



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

## **Monografía**

**“DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LOS BARRIOS BETANIA, GERARDO BROOKS, CID DINAMARCA, EL JAZMÍN Y DIOS PROVEERÁ DE LA CIUDAD DE ESTELÍ”.**

Para optar al título de ingeniero civil

## **Elaborado por**

Br. Eldis Orlando Herrera Ríos  
Br. Ivania Isabel López Velásquez

## **Tutor**

Ing. Keyling Ninoska Pérez Blandón

Managua, Enero 2018

## **DEDICATORIA**

A Dios por haberme permitido finalizar con éxito mi carrera universitaria, brindándome salud, sabiduría y sobre todo poner a mi lado seres humanos llenos de amor y bondad que han estado siempre conmigo transmitiéndome su alegría y apoyo incondicional.

A mi madre Doribel Ríos: El ser más importante que Dios ha puesto en mi vida, que a pesar de tantas dificultades que se presentaron supo sacrificarse para que en mi vida nunca me faltara nada, gracias por darme una carrera para mi futuro, por creer en mí, por darme todo lo que soy como persona, mis valores, principios y empeño. Este logro es solo el reflejo de lo que me dio, sea por tanto, más suyo que mío.

A Gerardo Arias y Ana Celina Espinoza: A los que considero mis segundos padres, quienes me brindaron su apoyo, sus consejos, su amor y hospitalidad cuando más lo necesitaba, gracias por acogerme en su familia viéndome como un hijo más.

A mis hermanos: Leonel, Ervin y Salvador. Que son parte importante en mi vida, A ustedes les dedico este triunfo y los invito a luchar por superarse, recuerden que en mí siempre encontrarán un apoyo incondicional.

A mis abuelos Reyna y Emilio, a mi tía Yadira: Quienes con su amor, enseñanzas, oraciones y constante apoyo me ha motivado a salir siempre adelante.

A mi novia Kristhel: Por ser uno de mis apoyos en todo momento, inspiración, motivación para superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor. De igual manera mención especial a su familia que me han brindado su apoyo y me han hecho sentir parte de ellos.

A mi compañera de tesis Ivania López: Por su Comprensión e invaluable amistad, por todo el esfuerzo que compartimos, por las buenas y malas, que pasamos junto en cada momento de la realización de este trabajo, gracias que DIOS los bendiga siempre tanto a usted como a su familia. GRACIAS

Eldys O.Herrera.Rios

## DEDICATORIA

Dicen que la vida es cuesta arriba, pero la mirada es impresionante. En este momento puedo afirmar que es cierto. El camino que me ha tocado recorrer para culminar con éxito mi formación universitaria ha sido a demás de crecimiento profesional, personal y espiritual. Por esta razón dedico este sueño cumplido a las personas siguientes:

A la mujer más virtuosa que conozco, ejemplo de perseverancia, amor y entrega sincera a su familia, a la dama que ha luchado por sacarnos adelante, a mi madre, cómplice y amiga, que amo con todo el corazón, **María Isabel Velásquez Rocha**. Le pido a Dios me permita honrarla y respetarla siempre.

A mis hermanas **Anielka** y **Jubelky**, son muy importantes en mi vida, las amo. Gracias le doy a Dios porque me dio el privilegio de ser su hermana. Gracias por apoyarme siempre, por sus oraciones y por querernos incondicionalmente. A **Jorge** por formar parte de nuestra familia y luchar con y por nosotras. A mis lindas sobrinitas **Irmarelys**, **Alejandra**, **Ana Victoria**, **Emily** y **Michell** por ser mis mejores maestras.

A mi mita Sabina y abuelo José, a mi tía Rosa y su familia, por ser nuestra familia de verdad. A mi amiga Selena y su familia por recibirme en su hogar. A Anita, Diana, Leonel y Eldis por apoyarme y brindarme sus consejos.

Por último, pero más importante, al dueño de mi corazón, al único que se merece toda gloria y honra, a mi **PADRE CELESTIAL**, que me ha amado con amor eterno y me ha hecho su hija. Gracias por poner a personas maravillosas en mi vida y permitirme aprender de ellas, por darme un camino diferente y entender que las huellas en el recorrido son tuyas, porque en sus brazos me ha sostenido. Gracias mi Dios porque sé que todo lo puedo en Ti, pues me fortaleces.

Con todo mi amor: *Ivania Isabel López Velásquez*

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente damos gracias a DIOS por habernos dado perseverancia, sabiduría e iluminarnos por el camino del bien para poder lograr nuestras metas tal y como nos las hemos propuesto.

A nuestra tutora Ing. Keyling Blandón, que nos regaló parte de su valioso tiempo sin interés alguno; y compartir sus conocimientos y enseñanzas, para que pudiéramos lograr con éxito la elaboración de nuestra monografía, estamos eternamente agradecidos.

Al Ing. Jairo Saldaña Ruiz del Dpto. de obras municipales de la Alcaldía de Estelí, por toda su colaboración prestada, por su apoyo, información, recursos y tiempo brindado.

A nuestras familias por el sacrificio realizado para poder darnos un futuro mejor y cumplir nuestra meta.

Al Ing. Mario Rugama Jefe técnico departamental de ENACAL Estelí, por brindarnos su apoyo y disponibilidad en cada momento que fue necesitado.

A cada uno de los maestros que formaron parte de nuestra educación proporcionándonos sus conocimientos para convertirnos en los profesionales que hoy somos.

## RESUMEN DEL TEMA

Para el diseño del Sistema de Alcantarillado Sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales, el biofiltro, para los barrios Betania, Gerardo Brooks, Cid Dinamarca, El Jazmín y Dios Proveerá de la ciudad de Estelí; fue necesario realizar un diagnóstico a fin de conocer la demanda del servicio de alcantarillado sanitario, determinar las características físicas y topográficas del área de estudio, trazar el sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales desde el punto de vista técnico y económico.

Las fuentes principales de información acerca del área de estudio y de la población fueron la Alcaldía de Estelí, la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL), entre otros. El sistema está diseñado en base a las Guías Técnicas para el Diseño de Alcantarillado Sanitario y Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales formulado por el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado (INAA) y la Normativa Alcantarillado Sanitario Condominial, Guía de Criterios Técnicos para el Diseño de Sistemas (INAA)

El trazado de la red se ejecutó abrazando las peculiaridades y particulares topográficas que posee el sector, uniendo los cinco barrios con la tubería principal. Se propuso como planta de tratamiento el Biofiltro, tecnología utilizada en Nicaragua para la depuración de aguas residuales, incluye también cámara de rejas, Tanque Imhoff, lecho de secado de lodos y un filtro biológico.

Estas opciones se seleccionaron debido a que son más viables técnica y económicamente, y se adaptan a las características propias del sector. Se estimó del costo total de la obra tomando en cuenta el Catálogo de Etapas del Nuevo FISE, y el Maestro de Costos Primarios del FISE.

Por último, se evaluó el impacto ambiental que genera el proyecto durante su construcción y operación, por medio de la Matriz de Leopold, permitiendo establecer medidas de mitigación para los componentes ambientales más vulnerables.

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I. GENERALIDADES</b> .....	<b>1</b>
1.1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.2. ANTECEDENTES .....	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	4
1.4. OBJETIVOS .....	5
1.4.1. Objetivo General .....	5
1.4.2. Objetivos Específicos .....	5
1.5. CARACTERIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE ESTELÍ .....	6
1.5.1. Límites del municipio .....	6
1.6. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	6
1.6.1. Breve reseña de los 5B° .....	6
1.6.2. Referencia geográfica .....	6
1.6.3. Posición geográfica .....	7
1.6.4. Población .....	7
1.6.5. Límites del área de estudio.....	8
1.6.6. Relieve y clima predominante.....	8
1.6.7. Accesos a los 5B° .....	8
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>10</b>
2.1. DIAGNÓSTICO .....	10
2.2. SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO.....	10
2.2.1. Generalidades .....	10
2.2.2. Clasificación de los sistemas de alcantarillado .....	11
2.2.3. Elementos del alcantarillado.....	12
2.3. PLANTA DE TRATAMIENTO.....	13
2.3.1. Generalidades .....	13
2.3.2. Tratamiento .....	14
2.3.3. Lagunas de estabilización .....	15
2.3.4. Biofiltro .....	16
2.4. COSTOS .....	19
2.5. IMPACTO AMBIENTAL.....	20
2.5.1. Matriz de Leopold.....	21
<b>CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO</b> .....	<b>23</b>
3.1. DIAGNÓSTICO .....	23
3.2. NORMAS Y CRITERIOS UTILIZADOS PARA EL DISEÑO DEL PROYECTO .....	24
3.3. SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO.....	24
3.3.1. Levantamiento Topográfico .....	24
3.3.2. Periodo de diseño .....	24
3.3.3. Parámetros de diseño para un SAS .....	25
3.3.4. Cálculo de caudales .....	26
3.3.5. Hidráulica en las alcantarillas .....	27
3.3.6. Dispositivos de Inspección .....	29

3.3.7. Cálculo Topográfico .....	30
3.4. PLANTA DE TRATAMIENTO.....	30
3.4.1. Cámara de Rejas .....	30
3.4.2. Tanque Imhoff .....	34
3.4.3. Lecho de secado de lodos.....	37
3.4.4. Filtro Biológico.....	39
3.4.5. Biofiltro .....	41
3.5. COSTOS .....	42
3.5.1. Costos directos e indirectos.....	42
3.6. IMPACTO AMBIENTAL .....	44
3.7. USO DE SOFTWARES.....	44
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS DE DISEÑO .....</b>	<b>46</b>
4.1. DIAGNÓSTICO .....	46
4.1.1. Cuadro general.....	46
4.1.2. Población .....	46
4.1.3. Educación .....	47
4.1.4. Empleo.....	48
4.1.1. Servicios básicos.....	49
4.1.2. Escenario evidente del área del proyecto.....	49
4.1.3. Salud.....	51
4.2. SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO.....	53
4.2.1. Levantamiento Topográfico .....	54
4.2.2. Periodo de diseño .....	54
4.2.3. Parámetros de diseño para un SAS .....	54
4.2.4. Cálculo de caudales .....	54
4.2.5. Hidráulica en las alcantarillas .....	61
4.2.6. Cálculo Topográfico .....	68
4.3. PLANTA DE TRATAMIENTO .....	75
4.3.1. Cámara de rejas.....	75
4.3.2. Tanque Imhoff .....	76
4.3.3. Lecho de Secado .....	77
4.3.4. Filtro Biológico.....	78
4.3.5. Biofiltro .....	80
4.3.6. Resultados del tratamiento.....	81
4.4. ESTIMACIÓN DE COSTOS DEL DISEÑO PROPUESTO .....	81
4.4.1. Costo total.....	91
4.5. IMPACTO AMBIENTAL.....	91
4.5.1. Descripción del proyecto .....	92
4.5.2. Análisis de Impactos positivos y negativos del proyecto.....	97
4.5.3. Resultados de la evaluación de impactos ambientales.....	101
4.5.4. Medidas de mitigación.....	102
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>106</b>

<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>108</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>109</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>I</b>
Anexo I: Ubicación geográfica del área de estudio .....	I
Anexo II: Vista de las aguas residuales recolectadas en hoyos y trasladadas por medio de zanjas a las calles, ambiente propicio para la propagación de enfermedades ...	I
Anexo III: Vista panorámica de una de las calles del barrio Dios Proveerá, se aprecian charcos y deterioro de las calles .....	II
Anexo IV: Sección longitudinal de un biofiltro de flujo horizontal.....	II
Anexo V: Etapas de un sistema de biofiltro de flujo horizontal.....	III
Anexo VI: Encuesta socioeconómica dirigida a una muestra de la población .....	IV
Anexo VII: Encuesta dirigida a informantes claves .....	V
Anexo VIII: Encuesta socioeconómica aplicada.....	VI
Anexo IX: Levantamiento topográfico .....	VII
Anexo X: Relaciones hidráulicas para conductos circulares .....	VIII
Anexo XI: Uso de software .....	IX
Anexo XII. Especificaciones técnicas de la obra propuesta .....	XV
<b>JUEGO DE PLANOS .....</b>	<b>XXI</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Indicadores de la Población por sexo.....	7
Figura 2: Indicadores de la Población por edad .....	7
Figura 3: Tiempo de vivir en la zona de proyecto .....	47
Figura 4: Habitantes por casa.....	47
Figura 6: Ocupación de los ciudadanos .....	48
Figura 5: Escolaridad.....	48
Figura 7: Población económicamente activa .....	49
Figura 8: Ingreso Mensual .....	49
Figura 9: Destino de las aguas domésticas .....	50
Figura 10: Afectaciones por las aguas domésticas que corren por las calles ....	50
Figura 11: Tipos de construcción para realizar necesidades fisiológicas .....	51
Figura 12: Incremento de enfermedades en Estelí en la época de invierno.....	52
Figura 13: Enfermedades que afectan a los habitantes .....	52

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Dotaciones de agua para el consumo doméstico .....	25
Tabla 2: Consumo comercial, público e industrial .....	25
Tabla 3: Valores del coeficiente de flujo máximo.....	26
Tabla 4: Coeficiente de rugosidad “n” de Manning .....	27
Tabla 5: Principales características de los dispositivos de inspección para SAS condominial .....	29
Tabla 6: Dimensiones de las barras de a cámara de rejas.....	31
Tabla 7: Factores de diseño de las rejas manuales y mecánicas gruesas .....	31
Tabla 8: Eficiencia de las rejas en función del espesor de las barras. ....	32
Tabla 9: Factor de capacidad relativa.....	36
Tabla 10: Tiempo de digestión de lodos.....	37
Tabla 11: Cálculo de los caudales de diseño, Tramo 1 y 2 .....	56
Tabla 12: Cálculo de los caudales de diseño, Tramo 2 (continuación), 3 y 4.....	57
Tabla 13: Cálculo de los caudales de diseño, Tramo 4 (continuación) y 5.....	58
Tabla 14: Cálculo de los caudales de diseño, Tramo 5 (continuación) y 6.....	59
Tabla 15: Cálculo de los caudales de diseño, Tramo 6 (continuación) y 7.....	60
Tabla 16: Cálculo de los caudales de diseño, Tramo 7 (continuación).....	61
Tabla 17: Diseño hidráulico de los colectores, Tramo 1 y 2 .....	63
Tabla 18: Diseño hidráulico de los colectores, Tramo 2 (continuación), 3 y 4.....	64
Tabla 19: Diseño hidráulico de los colectores, Tramo 4 (continuación).....	65
Tabla 20: Diseño hidráulicos de los colectores, Tramo 5 (continuación) y 6.....	66
Tabla 21: Diseño hidráulico de los colectores, Tramo 6 (continuación) y 7.....	67
Tabla 22: Diseño hidráulico de los colectores, Tramo 7 (continuación).....	68

Tabla 23: Cálculos topográficos del SAS, Tramo 1 y 2 .....	69
Tabla 24: Cálculos topográficos del SAS, Tramo 2 (continuación), 3 y 4 .....	70
Tabla 25: Cálculos topográficos del SAS, Tramo 4 (continuación) y 5 .....	71
Tabla 26: Cálculos topográficos del SAS, Tramo 5 (continuación) y 6 .....	72
Tabla 27: Cálculos topográficos del SAS, Tramo 6 (continuación) y 7 .....	73
Tabla 28: Cálculos topográficos del SAS, Tramo 7 (continuación).....	74
Tabla 29: Parámetros de diseño de la cámara de rejillas .....	75
Tabla 30: Resultados del diseño de la cámara de rejillas .....	75
Tabla 31: Parámetros de diseño del Tanque Imhoff.....	76
Tabla 32: Resultado del diseño del Tanque Imhoff .....	77
Tabla 33: Parámetros de diseño del lecho de secado.....	77
Tabla 34: Resultado del diseño del lecho de secado .....	78
Tabla 35: Parámetros de diseño del filtro biológico .....	78
Tabla 36: Resultado del diseño del filtro biológico.....	79
Tabla 37: Parámetros de diseño del biofiltro .....	80
Tabla 38: Resultado del diseño del biofiltro.....	80
Tabla 39: Take off de costos de ejecución del SAS .....	83
Tabla 40: Take off de costos de ejecución del SAS (continuación).....	84
Tabla 41: Take off de costos de ejecución del SAS (continuación).....	85
Tabla 42: Take off de costos de ejecución del SAS (continuación).....	86
Tabla 43: Take off de costos de ejecución del SAS (continuación).....	87
Tabla 44: Take off de costos de ejecución del Biofiltro.....	87
Tabla 45: Take off de costos de ejecución del biofiltro (continuación).....	88

Tabla 46: Take off de costos de ejecución del biofiltro (continuación).....	89
Tabla 47: Take off de costos de ejecución del Biofiltro (continuación) .....	90
Tabla 48: Costo total de ejecución del proyecto del SAS y Biofiltro en la ciudad de Estelí. ....	91
Tabla 49: Línea de base ambiental .....	94
Tabla 50: Exploración de los impactos negativos en la construcción y funcionamiento del SAS .....	95
Tabla 51: Impactos negativos en la construcción y funcionamiento del Biofiltro	96
Tabla 52: impactos negativos en la construcción y funcionamiento del Biofiltro (continuación) .....	97
Tabla 53: Matriz de Leopold del SAS .....	98
Tabla 54: Matriz de Leopold del SAS (continuación).....	99
Tabla 55: Matriz de Leopold del Biofiltro .....	100
Tabla 56: Matriz de Leopold del Biofiltro (continuación) .....	101
Tabla 57: Medidas de mitigación a ejecutar durante la construcción y funcionamiento del SAS .....	102
Tabla 58: Medidas de mitigación a ejecutar durante la construcción y funcionamiento del SAS (continuación).....	103
Tabla 59: Medidas de mitigación a ejecutar durante la construcción y funcionamiento del Biofiltro .....	103
Tabla 60: Medidas de mitigación a ejecutar durante la construcción y funcionamiento del Biofiltro .....	104
Tabla 61: Encuesta socioeconómica aplicada.....	VI

## LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1: Ubicación geográfica del área de estudio .....	I
Imagen 2: Vista de las aguas residuales recolectadas en hoyos y trasladadas por medio de zanjas a las calles, ambiente propicio para la propagación de enfermedades.....	I
Imagen 3: Vista panorámica de una de las calles del barrio Dios Proveerá, se aprecian charcos y deterioro de las calles.....	II
Imagen 4: Sección longitudinal de un biofiltro de flujo horizontal .....	II
Imagen 5: Etapas de un sistema de biofiltro de flujo horizontal.....	III
Imagen 6: Encuesta socioeconómica dirigida a una muestra de la población.....	IV
Imagen 7: Encuesta dirigida a informantes claves .....	V
Imagen 8: Levantamiento topográfico con el instrumento ProMark 120.....	VII
Imagen 9: Relaciones hidráulicas para conductos circulares .....	VIII
Imagen 11: Puntos y curvas de nivel del área de proyecto en Civil 3D 2016 .....	IX
Imagen 10: Plantillas que proporciona Civil 3D 2016 .....	IX
Imagen 12: Trazado de la red pública y ramal condominial .....	10
Imagen 13: Unión de redes en Civil 3D .....	10
Imagen 14: Pasos para exportar dibujo de Civil 3D a AutoCAD.....	XI
Imagen 15: Trazado del Civil 3D copiado en el CivilCAD .....	XI
Imagen 16: Cabezas de atarjeas en CivilCAD.....	XII
Imagen 17: Dirección de flujo en CivilCAD .....	XII
Imagen 18: Ventana para ingresar datos y generar la tabla de cálculo.....	XII
Imagen 19: Etiquetas de PVS y tuberías en CivilCAD.....	XII
Imagen 20: Ventana de edición de perfiles sanitarios en el CivilCAD .....	XIII
Imagen 21: Tabla de cálculo generada en el CivilCAD .....	XIII
Imagen 22: Diseño del biofiltro en AutoCAD .....	XIV

## LISTA DE ABREVIATURAS

Arto: Artículo

ASTM: American Society for Testing and Materials

DBO5: Demanda Bioquímica de Oxígeno transcurrida en 5 días

DQO: Demanda Química de Oxígeno

ENACAL: Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados

FISE: Fondo de Inversión Social de Emergencia

Ídem: Igual

INAA: Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados

IM: Impuesto Municipal

Ing. Ingeniero

IR: Impuesto de Renta

ISO: Organización internacional para la estandarización

km: kilómetros

L/s: litro sobre segundo

LBA: línea base ambiental

m: metro

ml: metros lineales

m<sup>2</sup>: metros cuadrados

mm: milímetro

SAS: Sistema de Alcantarillado Sanitario

Pp: Página

PVS: Pozo de Visita Sanitario

Msnm: metros sobre el nivel del mar

# **Capítulo I:**

## **Generalidades**

# **CAPÍTULO I. GENERALIDADES**

## **1.1. Introducción**

La ciudad de Estelí está ubicada a 168 kilómetros de la capital Managua, es la cabecera del departamento de Estelí y se destaca por ser centro de comercialización de la región central norte de Nicaragua.

El municipio de Estelí cuenta con una extensión territorial de 31.68 km<sup>2</sup>, está compuesto de tres distritos y una periferia urbana, presenta una topografía regular con una pendiente predominante de sur a norte (Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados). Para el año 2009, la población del casco urbano estaba conformado por el 75% con acceso a la red de alcantarillado sanitario (Baldovinos, 2009) distribuido en los tres distritos, siendo los más beneficiados quienes viven en la zona central.

El área de estudio del proyecto pertenece al distrito III y cuenta con 2,053 habitantes (Murillo, 2016). Está ubicado en la parte noroeste de la ciudad, compuesta por los barrios Betania, Gerardo Brooks, Cid Dinamarca, El Jazmín y Dios Proveerá (5B°) (Ver Imagen 1)

Las viviendas de esta zona urbana carecen de un Sistema de Alcantarillado Sanitario (SAS); en su lugar usan letrinas de hoyo y sumideros para la disposición de aguas sin recibir tratamiento alguno, mientras que las demás aguas servidas son descargadas en las calles (Ver Imagen 2 e Imagen 3)

El producto de estas condiciones es un ambiente idóneo para la proliferación de vectores causantes de enfermedades, malos olores, posible contaminación de los mantos acuíferos, daño de las calles y mal aspecto visual.

Es por esta razón que este sector necesita de un sistema de alcantarillado apropiado y a su vez de una planta de tratamiento para las aguas residuales recolectadas, brindando así una solución satisfactoria a este problema.

## 1.2. Antecedentes

El sistema de alcantarillado existente en Estelí, para 1980 cubría el área central de la ciudad y constaba de una serie de ramales cuyas aguas negras eran recogidas por colectoras orientadas de sur a norte siguiendo la pendiente natural del terreno, las cuales descargaban aguas crudas en el río Estelí en dos puntos diferentes. El Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado (INAA) realizó en este mismo año un levantamiento topográfico completo del sistema existente para aprovecharlo al máximo al establecer el trazado de nuevos Sistemas de Alcantarillado Sanitario. Dio también como resultado la construcción del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR), formado por lagunas de estabilización, y cuyas aguas tratadas desembocan en la quebrada “La Limonosa” (Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados)<sup>1</sup>.

Actualmente todo el STAR trata un caudal promedio de 300 L/s, debido a que ha sido ampliado en el marco del Proyecto Integrado Estelí-Ocotol (Amed, 2008). La Red de Alcantarillado Sanitario (RAS) de la ciudad tiene algunos puntos críticos donde frecuentemente se derraman las aguas negras a causa de constantes obstrucciones en las tuberías o pozos de inspección, indicando de la existencia de problemas en la red o tramos de tubería. Como si fuera poco ya el STAR sobrepasa su capacidad de diseño (Gutiérrez, 2016).

Debido al crecimiento poblacional (Henry & Heinke, 1999), desde el año 2009 a la fecha, más del 25% de los estelianos no cuenta con un SAS, las letrinas y sumideros ya están saturados, lo que conlleva a la construcción de otros y a la vez la reducción de su espacio territorial. Las calles están deterioradas debido a que las aguas servidas corren sobre ella, al mismo tiempo dándoles a los mosquitos un hábitat perfecto para su reproducción y la proliferación de

---

<sup>1</sup>ENACAL. (2007). Memoria de gestión. Recuperado el 18 de Abril de 2016, de <http://www.enacal.com.ni/informacion/wc3ab774abf483.htm>

enfermedades como el dengue, el chikungunya, el zika, etc., y de las enfermedades hídricas como fiebre tifoidea y paratifoidea, disentería bacilar y amibiana, cólera, parálisis infantil, parasitismo intestinal, gastroenteritis, hepatitis infecciosa, etc. (López Cualla, 2004). En invierno la problemática es más aguda.

El área de estudio no cuenta con un SAS, por ende presenta la mayoría de los problemas antes mencionados. Si no se les da una respuesta pronta a esta situación, estas dificultades tendrán un aumento considerable, debido a que la población crece rápidamente. Algunas de las consecuencias serían: falta de espacio territorial, la infiltración de patógenos y contaminantes directos al suelo, que a su vez conlleva al deterioro de los mantos, riesgo a la salud de los habitantes, calles intransitables, inconformidad de la población, aumento de inversión en dar solución.

### **1.3. Justificación**

La parte noreste de la ciudad de Estelí se está viendo grandemente afectada por no contar con un SAS ya que la mayor parte de las aguas servidas circula por las calles, estando el sector expuesto a malos olores y focos infecciosos que perjudican la salud de sus habitantes, la salud de sus visitantes y la imagen de la ciudad (Tijerino Ramírez & Martínez Cabrera, 2002).

La adecuada captación y tratamiento posterior de las aguas residuales son indispensables para el desarrollo integral de toda la ciudad. Como un medio para la solución, ENACAL, la Alcaldía de Estelí y la población en conjunto deben garantizar las condiciones higiénico-sanitarias, construyendo un SAS y la planta de tratamiento; puesto que es uno de los objetivos de El Plan Nacional de Desarrollo Humano, que todos los nicaragüenses mejoren las condiciones de vida, especialmente la de los más pobres en armonía con la Madre Tierra (Nicaragua, 2012-2016).

El rápido crecimiento poblacional hace necesario tratar las aguas residuales para que puedan ser reutilizadas, convirtiéndolas en un recurso adicional, un ejemplo de esto sería el riego agrícola. En cuanto a la salud pública además de retirar y estabilizar los desechos biodegradables, es imprescindible mitigar los riesgos que representa para la población la disposición final de estas aguas.

No se puede dejar de lado, el cuidar la imagen de la ciudad y evitar la destrucción de los recursos hídricos para fortalecer el desarrollo sostenible de la comunidad.

Por estas razones es de suma importancia llevar a cabo la realización de este proyecto enfocada a brindar una solución congruente con las necesidades y recursos disponibles de la población, además de la posibilidad que se brinda de colaborar con el municipio para el “Diseño del sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento para los 5B° de la ciudad de Estelí”.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento para los barrios Betania, Gerardo Brooks, Cid Dinamarca, El Jazmín y Dios Proveerá de la ciudad de Estelí.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Realizar un diagnóstico del área de estudio.
- Diseñar el SAS adecuado a la topografía de la zona urbana, según la normativa del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado (INAA).
- Presentar el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas.
- Proporcionar los planos, perfiles y especificaciones técnicas de los elementos que conformarán el SAS y la planta de tratamiento de aguas residuales, en base a normativas nacionales.
- Estimar los costos del SAS y la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Aplicar los softwares: AutoCAD®, Civil 3D® y CivilCAD®, para el diseño de la red de alcantarillado.
- Efectuar el estudio de impacto ambiental del diseño propuesto.

## **1.5. Caracterización del municipio de Estelí**

El municipio de Estelí está ubicado en la región central del norte de Nicaragua y es uno de los seis municipios del departamento que lleva el mismo nombre, y es a la vez cabecera departamental.

Está ubicado a 148 km al norte de Managua capital de Nicaragua. Es el principal centro de comercio y servicios de la región segoviana Tiene una extensión territorial de 795.7 km<sup>2</sup>. Está organizado administrativamente en dos áreas: Urbana y Rural. La zona Urbana se subdivide en tres distritos y un perímetro urbano; 22 unidades residenciales, 54 barrios en la ciudad y 7 comunidades contenidas en el perímetro urbano.

### **1.5.1. Límites del municipio**

Los límites municipales son: Condega al norte, al sur con la Trinidad, San Nicolás y El Sauce; al este con San Sebastián de Yalí y La Concordia; y al oeste con Achuapa y San Juan de Limay.

## **1.6. Caracterización del área de estudio**

### **1.6.1. Breve reseña de los 5B°**

Hace ya algunos años, este sector era propiedad privada de algunos hacendados quienes pastaban su ganado y trabajaban en la agricultura, lo cual explica el porqué no posee las condiciones de las que goza la zona central de la ciudad, como el adoquinado de las calles y el sistema de alcantarillado sanitario.

Luego se conformaron lotes de terreno para la creación de los 5B°, generando la necesidad de algunas condiciones necesarias para el diario vivir, como una vivienda, agua potable, energía eléctrica y letrinas.

### **1.6.2. Referencia geográfica**

Los barros Betania, Gerardo Brooks, Cid Dinamarca, El Jazmín y Dios Proveerá (5B°), están localizados en la parte noroeste de la ciudad de Estelí, pertenecen al Distrito 3.

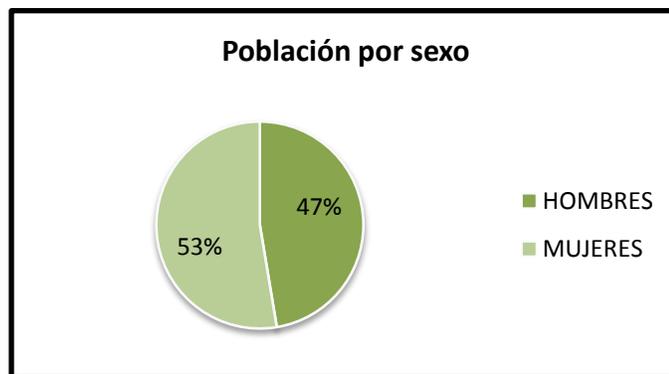
### 1.6.3. Posición geográfica

Se encuentra posicionado, entre los 12° 45' y 13° 25' de latitud norte y los 86° 02' y 86° 45' de longitud oeste, con una altitud sobre el nivel del mar de 843.97 metros

### 1.6.4. Población

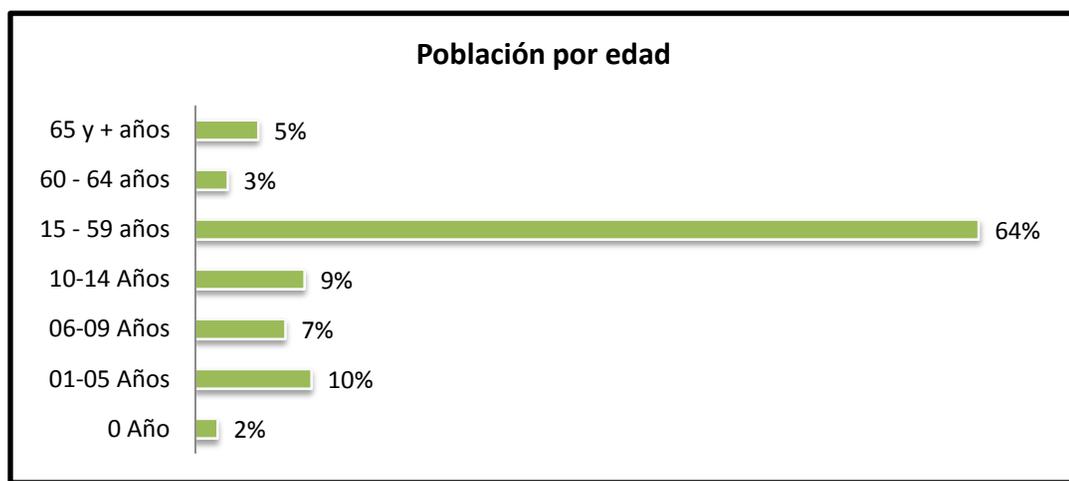
Para el año 2015, el Ministerio de Salud (MINSA) por medio de indicadores especiales determinó que la población por sexo está distribuida con el 53% femenino y el 47% masculino; también comprobó que la ciudad cuenta con urbe joven, debido a que el 64% de los habitantes oscilan entre la edad de 15 a 59 años, un 10% y 9% en las edades de 1 a 5 y de 10 a 14 años, respectivamente.

**Figura 1: Indicadores de la Población por sexo**



Fuente: Alcaldía de Estelí

**Figura 2: Indicadores de la Población por edad**



Fuente: Alcaldía de Estelí

### **1.6.5. Límites del área de estudio**

Los 5B° limitan de la siguiente manera:

- Al norte con una zona pequeña urbana y las lagunas de estabilización de aguas residuales
- Al Sur se encuentra el sector del Noel Gámez, la carretera al Sauce, y los barrios El Rosario, Oscar Arnulfo Romero, Aldea Emaus y 16 de Julio barrio 16 de julio.
- Al este se ubica la carretera panamericana y áreas verdes.
- Al oeste la entrada a la zona rural la Montañita, y áreas verdes.

### **1.6.6. Relieve y clima predominante**

El relieve que presenta el área de estudio es regular, altiplanicies y planicies, en comparación con el del municipio que es variado y la topografía es ondulada. Cuenta con montañas altas y bajas; y abanicos, lomas y taludes.

A la falta de uniformidad del relieve corresponde una falta de uniformidad climatológica que se caracteriza por una distribución irregular de las lluvias, vientos en diferentes direcciones, altas y bajas temperaturas, lo que da lugar a que se desarrollen zonas de microclimas en orden de importancia.

El clima de Estelí está clasificado como tropical. La temperatura media anual es de 22.3 ° C. En un año, la precipitación media es 924 mm

### **1.6.7. Accesos a los 5B°**

Por el lado este se encuentra la carretera panamericana y por el sur la carretera hacia el sauce. La nomenclatura vial es organizada en las calles, que tienen como punto de origen la intersección con las carreteras anteriores.

# **Capítulo II:**

## **Marco Teórico**

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Diagnóstico**

El diagnóstico es un estudio previo a toda planificación o proyecto y que consiste en la recopilación de información, su ordenamiento, su interpretación y la obtención de conclusiones.

