Tension		Criterio
NO.	LONG(M)	PVS (ENTRADA)	PVS (SALIDA)	ENTRADA (msnm)	SALIDA (msnm)	ENTRADA (msnm)	SALIDA (msnm)		lps	lps	lps	mm	in	in	mm	Q (m3/s)	V(m/s)	A (m)	P (m)	Rh (m)	Q/QII	Vt/VII	Y/D	r/Rh	(m/s)	V>0.6 m/s	m	Pa	Criterio (t>1 Pa)	Y<75%				
Tub - 106	88.681 m	PVS - 107	PVS - 108	462.317 m	443.968 m	461.117 m	457.204 m	4.41%	0.176	0.176	1.500	41	2	6	150	0.04626	2.618	0.018	0.471	0.038	0.032	0.455	0.122	0.307	1.190	Cumple	0.011	4.976	Cumple	Cumple				
Tub - 107	49.940 m	PVS - 108	PVS - 109	458.404 m	443.968 m	457.180 m	455.131 m	4.10%	0.603	0.779	1.500	42	2	6	150	0.04460	2.524	0.018	0.471	0.038	0.034	0.464	0.126	0.316	1.171	Cumple	0.012	4.769	Cumple	Cumple				
Tub - 108	98.819 m	PVS - 109	PVS - 110	456.331 m	443.968 m	455.107 m	453.610 m	1.51%	0.403	1.182	1.500	51	2	6	150	0.02710	1.534	0.018	0.471	0.038	0.055	0.536	0.159	0.392	0.821	Cumple	0.015	2.184	Cumple	Cumple				
Tub - 109	93.413 m	PVS - 110	PVS - 111	454.810 m	443.968 m	453.586 m	449.536 m	4.34%	0.410	1.592	1.592	43	2	6	150	0.04585	2.595	0.018	0.471	0.038	0.035	0.468	0.128	0.321	1.216	Cumple	0.012	5.114	Cumple	Cumple				
Tub - 110	70.000 m	PVS - 111	PVS - 112	450.736 m	443.968 m	447.847 m	444.347 m	5.00%	0.388	1.980	1.980	45	2	6	150	0.04924	2.786	0.018	0.471	0.038	0.040	0.486	0.136	0.339	1.355	Cumple	0.013	6.241	Cumple	Cumple				
Tub - 111	50.000 m	PVS - 112	PVS - 113	445.547 m	443.968 m	443.428 m	440.928 m	5.00%	0.481	2.461	2.461	49	2	6	150	0.04924	2.786	0.018	0.471	0.038	0.050	0.521	0.152	0.376	1.452	Cumple	0.014	6.917	Cumple	Cumple				
Tub - 112	20.000 m	PVS - 113	PVS - 114	442.128 m	443.968 m	439.625 m	438.625 m	5.00%	0.085	2.546	2.546	49	2	6	150	0.04924	2.786	0.018	0.471	0.038	0.052	0.525	0.154	0.381	1.463	Cumple	0.014	7.001	Cumple	Cumple				

## Anexo 6: Tablas de cálculo de diseño sistemas de tratamiento

**Tabla 50** Composición de las aguas residuales del municipio de Masatepe

Parámetro	Valor	Unidad de medida
PH	7.33	
Temperatura	26.6	°C
SST	504	mg/L
SS	10	mg/L
Aceites y grasas totales	179	mg/L
DBO	601	mg/L
DQO	1312	mg/L
Nitrógeno total	25.67	mg/L
Fósforo total	17.45	mg/L
Coliformes termo tolerantes	2.40E+08	NMP/100ml

Fuente: "Evaluación de planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de masatepe, Departamento de Masaya" (2019) Xiomara Potosme, Yakarel y Berrios.

**Tabla 51** Composición de las aguas residuales del barrio Omar Varela

Parámetro	Valor	Unidad de medida
PH	7.49	
Temperatura	26.6	°C
SST	581.33	mg/L
SS	6.67	mg/L
Aceites y grasas totales	208.96	mg/L
DBO	439.73	mg/L
DQO	653.17	mg/L
Nitrógeno total	16.81	mg/L
Fósforo total	5.78	mg/L
Coliformes fecales	5.52E+05	NMP/100ml

Fuente: "Dimensionamiento de un sistema de Humedales Artificiales de Flujo Sub superficial para la depuración de aguas residuales grises, a pequeña escala en el barrio Omar Varela de la ciudad de Buenos Aires, Rivas." (2012) Osnar Mondragón

**Tabla 52 Combinaciones de las diferentes tecnologías.**

SISTEMAS DE TRATAMIENTO PARA AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS	SISTEMAS DE TRATAMIENTO PARA AGUAS RESIDUALES DE TIPO INDUSTRIAL
a. - Tanque Séptico + Campo de Absorción	a.- Pretratamiento + Tanque Séptico + Filtro Anaerobio (FAFA) + Campo de Absorción
b. - Tanque Séptico + Filtro Anaerobio + Campo de Absorción	b. - Pretratamiento + Tanque Séptico + Biofiltro
c. - Pretratamiento + Tanque Séptico + Biofiltro	c. - Pretratamiento + Tanque Imhoff + Biofiltro
d. - Pretratamiento + Tanque Imhoff + Biofiltro	d. - Pretratamiento + UASB + Filtro Percolador
e. - Pretratamiento + UASB + Filtro Percolador	e. - Pretratamiento + UASB + Biofiltro
f. - Pretratamiento + UASB + Laguna Aeróbica	f. - Pretratamiento + Lodos Activados
g. - Pretratamiento + UASB + Biofiltro	g. - Pretratamiento + Tratamiento Químico (Floculación - Precipitación) + Aireación + Lechos Filtrantes
h. - Pretratamiento + Lodos Activados + Filtro de Grava	h. - Pretratamiento + Laguna Anaerobia + Facultativa y / o Laguna aerobia
i. - Pretratamiento + Lodos Activados + Desinfección	i. - Pretratamiento + Laguna Facultativa + Laguna Aerobia con Planta Macrofitas
j. - Pretratamiento + Lodos Activados + Biofiltro	j. Pretratamiento + Digestor Anaerobio (Biodigestor) + Biofiltro
k. - Pretratamiento + Lodos activados + Lagunas Aerobias	
l. Pretratamiento + Laguna Anaerobia + Laguna Facultativa + Laguna de Maduración ó Pretratamiento + 2 facultativa en serie y una laguna de maduración	
m. - Pretratamiento + Laguna Facultativa + Laguna Aerobia (Secundaria) + Laguna de Maduración	
n. - Pretratamiento + Laguna Facultativa + Laguna Anaerobia con Plantas Macrofitas	
o. Pretratamiento + Laguna anaerobia + Biofiltro	

Fuente: MIFIC. Norma técnica ambiental para regular los sistemas de tratamiento y de aguas residuales / La Gaceta Diario oficial No. 90. Nicaragua. 2006

**Tabla 53 Eficiencia de remoción de los diferentes procesos de tratamientos.**

TRATAMIENTO	PORCENTAJE DE REDUCCIÓN (%)					
	DBO5	DQO	SS	Coliformes	P	N
Tratamiento Preliminar o pretratamiento	15 - 30	10 - 20	15 - 30	10 - 25		
Decantación Primaria	24 - 40		50 - 70	25 - 75		0 - 10
Efluente Primario + Cloración				99		
Fosas Sépticas ó Tanque Imhoff	40 - 60	40 - 70	37 - 85	10 - 90	0 - 10	3 - 5
Lodos Activados (Aireación Prolongada)	75 - 95	70 - 90	83 - 99	90	40 - 70	40 - 60
Lodos Activados (Convencional)	85 - 95		85 - 92	90 - 98	40 - 70	40 - 60
Lechos Bacterianos	80 - 90	70 - 92	90 - 99			
Efluente Secundario + Cloración				98 - 99		
Lagunas Aerobias	70 - 95	40 - 70	70 - 90	99 - 99.99	40 - 60	55 - 85
Lagunas Facultativas	70 - 85	40 - 70	50 - 90	99 - 99.99		
Lagunas Anaerobias	40 - 80	40 - 60	60 - 80	40 - 60		
Humedales de Flujo Superficial Libre (Lagunas con Macrofitas)	70 - 90	40 - 80	60 - 80	90 - 98	40 - 70	40 - 60
Humedales sub-superficial	70 - 95	70 - 90	90 - 99	70 - 90	85 - 91	90 - 96
Biodiscos	70 - 97		75 - 97	75 - 97	85 - 91	90 - 96
Filtro Verde (Irrigación)	90 - 99	90 - 95	95 - 100	95 - 100	85 - 90	90 - 96
Filtro Verde (escorrentía)	92 - 96	60 - 70	95	95	85 - 91	90 - 96
Infiltración - Percolación	80 - 99	70 - 80	95	95	25 - 40	30 - 95