Permite conocer mejor la realidad, la existencia de debilidades y fortalezas, entender las relaciones entre los distintos actores sociales que se desenvuelven en un determinado medio y prever posibles reacciones dentro del sistema frente a acciones de intervención o bien cambios suscitados en algún aspecto de la estructura de la población bajo estudio. También define problemas y potencialidades. Profundiza en los mismos y establece órdenes de importancia o prioridades, como así también que problemas son causa de otros y cuales consecuencia. Además se puede diseñar estrategias, identificar alternativas y decidir acerca de acciones a realizar (Cauqueva, 2007).

### **2.2. Sistema de alcantarillado Sanitario**

#### **2.2.1. Generalidades**

En la mayor parte de las ciudades, la población cuenta con abastecimiento de agua potable. Una vez empleada en las múltiples actividades humanas se tiene la necesidad de desalojarla, ya que es contaminada con desechos orgánicos, inorgánicos y bacterias patógenas, que después de cierto tiempo produce gases con olores desagradables y causa enfermedades. Por lo que la eliminación de estas aguas de desecho debe ser atendida convenientemente (Sorrequieta, 2004).

Un SAS es una serie de tuberías y estructuras complementarias de servicio público cerrado, destinado a recolectar y transportar, de zonas habitadas, las aguas residuales domésticas para su disposición final.

## 2.2.2. Clasificación de los sistemas de alcantarillado

### 2.2.2.1. Según el tipo de agua que transportan

- **Sanitario:** es el sistema de recolección diseñado para llevar exclusivamente aguas residuales domésticas e industriales.
- **Pluvial:** es el sistema de evacuación de la escorrentía superficial producida por la lluvia.
- **Combinado:** es un alcantarillado que conduce simultáneamente las aguas domésticas, industriales y lluvias.

### 2.2.2.2. Por sus características hidráulicas

- **Por gravedad:** el flujo se elimina siguiendo la pendiente natural del terreno, hasta llegar a un emisario final.
- **A presión:** se utiliza cuando por razones topográficas la red por gravedad es problemática.

Estos dos sistemas se pueden combinar en un mismo diseño.

### 2.2.2.3. Por su tecnología

Las tecnologías existentes de SAS son la convencional, y las no convencionales.

- **Convencionales:** ampliamente utilizados, estudiado y estandarizados. Son sistemas con tuberías de grandes diámetros.
- **No convencionales:** en general se limitan a la evacuación de las aguas residuales, pueden ser: el simplificado, el condominial, y de pequeño diámetro o sin arrastre de sólidos.
  - **Simplificado:** se tiene en cuenta la posibilidad de reducir diámetros y disminuir las distancias entre los pozos.
  - **Condominiales:** recogen las aguas residuales de un pequeño grupo de viviendas y las conducen al convencional.
  - **Sin arrastre de sólidos:** eliminan los sólidos de los efluentes de la vivienda por medio de un tanque interceptor, pueden trabajar a presión.

### **2.2.3. Elementos del alcantarillado**

#### **2.2.3.1. Conexión domiciliar**

Es la tubería de que conduce el agua residual de un lote al sub colector o ramal.

#### **2.2.3.2. Tuberías**

- **Atarjea o cabecero:** tubería de diámetro mínimo dentro de la red. Se trazan generalmente coincidiendo con el eje longitudinal de cada calle.
- **Sub colector o ramal:** Es la tubería que recibe las aguas residuales de un conjunto de lotes, que descarga al colector principal.
- **Colector o red pública:** Recibe la contribución de aguas residuales del sub colector o ramal en cualquier punto en su trayecto.
- **Emisor:** ubicado al final de la red. Su función es transportar la totalidad de las aguas capturadas hacia su disposición final.

#### **2.2.3.3. Dispositivo de inspección**

- **Caja de Inspección (CI):** Dispositivo destinado a conectar dos o más colectores o ramales condominiales, permite la inspección y el mantenimiento de la red. Además, tiene la finalidad de constituir el punto de conexión de las instalaciones sanitarias domiciliarias en el lote. Pueden tener un diámetro de 40 cm ó 60 cm.
- **Pozo de visita sanitario (PVS):** Cámara visitable a través de una abertura existente en su parte superior, destinada a permitir la confluencia de dos o más colectores y los cambios de dirección horizontal y vertical de la tubería. Además, tiene la finalidad de permitir la inspección y el mantenimiento de las alcantarillas.

#### **2.2.3.4. Estaciones de bombeo**

Se requieren cuando se necesita elevar el agua residual de una cota inferior a una superior, siempre y cuando sea rigurosamente necesario, pues son costosas económicamente.

### **2.2.3.5. Tratamiento**

El objetivo primordial es la remoción de material orgánico y eliminar agentes productores de enfermedades. También se busca proteger la calidad de los recursos hídricos.

### **2.2.3.6. Disposición final**

Una vez sometidas a tratamiento, las aguas residuales se pueden verter a corrientes naturales o usarlas para el riego e industrias.

## **2.3. Planta de Tratamiento**

### **2.3.1. Generalidades**

Las plantas de tratamiento son obras complementarias a los sistemas de alcantarillado sanitario, que sirven para obtener unas aguas con las características adecuadas al uso que se les vaya a dar, por lo que la combinación y naturaleza exacta de los procesos varía en función tanto de las propiedades de las aguas de partida como de su destino final.

En los países en desarrollo, el objetivo prioritario de tratamiento de aguas residuales, debe ser la remoción de parásitos, bacterias y virus patógenos; y no la remoción de materia orgánica y nutriente que son excepcionales en los países desarrollados.

La tecnología más usada para el tratamiento de aguas residuales en Nicaragua son las lagunas de estabilización (ENACAL, 1999), sin embargo existe un registro, valga la redundancia, en Masaya de la construcción de una planta piloto de los sistemas de biofiltro (Programa de agua y saneamiento, 2006).

### 2.3.2. Tratamiento

El tratamiento de agua urbana suele incluir la siguiente secuencia (DISEPROSA):

- **Pretratamiento:** Es primer paso en el tratamiento preliminar del agua residual consiste en la separación de los sólidos gruesos. Busca acondicionar el agua residual para facilitar los tratamientos propiamente dichos, y preservar la instalación de reboses y taponamientos. Pueden ser rejas, tamices, desarenadores y desengrasadores
- **Tratamiento primario:** Es un tratamiento físico-químico que permite reducir la materia suspendida por medio de la precipitación o sedimentación, con o sin reactivos, o por medio de diversos tipos de oxidación química.
- **Tratamiento secundario o tratamiento biológico:** Se emplea de forma masiva para eliminar la contaminación orgánica disuelta, la cual es costosa de eliminar por tratamientos físico-químicos. Suele aplicarse tras los anteriores. Consisten en la oxidación aerobia de la materia orgánica o su eliminación anaerobia en digestores cerrados. Ambos sistemas producen fangos en mayor o menor medida que, a su vez, deben ser tratados para su reducción, acondicionamiento y destino final (Borzacconi, López, Arcia, Cardelino, Castagna, & Viñas).
- **Tratamiento terciario, de carácter físico-químico o biológico:** Desde el punto de vista conceptual no aplica técnicas diferentes que los tratamientos primarios o secundarios, sino que utiliza técnicas de ambos tipos destinadas a pulir o afinar el vertido final, mejorando alguna de sus características. Si se emplea intensivamente pueden lograr hacer el agua de nuevo apta para el abastecimiento de necesidades agrícolas, industriales, e incluso para potabilización (reciclaje de efluentes).

### **2.3.3. Lagunas de estabilización**

Las lagunas de estabilización son el método más simple de tratamiento de aguas residuales que existe. Están constituidos por excavaciones poco profundas cercadas por taludes de tierra. Generalmente tiene forma rectangular o cuadrada.

La eficiencia de la depuración del agua residual en lagunas de estabilización depende ampliamente de las condiciones climáticas de la zona, temperatura, radiación solar, frecuencia y fuerza de los vientos locales, y factores que afectan directamente a la biología del sistema. Las lagunas tienen como objetivos:

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

#### **Ventajas:**

- Pueden recibir y retener grandes cantidades de agua residual, soportando sobrecargas hidráulicas y orgánicas con mayor flexibilidad, comparativamente con otros tratamientos. - Formación de biomasa más efectiva y variada que en los procesos de tratamiento con tanque séptico y tanque Imhoff.
- No requieren de instalaciones complementarias para la producción de oxígeno. El mismo se produce en forma natural dentro del sistema.
- Debido a los tiempos de retención prolongados y a los mecanismos del proceso, son sistemas altamente eficaces para la remoción de bacterias, virus y parásitos, comparativamente con otros tratamientos.
- En las lagunas no hay necesidad de desinfección con cloro. Aquí la desinfección es natural.
- Mínimo mantenimiento.
- No requiere de personal calificado.

**Desventajas:**

- Requieren de grandes áreas de terreno para su implantación.
- Es un sistema sensible a las condiciones climáticas.
- Puede producir vectores.
- No permite modificaciones en las condiciones de proceso.

**2.3.4. Biofiltro**

El biofiltro es un humedal artificial que imita a los pantanos donde las aguas residuales se depuran por procesos naturales. Los biofiltros son de flujo subterráneo, diseñados para maximizar la remoción de los contaminantes que se encuentran en las aguas residuales.

Los biofiltros son pilas de poca profundidad rellenas con un material que sirve como lecho filtrante, en cuya superficie se siembran plantas de pantano, y en las que las aguas residuales pretratadas fluyen en sentido horizontal o vertical.

Es una tecnología amigable con el medio ambiente (Programa de agua y saneamiento, 2006). El dimensionamiento se realiza a base de dos aspectos principales:

- La remoción de los contaminantes que es el principal objetivo, depende fuertemente de las condiciones ambientales fundamentalmente la temperatura, el lecho filtrante, la profundidad y el tipo de plantas sembradas.
- El régimen de flujo, depende de factores como la pendiente hidráulica y la porosidad, permeabilidad y la uniformidad granulométrica del material usado para el lecho filtrante.

La utilización de los Biofiltros Para el tratamiento de aguas residuales requiere del uso de etapas previas de tratamiento que garanticen principalmente una efectiva remoción de los sólidos suspendidos, con el fin de evitar la obstrucción del lecho filtrante.

#### **2.3.4.1. Cámara de rejas**

Se trata de un pre-tratamiento basada en cribas o rejillas. Éstas operan de forma automática, al pasar el agua cruda a través de ella, reteniendo los materiales flotantes.

#### **2.3.4.2. Tanque Imhoff**

Los tanques Imhoff tienen una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas. Es de forma rectangular y se divide en tres compartimientos: cámara de sedimentación, cámara de digestión de lodos y área de ventilación y acumulación de natas.

Durante la operación las aguas residuales fluyen a través de la cámara de sedimentación, donde se remueven gran parte de los sólidos sedimentables, estos resbalan por las paredes inclinadas del fondo de la cámara de sedimentación pasando a la cámara de digestión a través de la ranura con traslape existente en el fondo del sedimentador. El traslape tiene la función de impedir que los gases o partículas suspendidas de sólidos, producto de la digestión, que inevitablemente se producen en el proceso de digestión, sean desviados hacia la cámara de natas o área de ventilación.

Estas unidades no cuentan con unidades mecánicas que requieran mantenimiento y la operación consiste en la remoción diaria de espuma, en su evacuación por el orificio más cercano y en la inversión del flujo por lo menos dos veces al mes, con la finalidad de distribuir los sólidos de manera uniforme en los dos extremos del digestor y retirarlos periódicamente al lecho de secado.

**Ventajas:**

- Contribuye a la digestión del lodo, produciendo un líquido residual de mejores características.
- No descargan lodo en el líquido efluente.
- El lodo se seca y se evacua con más facilidad, esto se debe a que contiene de 90 a 95% de humedad.
- Las aguas servidas que se introducen en los tanques Imhoff, no necesitan tratamiento preliminar, salvo el paso por una criba gruesa y la separación de las arenas.
- El tiempo de retención de estas unidades es menor.
- Tiene un bajo costo de construcción y operación.
- Para su construcción se necesita poco terreno.

Son adecuados para ciudades pequeñas y para comunidades donde no se necesite una atención constante y cuidadosa, y el efluente satisfaga ciertos requisitos normados para evitar la contaminación de las fuentes hídricas.

**Desventajas.**

- Son estructuras profundas.
- Es difícil su construcción en arena fluida o en roca y deben tomarse precauciones cuando el nivel freático sea alto, para evitar que el tanque pueda flotar o ser desplazado cuando este vacío.
- El efluente que sale del tanque es de mala calidad orgánica y microbiológica.
- En ocasiones puede causar malos olores, aun cuando su funcionamiento sea correcto. El tanque Imhoff elimina del 40% al 50% de sólidos suspendidos y reduce el DBO en un 25 a 40%.

Los lodos acumulados en el digestor del tanque Imhoff se extraen periódicamente y se conducen a lechos de secados. Debido a esta baja remoción de DBO y coliformes, lo que se recomienda es enviar el efluente hacia un humedal artificial, con la finalidad de que haya una buena remoción de microorganismos en el efluente.

#### **2.3.4.3. Lecho de Secado**

Los lechos de secado de lodos son generalmente el método más simple y económico de deshidratar los lodos estabilizados (lodos digeridos), lo cual resulta ideal para pequeñas comunidades.

Los lodos acumulados en el digesor del tanque Imhoff se extraen periódicamente y se conduce a los lechos de secado, donde el contenido de humedad se reduce por infiltración, después de lo cual se retiran y se disponen de ellos enterrándolos o pueden ser utilizados para mejoramiento de los suelos.

#### **2.3.4.4. Filtro Biológico**

El filtro biológico o bacteriano, es un lecho formado por un medio sumamente permeable (grava) al que los microorganismos se adhieren y a través del cual se filtra el agua residual. El principal funcionamiento es remover los contaminantes aún presentes en las aguas residuales, sobre el cual actúan los microorganismos depuradores, permitiendo que se filtre el agua pero reteniendo parte de sus nutrientes orgánicos en el lecho.

#### **2.3.4.5. Biofiltro humedales artificiales**

Este sistema imita a los humedales, es una pila de poca profundidad rellena con un material que sirve como lecho filtrante, en cuya superficie se siembran plantas de pantano, en este caso el zacate Taiwán que ayuda a incrementar los aspectos físicos como la filtración y el desarrollo de los microorganismos.

### **2.4. Costos**

Se puede definir costo de la manera siguiente: es la medición en términos monetarios de la cantidad de recursos usados para lograr algún propósito u objetivo (SENATI, 2007).

Los costos pueden clasificarse por su aplicación en costos directos y costos indirectos, y por su naturaleza en costos fijos y costos variables.

Los costos directos se obtienen de la materia prima directa como los materiales y de la mano de obra directa, mientras que los costos indirectos pueden ser la materia prima indirecta, la mano de obra indirecta, depreciación de local, maquinarias y equipos, energía eléctrica, teléfono, útiles de limpieza, etc.

Los costos fijos son aquellos que no disminuyen con el aumento o disminución de la actividad realizada, estos exigen mucha planeación y control para evitar costos innecesarios, algunos de estos pueden ser: salarios, alquileres, depreciaciones, mantenimiento de las máquinas y equipos, servicios básicos, etc. No obstante los costos variables varían en relación con el volumen de la actividad realizada, solamente se generan durante el periodo en que se ejecuta la actividad.

## **2.5. Impacto Ambiental**

Es importante reconocer los efectos que la urbanización tiene en el ambiente. Los impactos identificados se pueden clasificar como graves, moderados, leves o nulos; aunque en última instancia su clasificación es subjetiva.

La Evaluación de Impacto Ambiental consiste en identificar, predecir, interpretar, prevenir, valorar y comunicar el impacto que la realización de un proyecto acarreará a su entorno. Suele poner un énfasis especial en los cambios ambientales que son irreversibles, como las perturbaciones graves al terreno, la extinción de especies raras, o la contaminación generalizada (Henry & Heinke, 1999).

Existen numerosos modelos y procedimientos para la evaluación de impactos sobre el medio ambiente, entre los más usuales se encuentran, las matrices de causa-efecto

### **2.5.1. Matriz de Leopold**

El sistema de red y gráficos Matriz de Impacto Ambiental de Leopold o Matrices causa-efecto, es un método cualitativo, preliminar y muy apropiado para valorar diversas alternativas de un mismo proyecto, contempla en forma bastante completa los factores físicos, biológicos y socio-económicos involucrados. Las entradas de la matriz según columnas son las acciones del hombre que pueden alterar el medio ambiente y las entradas según filas son los factores ambientales que pueden ser alterados (Santiago Cotán-Pinto Arroyo, 2007).

La evaluación individual admite dos valores de 1 a 10: la magnitud, que corresponde a la alteración provocada en el factor ambiental considerado, siendo 10 el máximo; y la importancia, que da el peso relativo que el factor ambiental considerado tiene dentro del proyecto (Universidad Nacional Río Negro, 2013).

El procesamiento o interpretación debe ir acompañado a la matriz, pues ésta en sí es un mero resumen del estudio de impacto ambiental.

Debido a la necesidad de un sistema de tratamiento más amigable con el medio ambiente, y basada en la reutilización de las aguas tratadas y a la ocupación de menos espacio territorial, el biofiltro es una buena opción.

# **Capítulo III:**

## **Diseño Metodológico**

## **CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **3.1. Diagnóstico**

#### **3.1.1. Recopilación de la información**

Para un proyecto social, el diagnóstico a realizar es de tipo participativo en su primera etapa, la población en estudio informa para la elaboración del mismo mediante entrevistas con informantes claves: personas que por su trabajo, su rol en la comunidad o por su experiencia de vida, disponen de información que permite profundizar en el diagnóstico; encuestas a los habitantes en general, para conocer de una manera global la situación (ver Tabla 61)

La otra etapa es de gabinete, se ordena la información obtenida, se trabaja sobre la base de la información secundaria, la que proviene de las estadísticas disponibles.

#### **3.1.2. Análisis de la información y elaboración del diagnóstico**

Se realiza una descripción completa de la zona de estudio, analizando todos los aspectos que hacen al medio donde se va a desarrollar el proyecto, sobre todo aquellos que influyen directa o indirectamente en la actividad que se quiere realizar. Entre estos están:

- Condición situacional.
- Disponibilidad de recursos (Naturales y capitales)
- Estructura Social (Población, salud, educación, empleo, etc.)
- Influencia de agentes externos (Apoyos o interferencias de orden municipal, departamental, nacional o internacional)
- Conclusiones y consideraciones finales, conocer los potenciales y problemas del sistema.

Al final se pretende conocer la cantidad de la población que no cuenta con SAS y cuantos van a ser beneficiados, el total de habitantes de la zona de estudio para el final del período de diseño, se proyectará utilizando como método la Tasa de crecimiento geométrico. El 80% del consumo de agua de la población es el aporte al SAS, para el cálculo de los caudales de diseño, la hidráulica en las alcantarillas, etc.

### **3.2. Normas y criterios utilizados para el diseño del proyecto**

Las Normas y criterios utilizados para orientarse en el diseño del sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales fueron las nacionales:

- “Guías Técnicas para el Diseño de Alcantarillado Sanitario y Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales” de INAA
- “Normativa alcantarillado sanitario condominial” de INAA
- “Guías para el diseño de tecnologías de Alcantarillado de la Organización Panamericana de la Salud”
- Decreto 33-95: Disposiciones para el control de la contaminación provenientes de las descargas de aguas residuales doméstica, industriales y agropecuarias
- Las metas de protección de la salud y el ambiente
- Capacidades de operación y mantenimiento

### **3.3. Sistema de alcantarillado Sanitario**

Para la realización de un diseño de sistema de alcantarillado se debe desarrollar una serie de pasos, los cuales se describen a continuación:

#### **3.3.1. Levantamiento Topográfico**

Es de imperiosa necesidad para el trazado del sistema de alcantarillado sanitario conocer los puntos importantes de la superficie del área de estudio.

#### **3.3.2. Periodo de diseño**

El periodo económico de servicio de una estructura depende de su vida útil, costo inicial, facilidad de ampliación y posibilidad de obsolescencia. Se determina mediante la Guía INAA.

### 3.3.3. Parámetros de diseño para un SAS

#### ➤ Proyección de la población

El método más aplicable y de mayor uso en Nicaragua es la Tasa de crecimiento geométrico:

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

#### ➤ Dotación

Las dotaciones de agua para el consumo doméstico de la población nicaragüense, exceptuando Managua son:

**Tabla 1: Dotaciones de agua para el consumo doméstico**

Rango de población	Dotación
	L/hab/día
0 - 5000	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: Guía INAA

El consumo industrial comercial y público, es un porcentaje del consumo doméstico, equivalentes a:

**Tabla 2: Consumo comercial, público e industrial**

Consumo	Porcentaje
comercial	7
Público o institucional	7
Industrial	2

Fuente: Guía INAA

### 3.3.4. Cálculo de caudales

- **Densidad de la población**, es la población aferente al colector.

$$D = \frac{\text{Población Total}}{\text{Long.Total de la red}}$$

- **Población servida por el tramo**, corresponde al número estimado de habitantes servidos por el colector.

$$P = \text{Long} * \text{Densidad}$$

- **Coefficiente de flujo máximo (K)**, este valor sirve para estimar el caudal máximo horario.

**Tabla 3: Valores del coeficiente de flujo máximo**

Tamaño de la Población (hab)	Coefficiente K
<2000	2.2
2000 a 10000	2
10000 <sup>a</sup> 100000	1.8
>100000	1.5

Fuente: (INAA)

También se puede calcular mediante la ecuación de Harmon, cuando la población servida es mayor a mil habitantes, si es menor su valor será de 3.8.

$$K = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}}$$

Donde:

K: coeficiente de flujo máximo

P: población en millares de habitantes

- **Caudal medio de aguas residuales (Qmed)**: Equivale al 80% del consumo del agua. Debido a que no toda el agua utilizada va a drenar al sistema de alcantarillado.

$$Q_{med} = \frac{CR * C * P}{86400}$$

Donde:

CR: coeficiente de retorno 80%

C: Consumo doméstico

P: Población acumulada en los tramos

86400= segundos equivalentes a 1 día

- **Caudal máximo horario de aguas residuales (Qmh):** Es el producto del caudal medio por el factor K, que depende de la población.

$$Qmh = Qmed * K$$

- **Caudal de infiltración:** es el aporte que se realiza por la permeabilidad de las juntas y las tuberías.

- 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 por conexiones erradas,** se estima el 5% del caudal máximo horario.

$$Qe = 0.05\% Qmh$$

- **Caudal de diseño:** Es la sumatoria de los caudales estimados.

$$Qd = Qmh + Qinf + Qe + Qesp$$

### 3.3.5. Hidráulica en las alcantarillas

- **Fórmula y coeficiente de rugosidad**

El cálculo hidráulico de las alcantarillas se realiza en base al criterio de la tensión de arrastre y a la fórmula de Manning.

**Tabla 4: Coeficiente de rugosidad “n” de Manning**

Material	Coeficiente “n”	Material	Coeficiente “n”
Concreto	0.013	Hierro galvanizado (H <sup>0</sup> G <sup>0</sup> )	0.014
Polivinilo (PVC)	0.009	Hierro Fundido (H <sup>0</sup> F <sup>0</sup> )	0.012
Polietileno (PE)	0.009	Fibra de vidrio	0.010

Fuente: Guía INAA

➤ **Diámetro mínimo de las tuberías**

Para un SAS condominial estos diámetros equivalentes a:

- Red Pública: 150 mm
- Ramales condominiales: 100 mm

➤ **Tirante máximo**

- 50% para tubería de 100 mm
- 75% para tubería de 150 mm y mayores

➤ **Tensión tractiva**

Conocida también como fuerza de arrastre, es la fuerza tangencial por unidad de área mojada ejercida por el flujo de aguas residuales sobre un colector y en consecuencia sobre el material depositado.

$$\tau = W * Rh * S$$

Donde:

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

Rh: Radio hidráulico a caudal mínimo en m

S: pendiente mínima en m/m

Se recomienda valor mínimo de  $\tau = 1 Pa$

➤ **Pendientes de alcantarillas**

En ningún caso debe ser menor que:

- Red Pública:  $S_{min}=0.0045$  m/m para  $Q_{min}= 1.5$  L/s
- Ramales condominiales:  $S_{min}=0.005$  m/m para  $Q_{min}= 1.5$  L/s

La pendiente máxima admisible es aquella que permita una velocidad de 5 m/s para la red pública.

### 3.3.5.1. Flujo en las tuberías a sección llena

➤ **Caudal a tubo lleno**  $Q = V * A$

Donde:

Q: Caudal a tubo lleno (m<sup>3</sup>/seg)

V: Velocidad a tubo lleno (m/seg)

A: Área de la sección transversal del tubo (m<sup>2</sup>),  $A = \pi/4 * \emptyset_{de\ la\ tub}^2$

- **Velocidad a tubo lleno**  $V = \frac{1}{n} * Rh^{2/3} * S^{1/2}$

Donde:

n: Coeficiente de rugosidad de manning

Rh: radio hidráulico (m)

S: Pendiente (m/m)

- **Radio Hidráulico:** es la relación entre el área y el perímetro de la sección

$$Rh = A/P$$

Donde:

P: Perímetro de la sección (m),  $P = \pi * \phi$  de la tub

A: Área de la sección transversal del tubo (m<sup>2</sup>)

### 3.3.5.2. Flujo en las tuberías a sección parcialmente llena

Se utilizan las propiedades hidráulicas de la sección circular que relacionan las características del flujo a sección llena y parcialmente llena (ver Imagen 9), como la relación entre lámina de agua y diámetro interno de la tubería,  $d/D$ , que sirve para calcular el Tirante; y la relación entre radio hidráulico de la sección de flujo y radio hidráulico a tubo lleno,  $\frac{R}{R_0}$ , para calcular la tensión tractiva, que permite el control de la erosión, la sedimentación y la producción de sulfuros.

### 3.3.6. Dispositivos de Inspección

**Tabla 5: Principales características de los dispositivos de inspección para SAS condominial**

<b>Diámetro interno</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Material</b>	<b>Utilización</b>
CI- □ 0,60m	0,60<h≤1,20m	concreto simple de 3000 psi	Ramal Condominial
CI- □ 0,60m	hasta 1,20m	concreto simple de 3000 psi	Red Pública con diámetro hasta 200mm, en acera
PVS □ 1,0m	Mayor de 1,20m	concreto armado de 3000 psi ó ladrillo cuarterón	Red Pública hasta 300mm

Fuente: Normativa INAA

### 3.3.7. Cálculo Topográfico

- **Cota rasante:** Se obtienen mediante el levantamiento topográfico.
- **Cota clave:** Es la profundidad de la tubería ubicada en la parte inferior, depende del empate que tiene con los dispositivos de inspección.
- **Cota batea:** Es la elevación de la tubería en la parte superior.  
$$\text{Cota batea} = (\text{cota clave}) - (\text{diámetro interno})$$
- **Cota lámina:** Es la altura del agua dentro de la tubería  
$$\text{Cota lámina de agua} = (\text{cota batea} + \text{altura de lámina de agua})$$
- **Profundidad a la cota clave:** Se estima para proporcionar datos para la excavación de las zanjas para las tuberías.  
$$\text{Profundidad} = (\text{cota rasante}) - (\text{cota clave})$$

## 3.4. Planta de Tratamiento

Para tratar las aguas residuales recolectadas mediante el SAS, el sistema de tratamiento de biofiltro abarca las siguientes etapas:

### 3.4.1. Cámara de Rejas

- **Caudal de diseño, Caudal máximo, Caudal mínimo,** donde el caudal máximo y mínimo se determina mediante los factores de variación de consumo máximo y mínimo (1.8 y 0.7).
- **Tipos de rejas:** Las rejillas de limpieza manual son usadas en instalaciones pequeñas, son de rejillas gruesas y de grandes espacios, pues no se esperan grandes volúmenes de sólidos. Las rejillas de limpieza mecánica se usan en grandes instalaciones con caudales del orden de 250 l/s.
- **Velocidad de pase entre las rejas:** debe de estar en mínimo 0.60 m/s y máximo 1.00 m/s hasta 1.40 m/s. Para el diseño de las rejillas se propone el valor de 0.75 m/s que es el valor más utilizado.

➤ **Dimensiones de las barras**

**Tabla 6: Dimensiones de las barras de a cámara de rejillas**

Tipo de rejillas	Barras	
	Espesor (pulg)	Espaciamiento (cm)
Rejas gruesas	1/2 - 3/8	4 – 10
Rejas medias	5/16 - 3/8	2 – 4
Rejas finas	1/4 - 5/16	1 - 2

Fuente: Normas OS-090

➤ **Ángulo de inclinación:** Las barras de limpieza manual tienen una inclinación general entre 45 y 60. Las rejillas se inclinan para evitar que el material desprendido del rastrillo de limpieza se desprenda y retorne al canal. Criterios de diseño de rejillas de limpieza manual.

**Tabla 7: Factores de diseño de las rejillas manuales y mecánicas gruesas**

Factor de diseño	Unidades	Manual			Mecánica		
		0,6	a	1,2	0,6	a	1,2
Velocidad a través de la reja	m/s	0,6	a	1,2	0,6	a	1,2
Velocidad antes de las rejillas	m/s	0,3	a	0,6	0,3	a	0,6
Tamaño de las barras							
Ancho de barras	mm	4	a	10	10	a	12
Profundidad	mm	25	a	50	50	a	75
Separación entre barras	mm	40	a	100	40	a	100
Inclinación	Grados	45	a	60	60	a	90

Fuente: Normas OS-090

➤ **Eficiencia de las rejillas:** se calculan en función del espesor de las barras. Su valor varía entre 0.60 a 0.85. Es la relación entre la separación de las barras (a) y su espesor (t), de la manera siguiente:

$$E = \frac{a}{a + t}$$

**Tabla 8: Eficiencia de las rejas en función del espesor de las barras.**

Espesor t	Eficiencia: valores de E			
	a=20 mm	a=25 mm	a=30 mm	a=40 mm
6 mm	0.750	0.800	0.834	0.857
8 mm	0.706	0.768	0.803	0.826
10 mm	0.677	0.728	0.770	0.800
11 mm	0.632	0.696	0.741	0.774
13 mm	0.600	0.667	0.715	0.755

Fuente: Normas OS-090

- **Área útil o área libre:** Una vez fijada la velocidad del agua a través de las rejas, es la relación entre el caudal de diseño y la velocidad.

$$Au = \frac{Qd}{V}$$

- **Área total o sección de flujo de aguas arribas de la reja:** Relación entre el área útil y la eficiencia.

$$At = \frac{Au}{E}$$

- **Tirante máximo en el canal:** se calcula multiplicando el área total y el ancho del canal.

$$Y_{max} = \frac{At}{B}$$

- **Cálculo de la altura del canal de entrada:** se calcula tomando en cuenta el tirante máximo del canal.  $hc = y_{max} + 0.51$

- **Ancho del canal de entrada:** se propone y debe de estar de 0 a 1 m.

- **Cálculo de Radio hidráulico:** se calcula tomando en cuenta el ancho del canal (B);

$$Rh = \frac{At}{B + 2Y_{max}}$$

- **Cálculo de la pendiente aguas arribas:** Se estima tomando en cuenta el coeficiente de Manning para el concreto es 0.013.

$$S = \left[ \frac{Q_{max} * n}{At * Rh^{2/3}} \right]^2 = \left[ \frac{[1] * n}{[5] * [10]^{2/3}} \right]^2$$

- **Número de barras:** Se determina por el ancho del canal (B), la separación de las barras (a) y su espesor (t); se recomienda de 0 a 1 m y borde libre de 0.20 a 0.25 m.

$$N = \frac{B - a}{a + t}$$

- **Longitud de las barras:** tomando en cuenta el tirante hidráulico, borde libre, y ángulo de inclinación.

$$L = \frac{y_{max} + hb}{\text{sen } \alpha}$$

- **Pérdida de carga en la reja:** Corresponde a la resistencia ofrecida al pasar el agua a través de rejillas y se presenta con la fórmula de "Metcalf & Eddy". En general en sistemas manuales las pérdidas no deben ser mayores a 15 cm.

$$h_f = 1.43 * \frac{V^2 - Va^2}{2g}$$

#### 3.4.1.1. Características del bypass

- **Altura o tirante de agua** sobre el vertedero del bypass, se calcula tomando en cuenta el caudal máximo y el ancho del vertedero.

$$H = \left[ \frac{Q_{max}}{1.832 * B} \right]^{2/3}$$

- **Área del vertedero:** producto de la altura y ancho del vertedero,  $A = H * B$
- **Radio hidráulico:** se calcula por la sección del bypass

$$R = \frac{A}{B + 2H} = \frac{[13]}{B + 2 * [12]}$$

- **Pendiente en el bypass:**  $S = \left[ \frac{Q_{max} * n}{A * R^{2/3}} \right]^2 = \left[ \frac{[1] * n}{[13] * [14]^{2/3}} \right]^2$

➤ **Cálculo de la altura del bypass:** se calcula tomando en cuenta el tirante máximo del canal,  $h = H + 0.51$

➤ **Ancho del canal By Pass:** es propuesto debe de estar de 0 a 0.60 m

### 3.4.2. Tanque Imhoff

#### 3.4.2.1. Diseño del sedimentador

➤ **Periodo de retención hidráulica:** entre 1.5 a 2.5 horas (recomendable 2 horas).

➤ **Forma:** El fondo del tanque será de sección transversal en forma de V y la pendiente de los lodos respecto a la horizontal tendrá de 50° a 60°.

➤ **Abertura en la arista central:** Se debe dejar una abertura para paso de sólidos removidos hacia el digestor, esta abertura será de .15 a .20m.

➤ **Largo prolongado:** Uno de los lados deberá prolongarse de 15 a 20 cm, de modo que impida el paso de gases y sólidos desprendidos del digestor hacia el sedimentador, situación que reducirá la capacidad de remoción de sólidos en suspensión de esta unidad de tratamiento.

➤ **Caudal de diseño:** tomando en cuenta la población de diseño,

$$Qd = poblacion * dotacion * \%cont / (1000 * 24)$$

➤ **Área de cámara de sedimentación:** tomando en cuenta el caudal de diseño y la carga superficial.  $As = Qd / cs$

➤ **Volumen de la cámara de sedimentación:** tomando en el caudal de diseño por el periodo de retención (recomendado según criterios).

$$Vs = Qd * PRVs$$

➤ **Profundidad media de la cámara de sedimentación:** se calcula tomando en cuenta volumen de cámara y el área de la cámara.

$$h = Vs / Ash$$

➤ **Ancho de la cámara de sedimentación:** tomando en cuenta el área de la cámara.  $a = \sqrt{\frac{As}{3}}$

➤ **Largo de la cámara del sedimentador:** se calcula con el área de la cámara y su ancho.  $L = \frac{As}{a}$

➤ **Altura del fondo del sedimentador:** relacionado con el ángulo de la cámara (50° a 60°), y 3.59 es una constante.

$$\frac{X}{2} = 3.59(\tan\alpha)$$

➤ **Área transversal requerida:** en las cámaras de sedimentación, se calcula tomando en cuenta el volumen de la cámara y su largo.

$$At = Vs/L$$

➤ **Comprobación del área transversal requerida:** proponiendo la altura del canal que cumpla un área menor al área transversal, 2 = la cantidad de cámaras y c= altura propuesta 0.375= una constante.

$$> At = 2 * L * c + 0.375 * L * LAt$$

#### 3.4.2.2. Diseño del digestor

Para el compartimiento de almacenamiento y digestión de lodos (cámara inferior) se tendrá en cuenta lo siguiente:

- El fondo de la cámara de digestión tendrá la forma de un tronco de pirámide invertida (tolva de lodos), para facilitar el retiro de los lodos digeridos.
- Las paredes laterales de esta tolva tendrán una inclinación de 15° a 30° con respecto a la horizontal.
- La altura máxima de los lodos deberá estar 0,50m por debajo del fondo del sedimentador

- **Volumen del digestor:** tomando en cuenta la población de diseño y el factor de relativa según la temperatura.

$$Vd = \frac{70 * Pd * fr}{1000}$$

**Tabla 9: Factor de capacidad relativa**

Temperatura °C	fcr
5	2.0
10	1.4
15	1.0
20	0.7
>25	0.5

Fuente: Normas OS-090

- **Volumen del lodo seco:** dado por los sólidos suspendidos volátiles (ssv), % de retención (entre 50 – 68%), y tiempo de digestión según la temperatura (ver Tabla 10).

$$Vls = \frac{(ssv * Qp * \% \text{ retención} * \text{tiempo de digestión})}{\text{peso específico}}$$

- **Volumen del lodo húmedo:** corresponde al 95% de humedad.

$$Vh = \left(\frac{95}{5}\right) * Vls$$

- **Área o superficie:** utilizado el largo y ancho.

$$A = a * L$$

- **Profundidad media del digestor:** se calcula con el volumen de la cámara de sedimentación, con respecto al área de la superficie.

$$h_{1/2} = Vs/A$$

- **Altura al nivel de los lodos:** en la cámara de sedimentación

$$H = h_{1/2} + \frac{4.74 \tan (\text{Inclinación de las paredes laterales})}{2}$$

➤ **Área de ventilación y cámara de natas:** Para el diseño de la superficie libre entre las paredes del digestor y el sedimentador (zona de espuma o natas) se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

- El espaciamiento libre será de 1m como mínimo.
- La superficie total será por lo menos 30% de la superficie total del tanque.
- El borde libre será como mínimo de 0.30m.
- Las partes de la superficie del tanque deberán ser accesibles, para que puedan destruirse o extraerse las espumas y los lodos flotantes.

➤ **Tiempo requerido para digestión de lodos:** varía con la temperatura, para esto se empleará la siguiente tabla:

**Tabla 10: Tiempo de digestión de lodos**

Temperatura °C	t (días)
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: Normas OS-090

➤ **Extracción de lodos:** El diámetro mínimo de la tubería para la remoción de lodos será de 0.20 m y deberá estar ubicado 0.15m por encima del fondo del tanque. Para la remoción se requerirá de una carga hidráulica mínima de 1.80 m.

### **3.4.3. Lecho de secado de lodos**

Pueden ser construidos de mampostería, de concreto o de tierra (con diques), con profundidad total útil de 50 a 60 cm. El ancho de los lechos de secado es generalmente de 3 a 6m, pero para instalaciones grandes pueden sobrepasar los 10m.

- **Carga de sólidos al día:** utilizando población de diseño y la contribución de per cápita<sup>2</sup>.

$$C = Pd * Cp/1000$$

- **Masa de sólidos que conforman los lodos:** tomando en cuenta la carga de los sólidos.

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C)$$

- **Volumen diario de los Lodos digeridos:** utilizando la densidad de los lodos y la masa de los sólidos que conforman los lodos.

$$Vld = Msd /(\text{densidad lodos} * 0.08)$$

- **Volumen de lodos a extraerse:** basado en el volumen diario de los lodos digeridos y el tiempo de digestión según la temperatura.  $Vle = Vld * Td/1000$

- **Área del lecho del secado:** utilizando el volumen de lodo extraído y la altura en el lecho es propuesta de 0 a 0.40 m.  $Al = vle/h$

- **Área de cada lecho:** se calcula con el área del lecho de secado entre la cantidad de eras de secado propuesta para que cumplan con los criterios propuestos en las Normas SO90.  $AL = Al/N^{\circ}e$

- **Ancho propuesto:** debe de estar de 2 a 6 m.

- **Largo del lecho:** (L) m, se calcula con el área de cada lecho y el ancho propuesto.  $L = \frac{AL}{a} L = \frac{[6]}{[7]}$

- **Lecho filtrante:** arena tamiz entre (00 y 4), grava de 3/8" y 3/45", grava de 1/8". Distribuida en la profundidad del lecho filtrante propuesto.

---

<sup>2</sup> Dato proporcionado por ENACAL

#### 3.4.4. Filtro Biológico

➤ **Producción de per cápita de aguas residuales:** utilizando porcentaje de contribución y dotación.  $Y = \text{dotacion} * \% \text{contribucion}$

➤ **Cálculo de DB05 teórica:** utilizando la producción de DBO5 per cápita<sup>3</sup> (Y= entre 10 y 60 grDBO5/(hab.d)) y la contribución de per cápita de aguas residuales (Qd)

$$DBO5 T = \frac{Y * 100}{Qd}$$

➤ **Cálculo de DB05 remanente:** utilizando la eficiencia de remoción DBO5 y la DB05 teórica.  $DBO5 R = (1 - DBO5 T) * \%E^4$

➤ **Eficiencia de la remoción de DBO5%:** usando en DBO5 remanente y el DBO5 del efluente requerido,

$$E = \frac{(DBO5 R - DBO5)}{DBO5 R}$$

➤ **Carga de DBO:** basado en el DBO5 remanente y el caudal de aguas residuales

$$W = \frac{DBO5 * Q}{1000}$$

➤ **Volumen del filtro:** utilizando la carga de DBO5 y eficiencia de remoción del DBO5.  $Vf = (W/F) * (0,4425E / (1 - E))^2$

➤ **Cálculo del área del filtro,** utilizando el volumen del filtro y la profundidad del medio filtrante propuesto.

$$A = \frac{Vf}{h}$$

➤ **Cálculo de la tasa de aplicación superficial:** utilizando caudal de las aguas residuales y el área del filtro.

$$Ts = Q / ATs$$

---

<sup>3</sup> Dato proporcionado por ENACAL

<sup>4</sup> Debe de estar entre 50 y 100 %

- **Cálculo de la carga orgánica:** tomando en cuenta la carga del DBO y el volumen del filtro

$$C = \frac{W}{Vf}$$

- **Ancho del filtro (filtro rectangular):** Esta dado por el área del filtro y el largo propuesto.

$$a = vf/L$$

- **Características del lecho filtrante:** grava de 1/8" a 1/4" grava 1/2" a 3/4" grava 1" a 1 1/2" grava 2" a 2 1/2". El cual es distribuido en la profundidad del lecho filtrante propuesta.

- **Borde libre superior:** propuesto de 0 a 0.50 m

#### 3.4.4.1. Detalles del Vertedero

- **Altura del vertedero:** está dado por el caudal de aguas residuales y la longitud es propuesta hasta 0.6 m

$$H = \frac{\frac{Q}{86400}}{(1.838 * l)^2/3}$$

#### 3.4.4.2. Características de la zona de distribución de aguas residuales

- **El área de perforación unitaria,** estará dada por el diámetro de la tubería a utilizar.
- **El número de tubería,** estará dada por el diámetro y las separaciones entre las tuberías 0.40 recomendado.

$$n^{\circ}tuberia = (a - dia.) / (diam - esptub)$$

- **Número de perforaciones totales,** estará dada por la longitud de la tubería y el número de filas de perforaciones en la tubería.

$$n^{\circ}perf = \left( \frac{l}{n^{\circ}fila\ perf} \right) - 1 * esp.perf$$

- **Área total de escurrimiento,** estará dada por el área de la perforación por el número de perforaciones por tubería.

$$Ae = A * n^{\circ}perfo$$

- **Velocidad de perforación**, dada por el caudal de aguas residuales y el área de escurrimiento.

$$Vp = (Q/86400) * Ae$$

### 3.4.5. Biofiltro

- **Producción de per cápita de aguas residuales**, utilizando porcentaje de contribución y dotación.

$$Y = \text{dotacion} * \% \text{ contribucion}^5$$

- **Cálculo de DBO5 teórica**, utilizando la producción de DBO5 per cápita (Y= entre 10 y 60 grDBO5/(hab.d)) y la contribución de per cápita de aguas residuales (Qd)

$$DBO5 T = \frac{Y * 100}{Qd}$$

- **Cálculo de DBO5 remanente**, utilizando la eficiencia de remoción DBO5 y LA DBO5 teórica.

$$DBO5 R = (1 - DBO5 T) * \%E^6$$

- **Eficiencia de la remoción de DBO5%**, usando en DBO5 remanente y el DBO5 del efluente requerido.

$$E = \frac{(DBO5 R - DBO5)}{DBO5 R}$$

- **Carga de DBO**: basado en el DBO5 remanente y el caudal de aguas residuales

$$W = \frac{DBO5 * Q}{1000}$$

- **Constante de temperatura**, esta dado por el factor de temperatura

$$KT = 0.0057 (1.1) (T-20)$$

- **Tiempo de retención**, Calculado con en DBO5 remanente, el DBO requerido, temperatura y A (0.75= coeficiente determinado empíricamente que representa la fracción de DBO5 no eliminada por sedimentación a la entrada del sistema, AV = A una constante (15.7)

$$t = (\ln (DBO5 / (DBO5 R * A)))3 / 0.0875 / KT / (AV) 1.75$$

<sup>5</sup> Dato proporcionado por ENACAL

<sup>6</sup> Valor entre 50 y 100%

➤ **Número de unidades utilizadas**, para la distribución unitaria del caudal de aguas residuales está dado por la profundidad propuesta, largo y ancho del humedal.

➤ **Caudal unitario**, determinado por la cantidad de humedales propuesta y el caudal de diseño de aguas residuales

$$Q_u = Q/N^{\circ}unid$$

➤ **Área Superficial**, de cada unidad de humedales propuestas, dado por el periodo de retención, caudal unitario y profundidad propuesta.

$$A_s = \frac{t}{(0.9 * h)/Q_u}$$

➤ **Longitud total del humedal**: está dado por el área superficial y el ancho propuesto,  $L = A_s/wL$

➤ **Profundidad**, es propuesta y debe de estar de 1 a 1.5 m.

➤ **Longitud por humedal**, está dado por la longitud total del humedal y la cantidad de humedales propuestas,  $l = L/N^{\circ} unid.$

### 3.5. Costos

Al determinar los costos que conlleva la realización del proyecto, se indica cuál es aproximadamente el precio de la ejecución de la totalidad del proyecto, bajo las condiciones y consideraciones establecidas en los planos.

#### 3.5.1. Costos directos e indirectos

Para valorar los costos directos, primero se identifican las etapas y sub – etapas, se tomó como referencia el “Catálogo de Etapas y Sub – etapas del Nuevo FISE”<sup>7</sup>. Para los costos de mano de obra relacionados a cada una de estas se consultó el “Maestro de Costos Unitarios Complejos del FISE”<sup>8</sup>

---

<sup>7</sup> (FISE, 2007)

<sup>8</sup> (FISE, 2012)

Una vez identificadas se procede al cálculo de las cantidades de obra y equipos en el proyecto, según los planos y especificaciones técnicas de diseño. Seguidamente se obtienen las cantidades de materiales, mano de obra y equipos a utilizar en el proyecto.

Luego se obtiene el costo total directo que es el producto de las cantidades por el costo unitario de cada uno de los componentes.

Los costos indirectos, se obtienen a partir del total de los costos directos estimados de la obra:

- Costos indirectos de operación
  - Gastos administrativos: 15% para salarios, prestaciones y servicios
  - Alquileres y depreciaciones
  - Obligaciones y seguros
  - Materiales de consumo
- Costos indirectos de obra
  - Capacitación y promoción
  - Cargas impositivas: IR, IM
- Cargos adicionales
  - Imprevistos: corresponde al 10%
  - Impuestos y fianzas: 15%
  - Utilidad: 15%

Para finalizar, el costo total del proyecto se obtiene sumando los costos directos e indirectos del proyecto.

### 3.6. Impacto Ambiental

Para conocer el estado del medio ambiente antes de que se inicie el proyecto se establece la Línea de Base Ambiental.

Seguidamente se identifican las acciones que pueden alterar al medio ambiente. Mediante la matriz de Leopold se valoran los impactos de manera cualitativa. La magnitud, que es la alteración provocada en el factor ambiental considerado; y la importancia, que da peso relativo que tiene el factor ambiental dentro del proyecto.

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) tiene como función principal valorar los impactos ambientales potenciales asociados con el SAS y el biofiltro como planta de tratamiento; con el propósito de identificar medidas de mitigación razonables para minimizar los impactos adversos.

### 3.7. Uso de Softwares<sup>9</sup>

- **Civil 3D 2016:** Software utilizado para procesar los puntos del levantamiento topográfico, crear superficie del terreno, trazado de SAS y creación de los perfiles longitudinales de cada tramo.
- **CivilCAD 2015:** Programa de computador usado para el procesamiento de la red y obtención de datos para los cálculos de los caudales y el diseño hidráulico de las tuberías
- **AutoCAD 2015:** Software ocupado para la elaboración de los planos del SAS y planta de tratamiento.
- **Microsoft Office Excel 2007:** Herramienta utilizada para las tablas de diseño del SAS, planta de tratamiento y presupuesto.

---

<sup>9</sup> Ver Anexo XI: Uso de software

# **Capítulo IV:**

## **Resultados del diseño**

## **CAPÍTULO IV. RESULTADOS DE DISEÑO**

### **4.1. Diagnóstico**

#### **4.1.1. Cuadro general**

Debido al crecimiento poblacional se ha visto el aumento de las necesidades de los habitantes y surgen problemáticas como el deterioro de las calles porque las aguas de uso doméstico corren por ellas, y a su vez la creación del hábitat para los mosquitos transmisores de enfermedades como el dengue, chikungunya, etc., igualmente la saturación de las letrinas provocando la construcción de otra, reduciendo el espacio territorial de cada lote, también produciendo enfermedades parasitarias, la contaminación del suelo y de los mantos acuíferos.

#### **4.1.2. Población**

Hacia el año 2016, la población total de los 5B° era de 2053 habitantes (Murillo, 2016), se hizo una proyección para determinar cuál era la población actual (año 2017) utilizando el método geométrico y una tasa de crecimiento anual promedio del 3%, dando como resultado un total de 2120 habitantes.

La encuesta socio-económica aplicada (ver Tabla 611) a una muestra estadística de 325 habitantes del área de estudio, proporciona los siguientes resultados. El 77% tiene más de 10 años de vivir en el área de estudio, revelando que conocen de manera acertada la problemática que aqueja a la población. Un 68% de las viviendas son habitadas por familias de 1 a 5 miembros y un 24% de 6 a 10 ciudadanos.

**Figura 3: Tiempo de vivir en la zona de proyecto**



Fuente: Elaboración Propia (2017)

**Figura 4: Habitantes por casa**



Fuente: Elaboración Propia (2017)

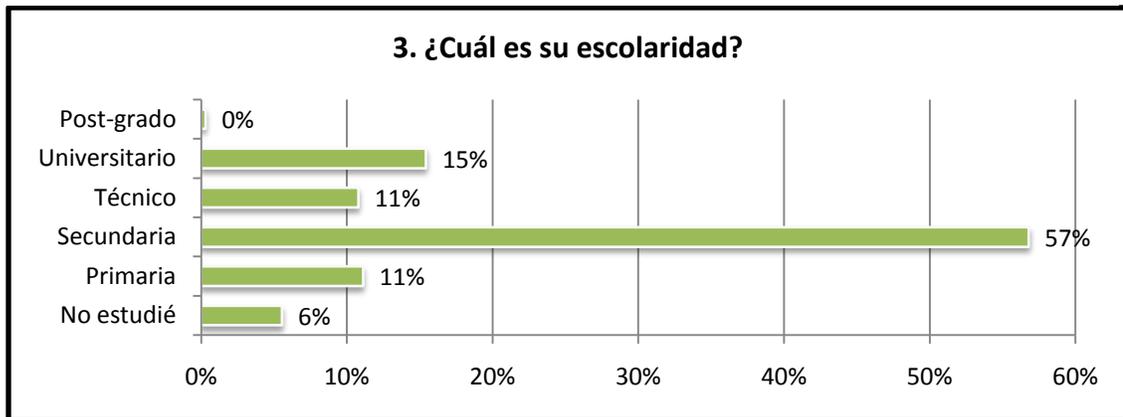
#### **4.1.3. Educación**

Existen 6 Centros de Desarrollo Infantil, el centro de educación primaria más cercana es la Escuela Modelo Monseñor Oscar Arnulfo Romero que recibe al 16% de la población que son niños entre las edades de 6-14 años.

Los bachilleres equivalen al 57% de la población encuestada (Ver Figura 5) y un 45% asiste a los centros públicos como el Instituto Reino de Suecia y el Guillermo Cano; y un 12% a colegios privados de la ciudad como el Colegio Nuestra Señora del Rosario, EMAUS, Colegio Adventista Maranatha, Maristas, etc.

Para la educación universitaria existe en la zona de estudio la Universidad Central de Nicaragua (UCN), y otras reconocidas como la UNI-RUACS, la FAREM- Estelí, la UPOLI, UPONI, etc.

**Figura 5: Escolaridad**



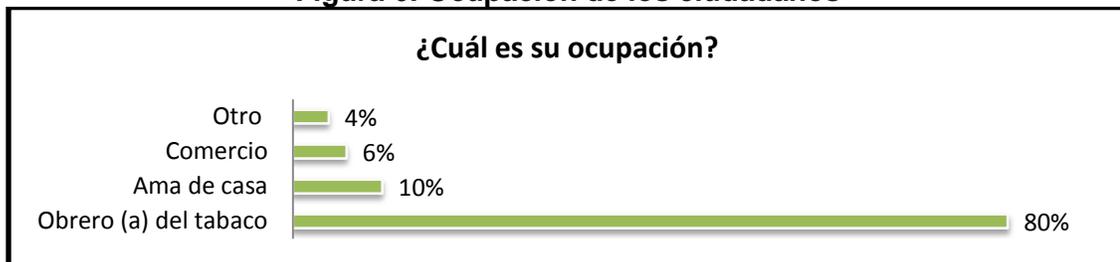
Fuente: Elaboración Propia (2017)

El 57% de los encuestados han alcanzado un nivel de educación secundaria, y un 15% ha llegado a la universidad. Sin embargo, existe un 6% que no estudió.

#### **4.1.4. Empleo**

La ciudad de Estelí es considerada como la capital del Tabaco. Esta industria genera la mayor parte de los empleos de los habitantes, y la zona de estudio no es la excepción, de hecho su ubicación es privilegiada ya que se encuentran las cuatro fábricas procesadoras de tabaco, más grandes y competitivas del municipio: Nick Cigars, My Father's Cigar, Tabacalera Olivas y Placencia Cigars.

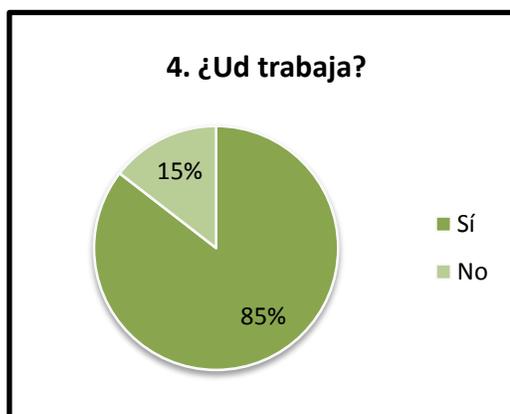
**Figura 6: Ocupación de los ciudadanos**



Fuente: Elaboración propia (2017)

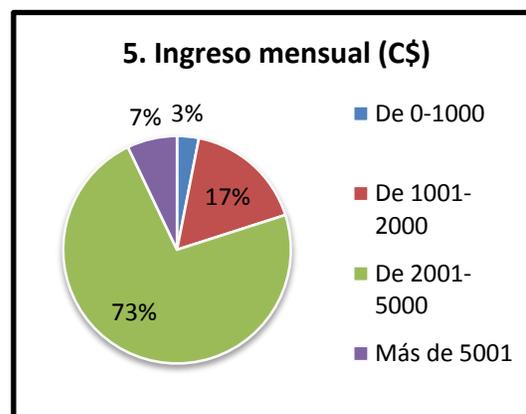
El 85% de los encuestados tiene empleo, de los cuáles el 80% son obreros del tabaco; asimismo tienen un ingreso mensual que oscila entre C\$ 2001 – C\$ 5000 según testifica el 73% de la muestra.

**Figura 7: Población económicamente activa**



Fuente: Elaboración Propia (2017)

**Figura 8: Ingreso Mensual**



Fuente: Elaboración Propia (2017)

#### **4.1.1. Servicios básicos**

Según la Alcaldía de Estelí, el 97% de la población de los 5B° cuenta con la red de agua potable en sus hogares gracias a ENACAL, el 90% tiene energía eléctrica que distribuye la empresa DISSNORTE-DISSSUR; también un 68% cuenta con servicio de televisión por cable y el tren de aseo pasa una vez por semana recolectando la basura por los barrios asistiendo al 91% de las viviendas.

El tipo de estructura existente en los 5B° son los postes de energía eléctrica y cable de televisión, ubicados en los márgenes de las calles por lo que no se interponen con la estructura sanitaria proyectada.

#### **4.1.2. Escenario evidente del área del proyecto**

Puesto que este sector está ubicado en un extremo de la ciudad carece de condiciones que los sectores central y sur gozan como el sistema de alcantarillado sanitario y su tratamiento, y el revestimiento de las calles.

##### **4.1.2.1. Infraestructura**

En la parte sur de la zona de proyecto existe una carretera conectada al este con la carretera panamericana, y al oeste se dirige al Sauce, León; permitiendo

conectar estos barrios de la periferia con los barrios céntricos de la ciudad. El SAS existente se ubica bajo esta carretera. Los habitantes ubicados a la orilla de ésta gozan de su conexión al sistema.

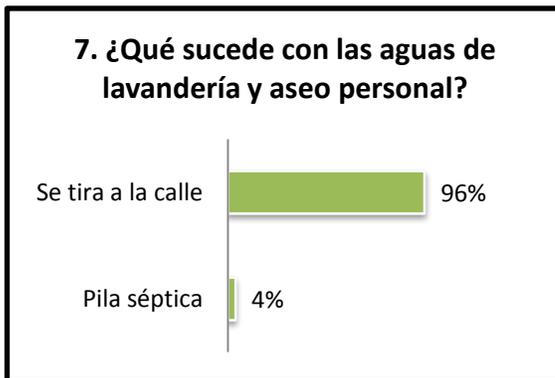
#### 4.1.2.2. Calles

En los 5B° es evidente el deterioro de las calles principales y secundarias, la causa es la combinación de varios agentes, como las aguas domésticas, que provienen del 96% de la población, y el tráfico peatonal y vehicular. Este inconveniente se agudiza aún más en la temporada lluviosa. (Ver Imagen 3)

Las afectaciones que sufren los habitantes son muchas, entre ellas están los daños a la propiedad, la contaminación y la salud; pero la mayor de ellas es la inconformidad con sus vecinos con un 53%

**Figura 9: Destino de las aguas domésticas**

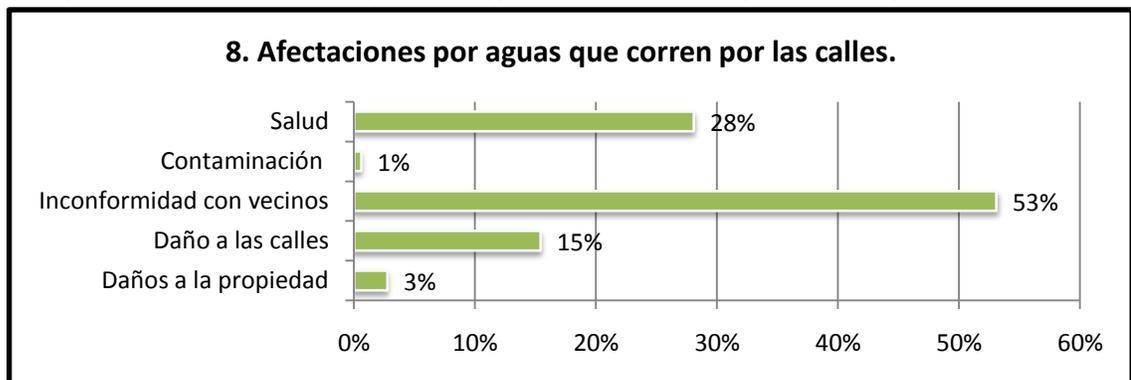
De acuerdo a (Valdivia, 2017), los



5B° se han visto afectados desde que estos existen y al pasar de los años por el deterioro de las calles, agravándose en el periodo de invierno.

Fuente: Elaboración Propia (2017)

**Figura 10: Afectaciones por las aguas domésticas que corren por las calles**



Fuente: Elaboración Propia (2017)

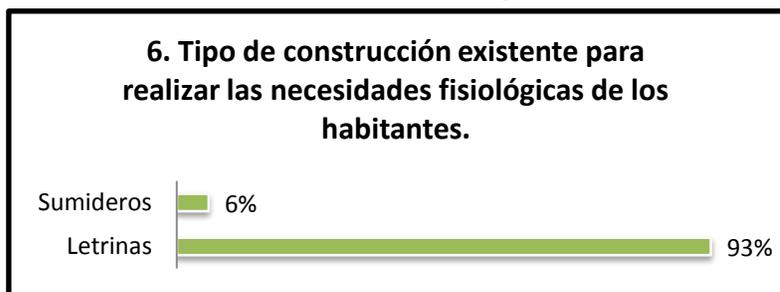
Las calles se inundan por las lluvias y por las aguas domésticas, quedando charcos que son peligrosos para el transitar de la población, y que son hábitat para la proliferación de los mosquitos.

La alcaldía de Estelí ha invertido en la reparación de las calles con material selecto para aplacar un poco el mal estado de las vías, a pesar de este esfuerzo, la problemática se vive año con año.

#### 4.1.2.3. Letrinas

Para evacuar los desechos fisiológicos el 93% de la población cuenta con letrinas en sus propiedades, y un 6% tiene sumideros.

**Figura 11: Tipos de construcción para realizar necesidades fisiológicas**



Fuente: Elaboración Propia (2017)

(Cornejo, 2017), habitante del barrio Dios Proveerá, hizo referencia a que muchas de las letrinas ya están saturadas, en los casos más agudos los gusanos salen de ellas. Los habitantes afectados se dan a la búsqueda de soluciones limitadas como: la construcción de otra letrina en su propiedad, provocando la reducción del espacio territorial; otros buscan camiones que succionen los desechos para seguirla utilizando. Sin embargo, aunque estas construcciones no estén llenas en verano, el problema se agrava en invierno debido a que el agua superficial se filtra a las letrinas provocando que estas se saturen; esto trae consigo desconcierto y problemas de salud a la población expuesta a estas condiciones.

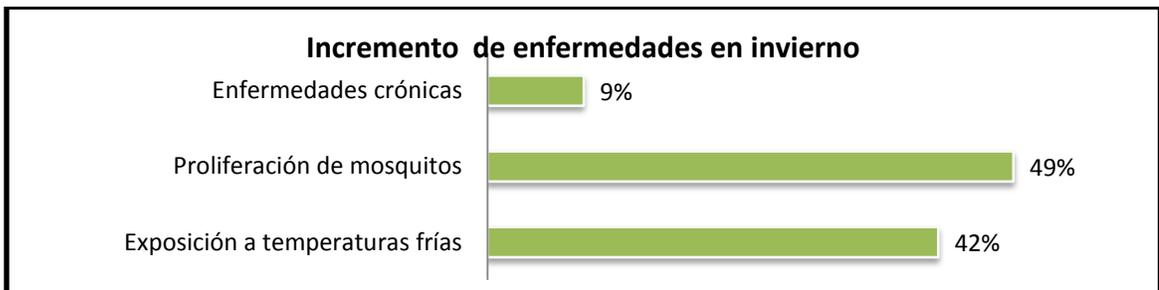
#### 4.1.3. Salud

El centro de salud que atiende a la población de los 5B se encuentra frente a la Tabacalera NACSA, ubicado en la periferia sur de la zona de estudio. Este brinda atención especial a niños, ancianos y embarazadas, también existe la entrega de medicamentos a personas que padecen de diabetes, y se les da seguimiento a las personas que llegan padeciendo algún tipo de enfermedades

transmitidas por mosquitos, llegando a sus hogares a abatizar y eliminando focos de propagación de estos insectos.

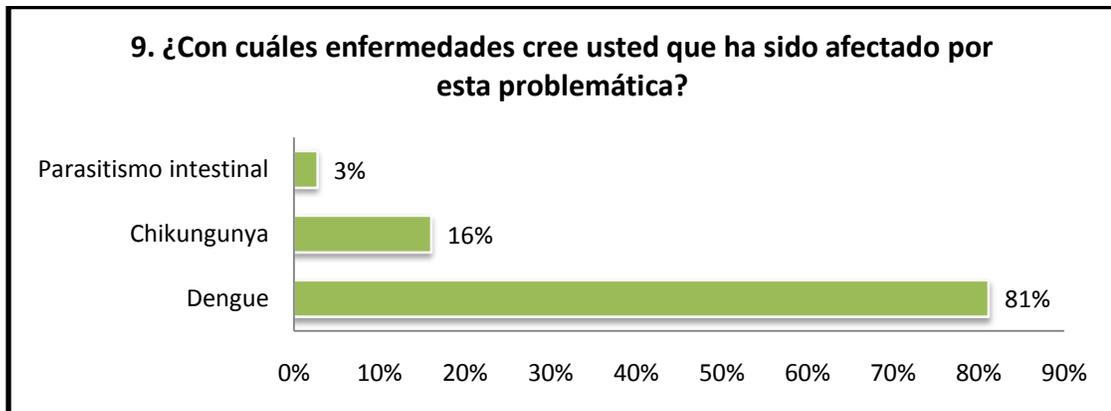
De acuerdo a estadísticas reflejadas por el MINSA-Estelí, en la temporada de invierno existe un incremento de enfermedades, siendo un 49% por la proliferación de mosquitos.

**Figura 12: Incremento de enfermedades en Estelí en la época de invierno**



Fuente: Elaboración Propia (2017)

**Figura 13: Enfermedades que afectan a los habitantes**



Fuente: Elaboración Propia (2017)

El 81% de los encuestados han sido afectados por el dengue, y otro 16% por el Chikungunya. Esto debido a que en estos barrios se crea un ambiente idóneo para la propagación de mosquitos transmisores de estas enfermedades, que en el peor de los casos, como el dengue hemorrágico, cobra vidas humanas.

#### **4.1.3.1. Topografía**

A simple vista, el lado oeste de los 5B° presenta pendientes inclinadas dirigidas a la parte este y central del área de estudio, este otro sector se asienta sobre una superficie relativamente plana, tiene escasas pendientes. Se debe de escoger la mejor ruta para el diseño por gravedad.

#### **4.1.3.2. Descarga final**

Las plantas de tratamiento de aguas residuales más usadas en Nicaragua son las lagunas de estabilización. En Estelí están ubicadas a la salida norte de la ciudad; no obstante ya no pueden abastecer a más usuarios. A demás es causa de mala estética al municipio debido a los malos olores que produce, que son de incomodidad a la población en general, la que circula en la vía panamericana y paralela a estas lagunas, y a las personas que viven y trabajan a sus alrededores.

A pesar de la existencia de estas lagunas de estabilización, la población que habita en el área de estudio no goza de este beneficio.

### **4.2. Sistema de alcantarillado Sanitario**

Aunque pueden existir más de una alternativa de recolección, se priorizó la búsqueda de la mejor solución, a un bajo costo y un mejor funcionamiento hidráulico, tomando en cuenta las tecnologías condominial y convencional.

Las tuberías se proyectaron de modo que el flujo estuviera en el mismo sentido de la pendiente natural del terreno. Esto permite un mínimo de excavación y un flujo por gravedad. Las tuberías diseñadas fueron la colectora principal y las sub-colectoras; en donde las líneas de las alcantarillas se ubican dependiendo de sentidos de escurrimiento de cada manzana, al mismo tiempo la red pública une a los ramales por medio de los PVS hasta llegar al emisario final, la planta de tratamiento.

#### 4.2.1. Levantamiento Topográfico

Es de imperiosa necesidad para el trazado del sistema de alcantarillado sanitario conocer los puntos importantes de la superficie del área de estudio. Por lo tanto se realizó un levantamiento topográfico del área de estudio por medio del seguimiento de señales GPS que ofrece el sistema "ProMark 120"<sup>10</sup>, (ver Imagen 8).