Fuente: MIFIC. Norma técnica ambiental para regular los sistemas de tratamiento y de aguas residuales / La Gaceta Diario oficial No. 90. Nicaragua. 2006

**Tabla 54** Diseño de canal de aproximación, planta de San José de Masatepe y Sta Rita

Concepto	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidad	Criterio
<b>Datos iniciales</b>					
Caudal de diseño	$Q_d$		0.026	m <sup>3</sup> /s	
Pendiente del fondo del canal	$S$		0.120	%	
Coefficiente de Manning	$n$		0.013		
<b>Cálculos</b>					
Relación base/altura	$k$		2		
Relación Pendiente/Manning	$m$	$\frac{S^{\frac{1}{2}}}{n}$	2.66		
Altura de agua en el canal	$y$	$\sqrt[3]{\frac{(k+2)^2}{k^5} \left(\frac{Q}{m}\right)^3}$	0.16	m	
Ancho del canal	$b$	$k \sqrt[3]{\frac{(k+2)^2}{k^5} \left(\frac{Q}{m}\right)^3}$	0.32	m	
<b>Resultados finales</b>					
Ancho del canal	$b$		0.32	m	
Altura de agua en el canal	$y$		0.16	m	
Borde libre	$B_L$		0.3	m	0.2 - 0.3 m
Área de la sección transversal	$A$	$b * y$	0.052	m <sup>2</sup>	
Perímetro mojado	$P$	$2y + b$	0.646	m	
Radio Hidráulico	$R_H$	$A/P$	0.081	m	
Velocidad	$V$	$\frac{1}{n} S^{\frac{1}{2}} R_H^2$	0.50	m/s	0.30-0.60 m/seg

**Tabla 55** Diseño de rejillas, planta de San José de Masatepe y Sta Rita

Concepto	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidad	Criterio
<b>Datos iniciales</b>					
Caudal de diseño	$Q_d$		0.03	m <sup>3</sup> /s	
Tirante de agua	$h$		0.16	m	
Ancho del canal	$w$		0.32	m	
Borde libre	$B_L$		0.30	m	
Tipo de barra			Circular		Tabla 9-2 de la NTON
Espesor de rejas	$d_b$		0.0125	m	Tabla 9-1 de la NTON
Espacion entre rejas	$C$		0.035	m	Tabla 9-1 de la NTON
Ángulo de la barra con la horizontal			45°	grados	Tabla 9-1 de la NTON
Tasa de aplicación	$r$		0.02	Lts/m <sup>3</sup>	
<b>Cálculos</b>					
Área del canal	$A$	$h * w$	0.05	m <sup>2</sup>	
Velocidad antes de la reja	$V$	$Q/A$	0.50	m/s	
Longitud de la reja	$L$	$\frac{h_b + h}{\text{Seno}(\text{Ángulo})}$	0.65	m	
Número de barras	$n$	$\frac{W - C}{C + d_b}$	6		
Velocidad antes de las rejillas	$V_a$	$\frac{Q}{(W - d_b) * h}$	0.52	m/s	
Área que ocupan las rejillas	$A_r$	$n * d_b * h$	0.01	m <sup>2</sup>	
Velocidad a través de la rejillas	$V_r$	$\frac{Q}{A - A_r}$	0.65	m/s	
<b>Perdidas</b>					
a) Pérdidas de carga (Velocidad)	$h_L$	$\frac{1}{0.7} \left( \frac{V_r^2 - V_a^2}{2g} \right)$	0.01	m	<0.15 Cumple
b) Pérdida de carga (Kirschmer)	$h_L$	$\beta \left( \frac{d_b}{C} \right)^{\frac{4}{3}} h_v \text{sen}(\theta)$	0.004	m	<0.15 Cumple
Eficiencia		$\frac{C}{C + d_b}$	0.737		
Volumen de material retenido		$Q * r$	0.045	m <sup>3</sup> /día	
Velocidad aguas arriba	$V$	$V * E$	0.478	m/s	0.30-0.60 m/seg
<b>Dimensiones finales</b>					
Ancho de la reja			0.32	m	
Altura de la reja			0.46	m	
Diámetro de las barras	$d_b$		0.0125	m	Tabla 9-1 de la NTON
Separación entre barras	$C$		0.035	m	Tabla 9-1 de la NTON
Número de barras	$n$		6		

**Tabla 56** Diseño de desarenador, planta de San José de Masatepe y Sta Rita

Concepto	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidad	Criterio
<b>Datos iniciales</b>					
Tipo de desarenador	$M$		1½		Chernicharo 2005
Porcentaje de remoción	$E$		85%		Chernicharo 2005
Factor K	$K$		3.85		Chernicharo 2005
Diámetro de la partícula a sedimentar	$f$		0.20	mm	Chernicharo 2005
Velocidad de sedimentación vertical	$V_p$		21.00	mm/seg	
Caudal de diseño	$Q_d$		0.03	m³/s	
Altura de agua en el desarenador	$H$		0.16	m	
Borde libre	$B_L$		0.30	m	
Ancho del desarenador	$b$		0.60	m	
Longitud del desarenador	$L$		3.00	m	TABLA 9-3 NTON
Sólidos sedimentables	$S_s$		10.00	mg/L	
Peso específico de las partículas	$g$		2.65	gr/cm³	Chernicharo 2005
% Líquido	$U$		99.00	%	
% de materia sólida	$S$		1.00	%	
Periodo de limpieza	$T$		4.00	días	
<b>Cálculos</b>					
Tiempo de sedimentación de partícula	$t$	$\frac{H}{V_p}$	7.69	s	$t < a$
Periodo de retención	$a$	$K * t$	29.61	s	$a > t$
Volumen inicial del desarenador	$V_i$	$Q * a$	0.77	m³	
Área superficial del desarenador	$A$	$\frac{V}{H}$	4.76	m²	
Área superficial corregida	$A_s$	$b * L$	1.80	m²	
Volumen final de desarenador	$V_f$	$b * L * H$	0.29	m³	
Área transversal del desarenador	$A_t$	$b * H$	0.10	m²	
Velocidad horizontal	$V_h$	$\frac{Q}{A_t}$	0.27	m/s	$0.24 \leq V_h \leq 0.40$
Tasa de desbordamiento superficial	$R_T$	$\frac{Q}{A_s}$	1246.94	m³/día/m²	700 - 1600 m³/día/m²
Relación Longitud/Profundidad		$\frac{L}{H}$	19.00	0.00	$15 \leq \frac{L}{H} \leq 30$
Volumen de arena retenida	$V_l$	$\frac{S_s * E * Q * 86400}{1000000 * g * S} * T$	2.88	m³	
Altura de arena retenida	$h$	$\frac{V_l}{A_s}$	1.60	m	
<b>Dimensiones finales</b>					
Ancho	$b$		0.60	m	
Longitud	$L$		3.00	m	
Altura de agua en el desarenador	$H$		0.16	m	
Altura de lodos en la tolva	$h$		1.60	m	
Pendiente del fondo de la tolva	$P$		10%	%	OPS/OMS/CEPIS