Luego de procesar y analizar los datos se obtuvieron las curvas de nivel, se conoce que las elevaciones del sector de estudio se encuentran entre 822 msnm y 841 msnm, (ver en el juego de planos)

#### 4.2.2. Periodo de diseño

Por considerar los altos costos de inversión inicial para proyectos con largos períodos de diseño y por recomendaciones de expertos como ENACAL, se propone uno de 20 años

#### 4.2.3. Parámetros de diseño para un SAS

##### ➤ Proyección de la población

La población de diseño se proyecta utilizando el método geométrico, con una tasa de crecimiento anual del 3%

$$P_f = P_{ac} (1 + r)^{T_f - T_{ac}} = 2120 \text{ Hab} (1 + 0.03)^{2037 - 2017} = 4019 \approx 4100 \text{ hab}$$

##### ➤ Dotación

Para una población entre 0 a 5000 habitantes es de 100 L/hab/día

#### 4.2.4. Cálculo de caudales

##### ➤ Densidad de la población,

$$D = \frac{\text{Población Total}}{\text{Long. Total de la red}} = \frac{4100 \text{ hab}}{3955 \text{ m}} = 1.04 \text{ hab/m}$$

##### ➤ Población servida por el tramo, (PVS 1-2)

---

<sup>10</sup> [www.spectraprecision.com](http://www.spectraprecision.com): las mediciones son de alta fidelidad y eficientes según SPECTRA PRECISION su uso es sencillo y su diseño portátil.

$$P = Long * Densidad = 35m * 1.04 \frac{hab}{m} = 36 hab$$

- **Caudal medio de aguas residuales (Qmed):**

$$Q_{med} = \frac{CR * C * P}{86400} = \frac{0.8 * \frac{100 \frac{L}{hab}}{dia} * 36 hab}{86400} = 0.03 L/s$$

- **Caudal máximo horario de aguas residuales (Qmh):**

$$Q_{mh} = Q_{med} * K^{11} = 0.03 \frac{L}{s} * 2 = 0.07 L/s$$

- **Caudal por conexiones erradas,**

$$Q_e = 0.05\% Q_{mh} = 0.05 * 0.07 \frac{L}{s} = 0.003 L/s$$

Las tablas sucesivas se calculan el caudal de diseño de cada colector, tomando en cuenta la información previa.

---

<sup>11</sup> Coeficiente de flujo máximo, aunque se puede estimar por medio de la ecuación de Harmon, se decidió aplicar el valor de la Tabla 9, debido a que son criterios nacionales establecidos.

**Tabla 11: Cálculo de los caudales de diseño, Tramo 1 y 2**

Tramo	Long parcial	Dotación	Población			Factor	Q medio	Qmh	Q inf	Q inf acum	Qesp	Con. Erradas	Q diseño (L/s)	
			Dens.	Tramo	Acum								K	L/s
<b>Tramo 1: 1-37</b>														
1-2	35	100	1.04	36	36	2	0.03	0.07	0.0002	2E-04	0.01	0.00	0.08	1.50
2-3	60	100	1.04	62	98	2	0.09	0.18	0.0003	5E-04	0.01	0.01	0.21	1.50
3-4	98	100	1.04	102	200	2	0.19	0.37	0.0005	0.001	0.03	0.02	0.42	1.50
4-5	85	100	1.04	88	288	2	0.27	0.53	0.0005	0.002	0.04	0.03	0.60	1.50
5-29	6	100	1.04	6	294	2	0.27	0.55	3E-05	0.002	0.04	0.03	0.62	1.50
29-37	35	100	1.04	36	331	2	0.31	0.61	0.0002	0.002	0.05	0.03	0.69	1.50
<b>Tramo 2: De 6 y 18 - 37</b>														
18-19	38	100	1.04	39	39	2	0.04	0.07	0.0002	2E-04	0.01	0.00	0.08	1.50
19-20	17	100	1.04	18	57	2	0.05	0.11	9E-05	3E-04	0.01	0.01	0.12	1.50
20-21	11	100	1.04	11	68	2	0.06	0.13	6E-05	4E-04	0.01	0.01	0.14	1.50
21-22	33	100	1.04	34	103	2	0.10	0.19	0.0002	5E-04	0.02	0.01	0.22	1.50
22-23	8	100	1.04	8	111	2	0.10	0.21	4E-05	6E-04	0.02	0.01	0.23	1.50
23-24	24	100	1.04	25	136	2	0.13	0.25	0.0001	7E-04	0.02	0.01	0.28	1.50
24-25	21	100	1.04	22	158	2	0.15	0.29	0.0001	8E-04	0.02	0.01	0.33	1.50
25-26	15	100	1.04	16	173	2	0.16	0.32	8E-05	9E-04	0.03	0.02	0.36	1.50
26-27	21	100	1.04	22	195	2	0.18	0.36	0.0001	0.001	0.03	0.02	0.41	1.50
27-30	28	100	1.04	29	224	2	0.21	0.41	0.0002	0.001	0.03	0.02	0.47	1.50
6-7	33	100	1.04	34	34	2	0.03	0.06	0.0002	2E-04	0.01	0.00	0.07	1.50
7-8	24	100	1.04	25	59	2	0.05	0.11	0.0001	3E-04	0.01	0.01	0.12	1.50
9-10	33	100	1.04	34	34	2	0.03	0.06	0.0002	3E-04	0.01	0.00	0.07	1.50
8-11	90	100	1.04	93	152	2	0.14	0.28	0.0005	8E-04	0.02	0.01	0.32	1.50
10-11	24	100	1.04	25	59	2	0.05	0.11	0.0001	4E-04	0.01	0.01	0.12	1.50
11-12	29	100	1.04	30	242	2	0.22	0.45	0.0002	0.001	0.04	0.02	0.51	1.50

Fuente: Elaboración propia (2017)

**Tabla 12: Cálculo de los caudales de diseño, Tramo 2 (continuación), 3 y 4**

Tramo	Long parcial	Dotación	Población			Factor	Q medio	Qmh	Q inf	Q inf acum	Qesp	Con. Erradas	Q diseño (L/s)	
			Dens.	Tramo	Acum								K	L/s
<b>Tramo 2: De 6 y 18 - 37 (continuación)</b>														
12-13	22	100	1.04	23	264	2	0.24	0.49	0.0001	0.002	0.04	0.02	0.55	1.50
13-14	51	100	1.04	53	317	2	0.29	0.59	0.0003	0.002	0.05	0.03	0.67	1.50
14-15	31	100	1.04	32	349	2	0.32	0.65	0.0002	0.002	0.05	0.03	0.73	1.50
17-16	12	100	1.04	12	12	2	0.01	0.02	7E-05	7E-05	0.00	0.00	0.03	1.50
16-15	25	100	1.04	26	38	2	0.04	0.07	0.0001	2E-04	0.01	0.00	0.08	1.50
15-32	25	100	1.04	26	414	2	0.38	0.77	0.0001	0.002	0.06	0.04	0.87	1.50
31-32	17	100	1.04	18	18	2	0.02	0.03	9E-05	9E-05	0.00	0.00	0.04	1.50
32-33	32	100	1.04	33	464	2	0.43	0.86	0.0002	0.003	0.07	0.04	0.97	1.50
33-34	35	100	1.04	36	501	2	0.46	0.93	0.0002	0.003	0.07	0.05	1.05	1.50
34-35	18	100	1.04	19	519	2	0.48	0.96	1E-04	0.003	0.08	0.05	1.09	1.50
35-30	28	100	1.04	29	548	2	0.51	1.02	0.0002	0.003	0.08	0.05	1.15	1.50
30-36	57	100	1.04	59	831	2	0.77	1.54	0.0003	0.005	0.12	0.08	1.74	1.74
36-37	33	100	1.04	34	866	2	0.80	1.60	0.0002	0.005	0.13	0.08	1.82	1.82
<b>Tramo 3: De 37-84</b>														
37-38	9	100	1.04	9	1206	2	1.12	2.23	5E-05	0.007	0.18	0.11	2.53	2.53
38-39	16	100	1.04	17	1222	2	1.13	2.26	9E-05	0.007	0.18	0.11	2.56	2.56
39-40	52	100	1.04	54	1276	2	1.18	2.36	0.0003	0.007	0.19	0.12	2.68	2.68
40-82	97	100	1.04	101	1377	2	1.27	2.55	0.0005	0.008	0.20	0.13	2.89	2.89
82-83	98	100	1.04	102	1478	2	1.37	2.74	0.0005	0.008	0.22	0.14	3.10	3.10
83-84	45	100	1.04	47	1525	2	1.41	2.82	0.0002	0.008	0.23	0.14	3.20	3.20
<b>Tramo 4: De 41 y 49 - 77</b>														
41-42	38	100	1.04	39	39	2	0.04	0.07	0.0002	2E-04	0.01	0.00	0.08	1.50
42-43	32	100	1.04	33	73	2	0.07	0.13	0.0002	4E-04	0.01	0.01	0.15	1.50

Fuente: Elaboración propia (2017)

**Tabla 13: Cálculo de los caudales de diseño, Tramo 4 (continuación) y 5**

Tramo	Long parcial	Dotación	Población			Factor	Q medio	Qmh	Q inf	Q inf acum	Qesp	Con. Erradas	Q diseño (L/s)	
			Dens.	Tramo	Acum								K	L/s
<b>Tramo 4: De 41 y 49 - 77 (continuación)</b>														
43-44	41	100	1.04	43	115	2	0.11	0.21	0.0002	6E-04	0.02	0.01	0.24	1.50
44-46	41	100	1.04	43	158	2	0.15	0.29	0.0002	8E-04	0.02	0.01	0.33	1.50
45-46	26	100	1.04	27	27	2	0.02	0.05	0.0001	1E-04	0.00	0.00	0.06	1.50
46-47	22	100	1.04	23	207	2	0.19	0.38	0.0001	0.001	0.03	0.02	0.43	1.50
47-48	48	100	1.04	50	257	2	0.24	0.48	0.0003	0.001	0.04	0.02	0.54	1.50
48-53	33	100	1.04	34	291	2	0.27	0.54	0.0002	0.002	0.04	0.03	0.61	1.50
49-50	22	100	1.04	23	23	2	0.02	0.04	0.0001	1E-04	0.00	0.00	0.05	1.50
50-51	69	100	1.04	72	94	2	0.09	0.17	0.0004	5E-04	0.01	0.01	0.20	1.50
51-52	38	100	1.04	39	134	2	0.12	0.25	0.0002	7E-04	0.02	0.01	0.28	1.50
52-53	77	100	1.04	80	214	2	0.20	0.40	0.0004	0.001	0.03	0.02	0.45	1.50
53-74	70	100	1.04	73	577	2	0.53	1.07	0.0004	0.003	0.09	0.05	1.21	1.50
74-75	70	100	1.04	73	650	2	0.60	1.20	0.0004	0.003	0.10	0.06	1.36	1.36
75-76	75	100	1.04	78	728	2	0.67	1.35	0.0004	0.004	0.11	0.07	1.53	1.53
76-77	26	100	1.04	27	755	2	0.70	1.40	0.0001	0.004	0.11	0.07	1.58	1.58
<b>Tramo 5: De 54 y 64 - 77</b>														
54-55	34	100	1.04	35	35	2	0.03	0.07	0.0002	2E-04	0.01	0.00	0.07	1.50
55-57	38	100	1.04	39	75	2	0.07	0.14	0.0002	4E-04	0.01	0.01	0.16	1.50
56-57	21	100	1.04	22	22	2	0.02	0.04	0.0001	4E-04	0.00	0.00	0.05	1.50
57-58	96	100	1.04	100	196	2	0.18	0.36	0.0005	0.001	0.03	0.02	0.41	1.50
59-58	24	100	1.04	25	25	2	0.02	0.05	0.0001	1E-04	0.00	0.00	0.05	1.50
58-60	59	100	1.04	61	282	2	0.26	0.52	0.0003	0.002	0.04	0.03	0.59	1.50
60-61	40	100	1.04	41	323	2	0.30	0.60	0.0002	0.002	0.05	0.03	0.68	1.50
61-62	31	100	1.04	32	356	2	0.33	0.66	0.0002	0.002	0.05	0.03	0.75	1.50

Fuente: Elaboración propia (2017)

**Tabla 14: Cálculo de los caudales de diseño, Tramo 5 (continuación) y 6**

Tramo	Long parcial	Dotación	Población			Factor	Q medio	Qmh	Q inf	Q inf acum	Qesp	Con. Erradas	Q diseño (L/s)	
			Dens.	Tramo	Acum								K	L/s
<b>Tramo 5: De 54 y 64 - 77 (continuación)</b>														
62-63	31	100	1.04	32	388	2	0.36	0.72	0.0002	0.002	0.06	0.04	0.81	1.50
64-65	29	100	1.04	30	30	2	0.03	0.06	0.0002	2E-04	0.00	0.00	0.06	1.50
65-66	21	100	1.04	22	52	2	0.05	0.10	0.0001	3E-04	0.01	0.00	0.11	1.50
66-67	8	100	1.04	8	60	2	0.06	0.11	4E-05	3E-04	0.01	0.01	0.13	1.50
67-68	9	100	1.04	9	69	2	0.06	0.13	5E-05	4E-04	0.01	0.01	0.15	1.50
68-69	21	100	1.04	22	91	2	0.08	0.17	0.0001	5E-04	0.01	0.01	0.19	1.50
69-70	26	100	1.04	27	118	2	0.11	0.22	0.0001	6E-04	0.02	0.01	0.25	1.50
71-70	9	100	1.04	9	9	2	0.01	0.02	5E-05	5E-05	0.00	0.00	0.02	1.50
70-63	30	100	1.04	31	159	2	0.15	0.29	0.0002	8E-04	0.02	0.01	0.33	1.50
63-72	27	100	1.04	28	574	2	0.53	1.06	0.0001	0.003	0.09	0.05	1.21	1.50
72-73	28	100	1.04	29	603	2	0.56	1.12	0.0002	0.004	0.09	0.06	1.27	1.27
73-77	7	100	1.04	7	611	2	0.57	1.13	4E-05	0.004	0.09	0.06	1.28	1.28
<b>Tramo 6: De 77 y 88 - 99</b>														
77-78	24	100	1.04	25	1390	2	1.29	2.57	0.0001	0.008	0.21	0.13	2.92	2.92
78-79	99	100	1.04	103	1493	2	1.38	2.76	0.0005	0.008	0.22	0.14	3.13	3.13
79-80	80	100	1.04	83	1576	2	1.46	2.92	0.0004	0.009	0.23	0.15	3.31	3.31
80-81	24	100	1.04	25	1601	2	1.48	2.96	0.0001	0.009	0.24	0.15	3.36	3.36
81-84	25	100	1.04	26	1627	2	1.51	3.01	0.0001	0.009	0.24	0.15	3.41	3.41
84-85	20	100	1.04	21	3172	2	2.94	5.87	0.0001	0.017	0.47	0.29	6.66	6.66
85-86	31	100	1.04	32	3204	2	2.97	5.93	0.0002	0.018	0.47	0.30	6.72	6.72
86-91	45	100	1.04	47	3251	2	3.01	6.02	0.0002	0.018	0.48	0.30	6.82	6.82
87-89	32	100	1.04	33	33	2	0.03	0.06	0.0002	2E-04	0.00	0.00	0.07	1.50
88-89	73	100	1.04	76	76	2	0.07	0.14	0.0004	4E-04	0.01	0.01	0.16	1.50

Fuente: Elaboración propia (2017)

**Tabla 15: Cálculo de los caudales de diseño, Tramo 6 (continuación) y 7**

Tramo	Long parcial	Dotación	Población			Factor	Q medio	Qmh	Q inf	Q inf acum	Qesp	Con. Erradas	Q diseño (L/s)	
			Dens.	Tramo	Acum								K	L/s
<b>Tramo 6: De 77 y 88 - 99 (continuación)</b>														
89-90	52	100	1.04	54	163	2	0.15	0.30	0.0003	9E-04	0.02	0.02	0.34	1.50
90-91	34	100	1.04	35	198	2	0.18	0.37	0.0002	0.001	0.03	0.02	0.42	1.50
91-92	41	100	1.04	43	3491	2	3.23	6.47	0.0002	0.019	0.52	0.32	7.33	7.33
92-99	95	100	1.04	98	3590	2	3.32	6.65	0.0005	0.02	0.53	0.33	7.53	7.53
<b>Tramo 7: De 93 y 102 - 115</b>														
93-94	24	100	1.04	25	25	2	0.02	0.05	0.0001	1E-04	0.00	0.00	0.05	1.50
94-95	20	100	1.04	21	46	2	0.04	0.08	0.0001	2E-04	0.01	0.00	0.10	1.50
95-96	23	100	1.04	24	69	2	0.06	0.13	0.0001	4E-04	0.01	0.01	0.15	1.50
96-97	18	100	1.04	19	88	2	0.08	0.16	1E-04	5E-04	0.01	0.01	0.18	1.50
97-98	24	100	1.04	25	113	2	0.10	0.21	0.0001	6E-04	0.02	0.01	0.24	1.50
98-99	19	100	1.04	20	133	2	0.12	0.25	0.0001	7E-04	0.02	0.01	0.28	1.50
99-100	7	100	1.04	7	3730	2	3.45	6.91	4E-05	0.02	0.55	0.35	7.83	7.83
100-101	29	100	1.04	30	3760	2	3.48	6.96	0.0002	0.021	0.56	0.35	7.89	7.89
101-110	42	100	1.04	44	3804	2	3.52	7.04	0.0002	0.021	0.56	0.35	7.98	7.98
102-103	24	100	1.04	25	25	2	0.02	0.05	0.0001	1E-04	0.00	0.00	0.05	1.50
103-104	19	100	1.04	20	45	2	0.04	0.08	0.0001	2E-04	0.01	0.00	0.09	1.50
104-105	26	100	1.04	27	72	2	0.07	0.13	0.0001	4E-04	0.01	0.01	0.15	1.50
105-106	20	100	1.04	21	92	2	0.09	0.17	0.0001	5E-04	0.01	0.01	0.19	1.50
106-107	25	100	1.04	26	118	2	0.11	0.22	0.0001	6E-04	0.02	0.01	0.25	1.50
107-108	19	100	1.04	20	138	2	0.13	0.26	0.0001	7E-04	0.02	0.01	0.29	1.50
108-109	28	100	1.04	29	167	2	0.15	0.31	0.0002	9E-04	0.02	0.02	0.35	1.50
109-110	17	100	1.04	18	185	2	0.17	0.34	9E-05	1E-03	0.03	0.02	0.39	1.50
110-111	26	100	1.04	27	4015	2	3.72	7.44	0.0001	0.022	0.59	0.37	8.42	8.42

Fuente: Elaboración propia (2017)

**Tabla 16: Cálculo de los caudales de diseño, Tramo 7 (continuación)**

Tramo	Long parcial	Dotación	Población			Factor	Q medio	Qmh	Q inf	Q inf acum	Qesp	Con. Erradas	Q diseño (L/s)	
			Dens.	Tramo	Acum								K	L/s
<b>Tramo 7: De 93 y 102 - 115 (continuación)</b>														
111-112	17	100	1.04	18	4033	2	3.73	7.47	9E-05	0.022	0.60	0.37	8.46	8.46
113-112	42	100	1.04	44	44	2	0.04	0.08	0.0002	2E-04	0.01	0.00	0.09	1.50
112-114	5	100	1.04	5	4081	2	3.78	7.56	3E-05	0.022	0.60	0.38	8.56	8.56
114-115	18	100	1.04	19	4100	2	3.80	7.59	1E-04	0.022	0.61	0.38	8.60	8.60

Fuente: Elaboración propia (2017)

#### 4.2.5. Hidráulica en las alcantarillas

Una vez obtenido el caudal de diseño para cada colector, se prosigue con el cálculo hidráulico de la red de colectores teniendo en cuenta que el diseño de los colectores es para trabajar a flujo libre por gravedad. Asimismo la lámina de agua debe ser paralela al fondo de la tubería y la velocidad constante a lo largo del trayecto, es decir que ésta es paralela a la línea de energía

Se considera que el material de la tubería es policloruro de vinilo (PVC), con un coeficiente de rugosidad de Manning,  $n$ , igual a 0.009; que el tirante máximo de 75% para tuberías de 150 mm y mayores; y que la tensión tractiva mayor a 1 Pascal.

##### 4.2.5.1. Flujo en las tuberías a sección llena

###### ➤ Área a tubo lleno

$$A = \frac{\pi}{4} * \emptyset_{de\ la\ tub}^2 = \frac{\pi}{4} * (0.150\ m)^2 = 0.02\ m^2$$

➤ **Radio Hidráulico**

Perímetro de la sección,  $P = \pi * \phi \text{ de la tub} = \pi * 0.150\text{m} = 0.47 \text{ m}$

$$Rh = P * A = 0.47 \text{ m} * 0.02 \text{ m}^2 = 0.04 \text{ m}$$

➤ **Velocidad a tubo lleno**

$$V = \frac{1}{n} * Rh^{2/3} * S^{1/2} = \frac{1}{0.009} * (0.04)^{2/3} * (0.021)^{1/2} = 1.8 \text{ m/s}$$

➤ **Caudal a tubo lleno**

$$Q = V * A = 1.8 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0.02 \text{ m}^2 = 0.03 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 4.2.5.2. Flujo en las tuberías a sección parcialmente llena

Se hace la relación entre caudal de diseño y caudal a tubo lleno,  $Q/Q_{ll} = 0.05$ ; el resultado se busca en las propiedades hidráulicas de la sección circular.

➤ **d/D** : La relación entre lámina de agua y diámetro interno de la tubería,  $d/D=0.182$ , que sirve para calcular el **Tirante** de agua, la altura de fuljo debe ser menor al 75% del diámetro de la tubería, para que la alcantarilla trabaje a gravedad y no a presión

$$\text{Tirante} = 0.182 * 100 = 18\%.$$

➤ **R/R<sub>0</sub>**: La relación entre radio hidráulico de la sección de flujo y radio hidráulico a tubo lleno,

$$\frac{R}{R_0} = 0.449 \rightarrow R = 0.449 * R_0 \rightarrow R \text{ parc ll} = 0.449 * 0.04 \text{ m} = 0.02 \text{ m};$$

Para calcular la **tensión tractiva**,

$$\tau = W * Rh * S = 9810 \frac{\text{N}}{\text{m}^3} * 0.02 \text{ m} * 0.021 = 3.47 \text{ Pa} > 1 \text{ Pa} \dots \text{Ok!}$$

Los resultados que se presentan en la tablas siguientes no se obtuvieron necesariamente de manera directa, sino que se realizaron varios diseños preliminares hasta lograr el resultado que satisface las normas y recomendaciones previas, y los criterios nacionales para optimiza el diseño.

**Tabla 17: Diseño hidráulico de los colectores, Tramo 1 y 2**

Tramo	Long	Q Dis	S tub dis	Ø tub		All	Perím	Ro	VII	QII	Q/QII	V/VII	V dis	d/D	Tirante	R/Ro	R parc II	T tract
De-A	(m)	(L/s)	m/m	(")	int (m)	m2	m	(m)	(m/s)	m3/s			(m/s)		<75%		(m)	>1 Pa
<b>Tramo 1: 1-37</b>																		
1-2	35	1.50	0.021	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.80	0.03	0.05	0.453	0.82	0.182	18	0.449	0.02	3.47
2-3	60	1.50	0.006	6	0.150	0.02	0.47	0.04	0.96	0.02	0.09	0.520	0.50	0.232	23	0.554	0.02	1.22
3-4	98	1.50	0.006	6	0.150	0.02	0.47	0.04	0.96	0.02	0.09	0.520	0.50	0.232	23	0.554	0.02	1.22
4-5	85	1.50	0.006	6	0.150	0.02	0.47	0.04	0.96	0.02	0.09	0.520	0.50	0.232	23	0.554	0.02	1.22
5-29	6	1.50	0.006	6	0.150	0.02	0.47	0.04	0.96	0.02	0.09	0.520	0.50	0.232	23	0.554	0.02	1.22
29-37	35	1.50	0.006	6	0.150	0.02	0.47	0.04	0.96	0.02	0.09	0.520	0.50	0.232	23	0.554	0.02	1.22
<b>Tramo 2: De 6 y 18 - 37</b>																		
18-19	38	1.50	0.015	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.52	0.03	0.06	0.473	0.72	0.196	20	0.481	0.02	2.65
19-20	17	1.50	0.019	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.72	0.03	0.05	0.453	0.78	0.182	18	0.449	0.02	3.14
20-21	11	1.50	0.015	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.52	0.03	0.06	0.473	0.72	0.196	20	0.481	0.02	2.65
21-22	33	1.50	0.019	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.72	0.03	0.05	0.453	0.78	0.182	18	0.449	0.02	3.14
22-23	8	1.50	0.014	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.47	0.03	0.06	0.473	0.70	0.196	20	0.481	0.02	2.48
23-24	24	1.50	0.012	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.36	0.02	0.06	0.473	0.65	0.196	20	0.481	0.02	2.12
24-25	21	1.50	0.011	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.31	0.02	0.07	0.492	0.64	0.210	21	0.510	0.02	2.06
25-26	15	1.50	0.014	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.47	0.03	0.06	0.473	0.70	0.196	20	0.481	0.02	2.48
26-27	21	1.50	0.012	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.36	0.02	0.06	0.473	0.65	0.196	20	0.481	0.02	2.12
27-30	28	1.50	0.010	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.24	0.02	0.07	0.492	0.61	0.210	21	0.510	0.02	1.88
6-7	33	1.50	0.025	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.97	0.03	0.04	0.427	0.84	0.165	17	0.410	0.02	3.77
7-8	24	1.50	0.025	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.97	0.03	0.04	0.427	0.84	0.165	17	0.410	0.02	3.77
9-10	33	1.50	0.034	6	0.150	0.02	0.47	0.04	2.30	0.04	0.04	0.427	0.98	0.165	17	0.410	0.02	5.13
8-11	90	1.50	0.021	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.80	0.03	0.05	0.453	0.82	0.182	18	0.449	0.02	3.47
10-11	24	1.50	0.037	6	0.150	0.02	0.47	0.04	2.39	0.04	0.04	0.427	1.02	0.165	17	0.410	0.02	5.58

Fuente: Elaboración propia (2017)

**Tabla 18: Diseño hidráulico de los colectores, Tramo 2 (continuación), 3 y 4**

Tramo	Long	Q Dis	S tub dis	Ø tub		All	Perím	Ro	VII	QII	Q/QII	V/VII	V dis	d/D	Tirante	R/Ro	R parc II	T tract
De-A	(m)	(L/s)	m/m	(")	int (m)	m2	m	(m)	(m/s)	m3/s			(m/s)		<75%		(m)	>1 Pa
<b>Tramo 2: De 6 y 18 - 37 (continuación)</b>																		
11-12	29	1.50	0.013	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.42	0.03	0.06	0.473	0.67	0.196	20	0.481	0.02	2.30
12-13	22	1.50	0.017	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.62	0.03	0.05	0.453	0.74	0.182	18	0.449	0.02	2.81
13-14	51	1.50	0.014	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.47	0.03	0.06	0.473	0.70	0.196	20	0.481	0.02	2.48
14-15	31	1.50	0.010	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.24	0.02	0.07	0.492	0.61	0.210	21	0.510	0.02	1.88
17-16	12	1.50	0.009	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.18	0.02	0.07	0.492	0.58	0.210	21	0.510	0.02	1.69
16-15	25	1.50	0.010	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.24	0.02	0.07	0.492	0.61	0.210	21	0.510	0.02	1.88
15-32	25	1.50	0.018	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.67	0.03	0.05	0.453	0.76	0.182	18	0.449	0.02	2.97
31-32	17	1.50	0.014	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.47	0.03	0.06	0.473	0.70	0.196	20	0.481	0.02	2.48
32-33	32	1.50	0.011	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.31	0.02	0.07	0.492	0.64	0.210	21	0.510	0.02	2.06
33-34	35	1.50	0.013	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.42	0.03	0.06	0.473	0.67	0.196	20	0.481	0.02	2.30
34-35	18	1.50	0.011	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.31	0.02	0.07	0.492	0.64	0.210	21	0.510	0.02	2.06
35-30	28	1.50	0.010	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.24	0.02	0.07	0.492	0.61	0.210	21	0.510	0.02	1.88
30-36	57	1.74	0.016	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.57	0.03	0.06	0.505	0.80	0.220	22	0.530	0.02	3.12
36-37	33	1.82	0.026	6	0.150	0.02	0.47	0.04	2.01	0.04	0.05	0.473	0.95	0.196	20	0.481	0.02	4.60
<b>Tramo 3: De 37-84</b>																		
37-38	9	2.53	0.008	8	0.200	0.03	0.63	0.05	1.35	0.04	0.06	0.492	0.66	0.210	21	0.510	0.03	2.00
38-39	16	2.56	0.007	8	0.200	0.03	0.63	0.05	1.26	0.04	0.06	0.505	0.64	0.220	22	0.530	0.03	1.82
39-40	52	2.68	0.007	8	0.200	0.03	0.63	0.05	1.26	0.04	0.07	0.505	0.64	0.220	22	0.530	0.03	1.82
40-82	97	2.89	0.007	8	0.200	0.03	0.63	0.05	1.26	0.04	0.07	0.520	0.66	0.232	23	0.554	0.03	1.90
82-83	98	3.10	0.007	8	0.200	0.03	0.63	0.05	1.26	0.04	0.08	0.520	0.66	0.232	23	0.554	0.03	1.90
83-84	45	3.20	0.007	8	0.200	0.03	0.63	0.05	1.26	0.04	0.08	1.041	1.31	0.914	91	1.172	0.06	4.02
<b>Tramo 4: De 41 y 49 - 77</b>																		
41-42	38	1.50	0.008	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.11	0.02	0.08	0.505	0.56	0.220	22	0.530	0.02	1.56

Fuente: Elaboración propia (2017)

**Tabla 19: Diseño hidráulico de los colectores, Tramo 4 (continuación)**

Tramo	Long	Q Dis	S tub dis	ø tub		All	Perím	Ro	VII	QII	Q/QII	V/VII	V dis	d/D	Tirante	R/Ro	R parc II	T tract
De-A	(m)	(L/s)	m/m	(")	int (m)	m2	m	(m)	(m/s)	m3/s			(m/s)		<75%		(m)	>1 Pa
<b>Tramo 4: De 41 y 49 - 77 (continuación)</b>																		
42-43	32	1.50	0.012	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.36	0.02	0.06	0.473	0.65	0.196	20	0.481	0.02	2.12
43-44	41	1.50	0.027	6	0.150	0.02	0.47	0.04	2.05	0.04	0.04	0.427	0.87	0.165	17	0.410	0.02	4.07
44-46	41	1.50	0.031	6	0.150	0.02	0.47	0.04	2.19	0.04	0.04	0.427	0.94	0.165	17	0.410	0.02	4.68
45-46	26	1.50	0.012	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.36	0.02	0.06	0.473	0.65	0.196	20	0.481	0.02	2.12
46-47	22	1.50	0.038	6	0.150	0.02	0.47	0.04	2.43	0.04	0.03	0.400	0.97	0.148	15	0.370	0.01	5.17
47-48	48	1.50	0.016	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.57	0.03	0.05	0.453	0.71	0.182	18	0.449	0.02	2.64
48-53	33	1.50	0.068	6	0.150	0.02	0.47	0.04	3.25	0.06	0.03	0.400	1.30	0.148	15	0.370	0.01	9.26
49-50	22	1.50	0.019	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.72	0.03	0.05	0.453	0.78	0.182	18	0.449	0.02	3.14
50-51	69	1.50	0.010	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.24	0.02	0.07	0.492	0.61	0.210	21	0.510	0.02	1.88
51-52	38	1.50	0.035	6	0.150	0.02	0.47	0.04	2.33	0.04	0.04	0.427	0.99	0.165	17	0.410	0.02	5.28
52-53	77	1.50	0.023	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.89	0.03	0.04	0.427	0.81	0.165	17	0.410	0.02	3.47
53-74	70	1.50	0.017	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.62	0.03	0.05	0.453	0.74	0.182	18	0.449	0.02	2.81
74-75	70	1.36	0.032	6	0.150	0.02	0.47	0.04	2.23	0.04	0.03	0.427	0.95	0.165	17	0.410	0.02	4.83
75-76	75	1.53	0.014	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.47	0.03	0.06	0.492	0.72	0.210	21	0.510	0.02	2.63
76-77	26	1.58	0.013	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.42	0.03	0.06	0.505	0.72	0.220	22	0.530	0.02	2.53
<b>Tramo 5: De 54 y 64 - 77</b>																		
54-55	34	1.50	0.034	6	0.150	0.02	0.47	0.04	2.30	0.04	0.04	0.427	0.98	0.165	17	0.410	0.02	5.13
55-57	38	1.50	0.028	6	0.150	0.02	0.47	0.04	2.08	0.04	0.04	0.427	0.89	0.165	17	0.410	0.02	4.22
56-57	21	1.50	0.011	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.31	0.02	0.07	0.492	0.64	0.210	21	0.510	0.02	2.06
57-58	96	1.50	0.017	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.62	0.03	0.05	0.453	0.74	0.182	18	0.449	0.02	2.81
59-58	24	1.50	0.008	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.11	0.02	0.08	0.505	0.56	0.220	22	0.530	0.02	1.56
58-60	59	1.50	0.018	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.67	0.03	0.05	0.453	0.76	0.182	18	0.449	0.02	2.97

Fuente: Elaboración propia (2017)

**Tabla 20: Diseño hidráulicos de los colectores, Tramo 5 (continuación) y 6**

Tramo	Long	Q Dis	S tub dis	Ø tub		All	Perím	Ro	VII	QII	Q/QII	V/VII	V dis	d/D	Tirante	R/Ro	R parc II	T tract
De-A	(m)	(L/s)	m/m	(")	int (m)	m2	m	(m)	(m/s)	m3/s			(m/s)		<75%		(m)	>1 Pa
<b>Tramo 5: De 54 y 64 - 77 (continuación)</b>																		
60-61	40	1.50	0.018	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.67	0.03	0.05	0.453	0.76	0.182	18	0.449	0.02	2.97
61-62	31	1.50	0.009	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.18	0.02	0.07	0.492	0.58	0.210	21	0.510	0.02	1.69
62-63	31	1.50	0.011	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.31	0.02	0.07	0.492	0.64	0.210	21	0.510	0.02	2.06
64-65	29	1.50	0.030	6	0.150	0.02	0.47	0.04	2.16	0.04	0.04	0.427	0.92	0.165	17	0.410	0.02	4.52
65-66	21	1.50	0.036	6	0.150	0.02	0.47	0.04	2.36	0.04	0.04	0.427	1.01	0.165	17	0.410	0.02	5.43
66-67	8	1.50	0.020	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.76	0.03	0.05	0.453	0.80	0.182	18	0.449	0.02	3.30
67-68	9	1.50	0.029	6	0.150	0.02	0.47	0.04	2.12	0.04	0.04	0.427	0.91	0.165	17	0.410	0.02	4.37
68-69	21	1.50	0.012	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.36	0.02	0.06	0.473	0.65	0.196	20	0.481	0.02	2.12
69-70	26	1.50	0.011	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.31	0.02	0.07	0.492	0.64	0.210	21	0.510	0.02	2.06
71-70	9	1.50	0.021	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.80	0.03	0.05	0.453	0.82	0.182	18	0.449	0.02	3.47
70-63	30	1.50	0.007	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.04	0.02	0.08	0.505	0.53	0.220	22	0.530	0.02	1.36
63-72	27	1.50	0.021	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.80	0.03	0.05	0.453	0.82	0.182	18	0.449	0.02	3.47
72-73	28	1.27	0.016	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.57	0.03	0.05	0.453	0.71	0.182	18	0.449	0.02	2.64
73-77	7	1.28	0.026	6	0.150	0.02	0.47	0.04	2.01	0.04	0.04	0.427	0.86	0.165	17	0.410	0.02	3.92
<b>Tramo 6: De 77 y 88 - 99</b>																		
77-78	24	2.92	0.015	8	0.200	0.03	0.63	0.05	1.85	0.06	0.05	0.473	0.87	0.196	20	0.481	0.02	3.54
78-79	99	3.13	0.012	8	0.200	0.03	0.63	0.05	1.65	0.05	0.06	0.492	0.81	0.210	21	0.510	0.03	3.00
79-80	80	3.31	0.010	8	0.200	0.03	0.63	0.05	1.51	0.05	0.07	0.505	0.76	0.220	22	0.530	0.03	2.60
80-81	24	3.36	0.008	8	0.200	0.03	0.63	0.05	1.35	0.04	0.08	1.041	1.40	0.914	91	1.172	0.06	4.60
81-84	25	3.41	0.009	8	0.200	0.03	0.63	0.05	1.43	0.04	0.08	0.520	0.74	0.232	23	0.554	0.03	2.45
84-85	20	6.66	0.008	10	0.250	0.05	0.79	0.06	1.57	0.08	0.09	1.041	1.63	0.914	91	1.172	0.07	5.75
85-86	31	6.72	0.008	10	0.250	0.05	0.79	0.06	1.57	0.08	0.09	1.041	1.63	0.914	91	1.172	0.07	5.75
86-91	45	6.82	0.008	12	0.300	0.07	0.94	0.08	1.77	0.12	0.05	0.492	0.87	0.210	21	0.510	0.04	3.00

Fuente: Elaboración propia (2017)

**Tabla 21: Diseño hidráulico de los colectores, Tramo 6 (continuación) y 7**

Tramo	Long	Q Dis	S tub dis	∅ tub		All	Perím	Ro	VII	QII	Q/QII	V/VII	V dis	d/D	Tirante	R/Ro	R parc II	T tract
De-A	(m)	(L/s)	m/m	(")	int (m)	m <sup>2</sup>	m	(m)	(m/s)	m <sup>3</sup> /s			(m/s)		<75%		(m)	>1 Pa
<b>Tramo 6: De 77 y 88 - 99 (continuación)</b>																		
87-89	32	1.50	0.012	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.36	0.02	0.06	0.473	0.65	0.196	20	0.481	0.02	2.12
88-89	73	1.50	0.008	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.11	0.02	0.08	0.505	0.56	0.220	22	0.530	0.02	1.56
89-90	52	1.50	0.007	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.04	0.02	0.08	0.505	0.53	0.220	22	0.530	0.02	1.36
90-91	34	1.50	0.013	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.42	0.03	0.06	0.473	0.67	0.196	20	0.481	0.02	2.30
91-92	41	7.33	0.008	12	0.300	0.07	0.94	0.08	1.77	0.12	0.06	0.492	0.87	0.210	21	0.510	0.04	3.00
92-99	95	7.53	0.008	12	0.300	0.07	0.94	0.08	1.77	0.12	0.06	0.492	0.87	0.210	21	0.510	0.04	3.00
<b>Tramo 7: De 93 y 102 - 115</b>																		
93-94	24	1.50	0.007	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.04	0.02	0.08	0.505	0.53	0.220	22	0.530	0.02	1.36
94-95	20	1.50	0.007	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.04	0.02	0.08	0.505	0.53	0.220	22	0.530	0.02	1.36
95-96	23	1.50	0.007	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.04	0.02	0.08	0.505	0.53	0.220	22	0.530	0.02	1.36
96-97	18	1.50	0.007	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.04	0.02	0.08	0.505	0.53	0.220	22	0.530	0.02	1.36
97-98	24	1.50	0.012	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.36	0.02	0.06	0.473	0.65	0.196	20	0.481	0.02	2.12
98-99	19	1.50	0.016	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.57	0.03	0.05	0.453	0.71	0.182	18	0.449	0.02	2.64
99-100	7	7.83	0.008	12	0.300	0.07	0.94	0.08	1.77	0.12	0.06	0.505	0.89	0.220	22	0.530	0.04	3.12
100-101	29	7.89	0.008	12	0.300	0.07	0.94	0.08	1.77	0.12	0.06	0.505	0.89	0.220	22	0.530	0.04	3.12
101-110	42	7.98	0.008	12	0.300	0.07	0.94	0.08	1.77	0.12	0.06	0.505	0.89	0.220	22	0.530	0.04	3.12
102-103	24	1.50	0.007	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.04	0.02	0.08	0.505	0.53	0.220	22	0.530	0.02	1.36
103-104	19	1.50	0.007	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.04	0.02	0.08	0.505	0.53	0.220	22	0.530	0.02	1.36
104-105	26	1.50	0.007	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.04	0.02	0.08	0.505	0.53	0.220	22	0.530	0.02	1.36
105-106	20	1.50	0.007	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.04	0.02	0.08	0.505	0.53	0.220	22	0.530	0.02	1.36
106-107	25	1.50	0.007	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.04	0.02	0.08	0.505	0.53	0.220	22	0.530	0.02	1.36
107-108	19	1.50	0.007	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.04	0.02	0.08	0.505	0.53	0.220	22	0.530	0.02	1.36
108-109	28	1.50	0.012	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.36	0.02	0.06	0.473	0.65	0.196	20	0.481	0.02	2.12

Fuente: Elaboración propia (2017)

**Tabla 22: Diseño hidráulico de los colectores, Tramo 7 (continuación)**

Tramo	Long	Q Dis	S tub dis	Ø tub		All	Perím	Ro	VII	QII	Q/QII	V/VII	V dis	d/D	Tirante	R/Ro	R parc II	T tract
De-A	(m)	(L/s)	m/m	(")	int (m)	m2	m	(m)	(m/s)	m3/s			(m/s)		<75%		(m)	>1 Pa
<b>Tramo 7: De 93 y 102 - 115 (continuación)</b>																		
109-110	17	1.50	0.017	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.62	0.03	0.05	0.453	0.74	0.182	18	0.449	0.02	2.81
110-111	26	8.42	0.008	12	0.300	0.07	0.94	0.08	1.77	0.12	0.07	0.505	0.89	0.220	22	0.530	0.04	3.12
111-112	17	8.46	0.008	12	0.300	0.07	0.94	0.08	1.77	0.12	0.07	0.505	0.89	0.220	22	0.530	0.04	3.12
113-112	42	1.50	0.014	6	0.150	0.02	0.47	0.04	1.47	0.03	0.06	0.473	0.70	0.196	20	0.481	0.02	2.48
112-114	5	8.56	0.008	12	0.300	0.07	0.94	0.08	1.77	0.12	0.07	0.505	0.89	0.220	22	0.530	0.04	3.12
114-115	18	8.60	0.008	12	0.300	0.07	0.94	0.08	1.77	0.12	0.07	0.505	0.89	0.220	22	0.530	0.04	3.12

Fuente: Elaboración propia (2017)

#### 4.2.6. Cálculo Topográfico

➤ **Cota batea:**

Cota batea = (cota clave) – (diámetro interno) = 827.302 – 0.150 = 827.15 msnm

➤ **Cota lámina:**

Cota lámina de agua = (cota batea + altura de lámina de agua) = 827.15 + 0.027 = 827.18 msnm

Altura de la lámina de agua = d, tomada de las relaciones hidráulicas:

$$\frac{d}{D} = 0.182 \rightarrow d = 0.182 * 0.150 \text{ m} = 0.027 \text{ m}$$

**Tabla 23: Cálculos topográficos del SAS, Tramo 1 y 2**

Tramo	Long (m)	S tub dis m/m	diam int (m)	d (m)	Cota rasante		Cota clave		Cota batea		Cota lámina		Prof a clave	
					De	A	De	A	De	A	De	A	De	A
<b>Tramo 1: 1-37</b>														
1-2	35	0.021	0.150	0.027	827.85	827.13	827.302	826.58	827.15	826.43	827.18	827.17	0.55	0.55
2-3	60	0.006	0.150	0.035	827.13	826.89	826.572	826.20	826.42	826.05	826.46	826.45	0.56	0.69
3-4	98	0.006	0.150	0.035	826.89	826.78	826.192	825.58	826.04	825.43	826.08	826.07	0.70	1.20
4-5	85	0.006	0.150	0.035	826.78	826.73	825.572	825.04	825.42	824.89	825.46	825.45	1.21	1.70
5-29	6	0.006	0.150	0.035	826.73	826.67	825.022	824.98	824.87	824.83	824.91	824.91	1.71	1.69
29-37	35	0.006	0.150	0.035	826.67	826.1	824.972	824.74	824.82	824.59	824.86	824.85	1.70	1.36
<b>Tramo 2: De 6 y 18 - 37</b>														
18-19	38	0.015	0.150	0.029	830.76	830.17	829.862	829.29	829.71	829.14	829.74	829.74	0.90	0.88
19-20	17	0.019	0.150	0.027	830.17	829.71	829.27	828.96	829.12	828.81	829.15	829.14	0.90	0.75
20-21	11	0.015	0.150	0.029	829.71	829.63	828.942	828.78	828.79	828.63	828.82	828.82	0.77	0.85
21-22	33	0.019	0.150	0.027	829.63	828.74	828.762	828.11	828.61	827.96	828.64	828.63	0.87	0.63
22-23	8	0.014	0.150	0.029	828.74	828.7	828.092	827.97	827.94	827.82	827.97	827.97	0.65	0.73
23-24	24	0.012	0.150	0.029	828.70	828.54	827.952	827.66	827.80	827.51	827.83	827.83	0.75	0.88
24-25	21	0.011	0.150	0.032	828.54	828.29	827.64	827.41	827.49	827.26	827.52	827.52	0.90	0.88
25-26	15	0.014	0.150	0.029	828.29	828.09	827.392	827.17	827.24	827.02	827.27	827.27	0.90	0.92
26-27	21	0.012	0.150	0.029	828.09	828.03	827.152	826.90	827.00	826.75	827.03	827.03	0.94	1.13
27-30	28	0.010	0.150	0.032	828.03	827.87	826.882	826.59	826.73	826.44	826.76	826.76	1.15	1.28
6-7	33	0.025	0.150	0.025	834.60	833.78	833.702	832.90	833.55	832.75	833.58	833.57	0.90	0.88
7-8	24	0.025	0.150	0.025	833.78	833.16	832.882	832.28	832.73	832.13	832.76	832.75	0.90	0.88
9-10	33	0.034	0.150	0.025	833.37	832.2	832.422	831.30	832.27	831.15	832.30	832.29	0.95	0.90
8-11	90	0.021	0.150	0.027	833.16	831.26	832.262	830.38	832.11	830.23	832.14	832.12	0.90	0.88
10-11	24	0.037	0.150	0.025	832.20	831.26	831.252	830.38	831.10	830.23	831.13	831.12	0.95	0.88

Fuente: Elaboración propia (2017)

**Tabla 24: Cálculos topográficos del SAS, Tramo 2 (continuación), 3 y 4**

Tramo	Long	S tub dis	diam	d	Cota rasante		Cota clave		Cota batea		Cota lámina		Prof a clave	
					De	A	De	A	De	A	De	A	De	A
<b>Tramo 2: De 6 y 18 - 37 (continuación)</b>														
11-12	29	0.013	0.150	0.029	831.26	830.87	830.362	829.97	830.21	829.82	830.24	830.24	0.90	0.90
12-13	22	0.017	0.150	0.027	830.87	830.57	829.922	829.54	829.77	829.39	829.80	829.80	0.95	1.03
13-14	51	0.014	0.150	0.029	830.57	829.68	829.522	828.80	829.37	828.65	829.40	829.39	1.05	0.88
14-15	31	0.010	0.150	0.032	829.68	829.54	828.782	828.46	828.63	828.31	828.66	828.66	0.90	1.08
17-16	12	0.009	0.150	0.032	829.60	829.57	828.852	828.74	828.70	828.59	828.73	828.73	0.75	0.83
16-15	25	0.010	0.150	0.032	829.57	829.54	828.722	828.46	828.57	828.31	828.60	828.60	0.85	1.08
15-32	25	0.018	0.150	0.027	829.54	829.06	828.442	827.98	828.29	827.83	828.32	828.31	1.10	1.08
31-32	17	0.014	0.150	0.029	829.07	829.06	828.222	827.98	828.07	827.83	828.10	828.10	0.85	1.08
32-33	32	0.011	0.150	0.032	829.06	828.67	827.962	827.59	827.81	827.44	827.84	827.84	1.10	1.08
33-34	35	0.013	0.150	0.029	828.67	828.15	827.572	827.12	827.42	826.97	827.45	827.45	1.10	1.03
34-35	18	0.011	0.150	0.032	828.15	828.03	827.102	826.90	826.95	826.75	826.98	826.98	1.05	1.13
35-30	28	0.010	0.150	0.032	828.03	827.87	826.882	826.59	826.73	826.44	826.76	826.76	1.15	1.28
30-36	57	0.016	0.150	0.033	827.87	826.92	826.572	825.64	826.42	825.49	826.46	826.45	1.30	1.28
36-37	33	0.026	0.150	0.029	826.92	826.1	825.622	824.78	825.47	824.63	825.50	825.49	1.30	1.32
<b>Tramo 3: De 37-84</b>														
37-38	9	0.008	0.200	0.042	826.10	825.99	824.783	824.71	824.58	824.51	824.63	824.62	1.32	1.28
38-39	16	0.007	0.200	0.044	825.99	825.87	824.703	824.58	824.50	824.38	824.55	824.55	1.29	1.29
39-40	52	0.007	0.200	0.044	825.87	825.6	824.573	824.21	824.37	824.01	824.42	824.41	1.30	1.39
40-82	97	0.007	0.200	0.046	825.60	825.43	824.203	823.53	824.00	823.33	824.05	824.04	1.40	1.90
82-83	98	0.007	0.200	0.046	825.43	824.96	823.523	822.84	823.32	822.64	823.37	823.36	1.91	2.12
83-84	45	0.007	0.200	0.183	824.96	824.61	822.833	822.51	822.63	822.31	822.82	822.81	2.13	2.10
<b>Tramo 4: De 41 y 49 - 77</b>														
41-42	38	0.008	0.150	0.033	838.17	837.89	837.322	837.01	837.17	836.86	837.21	837.20	0.85	0.88

Fuente: Elaboración propia (2017)

**Tabla 25: Cálculos topográficos del SAS, Tramo 4 (continuación) y 5**

Tramo	Long	S tub dis	diam	d	Cota rasante		Cota clave		Cota batea		Cota lámina		Prof a clave	
					De	A	De	A	De	A	De	A	De	A
<b>Tramo 4: De 41 y 49 - 77 (continuación)</b>														
42-43	32	0.012	0.150	0.029	837.89	837.48	836.99	836.60	836.84	836.45	836.87	836.87	0.90	0.88
43-44	41	0.027	0.150	0.025	837.48	836.4	836.582	835.50	836.43	835.35	836.46	836.45	0.90	0.90
44-46	41	0.031	0.150	0.025	836.40	835.21	835.452	834.21	835.30	834.06	835.33	835.31	0.95	1.00
45-46	26	0.012	0.150	0.029	835.47	835.21	834.522	834.21	834.37	834.06	834.40	834.40	0.95	1.00
46-47	22	0.038	0.150	0.022	835.21	834.47	834.162	833.34	834.01	833.19	834.03	834.03	1.05	1.13
47-48	48	0.016	0.150	0.027	834.47	833.88	833.322	832.55	833.17	832.40	833.20	833.19	1.15	1.33
48-53	33	0.068	0.150	0.022	833.88	831.59	832.532	830.26	832.38	830.11	832.40	832.38	1.35	1.33
49-50	22	0.019	0.150	0.027	835.46	835.07	834.56	834.14	834.41	833.99	834.44	834.43	0.90	0.93
50-51	69	0.010	0.150	0.032	835.07	834.55	834.122	833.42	833.97	833.27	834.00	834.00	0.95	1.13
51-52	38	0.035	0.150	0.025	834.55	833.32	833.402	832.09	833.25	831.94	833.28	833.26	1.15	1.23
52-53	77	0.023	0.150	0.025	833.32	831.59	832.072	830.26	831.92	830.11	831.95	831.93	1.25	1.33
53-74	70	0.017	0.150	0.027	831.59	830.48	830.242	829.05	830.09	828.90	830.12	830.11	1.35	1.43
74-75	70	0.032	0.150	0.025	830.48	828.34	829.032	826.81	828.88	826.66	828.91	828.88	1.45	1.53
75-76	75	0.014	0.150	0.032	828.34	827.4	826.792	825.77	826.64	825.62	826.67	826.66	1.55	1.63
76-77	26	0.013	0.150	0.033	827.40	827.13	825.752	825.40	825.60	825.25	825.64	825.63	1.65	1.73
<b>Tramo 5: De 54 y 64 - 77</b>														
54-55	34	0.034	0.150	0.025	834.07	832.9	833.17	832.02	833.02	831.87	833.04	833.03	0.90	0.88
55-57	38	0.028	0.150	0.025	832.90	831.82	832	830.94	831.85	830.79	831.87	831.86	0.90	0.88
56-57	21	0.011	0.150	0.032	831.92	831.82	831.172	830.94	831.02	830.79	831.05	831.05	0.75	0.88
57-58	96	0.017	0.150	0.027	831.82	830.16	830.922	829.28	830.77	829.13	830.80	830.78	0.90	0.88
59-58	24	0.008	0.150	0.033	830.38	830.16	829.482	829.28	829.33	829.13	829.37	829.36	0.90	0.88
58-60	59	0.018	0.150	0.027	830.16	829.09	829.26	828.21	829.11	828.06	829.14	829.13	0.90	0.88
60-61	40	0.018	0.150	0.027	829.09	828.34	828.189	827.46	828.04	827.31	828.07	828.06	0.90	0.88

Fuente: Elaboración propia (2017)

**Tabla 26: Cálculos topográficos del SAS, Tramo 5 (continuación) y 6**

Tramo	Long	S tub dis	diam	d	Cota rasante		Cota clave		Cota batea		Cota lámina		Prof a clave	
					De	A	De	A	De	A	De	A	De	A
<b>Tramo 5: De 54 y 64 - 77 (continuación)</b>														
61-62	31	0.009	0.150	0.032	828.34	828.2	827.442	827.15	827.29	827.00	827.32	827.32	0.90	1.05
62-63	31	0.011	0.150	0.032	828.20	828.18	827.10	826.75	826.95	826.60	826.98	826.98	1.10	1.43
64-65	29	0.030	0.150	0.025	830.56	829.68	829.662	828.80	829.51	828.65	829.54	829.53	0.90	0.88
65-66	21	0.036	0.150	0.025	829.68	828.96	828.782	828.03	828.63	827.88	828.66	828.65	0.90	0.93
66-67	8	0.020	0.150	0.027	828.96	828.88	828.012	827.85	827.86	827.70	827.89	827.89	0.95	1.03
67-68	9	0.029	0.150	0.025	828.88	828.7	827.832	827.57	827.68	827.42	827.71	827.70	1.05	1.13
68-69	21	0.012	0.150	0.029	828.70	828.52	827.552	827.29	827.40	827.14	827.43	827.43	1.15	1.23
69-70	26	0.011	0.150	0.032	828.52	828.3	827.272	826.99	827.12	826.84	827.15	827.15	1.25	1.31
71-70	9	0.021	0.150	0.027	828.33	828.3	827.182	826.99	827.03	826.84	827.06	827.06	1.15	1.31
70-63	30	0.007	0.150	0.033	828.30	828.18	826.972	826.75	826.82	826.60	826.86	826.85	1.33	1.43
63-72	27	0.021	0.150	0.027	828.18	827.68	826.732	826.18	826.58	826.03	826.61	826.60	1.45	1.50
72-73	28	0.016	0.150	0.027	827.68	827.27	826.132	825.67	825.98	825.52	826.01	826.00	1.55	1.60
73-77	7	0.026	0.150	0.025	827.27	827.13	825.622	825.43	825.47	825.28	825.50	825.49	1.65	1.70
<b>Tramo 6: De 77 y 88 - 99</b>														
77-78	24	0.015	0.200	0.039	827.13	826.85	825.433	825.07	825.23	824.87	825.27	825.27	1.70	1.78
78-79	99	0.012	0.200	0.042	826.85	825.69	825.053	823.81	824.85	823.61	824.90	824.88	1.80	1.88
79-80	80	0.010	0.200	0.044	825.69	824.85	823.793	822.97	823.59	822.77	823.64	823.63	1.90	1.88
80-81	24	0.008	0.200	0.183	824.85	824.77	822.953	822.75	822.75	822.55	822.94	822.93	1.90	2.02
81-84	25	0.009	0.200	0.046	824.77	824.61	822.723	822.51	822.52	822.31	822.57	822.57	2.05	2.10
84-85	20	0.008	0.250	0.229	824.61	824.45	822.503	822.34	822.25	822.09	822.48	822.48	2.11	2.11
85-86	31	0.008	0.250	0.229	824.45	824.36	822.33	822.08	822.08	821.83	822.30	822.30	2.12	2.28
86-91	45	0.008	0.300	0.063	824.36	824.25	822.074	821.72	821.82	821.47	821.88	821.88	2.29	2.53
87-89	32	0.012	0.150	0.029	825.29	824.92	822.942	822.54	822.79	822.39	822.82	822.82	2.35	2.38

Fuente: Elaboración propia (2017)

**Tabla 27: Cálculos topográficos del SAS, Tramo 6 (continuación) y 7**

Tramo	Long (m)	S tub dis m/m	diam int (m)	d (m)	Cota rasante		Cota clave		Cota batea		Cota lámina		Prof a clave	
					De	A	De	A	De	A	De	A	De	A
<b>Tramo 6: De 77 y 88 - 99 (continuación)</b>														
88-89	73	0.008	0.150	0.033	825.15	824.92	823.102	822.53	822.95	822.38	822.98	822.98	2.05	2.39
89-90	52	0.007	0.150	0.033	824.92	824.64	822.522	822.15	822.37	822.00	822.40	822.40	2.40	2.49
90-91	34	0.013	0.150	0.029	824.64	824.25	822.142	821.71	821.99	821.56	822.02	822.01	2.50	2.54
91-92	41	0.008	0.300	0.063	824.25	824.04	821.714	821.40	821.46	821.15	821.52	821.52	2.54	2.64
92-99	95	0.008	0.300	0.063	824.04	823.83	821.394	820.63	821.14	820.38	821.20	821.20	2.65	3.20
<b>Tramo 7: De 93 y 102 - 115</b>														
93-94	24	0.007	0.150	0.033	824.23	824.16	821.832	821.65	821.68	821.50	821.71	821.71	2.40	2.51
94-95	20	0.007	0.150	0.033	824.16	824.11	821.632	821.49	821.48	821.34	821.51	821.51	2.53	2.62
95-96	23	0.007	0.150	0.033	824.11	824.05	821.482	821.31	821.33	821.16	821.36	821.36	2.63	2.74
96-97	18	0.007	0.150	0.033	824.05	824.01	821.302	821.17	821.15	821.02	821.18	821.18	2.75	2.84
97-98	24	0.012	0.150	0.029	824.01	823.92	821.162	820.88	821.01	820.73	821.04	821.04	2.85	3.04
98-99	19	0.016	0.150	0.027	823.92	823.83	820.87	820.56	820.72	820.41	820.75	820.74	3.05	3.27
99-100	7	0.008	0.300	0.066	823.83	823.79	820.63	820.57	820.33	820.27	820.39	820.39	3.20	3.22
100-101	29	0.008	0.300	0.066	823.79	823.73	820.56	820.32	820.26	820.01	820.32	820.32	3.23	3.41
101-110	42	0.008	0.300	0.066	823.73	823.51	820.305	819.96	820.00	819.65	820.07	820.06	3.43	3.55
102-103	24	0.007	0.150	0.033	823.85	823.8	821.582	821.41	821.43	821.26	821.46	821.46	2.27	2.39
103-104	19	0.007	0.150	0.033	823.80	823.79	821.382	821.24	821.23	821.09	821.26	821.26	2.42	2.55
104-105	26	0.007	0.150	0.033	823.79	823.72	821.232	821.04	821.08	820.89	821.11	821.11	2.56	2.68
105-106	20	0.007	0.150	0.033	823.72	823.64	821.032	820.89	820.88	820.74	820.91	820.91	2.69	2.75
106-107	25	0.007	0.150	0.033	823.64	823.6	820.882	820.70	820.73	820.55	820.76	820.76	2.76	2.90
107-108	19	0.007	0.150	0.033	823.60	823.58	820.692	820.55	820.54	820.40	820.57	820.57	2.91	3.03
108-109	28	0.012	0.150	0.029	823.58	823.54	820.542	820.20	820.39	820.05	820.42	820.42	3.04	3.34

Fuente: Elaboración propia (2017)

**Tabla 28: Cálculos topográficos del SAS, Tramo 7 (continuación)**

Tramo	Long (m)	S tub dis m/m	diam int (m)	d (m)	Cota rasante		Cota clave		Cota batea		Cota lámina		Prof a clave	
					De	A	De	A	De	A	De	A	De	A
<b>Tramo 7: De 93 y 102 - 115 (continuación)</b>														
109-110	17	0.017	0.150	0.027	823.54	823.51	820.19	819.89	820.04	819.74	820.07	820.06	3.35	3.62
110-111	26	0.008	0.300	0.066	823.51	823.47	819.945	819.74	819.64	819.43	819.71	819.70	3.56	3.74
111-112	17	0.008	0.300	0.066	823.47	823.44	819.725	819.59	819.42	819.28	819.49	819.48	3.75	3.86
113-112	42	0.014	0.150	0.029	823.66	823.44	820.11	819.51	819.96	819.36	819.99	819.98	3.55	3.93
112-114	5	0.008	0.300	0.066	823.44	823.43	819.575	819.54	819.27	819.23	819.34	819.34	3.87	3.89
114-115	18	0.008	0.300	0.066	823.43	823.28	819.53	819.38	819.22	819.07	819.29	819.28	3.90	3.90

Fuente: Elaboración propia (2017)

### 4.3. Planta de tratamiento

Se realizaron los cálculos hidráulicos para el debido funcionamiento y dimensionamiento de cada estructura que compone el biofiltro; estableciéndose primero los parámetros de diseño.

#### 4.3.1. Cámara de rejas

**Tabla 29: Parámetros de diseño de la cámara de rejas**

Parámetros de diseño de la cámara de rejas					
Población de diseño	4100	hab	Dimensiones de las barras	3/8	pulg
Dotación	100	L/hab/d	Inclinación de las barras	45	°
Caudal de diseño	328	m <sup>3</sup> /d	Veloc mínima antes de la reja	0.3	m/s
Caudal máximo	590.4	m <sup>3</sup> /d	Veloc mínima a través de la reja	0.6	m/s
Caudal mínimo	229.6	m <sup>3</sup> /d	Veloc máxima a través de la reja	0.75	m/s
Reja	gruesa		Ancho propuesto del canal	0.6	m
Espaciamiento entre barras (a)	40	mm	Coef. Manning para el concreto	0.013	
Tipo de reja	sencilla		Ancho propuesto del bypass	0.5	m
Limpieza	manual				

Fuente: Elaboración propia (2017)

**Tabla 30: Resultados del diseño de la cámara de rejas**

Resultado del diseño de la cámara de rejas							
Caudal máximo	Qmx	0.0068	m <sup>3</sup> /s	Área del canal con rejilla	A	0.023	m <sup>2</sup>
Velocidad máxima	Vmx	0.75	m/s	Ancho del canal con rejilla	a	1.21	m
Área útil	Au	0.0091	m <sup>2</sup>	Velocidad aguas arriba de la reja	Va	0.606	m/s
Eficiencia de las rejas	E	80.7%		Pérdida de carga en las rejas	hf	0.014	m
Área total o sección de flujo	At	0.0113	m <sup>2</sup>	Características del bypass			
Tirante máximo del canal	Ymx	0.019	m	Tirante de altura sobre el vertedero del bypass	H	0.038	m
Altura del canal de entrada	hc	0.529	m				
Ancho del canal de entrada	a	0.6	m	Área del Bypass	A	0.023	m <sup>2</sup>
Radio hidráulico	Rh	0.018	m	Radio hidráulico	R	0.034	m
Pendiente aguas arriba	S	1.3%		Pendiente en el bypass	s	0.14	%
Número de barras	N	13	und	Altura del bypass	h	0.538	m
Longitud de las barras	Lb	1.05	m	Ancho del canal del bypass	a	0.5	m

Fuente: Elaboración propia (2017)

### 4.3.2. Tanque Imhoff

**Tabla 31: Parámetros de diseño del Tanque Imhoff**

Parámetros de diseño del Tanque Imhoff					
Población de diseño (Proyectada a 20 años)	4100	hab	Fondo de la cámara de digestión	forma pirámide invertida	
Dotación	100	L/hab/d	Sólidos suspendidos volátiles SSV	100.36 <sup>12</sup>	mg/l
Carga superficial	1	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> *hora)	% de retención	0.56 <sup>13</sup>	
Período de retención hidráulica	2	hora	Tiempo de digestión	55	días
Sección transversal fondo del sedimentador	forma V		Peso específico de lodo seco	1.03	gr/cm <sup>3</sup>
Relación de longitud en la cámara de sedimentación	3:1		Ancho de cámara de espumas	1	m c/lado
Pendiente de lodos con respecto a la horizontal	60	°	Inclinación de las paredes laterales con respecto a la horizontal	30	°
Altura media propuesta de la cámara de sedimentación	1.1	m	Diámetro de tubería de remoción de lodos	0.2	m
Temperatura en el mes más frío	15	°C	Grosor muro sedimentador	0.15	m
Factor de capacidad relativa (T°)	1		Pared exterior Tanque Imhoff	0.2	m
Ranura de paso hacia el digestor	0.2	m	Espaciamiento libre	2.6	m
Traslape hacia el digestor	0.2	m	Borde libre	0.5	m

Fuente: Elaboración propia (2017)

<sup>12</sup>, Dato brindado por ENACAL

<sup>13</sup> Ídem anterior, y presente también en (Programa de agua y saneamiento, 2006)

**Tabla 32: Resultado del diseño del Tanque Imhoff**

Resultado del diseño del Tanque Imhoff							
Caudal de diseño	Qd	13.7	m <sup>3</sup> /h	Digestor			
Sedimentador				Volumen de almacenamiento	Vd	287	m <sup>3</sup>
Área de la cámara de sedimentación	As	13.7	m <sup>2</sup>	Volumen de lodo seco	Vlo	9.84	m <sup>3</sup>
Volumen de la cámara de sedimentación	Vs	27.3	m <sup>3</sup>	Volumen húmedo de lodo	Vh	187	m <sup>3</sup>
Profundidad media en la cámara	h	2	m	Área o superficie	A	13.7	m <sup>2</sup>
Ancho de la cámara	a	2.1	m	Profundidad media del digestor	h1/2	2	m
Largo de la cámara	L	6.4	m	Altura al nivel de los lodos en cámara de sedimentación	H	3.37	m
Altura del fondo del sedimentador	X/2	3.1	m	Área de ventilación y cámara de natas			
Área transversal requerida	At	4.27	m <sup>2</sup>	Superficie de la cámara	A	2.73	m <sup>2</sup>
Comprobación del área requerida >At		6.4	m <sup>2</sup>				

Fuente: Elaboración propia (2017)

**4.3.3. Lecho de Secado****Tabla 33: Parámetros de diseño del lecho de secado**

Parámetros de diseño del lecho de secado		
Población de diseño	4100	hab
Contribución per cápita	90 <sup>14</sup>	gr.SS/hab.d
Densidad de lodos	1.04	kg/L
Tiempo de digestión	55	días
Altura del lodo en el lecho propuesta	0.4	m
N° de eras de secado	3	
Lecho filtrante	0.7	m
Profundidad para tubo colector	0.6	m
Tiempo en el lecho de secado	72	hrs

Fuente: Elaboración propia (2017)

<sup>14</sup> Dato proporcionado por ENACAL

**Tabla 34: Resultado del diseño del lecho de secado**

Resultado del diseño del lecho de secado			
Carga de sólidos al día	C	369	kg.SS/día
Masa de sólidos que conforman los lodos	Msd	119.93	kg.SS/día
Volumen diario de lodos digeridos	Vld	1441.4	m <sup>3</sup>
Volumen de lodos a extraerse	Vle	79.28	m <sup>3</sup>
Área del lecho de secado	Al	198.193	m <sup>2</sup>
Área de cada lecho	AL	66.06	m <sup>2</sup>
Ancho del lecho propuesto	a	6.00	m
Largo del lecho	L	11.01	m
Lecho filtrante			
Arena entre tamiz 00 y 4		0.42	m
Grava de 3/8" y 3/4"		0.14	m
Grava de 1/8" y 3/8"		0.14	m

Fuente: Elaboración propia (2017)

**4.3.4. Filtro Biológico****Tabla 35: Parámetros de diseño del filtro biológico**

Parámetros de diseño del filtro biológico					
Población de diseño	4100	hab	Diámetro de perforación en las tuberías	0.75	pulg
Dotación	100	L/hab/d	Espaciamiento entre tuberías:	0.4	m
Contribución per cápita de DBO5 (Y)	30	grDBO5/(hab.d)	Diámetro de la tubería	0.16	m
Eficiencia de remoción DBO5	0.65		Número de filas de perforaciones	2	und
Profundidad del medio filtrante	2	m	Espaciamiento de perforaciones	0.25	m
Largo del filtro propuesto	6	m			

Fuente: Elaboración propia (2017)

**Tabla 36: Resultado del diseño del filtro biológico**

<b>Resultado del diseño del filtro biológico</b>		
Caudal de diseño	328	m <sup>3</sup> /día
Producción per cápita de aguas residuales	Qd 80.000	L/hab/d
DBO5 teórica	375	mg/L
DBO5 remanente	131.25	mg/L
Caudal de aguas residuales	328	m <sup>3</sup> /día
Dimensionamiento del filtro biológico		
DBO requerida en el efluente	46	mg/L
Eficiencia de remoción de DBO5	65%	
Carga de DBO	43.05	KgDBO/día
Volumen del Filtro	28.95	m <sup>3</sup>
Área del filtro	14.48	m <sup>2</sup>
Tasa de aplicación superficial	22.66	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> .d)
Carga orgánica	1.49	kgDBO/(m <sup>3</sup> .d)
Filtro rectangular		
Ancho del filtro	2.41	m
Lecho filtrante		
Grava de 1/8" a 1/4"	1.2	
Grava de 1/2" a 3/4"	0.8	
Grava de 1" a 1 1/2" propuesto	0.3	
Grava de 2" a 2 1/2" propuesto	0.3	
Borde libre superior propuesto	0.5	m
Vertedero		
Longitud del vertedero propuesto	0.8	m
Altura del vertedero	0.019	m
Zona de distribución de aguas residuales		
Área de perforación unitaria	0.00026	m <sup>2</sup>
Número de tuberías	4	und
Número de perforaciones totales	46	und
Número de perforaciones por tubería	165	und
Área total de escurrimiento	0.043	m <sup>2</sup>
Velocidad de perforación	0.088	m/s

Fuente: Elaboración propia (2017)

#### 4.3.5. Biofiltro

**Tabla 37: Parámetros de diseño del biofiltro**

Parámetros de diseño del biofiltro		
Población de diseño	4100	hab
Dotación	100	L/hab/d
Contribución per cápita de DBO5 (Y)	30	grDBO5/(hab.d)
Eficiencia de remoción DBO5	65%	
Temperatura	15°C	

Fuente: Elaboración propia (2017)

**Tabla 38: Resultado del diseño del biofiltro**

Resultado de diseño del biofiltro			
Caudal de diseño		328	m3/día
Producción per cápita de aguas residuales	Qd	80	L/hab/d
DBO5 teórica		375	mg/L
DBO5 remanente		131.25	mg/L
Caudal de aguas residuales		328	m3/día
Dimensionamiento del biofiltro			
DBO requerida en el efluente		46	mg/L
Eficiencia del remoción de DBO5		65%	
Carga de DBO		43.05	KgDBO/día
Constante de temperatura	Kt	0.0043	
tiempo de retención	t	19.78	días
Número de unidades		3	
Caudal unitario	Qu	109.3	m
Área Superficial	As	1601.99	m2
Longitud total del humedal	L	128.2	m
Profundidad propuesta	d	1.5	m
Ancho propuesto	W	12.5	m
Longitud por humedal	l	32	m

Fuente: Elaboración propia (2017)

#### **4.3.6. Resultados del tratamiento**

El tratamiento que brinda el biofiltro y sus componentes es eficiente en la remoción de la materia orgánica. El biofiltro por si solo remueve un porcentaje de DBO5 entre 89% - 95% y para DQO entre 75% - 86%. Si se toma en cuenta el sistema total, incluyendo las etapas de pretratamiento y tratamiento primario, las remociones de estos parámetros oscilan entre 97% – 99% y 95% – 99% respectivamente (Programa de agua y saneamiento, 2006).