**Tabla 57** Diseño de canaleta Parshall, planta de San José de Masatepe y Sta Rita

Concepto	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidad	Criterio
<b>Datos iniciales</b>					
Caudal de diseño	$Q_d$		0.03	m <sup>3</sup> /s	
Velocidad de aguas que llegan a la canaleta	$V_r$		0.478	m/s	0.30-0.60 m/seg
<b>Cálculos</b>					
Ancho de la garganta del canal	$w$		0.076	m	Según el caudal
Lectura en 2/3 de A en el canal	$H_a$	$H_a = \left(\frac{Q}{k}\right)^{\frac{1}{3}}$	0.290	m	
Ancho de garganta en el punto $H_a$	$W_a$	$W_a = \frac{2}{3} * (D - w) + w$	0.198	m	
Velocidad en el punto de medida de $H_a$	$V_a$	$V_a = \frac{Q}{W_a * H_a}$	0.452	m/s	0.30-0.60 m/seg
Velocidad en el ancho de la garganta	$V_0$	$V_0 = \frac{Q}{w * H_a}$	1.177	m/s	
Caudal específico	$q$	$q = \frac{Q}{w}$	0.342	m <sup>3</sup> /m/seg	
Carga total en la sección wc	$H_c$	$\frac{V_0^2}{2g} + H_a + \frac{M}{4}$	0.362	m	
Ángulo $\theta$	$\theta$	$\cos^{-1} \left[ \frac{(-q * g)}{\left(\frac{2}{3} * g * H_c\right)^{1.5}} \right]$	1.571	rad	
Velocidad antes del resalto	$V_1$	$2 * \left[ \left( \frac{2 * g * H_c}{3} \right)^{0.5} * \cos \left( \frac{\theta}{3} \right) \right]$	2.664	m/s	2.5-3 m/seg
Altura de agua antes del resalto	$h_1$	$h_1 = \frac{q}{V_1}$	0.128	m	
Número de Froude	$F$	$F = \frac{V_1}{\sqrt{g * h_1}}$	2.375		Régimen Supercrítico
Altura de agua en el resalto	$h_2$	$h_2 = \frac{h_1}{2} * (\sqrt{1 + 8 * F^2} - 1)$	0.223	m	
Pérdidas $h_f$	$h_f$	$h_f = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4 * h_2 * h_1}$	0.007	m	
Longitud de transición de entrada	M		0.305	m	
Longitud de la sección convergente	B		0.457	m	
Longitud de la garganta	F		0.152	m	
Longitud de la sección divergente	G		0.305	m	

**Tabla 58** Diseño de tanque Imhoff, planta de San José de Masatepe y Santa Rita

Concepto	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidad	Criterio
<b>Datos iniciales</b>					
Población	$P$		8129	Habitantes	
Dotación	$Q$		105	L/Hab/días	
Sólidos sedimentables	$SS$		8	mg/L	
Temperatura	$T$		27	°C	
<b>Cálculos</b>					
Caudal de tratamiento	$Q_p$	$\frac{Pob * Q * Contr}{1000}$	682.84	m³/día	
<b>Datos para el sedimentador</b>					
Carga superficial	$C_s$		1	m³/m²/hora	
Periodo de retención hidráulica	$R$		2	hrs	$1.5 \leq R \leq 2.5$
Relación Largo/Ancho	$r$		4		
<b>Cálculos para el sedimentador</b>					
Área	$A$	$A = \frac{Q_p}{C_s}$	28.45	m²	
Volumen	$V$	$V = Q_p * R$	56.90	m³	
Ancho		$Ancho = \sqrt{\frac{A/2}{r}}$	2.00	m	Valor redondeado
Largo		$Largo = Ancho * r$	8.00	m	Valor redondeado
Gráfico					
Resto de dimensiones					
Borde libre	$BL$		0.50	m	
Ángulo con la vertical	$\alpha$		60		
$h_1$		$\frac{Ancho\ de\ sedimentador * \tan(\alpha)}{2}$	1.7	m	
$A_1$		$\frac{Ancho\ de\ sedimentador * h_1}{2}$	1.74	m²	
$V_1$		$Largo\ de\ sedimentador * A_1$	13.92	m³	
$V_2$		$\frac{V}{2} - V_1$	14.53	m³	

h2		$\frac{V_2}{A_{\text{sedimentación}}}$	0.9	m	
A2		Ancho de sedimentador * h2	1.8	m <sup>2</sup>	
Volumen de una celda		$V_{T1S} = V_1 + V_2$	28	m <sup>3</sup>	
Volumen total		$V_T = 2 * V_{T1S}$	56.92	m <sup>3</sup>	
<b>Datos para el Digestor</b>					
Factor de capacidad relativa	$f_{cr}$		0.50		OPS, 2005
Carga Hidráulica sobre el vertedero	$C_{hv}$		250.00	m <sup>3</sup> /(m*día)	
Caudal máximo diario de diseño	$Q_{m\acute{a}x}$		2290.03	m <sup>3</sup> /día	
<b>Cálculos para el digestor</b>					
Volumen del digestor	$V_d$	$V_d = \frac{70 * P_{ob} * f_{cr}}{1000}$	284.52	m <sup>3</sup>	
Gráfico					
			1	m	
			2.00	m	
			0.25	m	
			1	m	
			0.25	m	
			1	m	
8.00			m		
Área superficial total			64.00	m <sup>2</sup>	
Área de ventilación			24.00	m <sup>2</sup>	
Relación A.Ventilación/A.Sup.Total		$\frac{\text{Área de ventilación}}{\text{Área superficial total}}$	37.50	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	OK, Relación < 30%
Resto de dimensiones					
Borde libre	$BL$		0.50	m	
Ángulo con la vertical	$\beta$		30		
h1		$\frac{\text{Ancho de digestor} * \tan(\beta)}{4}$	1.16	m	
A1		$2 * \frac{\text{Ancho de digestor} * h_1}{4}$	4.62	m <sup>2</sup>	
V1		Ancho de digestor * A1	37.0	m <sup>3</sup>	
V2		$V_2 = V_d - V_1$	247.56	m <sup>3</sup>	
h2		$\frac{V_2}{A_{\text{superficial total}}}$	3.9	m	
A2		Ancho de digestor * h2	30.9	m <sup>2</sup>	
Long. Mín vertedero de salida	$L_{\text{mín}}$	$\frac{Q_{m\acute{a}x}}{C_{hv}}$	4.6	m	
Tiempo para digestión y retiro de lodos			30	días	OPS, 2005

<b>Datos para el lecho de secado de lodos</b>					
Densidad de lodos			1.04	kg/l	
% de sólidos			12%		$8 \leq \%Sólidos \leq 13$
Profundidad de aplicación	$H_a$		0.30	m	$0.2 \leq H_a \leq 0.4$
Contribución per cápita	$Contr$		90.00	grSS/hab*día	
<b>Cálculos para el lecho de secado de lodos</b>					
Carga de sólidos que ingresa al sedimenta	$C$	$Pob * Contr * 0.001$	731.61	Kg SS/día	
Masa de sólidos de lodos	$Msd$	$0.5 * 0.5 * 0.7 * C + 0.5 * 0.3 * C$	237.77		
Volumen diario de sólido digeridos	$Vld$	$\frac{Msd}{\rho_{lodos} * \%Sólidos}$	1905.2	Litros/día	
Volumen de lodos a extraerse	$V_{el}$	$V_{ld} * tiempo\ para\ digestión$	57.16	m <sup>3</sup>	
Área del lecho de secado	$A_{ls}$	$\frac{V_{el}}{H_a}$	190.52	m <sup>2</sup>	