La reducción promedio del nitrógeno total oscila entre el 21 – 39%, y los fosfatos totales varían entre 16 y 28%, gracias al lecho filtrante.

La remoción de los sólidos suspendidos en todo el sistema oscila entre 92% y 96%. Un 97% en la remoción de Coliformes totales y E. coli, además del 99.6% de parásitos Helmintos como Ascaris lumbricoides que produce enfermedades parasitarias.

La calidad del efluente del biofiltro, la ausencia del mal olor y principalmente el color casi cristalino de las aguas tratadas son unas de las principales ventajas que dispone el efluente para ser utilizado en sistema de riego agrícola.

El sitio de vertido propuesto de las aguas residuales tratadas es la quebrada “la Limonosa”, lugar en donde las lagunas de estabilización descargan actualmente sus aguas, o si se prefiere una parte puede servir de riego a los plantíos de tabaco que existen cerca de la zona de derrame.

#### **4.4. Estimación de Costos del diseño propuesto**

La cuantificación de costos del SAS se ha efectuado mediante un Take off, certificando y reflejando esta inversión en diseño. Se puede observar los siguientes aspectos: la cantidad de tubería y sus diámetros; los costos individuales de instalación; la cantidad total y precio de todos los dispositivos de

registro a utilizar, ya sea pozos de visita, cajas de inspección; el costo del sistema de tratamiento.

La Memoria de cálculo de las tablas siguientes muestran el Take off del Sistema de Alcantarillado Sanitario del proyecto, dividido en diez etapas y siete tramos, (ver juego de planos), cuyo monto estimado asciende a C\$ 11,420,036.50 (once millones cuatrocientos veinte mil treinta y seis córdobas con 50/100 centavos).

Del mismo modo el Biofiltro, conformado por ocho etapas y 5 estructuras diferentes: cámara de rejas, tanque Imhoff, lecho de secado de lodos, filtro biológico y el biofiltro o humedal artificial (ver juego de planos); tiene un costo de C\$ 3,283,614.23 (tres millones doscientos ochenta y tres mil seiscientos catorce córdobas con 23/100 centavos).

En conjunto el proyecto en total asciende a un monto de de C\$ 14,703,650.73 (catorce millones setecientos tres mil seiscientos cincuenta córdobas con 73/100 centavos).

**Tabla 39: Take off de costos de ejecución del SAS**

Etapa	Subetapa	Descripción	U/M	Cantidad	Costo	Costo Unitario		Maquinaria		Sub-Totales				Total			
					unitario	Materiales	M / Obra	Transporte	Equipos	Materiales	M / Obra	Transporte	Equipos				
1.00	0.0	Preliminares	ml	3955.00	25228.00	14454.60	7572.00	2526.40	675.00	56263.00	57120.00	28532.00	1025.00	142940.00			
	1.1	Limpieza inicial en derecho de Via	ml	3955.00	12.00		7.20	4.80		0.00	28476.00	18984.00		47460.00			
	1.2	Trazo y Nivelacion	ml	3955.00	16.00	9.60	4.80	1.60		37968.00	18984.00	6328.00		63280.00			
	1.3	Rotulo Alusivo del Proyecto	c/u	1.00	6500.00	3575.00	1950.00	650.00	325.00	3575.00	1950.00	650.00	325.00	6500.00			
	1.4	Facilidades Temporales (Champas)	Glb	1.00	11000.00	6600.00	3300.00	1100.00		6600.00	3300.00	1100.00		11000.00			
	1.5	Instalaciones Provisionales de Energia Electrica	Glb	1.00	700.00	420.00	210.00	70.00		420.00	210.00	70.00		700.00			
	1.6	Letrina Provisional	Glb	2.00	7000.00	3850.00	2100.00	700.00	350.00	7700.00	4200.00	1400.00	700.00	14000.00			
2.00	0.0	Tramo 1: De 1 - 37			28245.00	14302.25	8709.00	2793.00	1473.25	129280.25	249216.86	36818.89	52770.54	468086.54			
	2.1	Colectores	ml	319.00	975.00	249.75	535.50	85.50	111.75	79670.25	216666.02	26702.44	47182.47	370221.19			
	2.1.1	Excav. Para tuberias . De 0 a 1.20m	m3	847.26	120.00		96.00		24.00		81337.34		20334.34	101671.68			
	2.1.2	Relleno Especial con material Selecto	m3	338.91	110.00		77.00	11.00	22.00	0.00	26095.73	3727.96	7455.92	37279.62			
	2.1.2.2	Acarreo de material selecto a 1.5km con equipo	m3	338.91	70.00		49.00	7.00	14.00	0.00	16606.37	2372.34	4744.68	23723.39			
	2.1.2.3	Tuberia de 6" PVC SDR-17	ml	319.00	555.00	249.75	222.00	55.50	27.75	79670.25	70818.00	17704.50	8852.25	177045.00			
	2.1.2.4	Relleno y Compactacion con material del sitio	m3	203.34	75.00		60.00	7.50	15.00	0.00	12200.60	1525.08	3050.15	16775.83			
	2.1.2.5	Botar Material Sobrante a 1km con Equipo	m3	305.02	45.00		31.50	4.50	9.00	0.00	9607.97	1372.57	2745.14	13725.68			
	2.2	Dispositivos de Inspeccion		7.00	27270.00	14052.50	8173.50	2707.50	1361.50	49610.00	32550.83	10116.45	5588.07	97865.35			
		Dimensiones (m)	prof	ø													
	2.2.1	PVS de h= 0 - 1.20		1.2	0.6	c/u	3.00	12000.00	6600.00	3600.00	1200.00	600.00	19800.00	10800.00	3600.00	1800.00	36000.00
	2.2.2	PVS de h= 1.20 - 2		2	1	c/u	4.00	13550.00	7452.50	4065.00	1355.00	677.50	29810.00	16260.00	5420.00	2710.00	54200.00
	2.2.3	Excavacion Manual	m3	24.57	120.00		96.00		24.00	0.00	2358.53	0.00	589.63	2948.16			
	2.2.4	Relleno con material del sitio	m3	7.70	75.00		60.00		15.00	0.00	462.14	0.00	115.54	577.68			
	2.2.5	Relleno Especial con material Selecto	m3	6.14	110.00		77.00	11.00	22.00	0.00	472.93	67.56	135.12	675.62			
	2.2.6	Acarreo de material selecto a 1.5km con equipo	m3	6.14	70.00		49.00	7.00	14.00	0.00	300.96	42.99	85.99	429.94			
	2.2.7	Botar Material Sobrante a 1km con Equipo	m3	16.87	45.00		31.50	4.50	9.00	0.00	531.27	75.90	151.79	758.95			
	2.2.8	Tapa de polietileno	c/u	7.00	1300.00		195.00	130.00		0.00	1365.00	910.00		2275.00			
3.00	0.0	Tramo 2: De 6 y 18 - 37			28245.00	14302.25	8709.00	2793.00	1473.25	407613.75	695155.86	110469.66	145197.76	1358437.04			
	3.1	Colectores	ml	835.00	975.00	249.75	535.50	85.50	111.75	208541.25	567135.21	69895.11	123502.71	969074.28			
	3.1.1	Excav. Para tuberias . De 0 a 1.20m	m3	2217.76	120.00		96.00		24.00		212904.96		53226.24	266131.20			
	3.1.2	Relleno Especial con material Selecto	m3	887.10	110.00		77.00	11.00	22.00	0.00	68307.01	9758.14	19516.29	97581.44			
	3.1.2.2	Acarreo de material selecto a 1.5km con equipo	m3	887.10	70.00		49.00	7.00	14.00	0.00	43468.10	6209.73	12419.46	62097.28			
	3.1.2.3	Tuberia de 6" PVC SDR-17	ml	835.00	555.00	249.75	222.00	55.50	27.75	208541.25	185370.00	46342.50	23171.25	463425.00			
	3.1.2.4	Relleno y Compactacion con material del sitio	m3	532.26	75.00		60.00	7.50	15.00	0.00	31935.74	3991.97	7983.94	43911.65			
	3.1.2.5	Botar Material Sobrante a 1km con Equipo	m3	798.39	45.00		31.50	4.50	9.00	0.00	25149.40	3592.77	7185.54	35927.71			
	3.2	Dispositivos de Inspeccion		29.00	27270.00	14052.50	8173.50	2707.50	1361.50	199072.50	128020.66	40574.55	21695.05	389362.76			
		Dimensiones (m)	prof	ø													
	3.2.1	PVS de h= 0 - 1.20		1.2	0.6	c/u	20.00	12000.00	6600.00	3600.00	1200.00	600.00	132000.00	72000.00	24000.00	12000.00	240000.00
	3.2.2	PVS de h= 1.20 - 2		2	1	c/u	9.00	13550.00	7452.50	4065.00	1355.00	677.50	67072.50	36585.00	12195.00	6097.50	121950.00

Fuente: Elaboración propia (2017)

**Tabla 40: Take off de costos de ejecución del SAS (continuación)**

Etap	Subetapa	Descripción	U/M	Cantidad	Costo	Costo Unitario		Maquinaria		Sub-Totales				Total		
					unitario	Materiales	M / Obra	Transporte	Equipos	Materiales	M / Obra	Transporte	Equipos			
Tramo 2: De 6 y 18 - 37 (continuación)																
	3.2.3	Excavacion Manual	m3	81.67	120.00		96.00		24.00	0.00	7840.51	0.00	1960.13	9800.64		
	3.2.4	Relleno con material del sitio	m3	27.89	75.00		60.00		15.00	0.00	1673.28	0.00	418.32	2091.60		
	3.2.5	Relleno Especial con material Selecto	m3	20.42	110.00		77.00	11.00	22.00	0.00	1572.19	224.60	449.20	2245.98		
	3.2.6	Acarreo de material selecto a 1.5km con equipo	m3	20.42	70.00		49.00	7.00	14.00	0.00	1000.48	142.93	285.85	1429.26		
	3.2.7	Botar Material Sobrante a 1km con Equipo	m3	53.78	45.00		31.50	4.50	9.00	0.00	1694.20	242.03	484.06	2420.28		
	3.2.8	Tapa de polietileno	c/u	29.00	1300.00		195.00	130.00		0.00	5655.00	3770.00		9425.00		
4.00	0.0	Tramo 3: De 37 - 84			30528.00	15544.60	9407.20	3021.30	1587.40	143848.20	322109.74	43674.87	69913.65	579546.46		
	4.1	Colectores	ml	317.00	1108.00	309.60	588.70	98.80	118.40	98143.20	291051.30	34383.63	64468.73	488046.86		
	4.1.1	Excav. Para tuberías . De 0 a 1.20m	m3	1184.00	120.00		96.00		24.00		113663.52		28415.88	142079.40		
	4.1.2	Relleno Especial con material Selecto	m3	473.60	110.00		77.00	11.00	22.00	0.00	36467.05	5209.58	10419.16	52095.78		
	4.1.2.2	Acarreo de material selecto a 1.5km con equipo	m3	473.60	70.00		49.00	7.00	14.00	0.00	23206.30	3315.19	6630.37	33151.86		
	4.1.2.3	Tubería de 8" PVC SDR-17	ml	317.00	688.00	309.60	275.20	68.80	34.40	98143.20	87238.40	21809.60	10904.80	218096.00		
	4.1.2.4	Relleno y Compactacion con material del sitio	m3	284.16	75.00		60.00	7.50	15.00	0.00	17049.53	2131.19	4262.38	23443.10		
	4.1.2.5	Botar Material Sobrante a 1km con Equipo	m3	426.24	45.00		31.50	4.50	9.00	0.00	13426.50	1918.07	3836.14	19180.72		
	4.2	Dispositivos de Inspeccion		6.00	29420.00	15235.00	8818.50	2922.50	1469.00	45705.00	31058.44	9291.24	5444.92	91499.60		
		Dimensiones (m)	prof	ø												
	4.2.1	PVS de h= 1.20 - 2	2	1	c/u	3.00	12000.00	6600.00	3600.00	1200.00	600.00	19800.00	10800.00	3600.00	1800.00	36000.00
	4.2.2	PVS de h= 2 - 3	2.5	1	c/u	3.00	15700.00	8635.00	4710.00	1570.00	785.00	25905.00	14130.00	4710.00	2355.00	47100.00
	4.2.3	Excavacion Manual	m3	31.37	120.00		96.00		24.00	0.00	3011.90	0.00	752.98	3764.88		
	4.2.4	Relleno con material del sitio	m3	8.96	75.00		60.00		15.00	0.00	537.84	0.00	134.46	672.30		
	4.2.5	Relleno Especial con material Selecto	m3	5.58	110.00		77.00	11.00	22.00	0.00	429.48	61.35	122.71	613.54		
	4.2.6	Acarreo de material selecto a 1.5km con equipo	m3	5.58	70.00		49.00	7.00	14.00	0.00	273.30	39.04	78.09	390.43		
	4.2.7	Botar Material Sobrante a 1km con Equipo	m3	22.41	45.00		31.50	4.50	9.00	0.00	705.92	100.85	201.69	1008.45		
	4.2.8	Tapa de polietileno	c/u	6.00	1300.00		195.00	130.00		0.00	1170.00	780.00		1950.00		
5.00	0.0	Tramo 4: De 41 y 49 - 77			28245.00	14302.25	8709.00	2793.00	1473.25	301690.50	572867.81	85380.94	121110.33	1081049.58		
	5.1	Colectores	ml	728.00	975.00	249.75	535.50	85.50	111.75	181818.00	494460.40	60938.49	107676.62	844893.50		
	5.1.1	Excav. Para tuberías . De 0 a 1.20m	m3	1933.57	120.00		96.00		24.00		185622.53		46405.63	232028.16		
	5.1.2	Relleno Especial con material Selecto	m3	773.43	110.00		77.00	11.00	22.00	0.00	59553.89	8507.70	17015.40	85076.99		
	5.1.2.2	Acarreo de material selecto a 1.5km con equipo	m3	773.43	70.00		49.00	7.00	14.00	0.00	37897.93	5413.99	10827.98	54139.90		
	5.1.2.3	Tubería de 6" PVC SDR-17	ml	728.00	555.00	249.75	222.00	55.50	27.75	181818.00	161616.00	40404.00	20202.00	404040.00		
	5.1.2.4	Relleno y Compactacion con material del sitio	m3	464.06	75.00		60.00	7.50	15.00	0.00	27843.38	3480.42	6960.84	38284.65		
	5.1.2.5	Botar Material Sobrante a 1km con Equipo	m3	696.08	45.00		31.50	4.50	9.00	0.00	21926.66	3132.38	6264.76	31323.80		
	5.2	Dispositivos de Inspeccion		17.00	27270.00	14052.50	8173.50	2707.50	1361.50	119872.50	78407.41	24442.44	13433.71	236156.07		
		Dimensiones (m)	prof	ø												
	5.2.1	PVS de h= 0 - 1.20	1.2	0.6	c/u	8.00	12000.00	6600.00	3600.00	1200.00	600.00	52800.00	28800.00	9600.00	4800.00	96000.00
	5.2.2	PVS de h= 1.20 - 2	2	1	c/u	9.00	13550.00	7452.50	4065.00	1355.00	677.50	67072.50	36585.00	12195.00	6097.50	121950.00

Fuente: Elaboración propia (2017)

**Tabla 41: Take off de costos de ejecución del SAS (continuación)**

Etap	Subetapa	Descripción	U/M	Cantidad	Costo	Costo Unitario		Maquinaria		Sub-Totales				Total			
					unitario	Materiales	M / Obra	Transporte	Equipos	Materiales	M / Obra	Transporte	Equipos				
Tramo 4: De 41 y 49 - 77 (continuación)																	
	5.2.3	Excavacion Manual	m3	57.77	120.00		96.00		24.00	0.00	5545.73	0.00	1386.43	6932.16			
	5.2.4	Relleno con material del sitio	m3	18.33	75.00		60.00		15.00	0.00	1099.58	0.00	274.90	1374.48			
	5.2.5	Relleno Especial con material Selecto	m3	14.44	110.00		77.00	11.00	22.00	0.00	1112.03	158.86	317.72	1588.62			
	5.2.6	Acarreo de material selecto a 1.5km con equipo	m3	14.44	70.00		49.00	7.00	14.00	0.00	707.66	101.09	202.19	1010.94			
	5.2.7	Botar Material Sobrante a 1km con Equipo	m3	39.44	45.00		31.50	4.50	9.00	0.00	1242.41	177.49	354.97	1774.87			
	5.2.8	Tapa de polietileno	c/u	17.00	1300.00		195.00	130.00		0.00	3315.00	2210.00		5525.00			
6.00	0.0	Tramo 5: De 54 y 64 - 77			28245.00	14302.25	8709.00	2793.00	1473.25	285922.75	489959.34	77602.21	102424.29	955908.60			
	6.1	Colectores	ml	589.00	975.00	249.75	535.50	85.50	111.75	147102.75	400051.06	49303.26	87117.48	683574.55			
	6.1.1	Excav. Para tuberías . De 0 a 1.20m	m3	1564.38	120.00		96.00		24.00		150180.86		37545.22	187726.08			
	6.1.2	Relleno Especial con material Selecto	m3	625.75	110.00		77.00	11.00	22.00	0.00	48183.03	6883.29	13766.58	68832.90			
	6.1.2.2	Acarreo de material selecto a 1.5km con equipo	m3	625.75	70.00		49.00	7.00	14.00	0.00	30661.93	4380.28	8760.55	43802.75			
	6.1.2.3	Tubería de 6" PVC SDR-17	ml	589.00	555.00	249.75	222.00	55.50	27.75	147102.75	130758.00	32689.50	16344.75	326895.00			
	6.1.2.4	Relleno y Compactacion con material del sitio	m3	375.45	75.00		60.00	7.50	15.00	0.00	22527.13	2815.89	5631.78	30974.80			
	6.1.2.5	Botar Material Sobrante a 1km con Equipo	m3	563.18	45.00		31.50	4.50	9.00	0.00	17740.11	2534.30	5068.60	25343.02			
	6.2	Dispositivos de Inspeccion		20.00	27270.00	14052.50	8173.50	2707.50	1361.50	138820.00	89908.28	28298.96	15306.81	272334.05			
		Dimensiones (m)	prof	ø													
	6.2.1	PVS de h= 0 - 1.20		1.2	0.6	c/u	12.00	12000.00	6600.00	3600.00	1200.00	600.00	79200.00	43200.00	14400.00	7200.00	144000.00
	6.2.2	PVS de h= 1.20 - 2		2	1	c/u	8.00	13550.00	7452.50	4065.00	1355.00	677.50	59620.00	32520.00	10840.00	5420.00	108400.00
	6.2.3	Excavacion Manual	m3	61.09	120.00		96.00		24.00	0.00	5864.45	0.00	1466.11	7330.56			
	6.2.4	Relleno con material del sitio	m3	20.19	75.00		60.00		15.00	0.00	1211.14	0.00	302.78	1513.92			
	6.2.5	Relleno Especial con material Selecto	m3	15.27	110.00		77.00	11.00	22.00	0.00	1175.94	167.99	335.98	1679.92			
	6.2.6	Acarreo de material selecto a 1.5km con equipo	m3	15.27	70.00		49.00	7.00	14.00	0.00	748.33	106.90	213.81	1069.04			
	6.2.7	Botar Material Sobrante a 1km con Equipo	m3	40.90	45.00		31.50	4.50	9.00	0.00	1288.43	184.06	368.12	1840.61			
	6.2.8	Tapa de polietileno	c/u	20.00	1300.00		195.00	130.00		0.00	3900.00	2600.00		6500.00			
7.00	0.0	Tramo 6: De 77 y 88 - 99			39041.00	19644.35	11729.20	3715.50	1934.50	250157.00	860715.42	93100.87	211084.36	1415057.65			
	7.1	Colectores	ml	675.00	2621.00	559.35	810.70	93.00	115.50	62937.00	731034.05	55634.99	187942.55	1037548.58			
	7.1.1	Excav. Para tuberías . De 0 a 1.20m	m3	3921.75	120.00		96.00		24.00		376488.00		94122.00	470610.00			
	7.1.2	Relleno Especial con material Selecto	m3	1568.70	110.00		77.00	11.00	22.00	0.00	120789.90	17255.70	34511.40	172557.00			
	7.1.2.2	Acarreo de material selecto a 1.5km con equipo	m3	1568.70	70.00		49.00	7.00	14.00	0.00	76866.30	10980.90	21961.80	109809.00			
	7.1.2.3	Tubería de 6" PVC SDR-17	ml	252.00	555.00	249.75	222.00	55.50	27.75	62937.00	55944.00	13986.00	6993.00	139860.00			
	7.1.2.4	Tubería de 8" PVC SDR-41	ml	191.00	688.00	309.60	275.20										
	7.1.2.5	Tubería de 10" PVC SDR-41	ml	232.00	958.00			7.50	3.75				3529.58	3529.58			
	7.1.2.6	Relleno y Compactacion con material del sitio	m3	941.22	75.00		60.00	7.50	15.00	0.00	56473.20	7059.15	14118.30	77650.65			
	7.1.2.7	Botar Material Sobrante a 1km con Equipo	m3	1411.83	45.00		31.50	4.50	9.00	0.00	44472.65	6353.24	12706.47	63532.35			

Fuente: Elaboración propia (2017)

**Tabla 42: Take off de costos de ejecución del SAS (continuación)**

Etapas	Subetapas	Descripción	U/M	Cantidad	Costo		Costo Unitario		Maquinaria		Sub-Totales				Total	
					unitario		Materiales	M / Obra	Transporte	Equipos	Materiales	M / Obra	Transporte	Equipos		
Tramo 6: De 77 y 88 - 99 (continuación)																
	7.2	Dispositivos de Inspeccion		20.00	36420.00	19085.00	10918.50	3622.50	1819.00	187220.00	129681.37	37465.88	23141.81	377509.07		
		Dimensiones (m)	prof	ø												
	7.2.1	PVS de h= 2-3	3	1	c/u	12.00	15700.00	8635.00	4710.00	1570.00	785.00	103620.00	56520.00	18840.00	9420.00	188400.00
	7.2.2	PVS de h= 3-4	4	1	c/u	8.00	19000.00	10450.00	5700.00	1900.00	950.00	83600.00	45600.00	15200.00	7600.00	152000.00
	7.2.3	Excavacion Manual			m3	158.03	120.00		96.00		24.00	0.00	15171.07	0.00	3792.77	18963.84
	7.2.4	Relleno con material del sitio			m3	45.15	75.00		60.00		15.00	0.00	2709.12	0.00	677.28	3386.40
	7.2.5	Relleno Especial con material Selecto			m3	17.66	110.00		77.00	11.00	22.00	0.00	1360.00	194.29	388.57	1942.86
	7.2.6	Acarreo de material selecto a 1.5km con equipo			m3	17.66	70.00		49.00	7.00	14.00	0.00	865.46	123.64	247.27	1236.37
	7.2.7	Botar Material Sobrante a 1km con Equipo			m3	112.88	45.00		31.50	4.50	9.00	0.00	3555.72	507.96	1015.92	5079.60
	7.2.8	Tapa de polietileno			c/u	20.00	1300.00		195.00	130.00		0.00	3900.00	2600.00		6500.00
8.00	0.0	Tramo 7: De 93 y 102 - 115				39235.00	19884.75	11754.00	3815.50	1984.50	274287.25	734037.49	89192.14	174362.75	1271879.62	
	8.1	Colectores			ml	492.00	1815.00	249.75	535.50	93.00	115.50	82667.25	600695.18	50896.37	150498.23	884757.03
	8.1.1	Excav. Para tuberías . De 0 a 1.20m			m3	3062.70	120.00		96.00		24.00		294019.20		73504.80	367524.00
	8.1.2	Relleno Especial con material Selecto			m3	1225.08	110.00		77.00	11.00	22.00	0.00	94331.16	13475.88	26951.76	134758.80
	8.1.2.2	Acarreo de material selecto a 1.5km con equipo			m3	1225.08	70.00		49.00	7.00	14.00	0.00	60028.92	8575.56	17151.12	85755.60
	8.1.2.3	Tubería de 6" PVC SDR-17			ml	331.00	555.00	249.75	222.00	55.50	27.75	82667.25	73482.00	18370.50	9185.25	183705.00
	8.1.2.4	Tubería de 12" PVC SDR-41			ml	161.00	840.00			7.50	3.75				2756.43	2756.43
	8.1.2.5	Relleno y Compactacion con material del sitio			m3	735.05	75.00		60.00	7.50	15.00	0.00	44102.88	5512.86	11025.72	60641.46
	8.1.2.6	Botar Material Sobrante a 1km con Equipo			m3	1102.57	45.00		31.50	4.50	9.00	0.00	34731.02	4961.57	9923.15	49615.74
	8.2	Dispositivos de Inspeccion				20.00	37420.00	19635.00	11218.50	3722.50	1869.00	191620.00	133342.31	38295.76	23864.52	387122.59
		Dimensiones (m)	prof	ø												
	8.2.1	PVS de h= 2-3	3	1	c/u	12.00	15700.00	8635.00	4710.00	1570.00	785.00	103620.00	56520.00	18840.00	9420.00	188400.00
	8.2.2	PVS de h= 3-4.5	4.5	1	c/u	8.00	20000.00	11000.00	6000.00	2000.00	1000.00	88000.00	48000.00	16000.00	8000.00	160000.00
	8.2.3	Excavacion Manual			m3	167.33	120.00		96.00		24.00	0.00	16063.49	0.00	4015.87	20079.36
	8.2.4	Relleno con material del sitio			m3	47.81	75.00		60.00		15.00	0.00	2868.48	0.00	717.12	3585.60
	8.2.5	Relleno Especial con material Selecto			m3	17.66	110.00		77.00	11.00	22.00	0.00	1360.00	194.29	388.57	1942.86
	8.2.6	Acarreo de material selecto a 1.5km con equipo			m3	17.66	70.00		49.00	7.00	14.00	0.00	865.46	123.64	247.27	1236.37
	8.2.7	Botar Material Sobrante a 1km con Equipo			m3	119.52	45.00		31.50	4.50	9.00	0.00	3764.88	537.84	1075.68	5378.40
	8.2.8	Tapa de polietileno			c/u	20.00	1300.00		195.00	130.00		0.00	3900.00	2600.00		6500.00
9.00	0.0	Otras Obras				29700.00	29700.00	0.00	2000.00	4000.00	29700.00	0.00	2000.00	4000.00	35700.00	
	9.1	Rotulos y Señalización Preventiva			Glb	1.00	9700.00	9700.00			9700.00	0.00	0.00	0.00	9700.00	
	9.2	Medidas de Mitigación (cisternas contra tolvaneras)			Glb	1.00	20000.00	20000.00		2000.00	4000.00	20000.00	0.00	2000.00	4000.00	26000.00
10.00	0.0	Limpieza y Entrega				8512.00	6535.00	3517.20	1174.80	485.00	6535.00	31986.00	20154.00	485.00	59160.00	
	10.1	Limpieza Final			ml	3955.00	12.00		7.20	4.80	0.00	28476.00	18984.00		47460.00	
	10.2	Entrega y Detalles			Glb	1.00	2000.00	1200.00	600.00	200.00		1200.00	600.00	200.00	2000.00	
	10.3	Placa conmemorativa			c/u	1.00	6500.00	5335.00	2910.00	970.00	485.00	5335.00	2910.00	970.00	9700.00	

Fuente: Elaboración propia (2017)

**Tabla 43: Take off de costos de ejecución del SAS (continuación)**

SUBTOTAL DE COSTOS DIRECTOS, EN C\$	7367765.49
COSTOS INDIRECTOS DE OPERACIÓN 15% DE SUBTOTAL DE COSTOS DIRECTOS, EN C\$	1105164.82
IMPUESTOS 15% DEL SUBTOTAL DE COSTOS DIRECTOS, EN C\$	1105164.82
IMPREVISTOS 10% DEL SUBTOTAL DE COSTOS DIRECTOS, C\$	736776.55
UTILIDADES 15% DEL SUBTOTAL DE COSTOS DIRECTOS, EN C\$	1105164.82
<b>COSTO TOTAL DE LA OBRA, EN C\$</b>	<b>C\$11,420,036.50</b>

Fuente: Elaboración propia (2017)

El coste estimado del SAS es de C\$ 11, 420, 036.50 (once millones cuatrocientos veinte mil treinta y seis córdobas con 50/100 centavos), congruentes a US\$ 371,867.03 (trescientos setenta y un mil ochocientos setenta y siete dólares con 03/100 centavos), con una tasa de cambio de US\$ 1 = C\$ 30.71<sup>15</sup>, (un dólar estadounidense valer por treinta y 30 córdobas con 71/100 centavos)

**Tabla 44: Take off de costos de ejecución del Biofiltro**

Etapa	Subetapa	Descripción	Dimensiones			U/M	Cantidad	Costo unitario	Costo Unitario		Maquinaria		Sub-Totales				Total
			Ancho	Profundidad	Largo				Materiales	M / Obra	Transporte	Equipos	Materiales	M / Obra	Transporte	Equipos	
1.00	0.0	PRELIMINARES			ml	10000.00	20228.00	11454.60	6072.00	2026.40	675.00	15854.88	80264.94	50754.98	675.00	147549.80	
	1.1	Limpieza inicial	100.00		100.00	m2	10000.00	12.00	7.20	4.80		72000.00	48000.00		120000.00		
	1.2	Trazo y Nivelacion				m2	459.36	16.00	9.60	4.80	1.60	4409.88	2204.94	734.98	7349.80		
	1.3	Rotulo Alusivo del Proyecto				c/u	1.00	6500.00	3575.00	1950.00	650.00	3575.00	1950.00	650.00	6500.00		
	1.4	Facilidades Temporales (Champas)				Glb	1.00	6000.00	3600.00	1800.00	600.00	3600.00	1800.00	600.00	6000.00		
	1.5	Instalaciones Provisionales de Energia Electrica				Glb	1.00	700.00	420.00	210.00	70.00	420.00	210.00	70.00	700.00		
	1.6	Letrina Provisional				Glb	1.00	7000.00	3850.00	2100.00	700.00	3850.00	2100.00	700.00	7000.00		
2.00	0.0	ESTRUCTURA: CAMARA DE REJAS					5540.00	1979.00	2034.75	443.50	282.75	7781.28	7762.87	1698.52	1099.91	19142.58	
	2.1	Movimiento de tierra	1.55		6.55	m2	10.15	420.00	0.00	341.75	11.50	66.75	0.00	1242.84	16.02	258.66	1517.52
	2.1.1	Excav. Para cimentacion	1.55	0.65	6.55	m3	6.60	120.00		96.00		24.00		633.52		158.38	791.90
	2.1.2	Relleno y Compactacion con material del sitio				m3	2.64	75.00		60.00		15.00		158.38		39.59	197.97
	2.1.3	Relleno Especial con material Selecto				m3	2.03	110.00		88.00		22.00		178.68		44.67	223.36
	2.1.4	Botar Material Sobrante a 1km con Equipo				m3	3.96	45.00		38.25	4.50	2.25		151.45	8.91	8.91	169.27
	2.1.5	Acarreo de material selecto a 1.5km con equipo				m3	2.03	70.00		59.50	7.00	3.50		120.81	7.11	7.11	135.03
	2.2	Obras de concreto simple					2.00	500.00	225.00	200.00	50.00	25.00	16.20	14.40	3.60	1.80	36.00
	2.2.1	Dados de concreto	0.30	0.40	0.30	m3	0.07	500.00	225.00	200.00	50.00	25.00	16.20	14.40	3.60	1.80	36.00
	2.3	Obras de concreto Armado						3120.00	1404.00	1248.00	312.00	156.00	5665.08	5035.63	1258.91	629.45	12589.07
	2.3.1	Losa de piso	1.55	0.08	6.55	m3	0.76	1200.00	540.00	480.00	120.00	60.00	411.18	365.49	91.37	45.69	913.73
	2.3.2	Vigas y Columnas	0.15	0.15	32.42	m3	0.73	1200.00	540.00	480.00	120.00	60.00	393.90	350.14	87.53	43.77	875.34

Fuente: Elaboración propia (2017)

<sup>15</sup> Banco central de Nicaragua ([http://bcn.gob.ni/estadisticas/mercados\\_cambiarior/tipo\\_cambio/cordoba\\_dolar/](http://bcn.gob.ni/estadisticas/mercados_cambiarior/tipo_cambio/cordoba_dolar/)) al 12 de diciembre de 2017

**Tabla 45: Take off de costos de ejecución del biofiltro (continuación)**

Etapa	Subetapa	Descripción	Dimensiones			U/M	Cantidad	Costo	Costo Unitario			Maquinaria		Sub-Totales				Total
			Ancho	Profundidad	Largo				unitario	Materiales	M / Obra	Transporte	Equipos	Materiales	M / Obra	Transporte	Equipos	
Cámara de rejillas (continuación)																		
	2.3.3	Mampostería de Ladrillo		1.55	15.00	m2	15.00	720.00	324.00	288.00	72.00	36.00	4860.00	4320.00	1080.00	540.00	10800.00	
	2.4	Instalaciones de tuberías(incluye accesorios)				ml	6.00	1500.00	350.00	245.00	70.00	35.00	2100.00	1470.00	420.00	210.00	5000.00	
	2.4.1	Tubo PVC 8"				ml	6.00	700.00	350.00	245.00	70.00	35.00	2100.00	1470.00	420.00	210.00	4200.00	
	2.4.2	Rejas de 1/2"				Glb	1.00	800.00					0.00		0.00		800.00	
3.00	0.0	ESTRUCTURA: TANQUE IMHOFF						6740.00	1984.00	1970.00	438.50	297.50	57261.56	91398.37	12469.42	16918.36	180097.70	
	3.1	Movimiento de tierra	5.45		10.00	m2	15.45	420.00	0.00	324.50	11.50	84.00	0.00	41604.21	879.63	10620.96	53104.80	
	3.1.1	Excav. Para cimentación	5.45	5.20	10.00	m3	283.40	120.00		96.00		24.00		27206.40		6801.60	34008.00	
	3.1.2	Relleno y Compactación con material del sitio				m3	113.36	75.00		60.00		15.00		6801.60		1700.40	8502.00	
	3.1.3	Relleno Especial con material Selecto				m3	16.35	110.00		88.00		22.00		1438.80		359.70	1798.50	
	3.1.4	Botar Material Sobrante a 1km con Equipo				m3	170.04	45.00		31.50	4.50	9.00		5356.26	765.18	1530.36	7651.80	
	3.1.5	Acarreo de material selecto a 1.5km con equipo				m3	16.35	70.00		49.00	7.00	14.00		801.15	114.45	228.90	1144.50	
	3.2	Obras de concreto simple					2.00	500.00	225.00	200.00	50.00	25.00	28.80	25.60	6.40	3.20	64.00	
	3.2.1	Dados de concreto(tubería de salida a lecho de secado)	0.40	0.40	0.40	m3	0.13	500.00	225.00	200.00	50.00	25.00	28.80	25.60	6.40	3.20	64.00	
	3.3	Obras de concreto Armado						2520.00	1134.00	1008.00	252.00	126.00	51382.76	45673.56	11418.39	5709.20	114183.90	
	3.3.1	Losa de piso y Tapa	5.45	0.08	10.00	m3	8.18	900.00	405.00	360.00	90.00	45.00	3310.88	2943.00	735.75	367.88	7357.50	
	3.3.2	Vigas y Columnas	0.20	0.20	86.60	m3	3.46	900.00	405.00	360.00	90.00	45.00	1402.92	1247.04	311.76	155.88	3117.60	
	3.3.3	Mampostería de Ladrillo		5.20	27.70	m2	144.04	720.00	324.00	288.00	72.00	36.00	46668.96	41483.52	10370.88	5185.44	103708.80	
	3.4	Instalaciones de tuberías(incluye accesorios)				ml	6.00	3300.00	625.00	437.50	125.00	62.50	5850.00	4095.00	165.00	585.00	12745.00	
	3.4.1	Tubo PVC 6"				ml	6.00	550.00	275.00	192.50	55.00	27.50	1650.00	1155.00	165.00	165.00	3135.00	
	3.4.2	Tubo PVC DE 8"				ml	12.00	700.00	350.00	245.00	70.00	35.00	4200.00	2940.00		420.00	7560.00	
	3.4.3	YEE sanitaria de 8" incluye codo				C/U	1.00	550.00									550.00	
	3.4.4	Tee sanitaria PVC DE 6"				C/U	2.00	600.00									600.00	
	3.4.5	Llave de compuertas				C/U	2.00	900.00					0.00		0.00		900.00	
4.00	0.0	ESTRUCTURA: LECHO DE SECADO DE LODOS					3.00	27012.00	11963.40	10919.55	2609.70	1519.35	265443.86	266699.18	58592.82	38571.58	629307.44	
	4.1	Movimiento de tierra	4.20		15.10	m2	19.30	420.00	0.00	331.25	11.50	77.25	0.00	14392.22	355.79	3269.62	18017.62	
	4.1.1	Excav. Para cimentación	4.20	1.30	15.10	m3	82.45	120.00		96.00		24.00		7914.82		1978.70	9893.52	
	4.1.2	Relleno y Compactación con material del sitio				m3	32.98	75.00		60.00		15.00		1978.70		494.68	2473.38	
	4.1.3	Relleno Especial con material Selecto				m3	19.03	110.00		88.00		22.00		1674.29		418.57	2092.86	
	4.1.4	Botar Material Sobrante a 1km con Equipo				m3	49.47	45.00		38.25	4.50	2.25		1892.14	222.60	111.30	2226.04	
	4.1.5	Acarreo de material selecto a 1.5km con equipo				m3	19.03	70.00		49.00	7.00	14.00		932.27	133.18	266.36	1331.82	
	4.2	Obras de concreto simple					2.00	500.00	225.00	200.00	50.00	25.00	64.80	57.60	14.40	7.20	144.00	
	4.2.1	Apoyos de concreto	0.60	0.10	1.20	m3	0.29	500.00	225.00	200.00	50.00	25.00	64.80	57.60	14.40	7.20	144.00	
	4.3	Obras de concreto Armado						2520.00	1134.00	1008.00	252.00	126.00	36373.96	32332.41	8083.10	4041.55	80831.03	
	4.3.1	Piso acabado y pulido	4.20	0.10	15.10	m3	6.34	900.00	405.00	360.00	90.00	45.00	2568.51	2283.12	570.78	285.39	5707.80	

Fuente: Elaboración propia (2017)

**Tabla 46: Take off de costos de ejecución del biofiltro (continuación)**

Etapa	Subetapa	Descripción	Dimensiones			U/M	Cantidad	Costo unitario	Costo Unitario			Maquinaria		Sub-Totales				Total
			Ancho	Profundidad	Largo				Materiales	M / Obra	Transporte	Equipos	Materiales	M / Obra	Transporte	Equipos		
Lecho de secado de lodos (continuación)																		
	4.3.2	Vigas y Columnas	0.15	0.30	50.45	m3	2.27	900.00	405.00	360.00	90.00	45.00	919.45	817.29	204.32	102.16	2043.23	
	4.3.3	Mamposteria de Ladrillo		2.90	35.00	m2	101.50	720.00	324.00	288.00	72.00	36.00	32886.00	29232.00	7308.00	3654.00	73080.00	
	4.4	Caseta de proteccion	5.00		18.00	m2	90.00	3064.00	1378.80	1225.60	306.40	153.20	30111.53	26765.80	6691.45	3345.73	66914.50	
	4.4.1	Concreto para columnas	0.15	0.15	27.00	m3	3.65	900.00	405.00	360.00	90.00	45.00	1476.23	1312.20	328.05	164.03	3280.50	
	4.4.2	Cintas de eucalipto @ ,95cm	0.04	0.08	9.00	c/u	14.00	350.00	157.50	140.00	35.00	17.50	2205.00	1960.00	490.00	245.00	4900.00	
	4.4.3	Largueros de Eucalipto	0.15	0.08	4.85	c/u	9.00	550.00	247.50	220.00	55.00	27.50	2227.50	1980.00	495.00	247.50	4950.00	
	4.4.4	Viga solera de eucalipto	0.10	0.15	9.00	c/u	6.00	714.00	321.30	285.60	71.40	35.70	1927.80	1713.60	428.40	214.20	4284.00	
	4.4.5	cubierta lamina de zinc Cal.26	5.00		18.00	m2	90.00	550.00	247.50	220.00	55.00	27.50	22275.00	19800.00	4950.00	2475.00	49500.00	
	4.5	Instalaciones de tuberias(incluye accesorios)				ml	38.00	2500.00	1250.00	875.00	250.00	125.00	21931.00	15351.70	4386.20	2193.10	43862.00	
	4.5.1	Tubo PVC DE 8" con perforaciones				ml	38.00	700.00	350.00	245.00	70.00	35.00	13300.00	9310.00	2660.00	1330.00	26600.00	
	4.5.2	Codo de 90º de 8"				C/U	2.00	250.00	125.00	87.50	25.00	12.50	250.00	175.00	50.00	25.00	500.00	
	4.5.3	Llave de compuertas de 8"				C/U	2.00	800.00	400.00	280.00	80.00	40.00	800.00	560.00	160.00	80.00	1600.00	
	4.5.4	Lecho Filtrante (grava fina)	3.80	0.70	7.60	m3	20.22	750.00	375.00	262.50	75.00	37.50	7581.00	5306.70	1516.20	758.10	15162.00	
5.00	0.0	<b>ESTRUCTURA: FILTRO BIOLÓGICO</b>						9360.00	2139.00	5791.25	905.50	524.25	20157.87	102110.44	12647.15	10102.08	145017.54	
	5.1	Movimiento de tierra	2.41		6.00	m2	14.46	420.00	0.00	331.25	11.50	77.25	0.00	17886.66	366.96	3961.98	22215.60	
	5.1.1	Excav. Para cimentacion	5.50	3.60	6.00	m3	118.80	120.00		96.00		24.00		11404.80		2851.20	14256.00	
	5.1.2	Relleno y Compactacion con material del sitio				m3	47.52	75.00		60.00		15.00		2851.20		712.80	3564.00	
	5.1.3	Relleno Especial con material Selecto				m3	6.60	110.00		88.00		22.00		580.80		145.20	726.00	
	5.1.4	Botar Material Sobrante a 1km con Equipo				m3	71.28	45.00		38.25	4.50	2.25		2726.46	320.76	160.38	3207.60	
	5.1.5	Acarreo de material selecto a 1.5km con equipo				m3	6.60	70.00		49.00	7.00	14.00		323.40	46.20	92.40	462.00	
	5.2.	Obras de concreto simple					2.00	500.00	225.00	200.00	50.00	25.00	97.20	86.40	21.60	10.80	216.00	
	5.2.1	Dados de concreto	0.60	0.60	0.60	m3	0.43	500.00	225.00	200.00	50.00	25.00	97.20	86.40	21.60	10.80	216.00	
	5.3	Obras de concreto Armado						3120.00	1404.00	1248.00	312.00	156.00	8750.67	7778.38	1944.59	972.30	19445.94	
	5.3.1	Losa de piso	2.41	0.08	6.00	m3	1.08	1200.00	540.00	480.00	120.00	60.00	585.63	520.56	130.14	65.07	1301.40	
	5.3.2	Vigas y Columnas	0.15	0.15	32.02	m3	0.72	1200.00	540.00	480.00	120.00	60.00	389.04	345.82	86.45	43.23	864.54	
	5.3.3	Mamposteria de Ladrillo		3.80	24.00	m2	24.00	720.00	324.00	288.00	72.00	36.00	7776.00	6912.00	1728.00	864.00	17280.00	
	5.4	Instalaciones de tuberias(incluye accesorios)				ml	36.00	1020.00	510.00	357.00	102.00	51.00	11310.00	7917.00	2262.00	1131.00	22620.00	
	5.4.1	Tubo PVC 6" con perforaciones				ml	36.00	550.00	275.00	192.50	55.00	27.50	9900.00	6930.00	1980.00	990.00	19800.00	
	5.4.2	Ducto de ventilacion de 4"				ml	6.00	470.00	235.00	164.50	47.00	23.50	1410.00	987.00	282.00	141.00	2820.00	
	5.5	Lecho filtrante						4300.00	0.00	3655.00	430.00	215.00	0.00	68442.00	8052.00	4026.00	80520.00	
	5.5.1	Grava soporte de 2"	5.50	0.30	6.00	m3	9.90	1400.00		1190.00	140.00	70.00		11781.00	1386.00	693.00	13860.00	
	5.5.2	Grava de 1"	5.50	0.30	6.00	m3	9.90	1200.00		1020.00	120.00	60.00		10098.00	1188.00	594.00	11880.00	
	5.5.3	Grava de 1/2"	5.50	0.80	6.00	m3	26.40	950.00		807.50	95.00	47.50		21318.00	2508.00	1254.00	25080.00	
	5.5.4	Grava de 1/4"	5.50	1.20	6.00	m3	39.60	750.00		637.50	75.00	37.50		25245.00	2970.00	1485.00	29700.00	
6.00	0.0	<b>ESTRUCTURA: BIOFILTRO</b>					3.00	19860.00	2670.00	14113.50	1894.50	1182.00	74160.96	603890.91	49754.57	102139.29	829945.73	
	6.1	Movimiento de tierra	12.50		32.00	m2	400.00	420.00	0.00	324.50	11.50	84.00	0.00	105412.00	2396.00	26952.00	134760.00	

Fuente: Elaboración propia (2017)

**Tabla 47: Take off de costos de ejecución del Biofiltro (continuación)**

Etapa	Subetapa	Descripción	Dimensiones			U/M	Cantidad	Costo	Costo Unitario			Maquinaria		Sub-Totales				Total
			Ancho	Profundidad	Largo				unitario	Materiales	M / Obra	Transporte	Equipos	Materiales	M / Obra	Transporte	Equipos	
Biofiltro (continuación)																		
	6.1.1	Excav. Para cimentacion	12.50	1.70	32.00	m3	680.00	120.00		96.00		24.00		65280.00		16320.00	81600.00	
	6.1.2	Relleno y Compactacion con material del sitio				m3	272.00	75.00		60.00		15.00		16320.00		4080.00	20400.00	
	6.1.3	Relleno Especial con material Selecto				m3	80.00	110.00		88.00		22.00		7040.00		1760.00	8800.00	
	6.1.4	Botar Material Sobrante a 1km con Equipo				m3	408.00	45.00		31.50	4.50	9.00		12852.00	1836.00	3672.00	18360.00	
	6.1.5	Acarreo de material selecto a 1.5km con equipo				m3	80.00	70.00		49.00	7.00	14.00		3920.00	560.00	1120.00	5600.00	
	6.2	Obras de concreto Armado						1200.00	540.00	480.00	120.00	60.00	220.32	195.84	48.96	24.48	489.60	
	6.2.1	Muro de contencion	1.20	0.20	1.70	m3	0.41	1200.00	540.00	480.00	120.00	60.00	220.32	195.84	48.96	24.48	489.60	
	6.3	Instalaciones de tuberias(incluye accesorios)				ml	70.00	700.00	350.00	245.00	70.00	35.00	24500.00	17150.00	4900.00	2450.00	49000.00	
	6.3.1	Tubo PVC 8"				ml	70.00	700.00	350.00	245.00	70.00	35.00	24500.00	17150.00	4900.00	2450.00	49000.00	
	6.4	Lecho filtrante						4300.00	0.00	3655.00	430.00	215.00	0.00	78539.13	9239.90	4619.95	92398.98	
	6.4.1	Filtro con piedras diam.2"	0.44	0.95	0.44	m3	0.37	1400.00		1190.00	140.00	70.00		437.73	51.50	25.75	514.98	
	6.4.2	Residuos Organicos	11.40	0.15	26.20	m3	44.80	1200.00		1020.00	120.00	60.00		45698.04	5376.24	2688.12	53762.40	
	6.4.3	Grava de 1"	11.40	0.10	26.20	m3	29.87	950.00		807.50	95.00	47.50		24118.41	2837.46	1418.73	28374.60	
	6.4.4	Arcilla compactada	11.40	0.10	11.40	m3	13.00	750.00		637.50	75.00	37.50		8284.95	974.70	487.35	9747.00	
7.00	0.0	Otras Obras						29700.00	29700.00	0.00	2000.00	4000.00	29700.00	0.00	2000.00	4000.00	35700.00	
	7.1	Rotulos y Señalización Preventiva				Glb	1.00	9700.00	9700.00				9700.00	0.00	0.00	0.00	9700.00	
	7.2	Medidas de Mitigación (cisternas contra tolvaneras)				Glb	1.00	20000.00	20000.00		2000.00	4000.00	20000.00	0.00	2000.00	4000.00	26000.00	
8.00	0.0	Limpieza y Entrega						8512.00	6535.00	3517.20	1174.80	485.00	6535.00	75510.00	49170.00	485.00	131700.00	
	8.1	Limpieza Final				ml	10000.00	12.00		7.20	4.80		0.00	72000.00	48000.00		120000.00	
	8.2	Entrega y Detalles				Glb	1.00	2000.00	1200.00	600.00	200.00		1200.00	600.00	200.00		2000.00	
	8.3	Placa conmemorativa				c/u	1.00	6500.00	5335.00	2910.00	970.00	485.00	5335.00	2910.00	970.00	485.00	9700.00	
SUBTOTAL DE COSTOS DIRECTOS, EN C\$																	2118460.79	
COSTOS INDIRECTOS DE OPERACIÓN 15% DE SUBTOTAL DE COSTOS DIRECTOS, EN C\$																	317769.12	
IMPUESTOS 15% DEL SUBTOTAL DE COSTOS DIRECTOS, EN C\$																	317769.12	
IMPREVISTOS 10% DEL SUBTOTAL DE COSTOS DIRECTOS, C\$																	211846.08	
UTILIDADES 15% DEL SUBTOTAL DE COSTOS DIRECTOS, EN C\$																	317769.12	
<b>COSTO TOTAL DE LA OBRA, EN C\$</b>															<b>C\$3,283,614.23</b>			

Fuente: Elaboración propia (2017)

El coste estimado para el biofiltro C\$ 3,283,614.23 (tres millones doscientos ochenta y tres mil seiscientos catorce córdobas con 23/100 centavos), equivalente s a US\$ 106,923.29 (ciento seis mil novecientos veintitrés dólares con 29/100 centavos), con una tasa de cambio de US\$ 1 = C\$ 30. 71<sup>16</sup>, (un dólar estadounidense valer por treinta y 30 córdobas con 71/100 centavos).

<sup>16</sup> Banco central de Nicaragua ([http://bcn.gob.ni/estadisticas/mercados\\_cambiarior/tipo\\_cambio/cordoba\\_dolar/](http://bcn.gob.ni/estadisticas/mercados_cambiarior/tipo_cambio/cordoba_dolar/)) al 12 de diciembre de 2017

#### 4.4.1. Costo total

Por último el costo total de toda la obra es la suma de las Tabla 39 y Tabla 44, siendo el monto total del proyecto, incluidos el SAS y el biofiltro es de C\$ 14,703,650.73 (catorce millones setecientos tres mil seiscientos cincuenta córdobas con 73/100 centavos), equivalente s a US\$ 478,790.32 (cuatrocientos setenta y ocho mil setecientos noventa dólares con 32/100 centavos), con una tasa de cambio de US\$ 1 = C\$ 30.71<sup>17</sup>, (un dólar estadounidense valer por treinta y 30 córdobas con 71/100 centavos)

<b>COSTO TOTAL DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO EN LA CIUDAD DE ESTELÍ</b>	
Sistema de Alcantarillado Sanitario	C\$11,420,036.50
Biofiltro	C\$3, 283,614.23
<b>Costo total</b>	<b>C\$14,703,650.73</b>

**Tabla 48: Costo total de ejecución del proyecto del SAS y Biofiltro en la ciudad de Estelí.**  
Fuente: Elaboración propia (2017).

#### 4.5. Impacto Ambiental

De conformidad con el Decreto N°. 76-2006, Sistema de Evaluación Ambiental (Asamblea Nacional de la República de Nicaragua, 2006), de la Ley N° 217, “Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales”; el Capítulo IV se refiere a la Evaluación Ambiental de Proyectos, Obras, Actividades e industrias, el Arto 18 categ III IA moderado inciso 17 y 18 caudal 150 y 750 m<sup>3</sup>/día, 200 m<sup>3</sup>/día de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales, respectivamente 16 pp.

---

<sup>17</sup> Banco central de Nicaragua

([http://bcn.gob.ni/estadisticas/mercados\\_cambiarior/tipo\\_cambio/cordoba\\_dolar/](http://bcn.gob.ni/estadisticas/mercados_cambiarior/tipo_cambio/cordoba_dolar/)) al 12 de diciembre de 2017

#### **4.5.1. Descripción del proyecto**

El proyecto está ubicado en la parte noroeste de la ciudad de Estelí, propiamente dentro de los 5 barrios, es una zona habitacional en su mayor fragmento, existen pequeños comercios como pulperías, venta de ropa, salones, etc., e industrias de tabaco.

#### **SAS**

El proyecto de sistema de alcantarillado sanitario para los 5 barrios está diseñado para construirse en los siguientes espacios: planificación, construcción, operación y mantenimiento.

La segunda fase es la más amplia, económicamente elevada y demorada de todas, pues contempla la construcción de las colectoras principales, secundarias y estructuras especiales tanto en el transporte como en el sitio de tratamiento.

Durante esta existirán ciertas afectaciones como el ruido de las maquinarias y trabajadores abriendo zanjas e instalando las tuberías; en el verano habrá polvo y en el invierno lodos,-; también se tendrá incomodidad por la señalización vial y rupturas de la tubería de agua potable.

Cuando se construye un proyecto de esta magnitud siempre se corren riesgos, ejemplo sería que el sistema no funcione adecuadamente en su totalidad, o que sólo funcionen partes de él.

Es por esto que se debe velar por el buen diseño y ejecución, siguiendo las normativas gubernamentales, así mismo las ingenieriles y civiles

El monto total de inversión de la obra del SAS asciende a C\$ 11,420,036.50 (once millones cuatrocientos veinte mil treinta y seis córdobas con 50/100 centavos). Este proyecto aliviará el problema de tener en los hogares las excretas humanas en sus viviendas y las aguas de uso doméstico escurriéndose por las calles; mediante la recolección de las aguas residuales.

## **Biofiltro**

Esta planta de tratamiento está compuesta en cinco estructuras que están conectadas en serie y a la vez trabajan individualmente antes de pasar sus desechos a la siguiente.

Los lodos que produce son transferidos al lecho de secado. Una vez secos se utilizan para el mejoramiento de los suelos. El Taiwán que ayuda a incrementar los aspectos físicos como la filtración y el desarrollo de los microorganismos. El agua que sale es apta para riego y/o su vertido en la quebrada la Limonosa.

Toda planta de tratamiento tiene operadores para que vigilen que el proceso de tratamiento sea el indicado, por eso es necesario que estén debidamente capacitados para reconocer cualquier foco de contaminación al ambiente.

La propiedad en donde se propone construir el biofiltro será irrecuperable, ya que una vez construido el sistema, servirá únicamente para el propósito con el que se diseñó.

El proyecto no entorpece la vida animal y humana de una manera directa; más bien acelera un buen desarrollo de la ciudad y mejora la calidad de vida de los ciudadanos sin afectar la flora y fauna de sus alrededores; siempre y cuando tenga éste una buena construcción, control y mantenimiento para no causar daños en ambiente inmediato.

El monto de inversión para el biofiltro está valorado en C\$ 3,283,614.23 (tres millones doscientos ochenta y tres mil seiscientos catorce córdobas con 23/100 centavos).

**Tabla 49: Línea de base ambiental**

		DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Línea de base ambiental		
MEDIO SUSCEPTIBLE DE ALTERARSE		
Categoría	Componente	Variables
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS</b>	Tierra	Lugares deforestados No existe banco de materiales en la zona Sectores utilizados como botaderos de basura Geomorfología: Cambios por los asentamientos humanos
	Agua	El agua potable para la población es de procedencia subterránea La calidad según ENACAL es apta para el consumo Las aguas residuales no reciben tratamiento alguno
	Atmósfera	Las letrinas son fuentes emisoras de malos olores Es una zona donde no se genera mucho ruido
	Procesos	Inundaciones: en la temporada de invierno en algunas viviendas Erosión en algunos lugares
<b>BIOLÓGICAS</b>	Flora	Degradación: Árboles, arbustos y hierbas debido a los asentamientos Cobertura Vegetal: afectada por la urbanización
	Fauna	Pájaros y animales terrestres incluso reptiles han cambiado su hábitat Insectos muchos, debido a los charcos existentes
<b>FACTORES CULTURALES</b>	Uso del territorio	Pastos en pequeñas zonas aún no habitadas, la agricultura no se práctica Área altamente residencial, la comercial e industrial mínima
	Estéticos y de interés humano	Vistas panorámicas y paisajes Naturaleza Espacios abiertos
	Nivel cultural	Estado de vida, la de un país subdesarrollado Salud afectada por mosquitos transmisores de enfermedades Seguridad: zona con poca delincuencia Empleo: el mayor porcentaje en industrias de procesadoras de tabaco Densidad de población: los barrios permiten el crecimiento poblacional
	Servicios e infraestructuras	Estructuras existentes: escuelas, centros de salud Red de transportes: Taxis, servicio de rutas, y uso vehiculos privados Red de servicios: Agua potable, electricidad, tv por cable Vertederos de residuos: tren de aseo
<b>RELACIÓN ECOLÓGICA</b>		Insectos portadores de enfermedades Cadenas alimentarias pocas Invasión de malezas en zonas aún no habitadas

Fuente: Elaboración Propia (2017)

**Tabla 50: Exploración de los impactos negativos en la construcción y funcionamiento del SAS**

 <small>Líder en Ciencia y Tecnología</small>		DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO		
		Impactos negativos durante la construcción y funcionamiento del SAS		
PROYECTO		FACTOR AMBIENTAL IMPACTADO (FA)		
Etapa	Actividades	FA	Efecto directo sobre el FA	
CONSTRUCCIÓN	Preliminares	Limpieza del terreno	Aire Ff S-e	Generación de ruido y polvo en suspensión Degradación de cobertura vegetal y cambio de hábitat de los animales problemas respiratorios
	Movimiento de tierra	Excavación, desalojo	Aire Suelo Paisaje S-e	Ruido y polvo generado por las maquinarias Cambio en las características físicas y químicas Transporte y acceso peatonal enfermedades respiratorias y dermatológicas
	Instalación de tuberías	Entibamiento, instalación de tuberías, relleno y compactación	Aire Suelo Paisaje S-e Ff	Generación de ruido y polvo en suspensión Cambio en la geomorfología del terreno Transporte y acceso peatonal enfermedades a trabajadores por aditivos Alteración y cambios del hábitat de las especies
	Construcción de pozos de visita	Excavación, construcción y relleno	Aire Suelo S-e	Generación de ruido y polvo por equipos Materiales de construcción y aditivos Empleo de mano de obra calificada
	Conexiones domiciliarias		Suelo	Asentamiento a lo largo de la vía, erosión, cambio en las características físicas y químicas
	Reparación de calles	Relleno y compactación	Aire S-e Suelo	Generación de ruido y polvo por maquinarias Molestias a la población por vibraciones y perjuicios a las construcciones existentes Asentamiento si las capas no se compactan bien
	Señalización		S-e Paisaje	Tráfico interrumpido y desviación de vehículos Visibilidad del lugar e interrupción del paso peatonal
	Limpieza final		Aire Suelo	Aumento de polvo Desechos sólidos por la construcción
	FUNCIONAMIENTO	Operación	Colectoras y PVS	Asub, Paisaje, Suelo, Aire, S-e, Ff

Abrev.: **Ff**: Flora y fauna; **S-e**: Medio socio-económico; **Asub**: aguas subterráneas  
Fuente: Elaboración propia (2017)

**Tabla 51: Impactos negativos en la construcción y funcionamiento del Biofiltro**

		<b>DISEÑO DEL BIOFILTRO PARA DARLE TRATAMIENTO A LAS AGUAS RESIDUALES RECOLECTADAS POR EL SAS</b>		
Impactos negativos durante la construcción y funcionamiento del Biofiltro				
PROYECTO		FACTOR AMBIENTAL IMPACTADO (FA)		
Etapa	Actividades	FA	Efecto directo sobre el FA	
<b>CONSTRUCCIÓN</b>	Preliminares	Limpieza del terreno	Aire	Generación de ruido y polvo en suspensión
			Ff	Degradación de cobertura vegetal y cambio de hábitat de los animales
			S-e	Empleo y problemas respiratorios
	Trazo y Nivelación	Replanteo	Aire	Ruido y polvo generado por las maquinarias
			Suelo	Cambio en las características físicas y químicas
			Paisaje	Cambios de visibilidad
			S-e	Fuentes de empleo y enfermedades respiratorias y dermatológicas
	Movimiento de Tierra	Excavaciones para construcción de obras civiles	Aire	Generación de ruido y polvo en suspensión
			Suelo	Cambio en la geomorfología del terreno
			Paisaje	cambios de visibilidad
			S-e	Fuentes de empleo y enfermedades a trabajadores por el uso de aditivos
			Ff	Alteración y cambios del hábitat de las especies
	Construcción de T. Imhoff, L.secadro, Biofiltro	Armado de hierro, concreto simple	Aire	Generación de ruido producido por mezcladoras y soldadores
			Suelo	Materiales de construcción y aditivos
			S-e	Empleo de mano de obra calificada
Instalación de tuberías para la conexión de los equipos		Suelo	Asentamiento, erosión, cambio en las características físicas y químicas, y en la geomorfología	
Limpieza final		Aire	Aumento de polvo	
		Suelo	Desechos sólidos por la construcción	

Fuente: Elaboración propia (2017)

**Tabla 52: impactos negativos en la construcción y funcionamiento del Biofiltro (continuación)**

		DISEÑO DEL BIOFILTRO PARA DARLE TRATAMIENTO A LAS AGUAS RESIDUALES RECOLECTADAS POR EL SAS		
FUNCIONAMIENTO	Operación	Entrada del agua residual a la planta	suelo	Generacion de residuos
			S-e	Bienestar social
		Rejilla de separacion de solidos	Suelo	Generacion de residuos
			S-e	Bienestar social
		Tanque Imhoff (decantacion y digestion)	Aire	Emision de gases
			Suelo	Generacion de residuos
			S-e	Bienestar social
			Paisaje	Modificacion visual del entorno
		Biofiltro	S-e	Bienestar social
			Paisaje	Fragmentacion del paisaje
		Secado de Lodos	Aire	Emision de gases
			Suelo	Generacion de residuos
			S-e	Bienestar social
			Paisaje	Modificacion visual del entorno
				Fragmentacion del paisaje
		Descarga al cuerpo receptor	Asub	Drenaje superficial
				Area-volumen de Infiltracion
				contaminacion de aguas superficiales

Abrev.: **Ff:** Flora y fauna; **S-e:** Medio socio-económico; **Asub:** aguas subterráneas  
 Fuente: Elaboración propia (2017)

#### 4.5.2. Análisis de Impactos positivos y negativos del proyecto

Para la efectuar la Evaluación de Impacto Ambiental fue necesario el uso de la Matriz de Leopold mediante la herramienta de Microsoft Excel.

Las actividades se definen en las dos etapas del proyecto: construcción y funcionamiento

Luego se puntualizan los impactos en la matriz donde se asignan valores de 0-10 que determinan la escala del impacto de las etapas del proyecto (M), esta puede ser positiva o negativa de acuerdo al criterio de quien evalúa; y el grado de incidencia del impacto sobre el factor ambiental (I).

Al finalizar de ingresar los datos anteriores, de manera horizontal y vertical, se cuentan los números de interacciones positivas y negativas. Después se detalla la cantidad de este conteo. Se realiza la sumatoria de horizontal y vertical de los valores dados, separando siempre los positivos de los negativos.

Por último, se realiza un promedio de los valores positivos y negativos, dividiendo la sumatoria entre el número de interacciones, para evaluar si la escala de los impactos y el grado de incidencia, son positivos o negativos.