**Tabla 59** Diseño del humedal, planta de San José de Masatepe y Sta Rita

Concepto	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidad	Criterio
<b>Datos iniciales</b>					
Población	$P$		8129.00	Habitantes	
Dotación	$Q_m$		682.83	m³/día	
SST			504.00	mg/L	
DBO en el Afluente			168.28	mg/L	
DBO en el Efluente			0.00555	mg/L	
Coliforme Fecales			2.95E+07	NMP/100ml	
Datos del medio filtrante					
Tipo				Grava	
Porosidad	$p$		0.38		
Conductividad Hidráulica	$C_{HID}$		8000.00	m/d	
Profundidad media del agua	$Prof_{media.a.gua}$		0.45	m	0.3 - 0.6 m
Profundidad del medio filtrante	$Prof_{medio.filtr}$		0.75	m	0.3 - 0.75 m
Temperatura en el mes más frío	$T_a$		26.60	°C	
<b>Cálculos</b>					
Constante de Biodegradación	$K_{20}$	$K_{20} = 1.839 * (37.31 * p^{4.172})$	1.21	d <sup>-1</sup>	
Constante de reacción a Temp Ambiente	$K$	$K = K_{20} * (1.06^{T_a - 20})$	1.78	d <sup>-1</sup>	
Área superficial requerida	$A_{sup}$	$\frac{Q_m * Ln(C_0 - DBO / C_e - DBO)}{K * Prof_{medio filtrante} * p}$	13893.77	m²	
Tiempo de retención hidráulica	$TR_{Hid}$	$\frac{A_{sup} * Prof_{medio filtrante} * p}{Q_m}$	5.80	d	
Carga Orgánica	$C_{org}$	$\frac{DBO_{af} * Prof_{medio filtr} * p}{TR_{Hid}}$	8.27	KgDOB/hab*d	< 112, Cumple
Carga Hidráulica	$C_{HID}$	$\frac{Q_m}{A_{sup}}$	491.46	m³/hab*d	
Coliformes en el Efluente	$CF_{efluente}$	$CF_{afluente}^{-K * TR_{Hid}}$	9.74E+02	NMP/100ml	
Coliforme fecal Removido	$CF_{Removido}$		99.997%		Cumple con el decreto 33-95 Cumple con el decreto 17-2021
Número de Biofiltros	$N$		4.00		
Área de superficie unitaria	$AS_u$	$\frac{A_{sup}}{N}$	3473.44	m²	
Caudal unitario	$Q_u$	$\frac{Q_m}{N}$	170.71	m³/d	
Pediente	$p$		0.01	m/m	
Relación Largo/Ancho	$L/A$		1.60		
Ancho del humedal	$A_H$	$\sqrt{\frac{AS_u}{L/A}}$	46.59	m	
Largo del humedal	$L_H$	$A_H * L/A$	74.55	m	
Dimensiones redondeadas					
Ancho del humedal	$A_H$		47.00	m	
Largo del humedal	$L_H$		75.00	m	

**Tabla 60** Diseño de canal de aproximación, planta de San Isidro

Concepto	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidad	Criterio
<b>Datos iniciales</b>					
Caudal de diseño	$Q_d$		0.003	m³/s	
Pendiente del fondo del canal	$S$		0.200	%	
Coefficiente de Manning	$n$		0.013		
<b>Cálculos</b>					
Relación base/altura	$k$		1		
Relación Pendiente/Manning	$m$	$\frac{1}{\frac{S^{\frac{1}{2}}}{n}}$	3.44		
Altura de agua en el canal	$y$	$\sqrt[8]{\frac{(k+2)^2}{k^5} \left(\frac{Q}{m}\right)^3}$	0.09	m	
Ancho del canal	$b$	$k \sqrt[8]{\frac{(k+2)^2}{k^5} \left(\frac{Q}{m}\right)^3}$	0.09	m	
<b>Resultados finales</b>					
Ancho del canal	$b$		0.09	m	
Altura de agua en el canal	$y$		0.09	m	
Borde libre	$B_L$		0.3	m	0.2 - 0.3 m
Área de la sección transversal	$A$	$b * y$	0.008	m²	
Perímetro mojado	$P$	$2y + b$	0.264	m	
Radio Hidráulico	$R_H$	$A/P$	0.029	m	
Velocidad	$V$	$\frac{1}{n} S^{\frac{1}{2}} R_H^{\frac{2}{3}}$	0.33	m/s	0.30-0.60 m/seg

**Tabla 61** Diseño de rejillas, planta de San Isidro

Concepto	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidad	Criterio
<b>Datos iniciales</b>					
Caudal de diseño	$Q_d$		0.003	m <sup>3</sup> /s	
Tirante de agua	$h$		0.09	m	
Ancho del canal	$w$		0.09	m	
Borde libre	$B_L$		0.20	m	
Tipo de barra			Circular		Tabla 9-2 de la NTON
Espesor de rejas	$d_b$		0.005	m	Tabla 9-1 de la NTON
Espacion entre rejas	$C$		0.025	m	Tabla 9-1 de la NTON
Ángulo de la barra con la horizontal			45°	grados	Tabla 9-1 de la NTON
Tasa de aplicación	$r$		0.02	Lts/m <sup>3</sup>	
<b>Cálculos</b>					
Área del canal	$A$	$h * w$	0.01	m <sup>2</sup>	
Velocidad antes de la reja	$V$	$Q/A$	0.33	m/s	
Longitud de la reja	$L$	$\frac{h_b + h}{\text{Seno}(\text{Ángulo})}$	0.41	m	
Número de barras	$n$	$\frac{W - C}{C + d_b}$	3		
Velocidad antes de las rejillas	$V_a$	$\frac{Q}{(W - d_b) * h}$	0.35	m/s	
Área que ocupan las rejillas	$A_r$	$n * d_b * h$	0.00	m <sup>2</sup>	
Velocidad a través de la rejillas	$V_r$	$\frac{Q}{A - A_r}$	0.39	m/s	
Perdidas					
a) Pérdidas de carga (Velocidad)	$h_L$	$\frac{1}{0.7} \left( \frac{V_r^2 - V_a^2}{2g} \right)$	0.00	m	<0.15 Cumple
b) Pérdida de carga (Kirschmer)	$h_L$	$\beta \left( \frac{d_b}{C} \right)^{\frac{4}{3}} h_v \text{sen}(\theta)$	0.001	m	<0.15 Cumple
Eficiencia		$\frac{C}{C + d_b}$	0.833		
Volumen de material retenido		$Q * r$	0.004	m <sup>3</sup> /día	
Velocidad aguas arriba	$V$	$V * E$	0.329	m/s	0.30-0.60 m/seg
<b>Dimensiones finales</b>					
Ancho de la reja			0.09	m	
Altura de la reja			0.29	m	
Diámetro de las barras	$d_b$		0.005	m	Tabla 9-1 de la NTON
Separación entre barras	$C$		0.025	m	Tabla 9-1 de la NTON
Número de barras	$n$		3		

**Tabla 62** Diseño de desarenador, planta de San Isidro

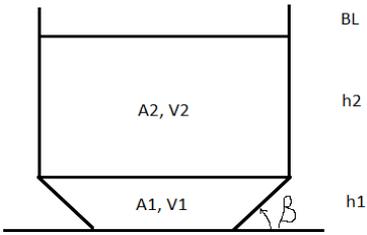
Concepto	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidad	Criterio
<b>Datos iniciales</b>					
Tipo de desarenador	$M$		1½		Chernicharo 2005
Porcentaje de remoción	$E$		85%		Chernicharo 2005
Factor K	$K$		3.85		Chernicharo 2005
Diámetro de la partícula a sedimentar	$f$		0.20	mm	Chernicharo 2005
Velocidad de sedimentación vertical	$V_p$		21.00	mm/seg	
Caudal de diseño	$Q_d$		0.00	m³/s	
Altura de agua en el desarenador	$H$		0.09	m	
Borde libre	$B_L$		0.20	m	
Ancho del desarenador	$b$		0.50	m	
Longitud del desarenador	$L$		2.50	m	TABLA 9-3 NTON
Sólidos sedimentables	$S_s$		6.67	mg/L	
Peso específico de las partículas	$g$		2.65	gr/cm³	Chernicharo 2005
% Líquido	$U$		99.00	%	
% de materia sólida	$S$		1.00	%	
Periodo de Limpieza	$T$		8.00	días	
<b>Cálculos</b>					
Tiempo de sedimentación de partícula	$t$	$\frac{H}{V_p}$	4.20	s	$t < a$
Periodo de retención	$a$	$K * t$	16.16	s	$a > t$
Volumen inicial del desarenador	$V_i$	$Q * a$	0.04	m³	
Área superficial del desarenador	$A$	$\frac{V}{H}$	0.47	m²	
Área superficial corregida	$A_s$	$b * L$	1.25	m²	
Volumen final de desarenador	$V_f$	$b * L * H$	0.11	m³	
Área transversal del desarenador	$A_t$	$b * H$	0.04	m²	
Velocidad Horizontal	$V_h$	$\frac{Q}{A_t}$	0.06	m/s	$0.24 \leq V_h \leq 0.40$
Tasa de desbordamiento superficial	$R_T$	$\frac{Q}{A_s}$	175.98	m³/día/m²	700 - 1600 m³/día/m²
Relación Longitud/Profundidad		$\frac{L}{H}$	29.00	0.00	$15 \leq \frac{L}{H} \leq 30$
Volumen de arena retenida	$V_l$	$\frac{S_s * E * Q * 86400}{1000000 * g * S} * T$	0.38	m³	
Altura de arena retenida	$h$	$\frac{V_l}{A_s}$	0.40	m	
<b>Dimensiones finales</b>					
Ancho	$b$		0.50	m	
Longitud	$L$		2.50	m	
Altura de agua en el desarenador	$H$		0.09	m	
Altura de lodos en la tolva	$h$		0.40	m	
Pendiente del fondo de la tolva	$P$		10%	%	OPS/OMS/CEPIS

**Tabla 63** Diseño de canaleta Parshall, planta de San Isidro

Concepto	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidad	Criterio
<b>Datos iniciales</b>					
Caudal de diseño	$Q_d$		0.00	m <sup>3</sup> /s	
Velocidad de aguas que llegan a la canaleta	$V_r$		0.329	m/s	0.30-0.60 m/seg
<b>Cálculos</b>					
Ancho de la garganta del canal	$w$		0.025	m	Según el caudal
Lectura en 2/3 de A en el canal	$H_a$	$H_a = \left(\frac{Q}{k}\right)^{\frac{1}{n}}$	0.129	m	
Ancho de garganta en el punto $H_a$	$W_a$	$W_a = \frac{2}{3} * (D - w) + w$	0.120	m	
Velocidad en el punto de medida de $H_a$	$V_a$	$V_a = \frac{Q}{W_a * H_a}$	0.164	m/s	0.30-0.60 m/seg
Velocidad en el ancho de la garganta	$V_0$	$V_0 = \frac{Q}{w * H_a}$	0.790	m/s	
Caudal específico	$q$	$q = \frac{Q}{w}$	0.102	m <sup>3</sup> /m/seg	
Carga total en la sección wc	$H_c$	$\frac{V_0^2}{2g} + H_a + \frac{M}{4}$	0.161	m	
Ángulo $\theta$	$\theta$	$\cos^{-1} \left( \frac{(-q * g)}{\left(\frac{2}{3} * g * H_c\right)^{1.5}} \right)$	2.063	rad	
Velocidad antes del resalto	$V_1$	$2 * \left( \left( \frac{2 * g * H_c}{3} \right)^{0.5} * \cos \left( \frac{\theta}{3} \right) \right)$	1.584	m/s	2.5-3 m/seg
Altura de agua antes del resalto	$h_1$	$h_1 = \frac{q}{V_1}$	0.064	m	
Número de Froude	$F$	$F = \frac{V_1}{\sqrt{g * h_1}}$	1.995		Régimen Supercrítico
Altura de agua en el resalto	$h_2$	$h_2 = \frac{h_1}{2} * (\sqrt{1 + 8 * F^2} - 1)$	0.100	m	
Pérdidas $h_f$	$h_f$	$h_f = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4 * h_2 * h_1}$	0.002	m	
Longitud de transición de entrada	M		0	m	
Longitud de la sección convergente	B		0.356	m	
Longitud de la sección divergente	G		0.203	m	

**Tabla 64** Diseño de tanque Imhoff, planta de San Isidro

Concepto	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidad	Criterio
<b>Datos iniciales</b>					
Población	$P$		941	Habitantes	
Dotación	$Q$		105	L/Hab/días	
Sólidos sedimentables	$SS$		7	mg/L	
Temperatura	$T$		27	°C	
<b>Cálculos</b>					
Caudal de tratamiento	$Q_p$	$\frac{Pob * Q * Contr}{1000}$	79.04	m³/día	
<b>Datos para el sedimentador</b>					
Carga superficial	$C_s$		1	m³/m²/hora	
Periodo de retención hidráulica	$R$		2	hrs	$1.5 \leq R \leq 2.5$
Relación Largo/Ancho	$r$		4		
<b>Cálculos para el sedimentador</b>					
Área	$A$	$A = \frac{Q_p}{C_s}$	3.29	m²	
Volumen	$V$	$V = Q_p * R$	6.59	m³	
Ancho		$Ancho = \sqrt{\frac{A}{r}}$	1.00	m	Valor redondeado
Largo		$Largo = Ancho * r$	4.00	m	Valor redondeado
Gráfico					
Resto de dimensiones					
Borde libre	$BL$		0.50	m	
Ángulo con la vertical	$\alpha$		30		
$h_1$		$\frac{Ancho\ de\ sedimentador * \tan(\alpha)}{2}$	0.5	m	
$A_1$		$\frac{Ancho\ de\ sedimentador * h_1}{2}$	0.44	m²	
$V_1$		$Largo\ de\ sedimentador * A_1$	1.76	m³	
$V_2$		$\frac{V}{2} - V_1$	1.53	m³	
$h_2$		$\frac{V_2}{A_{sedimentación}}$	0.4	m	
$A_2$		$Ancho\ de\ sedimentador * h_2$	0.4	m²	
Volumen de una celda		$V_{T1S} = V_1 + V_2$	3	m³	
Volumen total		$V_T = 2 * V_{T1S}$	3.30	m³	

<b>Datos para el Digestor</b>					
Factor de capacidad relativa	$f_{cr}$		0.50		OPS, 2005
Carga Hidráulica sobre el vertedero	$C_{hv}$		250.00	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> *día)	
Caudal máximo diario de diseño	$Q_{m\acute{a}x}$		2290.03	m <sup>3</sup> /día	
<b>Cálculos para el digestor</b>					
Volumen del digestor	$V_d$	$V_d = \frac{70 * P_{ob} * f_{cr}}{1000}$	32.94	m <sup>3</sup>	
Gráfico					
		Ventilación	1	m	
			0.25	m	
		Sedimentación	1.00	m	
			0.25	m	
		Ventilación	1	m	
Área superficial total			15.00	m <sup>2</sup>	
Área de ventilación			8.00	m <sup>2</sup>	
Relación A.Ventilación/A.Sup.Total		$\frac{\text{Área de ventilación}}{\text{Área superficial total}}$	53.33	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	OK, Relación < 30%
Resto de dimensiones					
					
Borde libre	$BL$		0.50	m	
Ángulo con la vertical	$\beta$		30		
h1		$\frac{\text{Ancho de digestor} * \tan(\beta)}{4}$	0.5	m	
A1		$2 * \frac{\text{Ancho de digestor} * h_1}{4}$	1.02	m <sup>2</sup>	
V1		$\text{Ancho de digestor} * A_1$	3.8	m <sup>3</sup>	
V2		$V_2 = V_d - V_1$	29.12	m <sup>3</sup>	
h2		$\frac{V_2}{A_{\text{superficial total}}}$	1.9	m	
A2		$\text{Ancho de digestor} * h_2$	7.3	m <sup>2</sup>	
Long. Mín vertedero de salida	$L_{\text{mín}}$	$\frac{Q_{m\acute{a}x}}{C_{hv}}$	4.6	m	
Tiempo para digestión y retiro de lodos			30	días	OPS, 2005
<b>Datos para el lecho de secado de lodos</b>					
Densidad de lodos			1.04	kg/l	
% de sólidos			12%		$8 \leq \% \text{Sólidos} \leq 13$
Profundidad de aplicación	$H_a$		0.30	m	$0.2 \leq H_a \leq 0.4$
Contribución per cápita	$Contr$		90.00	grSS/hab*día	
<b>Cálculos para el lecho de secado de lodos</b>					
Carga de sólidos que ingresa al sedimento	$C$	$P_{ob} * Contr * 0.001$	84.69	Kg SS/día	
Masa de sólidos de lodos	$M_{sd}$	$0.5 * 0.5 * 0.7 * C + 0.5 * 0.3 * C$	27.52		
Volumen diario de sólido digeridos	$V_{ld}$	$\frac{M_{sd}}{\rho_{\text{lodos}} * \% \text{Sólidos}}$	220.5	Litros/día	
Volumen de lodos a extraerse	$V_{el}$	$V_{ld} * \text{tiempo para digestión}$	6.62	m <sup>3</sup>	
Área del lecho de secado	$A_{ls}$	$\frac{V_{el}}{H_a}$	22.05	m <sup>2</sup>	

**Tabla 65** Diseño de humedal, planta de San Isidro

Concepto	Símbolo	Fórmula	Valor	Unidad	Criterio
<b>Datos iniciales</b>					
Población	$P$		941.00	Habitantes	
Dotación	$Q_m$		77.85	m <sup>3</sup> /día	
SST			581.33	mg/L	
DBO en el Afluente			224.26	mg/L	
DBO en el Efluente			4.48525	mg/L	
Coliforme Fecales			4.14E+04	NMP/100ml	
Datos del medio filtrante					
Tipo				Grava	
Porosidad	$p$		0.38		
Conductividad Hidráulica	$C_{HID}$		8000.00	m/d	
Profundidad media del agua	$Prof_{media.agua}$		0.45	m	0.3 - 0.6 m
Profundidad del medio filtrante	$Prof_{medio.filtr}$		0.75	m	0.3 - 0.75 m
Temperatura en el mes más frío	$T_a$		26.60	°C	
<b>Cálculos</b>					
Constante de Biodegradación	$K_{20}$	$K_{20} = 1.839 * (37.31 * p^{4.172})$	1.21	d <sup>-1</sup>	
Constante de reacción a Temp Ambiente	$K$	$K = K_{20} * (1.06^{T_a - 20})$	1.78	d <sup>-1</sup>	
Área superficial requerida	$A_{sup}$	$\frac{Q_m * \ln(C_{0-DBO} / C_{e-DBO})}{K * Prof_{medio filtrante} * p}$	600.53	m <sup>2</sup>	
Tiempo de retención Hidráulica	$TR_{Hid}$	$\frac{A_{sup} * Prof_{medio filtrante} * p}{Q_m}$	2.20	d	
Carga Orgánica	$C_{org}$	$\frac{DBO_{af1} * Prof_{medio filtr} * p}{TR_{Hid}}$	29.07	KgDOB/hab*d	< 112, Cumple
Carga Hidráulica	$C_{HID}$	$\frac{Q_m}{A_{sup}}$	1296.36	m <sup>3</sup> /hab*d	
Coliformes en el Efluente	$CF_{efluente}$	$CF_{afluente}^{-K * TR_{Hid}}$	8.28E+02	NMP/100ml	
Coliforme fecal Removido	$CF_{Removido}$		98.000%		Cumple con el decreto 33-95 Cumple con el decreto 17-2021
Número de Biofiltros	$N$		1.00		
Área de superficie unitaria	$AS_u$	$\frac{A_{sup}}{N}$	600.53	m <sup>2</sup>	
Caudal unitario	$Q_u$	$\frac{Q_m}{N}$	77.85	m <sup>3</sup> /d	
Pediente	$p$		0.01	m/m	
Relación Largo/Ancho	$L/A$		1.50		
Ancho del humedal	$A_H$	$\sqrt{\frac{AS_u}{L/A}}$	20.01	m	
Largo del humedal	$L_H$	$A_H * L/A$	30.01	m	
Dimensiones redondeadas					
Ancho del humedal	$A_H$		21.00	m	
Largo del humedal	$L_H$		31.00	m	

## Anexo 7: Presupuesto red de alcantarillado sanitario

**Tabla 66 Costo y presupuesto red de alcantarillado**

ETAPA	SUBETAPA	DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA Y/O SUBETAPA	CANTIDAD	U/M	C/U	C/T
380	<b>PRELIMINARES</b>		<b>1</b>	<b>GLB</b>	<b>\$ 785,727.43</b>	<b>\$ 785,727.43</b>
	1	Limpieza inicial	7497.82	M2	C\$ 47.32	C\$ 354,807.43
	2	Trazo y Nivelación	7497.82	ML	C\$ 52.30	C\$ 392,155.58
	3	Rótulo del proyecto	1.00	C/U	C\$ 8,382.65	C\$ 8,382.65
	4	Instalaciones de servicios temporales	1	GLB	\$ 22,605.04	C\$ 30,381.76
		Champas	1	GLB	C\$ 14,828.32	C\$ 14,828.32
		Letrinas	2.00	GLB	C\$ 7,776.72	C\$ 15,553.44
	<b>COLECTORA PRINCIPAL</b>		<b>1</b>	<b>GLB</b>	<b>\$ 15,123,474.17</b>	<b>\$ 15,123,474.17</b>
	1	Excavaciones para tubería	11682	M3	C\$ 387.11	C\$ 2,261,117.63
		Excavación long. de Tubería de 6"	10136.85	M3	C\$ 193.56	C\$ 1,962,039.82
		Excavación long. de Tubería de 8"	1545.18	M3	C\$ 193.56	C\$ 299,077.81
	2	Instalación de tubería	7498	ML	\$ 2,404.14	\$ 2,495,270.65
		Long. de Tubería de 6"	6846.06	ML	C\$ 1,089.82	C\$ 2,238,282.49
		Long. de Tubería de 8"	651.76	ML	C\$ 1,314.33	C\$ 256,988.17
3	Relleno y compactación con material de sitio	537167	M3	C\$ 902.31	C\$ 10,367,085.90	

412	POZOS DE VISITA		1	GLB	\$	1,033,598.84	\$	1,033,598.84
	1	Excavación, relleno y acarreo de tierra	1	M3	\$	2,588.34	\$	302,230.19
		Pozo de visita (Profundidad = de 0.00 a 1.50m) DVC	240.828	M3	C\$	270.65	C\$	65,179.73
		Pozo de visita (Profundidad = de 1.51 a 2.00m) DVC	42.354	M3	C\$	286.40	C\$	12,130.06
		Pozo de visita (Profundidad = de 1.51 a 2.00m) PVS	59.566	M3	C\$	286.40	C\$	17,059.67
		Pozo de visita (Profundidad = de 2.01 a 2.50m)	144.983	M3	C\$	542.37	C\$	78,634.52
		Pozo de visita (Profundidad = de 2.51 a 3.00m)	95.075	M3	C\$	588.55	C\$	55,956.69
		Pozo de visita (Profundidad = de 3.01 a 3.50m)	119.337	M3	C\$	613.97	C\$	73,269.52
	2	Pozo de visita (Profundidad = de 0.00 a 1.50m, DVC)	70	C/U	C\$	16,297.95	C\$	342,256.95
	3	Pozo de visita (Profundidad = de 1.51 a 2.00m, DVC)	9	C/U	C\$	18,276.26	C\$	49,345.90
	4	Pozo de visita (Profundidad = de 1.51 a 2.00m, PVS)	7	C/U	C\$	18,117.05	C\$	49,345.90
	5	Pozo de visita (Profundidad = de 2.01 a 2.50m, PVS)	15	C/U	C\$	19,466.61	C\$	87,599.74
	6	Pozo de visita (Profundidad = de 2.51 a 3.00m, PVS)	8	C/U	C\$	22,753.41	C\$	54,608.17
	7	Pozo de visita (Profundidad = de 3.01 a 3.50m, PVS)	5	C/U	C\$	859.20	C\$	1,288.80
	8	Tapa de hierro fundido	114	C/U	C\$	4,296.00	C\$	146,923.20

<b>SUMA C/T:</b>	<b>C\$16,942,800.45</b>
<b>MATERIALES:</b>	<b>C\$10,717,797.38</b>
<b>INDIRECTOS:</b>	<b>C\$ 1,383,276.37</b>
<b>ADMIN. Y SUPERVISION:</b>	<b>C\$ 1,383,276.37</b>
<b>UTILIDADES:</b>	<b>C\$ 2,766,552.74</b>
<b>SUB TOTAL:</b>	<b>C\$33,193,703.31</b>
<b>IMPUESTOS MUNICIPALES (3%):</b>	<b>C\$ 995,811.10</b>
<b>IVA (15%):</b>	<b>C\$ 4,979,055.50</b>
<b>COSTO TOTAL DE LA OBRA C\$:</b>	<b>C\$39,168,569.91</b>

Anexo 8: Presupuesto plantas de tratamiento.

Tabla 67 Costo y presupuesto planta de tratamiento Santa Rita y San José

ETAPA	SUBETAPA	DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA Y/O SUBETAPA	CANTIDAD	U/M	C/U	C/T
385	<b>PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES - PTAR</b>		<b>2</b>	<b>GLB</b>	<b>C\$</b>	<b>31,927.94 C\$ 63,855.88</b>
	1	PRELIMINARES	1	GLB	C\$	285.61 C\$ 285.61
		Limpieza del área de la zona de la planta	0.25	m <sup>3</sup>	C\$	913.23 C\$ 228.31
		Trazo y nivelación de obras preliminares	1	ml	C\$	57.30 C\$ 57.30
	2	MOVIMIENTO DE TIERRA - TERRACERÍA	3	m <sup>3</sup>	C\$	577.78 C\$ 1,733.35
		Excavación, relleno y compactación	3	m <sup>3</sup>	C\$	577.78 C\$ 1,733.35
	3	CANAL DE APROXIMACIÓN	1	GLB	C\$	3,866.85 C\$ 3,866.85
		Cemento	3	Bolsas	C\$	350.59 C\$ 1,051.77
		Arena	1	m <sup>3</sup>	C\$	715.40 C\$ 715.40
		Grava	1	m <sup>3</sup>	C\$	696.53 C\$ 696.53
		Acero de refuerzo de ½"	2	Varillas	C\$	150.00 C\$ 300.00
		Alambre de amarre	2	Lbs	C\$	33.40 C\$ 66.80
		Formaletas	9	Pulg <sup>2</sup> -vara	C\$	16.00 C\$ 144.00
		Mano de obra	1	s.unidad	C\$	892.35 C\$ 892.35
	4	REJILLAS	1	GLB	C\$	1,384.50 C\$ 1,384.50
		Acero ¾"	2	Varillas	C\$	160.00 C\$ 320.00
		Malla expandida	1	unidad	C\$	500.00 C\$ 500.00
		Soldadura E 70-18	1	Cajas	C\$	245.00 C\$ 245.00
		Mano de obra	1	s.unidad	C\$	319.50 C\$ 319.50
	5	DESARENADOR	1	GLB	C\$	21,547.36 C\$ 21,547.36
		Excavación y compactación	5.35	m <sup>3</sup>	C\$	615.81 C\$ 3,294.81
		Cemento	17	Bolsas	C\$	350.59 C\$ 5,960.03
		Arena	2	m <sup>3</sup>	C\$	715.40 C\$ 1,430.80
		Grava	2	m <sup>3</sup>	C\$	696.53 C\$ 1,393.06
		Acero de refuerzo de ½"	15	Varillas	C\$	150.00 C\$ 2,250.00
		Alambre de amarre	3.00	Lbs	C\$	33.40 C\$ 100.20
		Formaletas	121	Pulg <sup>2</sup> -vara	C\$	16.00 C\$ 1,936.00
		Tubo PVC	1	unidad	C\$	210.00 C\$ 210.00
		Mano de obra	1	s.unidad	C\$	4,972.47 C\$ 4,972.47
	6	MEDIDOR PARSHALL	1	GLB	C\$	3,110.26 C\$ 3,110.26
		Cemento	2	Bolsas	C\$	350.59 C\$ 701.18
		Arena	1	m <sup>3</sup>	C\$	715.40 C\$ 715.40
		Grava	1	m <sup>3</sup>	C\$	696.53 C\$ 696.53
	Acero de refuerzo de ½"	1	Varillas	C\$	150.00 C\$ 150.00	
	Alambre de amarre	1	Lbs	C\$	33.40 C\$ 33.40	
	Formaletas	6	Pulg <sup>2</sup> -vara	C\$	16.00 C\$ 96.00	
	Mano de obra	1	s.unidad	C\$	717.75 C\$ 717.75	

408	<b>TANQUE IMHOFF</b>		<b>2</b>	<b>GLB</b>	<b>C\$</b>	<b>957,277.89</b>	<b>C\$ 1,914,555.79</b>
	1	MOVIMIENTO DE TIERRA	1	GLB	C\$	234,192.16	C\$ 234,192.16
		Excavación en la zona del tanque Imhoff	353.475	m³	C\$	662.54	C\$ 234,192.16
	2	SEDIMENTADORES	1	GLB	C\$	236,936.23	C\$ 236,936.23
		Cemento	335	Bolsas	C\$	350.59	C\$ 117,447.65
		Arena	25	m³	C\$	715.40	C\$ 17,885.00
		Grava	23	m³	C\$	696.53	C\$ 16,020.19
		Acero de refuerzo	94	Varillas	C\$	150.00	C\$ 14,100.00
		Alambre de amarre	27	Lbs	C\$	33.40	C\$ 901.80
		Formaleta	994	Pulg²-vara	C\$	16.00	C\$ 15,904.00
		Mano de obra	1	s.unidad	C\$	54,677.59	C\$ 54,677.59
	3	DIGESTORES	1	GLB	C\$	135,359.80	C\$ 135,359.80
		Cemento	210	Bolsas	C\$	350.59	C\$ 73,623.90
		Arena	16	m³	C\$	715.40	C\$ 11,446.40
		Grava	14	m³	C\$	696.53	C\$ 9,751.42
		Acero de refuerzo	58	Varillas	C\$	150.00	C\$ 8,700.00
		Alambre de amarre	18	Lbs	C\$	33.40	C\$ 601.20
		Mano de obra	1	s.unidad	C\$	31,236.88	C\$ 31,236.88
	4	TUBERÍAS Y CANALES DE DESCARGA	1	GLB	C\$	210.00	C\$ 210.00
		Tubo PVC	1	unidad	C\$	210.00	C\$ 210.00
	5	LECHO DE SECADOS	1	GLB	C\$	317,989.79	C\$ 317,989.79
		Excavación en la zona de Lecho de secado de lodos	57.16	m³	C\$	304.41	C\$ 17,399.25
		Cemento	501	Bolsas	C\$	350.59	C\$ 175,645.59
		Arena	38	m³	C\$	715.40	C\$ 27,185.20
		Grava	33	m³	C\$	696.53	C\$ 22,985.49
		Formaleta	87	Pulg²-vara	C\$	16.00	C\$ 1,392.00
		Mano de obra	1	s.unidad	C\$	73,382.26	C\$ 73,382.26
6	CÁRCAMO DE BOMBEO	1	GLB	C\$	32,589.92	C\$ 32,589.92	
	Bomba para extracción de lodos, incluye accesorios	1	unidad	C\$	25,069.17	C\$ 25,069.17	
	Instalación de equipo de Bombeo	1	s.unidad	C\$	7,520.75	C\$ 7,520.75	
409	<b>CAMPO DE INFILTRACIÓN</b>		<b>1</b>	<b>GLB</b>	<b>C\$</b>	<b>2,562,247.01</b>	<b>C\$ 2,562,247.01</b>
	1	MOVIMIENTO DE TIERRA	1	GLB	C\$	1,008,667.01	C\$ 1,008,667.01
		Excavación y compactación	10575	m³	C\$	95.38	C\$ 1,008,667.01
	2	LECHO FILTRANTE	1	GLB	C\$	637,080.00	C\$ 637,080.00
		Hormigón rojo	6345	m³	C\$	100.00	C\$ 634,500.00
		Tubería PVC	4	unidad	C\$	645.00	C\$ 2,580.00
	3	OTRO TIPO DE OBRAS	1	GLB	C\$	916,500.00	C\$ 916,500.00
		Planta tipo acuática para humedal	14100	m²	C\$	50.00	C\$ 705,000.00
		Mano de obra	1	s.unidad	C\$	211,500.00	C\$ 211,500.00
							<b>SUMA:</b>
						<b>INDIRECTOS:</b>	<b>C\$ 227,032.93</b>
						<b>ADMIN. Y SUPERVISION:</b>	<b>C\$ 227,032.93</b>
						<b>UTILIDADES:</b>	<b>C\$ 454,065.87</b>
						<b>SUB TOTAL:</b>	<b>C\$ 5,448,790.41</b>
						<b>IMPUESTOS MUNICIPALES (3%):</b>	<b>C\$ 163,463.71</b>
						<b>IVA (15%):</b>	<b>C\$ 817,318.56</b>
						<b>COSTO TOTAL DE LA OBRA C\$:</b>	<b>C\$ 6,429,572.69</b>

**Tabla 68 Costo y presupuesto planta de tratamiento San Isidro**

ETAPA	SUBETAPA	DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA Y/O SUBETAPA	CANTIDAD	U/M	C/U	C/T
385	<b>PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES - PTAR</b>		<b>1</b>	<b>GLB</b>	<b>C\$ 18,758.18</b>	<b>C\$ 18,758.18</b>
	1	PRELIMINARES	1	GLB	C\$ 283.76	C\$ 283.76
		Limpieza del área de la zona de la planta	0.25	m³	C\$ 907.31	C\$ 226.83
		Trazo y nivelación de obras preliminares	1	ml	C\$ 56.93	C\$ 56.93
	2	MOVIMIENTO DE TIERRA - TERRACERÍA	3	m³	C\$ 574.04	C\$ 1,722.11
		Excavación, relleno y compactación	3	m³	C\$ 574.04	C\$ 1,722.11
	3	CANAL DE APROXIMACIÓN	1	GLB	C\$ 3,390.28	C\$ 3,390.28
		Cemento	2	Bolsas	C\$ 350.59	C\$ 701.18
		Arena	1	m³	C\$ 715.40	C\$ 715.40
		Grava	1	m³	C\$ 696.53	C\$ 696.53
		Acero de refuerzo de ½"	2	Varillas	C\$ 150.00	C\$ 300.00
		Alambre de amarre	2	Lbs	C\$ 33.40	C\$ 66.80
		Formaletas	8	Pulg²-vara	C\$ 16.00	C\$ 128.00
		Mano de obra	1	s.unidad	C\$ 782.37	C\$ 782.37
	4	REJILLAS	1	GLB	C\$ 1,176.50	C\$ 1,176.50
		Acero ¾"	1	Varillas	C\$ 160.00	C\$ 160.00
		Malla expandida	1	unidad	C\$ 500.00	C\$ 500.00
		Soldadura E 70-18	1	Cajas	C\$ 245.00	C\$ 245.00
		Mano de obra	1	s.unidad	C\$ 271.50	C\$ 271.50
	5	DESARENADOR	1	GLB	C\$ 9,075.28	C\$ 9,075.28
		Excavación y compactación	1.66	m³	C\$ 641.79	C\$ 1,067.42
		Cemento	7	Bolsas	C\$ 350.59	C\$ 2,454.13
		Arena	1	m³	C\$ 715.40	C\$ 715.40
		Grava	1	m³	C\$ 696.53	C\$ 696.53
		Acero de refuerzo de ½"	7	Varillas	C\$ 150.00	C\$ 1,050.00
		Alambre de amarre	2.50	Lbs	C\$ 33.40	C\$ 83.50
		Formaletas	44	Pulg²-vara	C\$ 16.00	C\$ 704.00
		Tubo PVC	1	unidad	C\$ 210.00	C\$ 210.00
		Mano de obra	1	s.unidad	C\$ 2,094.29	C\$ 2,094.29
	6	MEDIDOR PARSHALL	1	GLB	C\$ 3,110.26	C\$ 3,110.26
		Cemento	2	Bolsas	C\$ 350.59	C\$ 701.18
		Arena	1	m³	C\$ 715.40	C\$ 715.40
		Grava	1	m³	C\$ 696.53	C\$ 696.53
		Acero de refuerzo de ½"	1	Varillas	C\$ 150.00	C\$ 150.00
		Alambre de amarre	1	Lbs	C\$ 33.40	C\$ 33.40
		Formaletas	6	Pulg²-vara	C\$ 16.00	C\$ 96.00
		Mano de obra	1	s.unidad	C\$ 717.75	C\$ 717.75

408	<b>TANQUE IMHOFF</b>				<b>1</b>	<b>GLB</b>	<b>C\$</b>	<b>591,045.00</b>	<b>C\$ 591,045.00</b>
	1	MOVIMIENTO DE TIERRA	1	GLB	C\$	22,204.51	C\$ 22,204.51		
	Excavación en la zona del tanque Imhoff		33.733	m <sup>3</sup>	C\$	658.24	C\$ 22,204.51		
	2	SEDIMENTADORES	1	GLB	C\$	209,282.01	C\$ 209,282.01		
	Cemento		317	Bolsas	C\$	350.59	C\$ 111,137.03		
	Arena		24	m <sup>3</sup>	C\$	715.40	C\$ 17,169.60		
	Grava		21	m <sup>3</sup>	C\$	696.53	C\$ 14,627.13		
	Acero de refuerzo		88	Varillas	C\$	150.00	C\$ 13,200.00		
	Alambre de amarre		26	Lbs	C\$	33.40	C\$ 868.40		
	Formaleta		249	Pulg <sup>2</sup> -vara	C\$	16.00	C\$ 3,984.00		
	Mano de obra		1	s.unidad	C\$	48,295.85	C\$ 48,295.85		
	3	DIGESTORES	1	GLB	C\$	28,997.93	C\$ 28,997.93		
	Cemento		42	Bolsas	C\$	350.59	C\$ 14,724.78		
	Arena		4	m <sup>3</sup>	C\$	715.40	C\$ 2,861.60		
	Grava		4	m <sup>3</sup>	C\$	696.53	C\$ 2,786.12		
	Acero de refuerzo		12	Varillas	C\$	150.00	C\$ 1,800.00		
	Alambre de amarre		4	Lbs	C\$	33.40	C\$ 133.60		
	Mano de obra		1	s.unidad	C\$	6,691.83	C\$ 6,691.83		
	4	TUBERÍAS Y CANALES DE DESCARGA	1	GLB	C\$	210.00	C\$ 210.00		
	Tubo PVC		1	unidad	C\$	210.00	C\$ 210.00		
	5	LECHO DE SECADOS	1	GLB	C\$	297,972.11	C\$ 297,972.11		
	Excavación en la zona de Lecho de secado de lodos		6.62	m <sup>3</sup>	C\$	302.44	C\$ 2,001.04		
	Cemento		501	Bolsas	C\$	350.59	C\$ 175,645.59		
	Arena		38	m <sup>3</sup>	C\$	715.40	C\$ 27,185.20		
Grava		33	m <sup>3</sup>	C\$	696.53	C\$ 22,985.49			
Formaleta		87	Pulg <sup>2</sup> -vara	C\$	16.00	C\$ 1,392.00			
Mano de obra		1	s.unidad	C\$	68,762.80	C\$ 68,762.80			
6	CÁRCAMO DE BOMBEO	1	GLB	C\$	32,378.44	C\$ 32,378.44			
Bomba para extracción de lodos, incluye accesorios		1	unidad	C\$	24,906.49	C\$ 24,906.49			
Instalación de equipo de Bombeo		1	s.unidad	C\$	7,471.95	C\$ 7,471.95			
409	<b>CAMPO DE INFILTRACIÓN</b>				<b>1</b>	<b>GLB</b>	<b>C\$</b>	<b>173,333.73</b>	<b>C\$ 173,333.73</b>
	1	MOVIMIENTO DE TIERRA	1	GLB	C\$	106,688.73	C\$ 106,688.73		
	Excavación y compactación		450	m <sup>3</sup>	C\$	237.09	C\$ 106,688.73		
	2	LECHO FILTRANTE	1	GLB	C\$	27,645.00	C\$ 27,645.00		
	Hormigón rojo		270	m <sup>3</sup>	C\$	100.00	C\$ 27,000.00		
	Tubería PVC		1	unidad	C\$	645.00	C\$ 645.00		
	3	OTRO TIPO DE OBRAS	1	GLB	C\$	39,000.00	C\$ 39,000.00		
	Planta tipo acuática para humedal		600	m <sup>2</sup>	C\$	50.00	C\$ 30,000.00		
	Mano de obra		1	s.unidad	C\$	9,000.00	C\$ 9,000.00		
	<b>SUMA:</b>							<b>C\$ 783,136.91</b>	
<b>INDIRECTOS:</b>							<b>C\$ 39,156.85</b>		
<b>ADMIN. Y SUPERVISION:</b>							<b>C\$ 39,156.85</b>		
<b>UTILIDADES:</b>							<b>C\$ 78,313.69</b>		
<b>SUB TOTAL:</b>							<b>C\$ 939,764.29</b>		
<b>IMPUESTOS MUNICIPALES (3%):</b>							<b>C\$ 28,192.93</b>		
<b>IVA (15%):</b>							<b>C\$ 140,964.64</b>		
<b>COSTO TOTAL DE LA OBRA C\$:</b>							<b>C\$ 1,108,921.87</b>		

## Anexo 9: **Planos constructivos**