**Tabla 53: Matriz de Leopold del SAS**

 <b>DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LOS BARRIOS BETANIA, GERARDO BROOKS, CID DINAMARCA, EL JAZMÍN y DIOS PROVEERÁ DE LA CIUDAD DE ESTELÍ</b>			Matriz de impactos positivos y negativos del SAS													
			Etapa de proyecto	Construcción						Funcionamiento			# de interacciones		Sumatoria	
Medio afectado	Preliminares	Movimiento de tierra		Instalación de tuberías	Construcción de PVS	Conexiones domiciliare	Reparación de calles	Señalización	Limpieza final	Conexiones domiciliare	Colectoras	Pozos de visita	-	+	-	+
	Características físicas y químicas	Aire	Ruido	-2/2	-5/5	-1/1	-2/2	-4/4	-2/2					6		-16/16
Calidad				-5/5	-2/2		-6/6	-2/2					4		-15/14	
Agua		Subterráneas										-2/1	1		-2/1	
		Calidad			-4/4	-4/4	-2/2	-2/2					4		-12/12	
Suelo		Desalojo	-1/1						-1/1				2		-2/2	
		Relleno				-2/2	2/2						1	1	-2/2	2/2
		Compactación					-3/2						1		-3/2	
		Geomorfología			-2/2	-2/2		1/1					2	1	-4/4	1/1
Medio biótico	Flora	Árboles, arbustos y hierbas				-2/2						1		-2/2		
		Cobertura vegetal	-1/1				-2/2					2		-3/3		
	Fauna	Cambio de hábitat	-1/1	-2/2			-2/2					3		-5/5		
		Insectos					3/3					1			3/3	

Fuente: Elaboración propia (2017)

Tabla 54: Matriz de Leopold del SAS (continuación)

		DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LOS BARRIOS BETANIA, GERARDO BROOKS, CID DINAMARCA, EL JAZMÍN y DIOS PROVEERÁ DE LA CIUDAD DE ESTELÍ															
		Matriz de impactos positivos y negativos del SAS															
Expresa la escala del impacto	Grado de incidencia sobre un factor	Etapa de proyecto	Construcción							Funcionamiento			# de interacciones		Sumatoria		
			Preliminares	Movimiento de tierra	Instalación de tuberías	Construcción de PVS	Conexiones domiciliare	Reparación de calles	Señalización	Limpieza final	Conexiones domiciliare	Colectoras	Pozos de visita	-	+	-	+
Medio afectado																	
Factores culturales	Socio-económico	Empleo	3/3	5/5	4/4		2/2	3/2		2/2		1/2	1/1		8		21/21
		Calidad de vida			9/7	5/5	8/9				6/5	7/6	7/7		6		42/39
		Servicio a la comunidad		2/2	8/7	6/6	7/8	4/2	2/3		7/7	8/8	8/8		9		52/51
	Estética	Salud	-2/2	-4/4	-2/2		7/6	-2/1			7/8	8/8	8/7	4/4	4	-10/9	30/29
		Vista panorámica y paisaje		-3/4	-2/2	-1/1		-2/1	-2/2						5	-10/10	
		Espacios abiertos		-6/5	-5/4	-4/2		1/2	-1/1						4	-16/12	1/2
# de interacciones			-	4	6	8	6	3	6	2	4			1	14		
			+	1	2	3	2	5	5	1	1	3	4	4	8		
SUMATORIA			-	-6/6	-24/24	-20/19	-15/13	-6/6	-19/15	-3/3	-7/7			-2/1		-102/94	
			+	3/3	7/7	21/18	11/11	27/28	11/9	2/3	2/2	20/20	24/24	24/23			152/148
			PROMEDIO													-	19
																7.28	18.5
																6.71	

Fuente: Elaboración propia (2017), Matriz de Leopold

Tabla 55: Matriz de Leopold del Biofiltro

		DISEÑO DEL BIOFILTRO PARA DARLE TRATAMIENTO A LAS AGUAS RESIDUALES RECOLECTADAS POR EL SAS																
		Matriz de impactos positivos y negativos del Biofiltro																
Expresa la escala del impacto M=-10,+10 Grado de incidencia sobre un factor I=-10,+10		Medio afectado	Construcción					Funcionamiento					# de interacciones		Sumatoria			
			Preliminares	Trazo y Nivelación	Movimiento de Tierra	Imhoff, L. secado Biofilt	Instalación de tuberías para la conexión de los acuíduos	Limpieza final	Entrada del agua residual a la planta	separación de	Tanque Imhoff (decantación y digestión)	Biofiltro	Secado de Lodos	Descarga al cuerpo receptor	-	+	-	+
Características físicas y químicas	Aire	Ruido	-2/2	-2/2	-5/5	-6/4	-4/4	-2/2						6		-21/19		
		Calidad		-5/5	-2/2			-6/5		-4/4		-4/4		5		-21/20		
	Suelo	Subterráneas											-8/8	1		-8/8		
		Calidad			-4/4	-4/4		-2/2	-2/2	-2/2	-2/2		-2/2	7		-18/18		
		Desalojo			-3/3									1		-3/3		
		Relleno				-2/2								1	1	-2/2	2/2	
Compactación												1		-3/2				
Geomorfología			-2/2	-2/2								2	1	-4/4	3/3			
Medio biótico	Flora	Árboles, arbustos y hierbas		-2/2			-2/2							2		-4/4		
		Cobertura vegetal		-2/2			-2/2							2		-4/4		
	Fauna	Cambio de hábitat		-2/2	-4/2		-2/2							3		-8/6		
		Insectos				-3/3	3/3							1	1	-3/3	3/3	
Factores culturales	Socio-económico	Empleo	3/3	5/5	4/4		2/2	3/2			4/2	4/3		7		25/21		
		Calidad de vida			9/7	5/5	8/9		3/3	3/3	6/5	7/6	7/7		8		48/45	
		Servicio a la comunidad		2/2	8/7	6/6	7/8	4/2			7/7	8/8	8/8		8		50/48	
		Salud	-2/2	-4/4	-2/2		7/6	-2/1			7/8	8/8	8/7		4	4	-10/9	30/29
	Estética	Vista panorámica y paisaje		-3/4	-2/2	-1/1		-2/1			-3/4	-3/4	-3/4		7		-17/20	
Espacios abiertos			-6/5	-5/4	-4/2		1/2							3	1	-15/11	1/2	

Fuente: Elaboración propia (2017)

**Tabla 56: Matriz de Leopold del Biofiltro (continuación)**

 DISEÑO DEL BIOFILTRO PARA DARLE TRATAMIENTO A LAS AGUAS RESIDUALES RECOLECTADAS POR EL SAS		Matriz de impactos positivos y negativos del Biofiltro																
		Construcción						Funcionamiento						# de interacciones		Sumatoria		
Expresa la escala del impacto M=-10,+10 I=10,+10 Grado de incidencia sobre un factor	Etapa de proyecto	Preliminares	Trazo y Nivelación	Movimiento de Tierra	Instalación de tuberías para la conexión de los emisivos	Limpeza final	Entrada del agua residual a la planta	separación de	Tanque Imhoff (decantación y digestión)	Biofiltro	Secado de Lodos	Descarga al cuerpo receptor	-	+	-	+		
		Medio afectado	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+		
# de interacciones	-	4	6	9	7	4	6	1	1	3	1	3	1	15				
	+	1	2	3	2	5	5	1	1	3	4	4		8				
SUMATORIA	-	-8	-	-	-	-10	-	-2	-2	-9	-3	-9	-8		-			
	+	8	22	29	22	10	17	2	2	10	4	10	8		141	133		
	-	3	7	21	11	27	13	3	3	20	27	27					162	
	+	3	7	18	11	28	11	3	3	20	24	25					153	
<b>PROMEDIO</b>															-9.4	20.25	8.86	19.12

Fuente: Elaboración propia (2017), Matriz de Leopold

#### 4.5.3. Resultados de la evaluación de impactos ambientales

Durante la etapa de construcción es donde se generan más impactos negativos sobre los factores ambientales, como la calidad del aire por las partículas de polvo suspendidas, el suelo por los movimientos de tierra y la estética por la vista panorámica y los espacios abiertos por la acumulación de materiales por un lado y por otro las zanjas para la instalación de las tuberías. A partir de estos impactos negativos se formulan las medidas de mitigación para amortiguar la alteración al medio ambiente.

El proyecto produce también impactos positivos que benefician no solo a la población del sector, sino también a la ciudad en varios aspectos como la estética, el buen desarrollo económico y de calidad de vida.

#### 4.5.4. Medidas de mitigación

Tabla 57: Medidas de mitigación a ejecutar durante la construcción y funcionamiento del SAS

		DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO	
Proyecto		Medio impactado	Medidas de Mitigación
Etapa	Acciones Impactantes		
CONSTRUCCIÓN	Preliminares	Aire	El equipo y maquinaria utilizados deberán contar con todos los equipamientos necesarios para reducir al mínimo posible los niveles de ruido generado
		Ff	Evitar al máximo la generación de ruidos y golpeteos innecesarios de partes metálicas de los equipos, así como los daños innecesarios a la vegetación.
		S-e	Todo el personal que trabaje en la construcción, deberá utilizar el siguiente equipo de protección personal: cascos de protección, guantes para protección de manos, gafas para protección de vista, protectores auriculares para el sistema auditivo, chalecos reflectivos, mascarillas para protección del sistema respiratorio.
	Movimiento de tierra	Aire	Regar constantemente las áreas de tránsito y de trabajo
		Suelo	El trabajo final de excavación se realizará con la menor anticipación posible, con el fin de evitar que el terreno se debilite o altere.
		Paisaje	No se deberá transportar material durante las horas de alto tráfico,
		S-e	Todo el personal que trabaje en la construcción, deberá utilizar equipo de protección: Cascos, Guantes, Gafas, Chalecos
	Instalación de tuberías	Aire	Regar la superficie con cisternas
		Suelo	Evitar derrame innecesario de aditivos o combustible de las máquinas
		Paisaje	Proveer y mantener avisos preventivos luminosos y señales de desvío adecuados
		S-e	Remover el exceso de material para que no ocasione afectaciones a la población
		Ff	Evitar el despale de arbustos y capa vegetal en zonas que no sea necesario
	Construcción de pozos de visita	Aire	No exceder los límites de ruido, regar para evitar las tolvánas
		Suelo	Uso adecuado de los desechos o residuos utilizados
		S-e	Todo el personal de construcción utilizar equipo de protección necesario
	Conexiones domiciliarias	Suelo	Evitar el uso de aditivos innecesarios, disposición adecuada de los desechos sólidos

Fuente: Elaboración propia (2017)

**Tabla 58: Medidas de mitigación a ejecutar durante la construcción y funcionamiento del SAS (continuación)**

		<b>DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LOS BARRIOS BETANIA, GERARDO BROOKS, CID DINAMARCA, EL JAZMÍN y DIOS PROVEERÁ DE LA CIUDAD DE ESTELÍ</b>	
Proyecto		Medio impactado	Medidas de Mitigación
Etapa	Acciones Impactantes		
CONSTRUCCIÓN	Reparación de calles	Aire	Uso de cisterna para evitar las tolveneras
		S-e	Adecuación al horario de trabajo de las maquinas, no exceder los limites de ruido.
		Suelo	Realizar la compactación adecuada para evitar los asentamientos
	Señalización	S-e	Contar con el señalamiento preventivo en cada una de las intersecciones y desvíos
		Paisaje	Evitar grandes acumulaciones de tierra y desalojar lo más pronto posible
Limpieza final	Aire suelo	Eliminación de los desechos y residuos producidos por la construcción	
FUNCIONAMIENTO	Operación	Asub, Paisaje, Suelo, Aire, S-e, Ff	Mantenimiento permanente al sistema de alcantarillado. Información a los sobre el uso de sus conexiones. Reparación inmediata de averías producidas. Ubicación de tuberías con las profundidad y ubicación según las especificaciones técnicas

Abrev.: **Ff:** Flora y fauna; **S-e:** Medio socio-económico; **Asub:** aguas subterráneas

Fuente: Elaboración propia (2017)

**Tabla 59: Medidas de mitigación a ejecutar durante la construcción y funcionamiento del Biofiltro**

		<b>DISEÑO DEL BIOFILTRO PARA DARLE TRATAMIENTO A LAS AGUAS RESIDUALES RECOLECTADAS POR EL SAS</b>	
Proyecto		Medio impactado	Medidas de Mitigación
Etapa	Acciones Impactantes		
CONSTRUCCIÓN	Preliminares	Aire	1-Adecuacion del horario de trabajo 2-Evitar el despale de arboles y vegetación donde no se vaya a realizar obras. 3-Evitar el exceso de ruido producido por las maquinas de manera innecesarias.
		Ff	
		S-e	

Fuente: Elaboración propia (2017)

**Tabla 60: Medidas de mitigación a ejecutar durante la construcción y funcionamiento del Biofiltro**

		<b>DISEÑO DEL BIOFILTRO PARA DARLE TRATAMIENTO A LAS AGUAS RESIDUALES RECOLECTADAS POR EL SAS</b>	
Proyecto		Medio impactado	Medidas de Mitigación
Etapa	Acciones Impactantes		
CONSTRUCCIÓN	Movimiento de Tierra	Aire	1-Durante la instalación de tuberías el polvo a producirse será reducido regando las superficies con camion cisterna, dos veces al día y en caso de que el material sea abundante será removido a otro sitio que no ocasione perjuicios a la población. 2-Mantener avisos preventivos y señales de desvío adecuado.
		Suelo	
		Paisaje	
		S-e Ff	
CONSTRUCCIÓN	Construcción de T. Imhoff, L.secado, Biofiltro	Aire	1-Utilizar maquinaria en buen estado y que cuente con sus adimentos para mitigar el ruido, tales como silenciadores en los sistemas de escape. 2-Proporcionar equipo de seguridad necesario a las personas q trabajen en la construcción. 4-Desalojar el material sin utilidad para que no afecta la visibilidad y acceso de la población 5-Eliminar desechos peligrosos y no peligrosos que puedan perjudicar la calidad del suelo
		Suelo	
		S-e	
		Suelo	
CONSTRUCCIÓN	Limpieza final	Aire	Disposición adecuada de los residuos sólidos y material sobrante de las obras
		Suelo	
FUNCIONAMIENTO	Operación	Entrada del agua residual a la planta	1- Operaciones y mantenimiento rutinario al sistema de acorde al manual de operación y mantenimiento. 2- Eliminación de maleza que crezcan al contorno del tanque y filtro, enterrar todo lo relacionado con la materia orgánica y material flotante. 3-Tratamiento adecuado a los lodos. 4-Monitoreo de la calidad de los afluentes trimestralmente y en caso se detecte cualquier alteración tomar las acciones necesarias según sea el caso. 5-Orientar y proporcionar las herramientas adecuadas para poder reparar posibles averías
		Suelo	
		S-e	
		Rejilla de separación de sólidos	
		Suelo	
		S-e	
		Tanque Imhoff (decantación y digestión)	
		Aire	
		Suelo	
		S-e	
		Paisaje	
		Biofiltro	
S-e			
Paisaje			
Secado de Lodos			
Aire			
Suelo			
S-e			
Descarga al cuerpo receptor			
Paisaje			
Asub			

Abrev.: **Ff**: Flora y fauna; **S-e**: Medio socio-económico; **Asub**: aguas subterráneas

Fuente: Elaboración propia (2017)

Además de las medidas de mitigación anteriores se recomienda ejecutar la etapa de construcción en la temporada de verano para evitar atrasos y daños por las precipitaciones del periodo de invierno.

Se desarrollarán programas comunitarios, es de muchísima importancia, para ayudar a la educación y toma de conciencia de la comunidad sobre el proyecto, y que una vez construido sepan darle un uso adecuado, para facilitar la operación y mantenimiento del mismo.

En el área de proyecto no existe un área sensible de recursos, si los hubiese se debería evitar.

## CONCLUSIONES

- Hasta el momento las aguas residuales domésticas corren por las calles y los desechos humanos son recolectados en letrinas y sumideros. El sentir de la población es mejorar su calidad de vida. Por ello se propone la construcción del SAS y del biofiltro y sus componentes en el área de estudio.
- El levantamiento topográfico permitió conocer que las elevaciones del sector se encuentran entre 822msnm y 841 msnm
- El sistema de alcantarillado está diseñado para que recolecte y traslade las aguas residuales de las viviendas hasta la planta de tratamiento para que reciban su debido proceso antes de ser vertidas en la quebrada la Limonosa.
- La línea de conducción tiene una longitud total de 3955 metros. Se considera que el material de la tubería es policloruro de vinilo (PVC), con un coeficiente de rugosidad de Manning,  $n$ , igual a 0.009; que el tirante máximo de 75% para tuberías de 150 mm y mayores, para garantizar un flujo a gravedad; y que la tensión tractiva mayor a 1 Pascal para garantizar una tubería autolimpiante.
- Los pozos de visita sanitarios diseñados son comunes debido a la topografía de la zona, las profundidades van desde 0.60m a 4.25m. los diámetros internos de 0.60m a 1m. Se propone un total de 115 PVS. El caudal de diseño en el PVS final es de 8.60 L/s.
- Las aguas residuales recolectadas no deben incorporarse al ambiente sin tratamiento alguno. El biofiltro permite la remoción de sustancias perjudiciales al entorno y los seres vivos, y es apta para reincorporar al ambiente.
- A igual que el biofiltro de Masaya, éste tiene valores de remoción muy satisfactorios y amigables con el medio ambiente. El biofiltro y sus componentes retiran entre 97% – 99% de DBO5 y para DQO entre 95% – 99%. La remoción de los sólidos suspendidos en todo el sistema oscila entre 92% y 96%.

- La calidad del efluente del biofiltro, la ausencia del mal olor y principalmente el color casi cristalino de las aguas tratadas son unas de las principales ventajas que dispone el efluente para ser utilizado en sistema de riego agrícola.
- El diseño del SAS y del biofiltro tomó como variables importantes, la optimización de los recursos económicos y naturales.
- Mediante el Take off se calculó la inversión del diseño; está dividido en 10 etapas de construcción para el sistema de alcantarillado sanitario y 8 para el biofiltro, siendo el costo total del proyecto de C\$ 14,703,650.73 (catorce millones setecientos tres mil seiscientos cincuenta córdobas con 73/100 centavos). La ejecución de ésta obra social traerá consigo beneficios a los diversos sectores de los habitantes de la ciudad.
- Mediante el uso de software se diseñó la opción más factible técnicamente que se adecuará a las características que tiene el área de proyecto. El trazado de la red de alcantarillado sanitario, los perfiles longitudinales de la red pública principal que conforma el sistema; el biofiltro y sus componentes, están todos dibujados en un juego de planos de 32 láminas numeradas por percepción y parámetros detallados a escalas variadas. Se incluyen las especificaciones técnicas del proyecto.
- Por medio de la Línea de Base Ambiental se identificaron los componentes ambientales involucrados durante las etapas del proyecto, y los efectos que generan se valoran mediante la Matriz de Leopold, permitiendo cuantificar los impactos negativos y positivos de la obra.
- Estos impactos siempre están presentes durante la ejecución de un proyecto. En este proyecto los impactos negativos se encuentran en la etapa de construcción y los positivos en la etapa de funcionamiento. Los últimos junto con las medidas de mitigación, compensan los efectos que producen los primeros.

## RECOMENDACIONES

- Como primera instancia se recomienda realizar una campaña informativa del proyecto a efectuar, en donde además de comunicar los aspectos constructivos, se capacite, debido a que el SAS diseñado es de tipo condominial por lo tanto la participación ciudadana es de mucha importancia para la obra.
- Cada usuario del SAS debe aportar en su cuidado, evitando desechar sólidos o sustancias que puedan provocar taponamientos.
- Se deben realizar mantenimientos habituales al SAS y biofiltro, como la limpieza de las alcantarillas, PVS, rejillas, lecho de secado; para prevenir obstrucciones en las tuberías y garantizar mayor vida útil y un funcionamiento educado; y evitar de esta forma gastos para mantenimientos correctivos.
- Se encarga realizar la actualización a los costos del proyecto debido a la devaluación que sufre la moneda nacional, para certificar una aproximación del costo total del proyecto.
- Efectuar un estudio de impacto ambiental del proyecto.
- El lodo proveniente del lecho de secado puede ser utilizado para el mejoramiento de los suelos.
- Se recomienda el corte del Taiwán cada 4 meses. Este puede ser utilizado para el alimento de ganado.
- El agua tratada del biofiltro es apta para el riego. Puede utilizarse en los plantíos de tabaco cercanos o ser vertido en la quebrada la Limonosa.
- El SAS y el biofiltro deberán ser construidos siguiendo los criterios de diseño hidráulicos y estructurales, y las especificaciones técnicas presentados en este documento.

## BIBLIOGRAFÍA

Amed, R. (Octubre de 2008). Evaluación del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR) de la ciudad de Estelí, 2007. Recuperado el 18 de Abril de 2016, de [http://www.bvsde.org.ni/Web\\_textos/UCA/UCA0012/UCANI2773.pdf](http://www.bvsde.org.ni/Web_textos/UCA/UCA0012/UCANI2773.pdf)

Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. (22 de Diciembre de 2006). Decreto 76-2006. Sistema de Evaluación Ambiental. Recuperado el 17 de Junio de 2017, de la Gaceta Diario oficial No. 248: [http://www.ine.gob.ni/DCA/leyes/decreto/Decreto\\_76-2006\\_SistemaEvaluacionAmbiental.pdf](http://www.ine.gob.ni/DCA/leyes/decreto/Decreto_76-2006_SistemaEvaluacionAmbiental.pdf)

Baldovinos, U. L. (2009). El modelo Urbano de la ciudad de Estelí.

Borzacconi, L., López, I., Arcia, E., Cardelino, L., Castagna, A., & Viñas, M. (s.f.). Comparación de Tratamientos aerobios y anaerobios aplicados a lixiviado de relleno sanitario. Recuperado el 16 de Abril de 2016, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/mexico/01147e20.pdf>

Cauqueva, I. A. (2007). Guía de elaboración de diagnósticos.

Cornejo, L. d. (04 de 08 de 2017). Coordinadora del barrio Dios Proveerá. (E. O. Herrera Ríos, & I. I. López Velásquez, Entrevistadores)

DISEPROSA. (s.f.). Recuperado el 15 de Febrero de 2016, de [https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos\\_y\\_documentos/87264/Plantas\\_de\\_Tratamiento\\_de\\_Aguas.pdf](https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/87264/Plantas_de_Tratamiento_de_Aguas.pdf)

ENACAL. (Junio de 1999). Anexo 3. Recuperado el 16 de Abril de 2016, de Guía de operación y mantenimiento de lagunas de estabilización: [http://www.bvsde.org.ni/Web\\_textos/Enacal/Enacal0006/Anexo03.pdf](http://www.bvsde.org.ni/Web_textos/Enacal/Enacal0006/Anexo03.pdf)

FISE. (2007). Catálogo de Etapas y Sub-etapas. Recuperado el 11 de 09 de 2017, de <https://erods.files.wordpress.com/2009/09/catalogo-de-etapas-y-sub-etapas-al-08-agosto-2007.pdf>

FISE. (2012). Maestro de Costos Unitarios Complejos. Recuperado el 11 de 09 de 2017, de <https://ingjeltoncalero.files.wordpress.com/2014/01/maestro-costos-unitarios-primarios-fise.pdf>

Gutiérrez, A. (26 de Agosto de 2016). Ingeniero de ENACAL. (E. O. Herrera Ríos, & I. I. López Velásquez, Entrevistadores)

Henry, J. G., & Heinke, G. W. (1999). Ingeniería Ambiental (Segunda edición ed.). México: Pearson Educación.

INAA. Normativa Alcantarillado Sanitario Condominial.

Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados ente regulador. (s.f.). Guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales. Recuperado el 27 de agosto de 2016, de <http://www.inaa.gob.ni/documentos/Normativas/guias-tecnicas/Alcantarillado%20Sanitario%20completa.pdf/view>

Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados. (s.f.). Memoria de diseño de sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de Estelí. Recuperado el 18 de Abril de 2016, de <http://biblioteca.enacal.com.ni/bibliotec/Libros/enacal/Acervo/00114/00114.pdf>

López Cualla, R. A. (2004). Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Murillo, M. (24 de Noviembre de 2016). Jefe inmediato de enfermedades de transmisión vectorial (ETV-MINSA- Estelí). (E. O. Herrera Ríos, & I. I. López Velásquez, Entrevistadores)

Nicaragua, G. d. (2012-2016). Plan Nacional de Desarrollo Humano.

OPS. (2005). Guía para el diseño de Tanques sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de estabilización. Lima.

Programa de agua y saneamiento. (Abril de 2006). Biofiltro: Una opción sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades. Recuperado el 27 de agosto de 2016, de <https://www.wsp.org/sites/wsp.org/files/publications/biofiltro.pdf>

Santiago Cotán-Pinto Arroyo. (Diciembre de 2007). Valoración de impactos ambientales. Recuperado el 29 de octubre de 2016, de [http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:48150/componente48148.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:48150/componente48148.pdf)

SENATI. (2007). Costos y presupuestos para empresas. Lima.

Sorrequieta, A. (2004). Aguas residuales: Reuso y tratamiento. Lagunas de estabilización: una opción para latinoamérica. Recuperado el 19 de Octubre de 2016, de [http://www.fbioyf.unr.edu.ar/evirtual/pluginfile.php/2784/mod\\_resource/content/0/2\\_Aguas\\_residuales\\_protegido\\_.pdf](http://www.fbioyf.unr.edu.ar/evirtual/pluginfile.php/2784/mod_resource/content/0/2_Aguas_residuales_protegido_.pdf)

Tijerino Ramírez, G. V., & Martínez Cabrera, J. F. (Febreo de 2002). Factibilidad técnica-económica del sistema de alcantarillado sanitario para la ciudad de Juigalpa. Recuperado el 27 de Agosto de 2016, de UNI-RUPAP: [http://www.bvsde.org.ni/Web\\_textos/UNI/UNI0002/MONOGRAFIA%20TOTAL%20SISTEMA%20ALC.%20JUIGALPA.pdf](http://www.bvsde.org.ni/Web_textos/UNI/UNI0002/MONOGRAFIA%20TOTAL%20SISTEMA%20ALC.%20JUIGALPA.pdf)

Universidad Nacional Río Negro. (2013). Evaluación del impacto ambiental. Recuperado el 29 de octubre de 2016, de <http://unrn.edu.ar/blogs/matematica1/files/2013/04/5%C2%B0-Matriz-de-Leopold-con-plantilla.pdf>

Valdivia, R. (07 de 08 de 2017). Topógrafo y habitante del barrio Gerardo Brooks. (E. O. Herrera Ríos, & I. I. López Velásquez, Entrevistadores)

# **Anexos**

## Anexo I: Ubicación geográfica del área de estudio



Imagen 1: Ubicación geográfica del área de estudio

Fuente: Google Earth.

## Anexo II: Vista de las aguas residuales recolectadas en hoyos y trasladadas por medio de zanjas a las calles, ambiente propicio para la propagación de enfermedades



Imagen 2: Vista de las aguas residuales recolectadas en hoyos y trasladadas por medio de zanjas a las calles, ambiente propicio para la propagación de enfermedades

Fuente: Eldis Herrera e Ivania López. Fotografía tomada el 4 de noviembre de 2016.

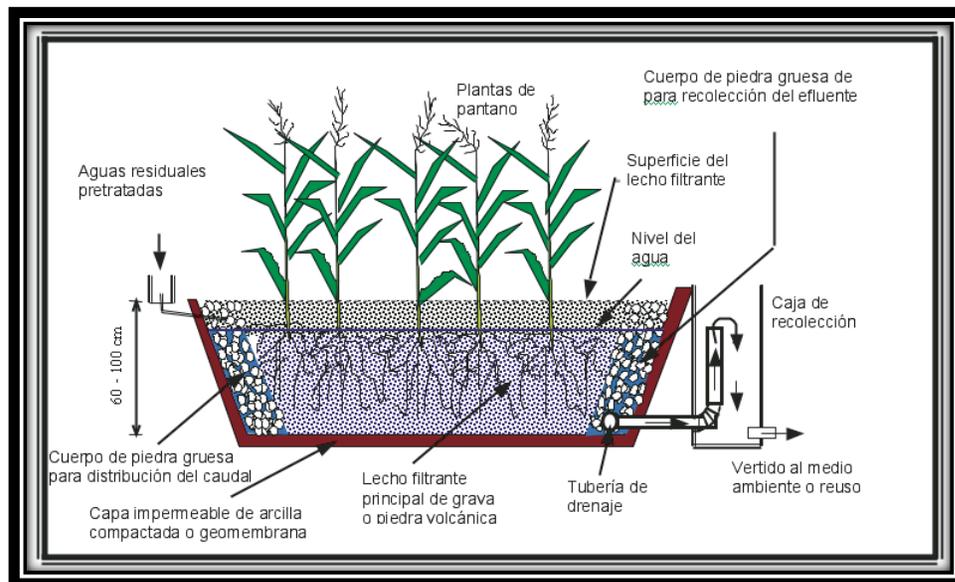
**Anexo III: Vista panorámica de una de las calles del barrio Dios Proveerá, se aprecian charcos y deterioro de las calles**



**Imagen 3: Vista panorámica de una de las calles del barrio Dios Proveerá, se aprecian charcos y deterioro de las calles**

Fuente: Eldis Herrera e Ivania López. Fotografía tomada el 4 de noviembre de 2016.

**Anexo IV: Sección longitudinal de un biofiltro de flujo horizontal**



**Imagen 4: Sección longitudinal de un biofiltro de flujo horizontal**

Fuente: (Programa de agua y saneamiento, 2006)

## Anexo V: Etapas de un sistema de biofiltro de flujo horizontal

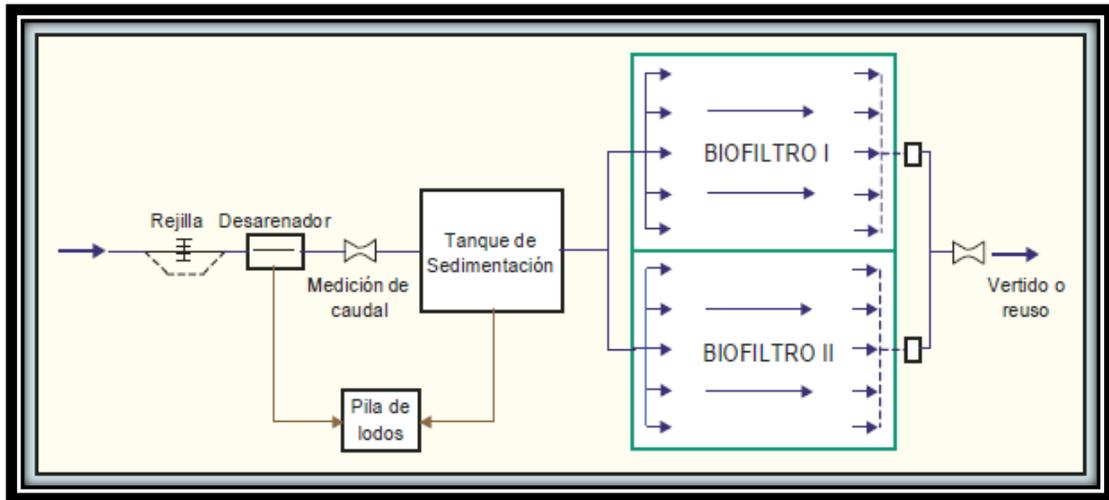


Imagen 5: Etapas de un sistema de biofiltro de flujo horizontal

Fuente: (Programa de agua y saneamiento, 2006)

## Anexo VI: Encuesta socioeconómica dirigida a una muestra de la población



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Sede Regional del Norte**  
Recinto Universitario Augusto C. Sandino, Estelí-Nicaragua



### Facultad de Tecnología de la Construcción

**Encuesta socioeconómica** dirigida a los habitantes de los barrios Betania, Gerardo Brooks, Cid Dinamarca, El Jazmín y Dios Proveerá de la ciudad de Estelí.

**Objetivo:** Conocer el nivel socioeconómico que vive la población y su opinión de un proyecto de Sistema de alcantarillado sanitario (SAS) que permita la transportar sus aguas residuales a una planta de tratamiento.

1. ¿Cuánto tiempo tiene de vivir en este barrio?  
 De 1 a 5 años     De 6 a 10 años     Más de 10 años
2. ¿Cuántas personas viven en su casa?  
 De 1 a 5     De 6 a 10     más de 10 personas
3. ¿Cuál es su escolaridad?  
 No estudie     Primaria     Secundaria  
 Técnico     Universitario     Post-grado
4. ¿Hoy en día trabaja?  
 Sí     No
5. ¿De cuánto es su ingreso mensual en córdobas?  
 De 0-1000     De 1001-2000     De 2001-5000     Más de 5000
6. En su hogar ¿qué tipo de construcción existe para realizar sus necesidades fisiológicas?  
 Letrinas     Sumideros     Otro: \_\_\_\_\_
7. ¿Qué hace con las aguas de lavandería y de aseo personal?  
 Tengo pila séptica     Las tiro a la calle     Otro: \_\_\_\_\_
8. ¿De qué manera les afecta esto?  
 Daños a la propiedad     Daño a las calles     Inconformidad con los vecinos  
 Contaminación     Salud
9. ¿Con cuáles enfermedades cree usted que ha sido afectado este sector por no contar con una mejor alternativa?  
 Dengue     Chikungunya     Parasitismo intestinal
10. ¿Conoce usted lo que es un SAS?  
 Sí     No
11. ¿Cree usted que es necesario la construcción de un SAS?  
 Sí     No    ¿por qué? \_\_\_\_\_
12. ¿Aportaría económicamente para la construcción del mismo?  
 Sí     No    Cantidad: C\$ \_\_\_\_\_

*Muchas gracias por responder esta encuesta*

Imagen 6: Encuesta socioeconómica dirigida a una muestra de la población

Fuente: Elaboración propia (2017)

## Anexo VII: Encuesta dirigida a informantes claves



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Sede Regional del Norte**  
Recinto Universitario Augusto C. Sandino, Estelí-Nicaragua



Facultad de Tecnología de la Construcción

Entrevista dirigida a **informantes claves** que su rol en la comunidad o por su experiencia de vida disponen de conocimientos que permite profundizar en la situación vivida por los habitantes y la solución de la misma.

**Objetivo:** Conocer la problemática que afecta directamente a la población de los barrios Betania, Gerardo Brooks, Cid Dinamarca, El Jazmín y Dios Proveerá de la ciudad de Estelí.

Nombre: \_\_\_\_\_  
Grado académico: \_\_\_\_\_  
Institución: \_\_\_\_\_  
Área de trabajo: \_\_\_\_\_  
Fecha: \_\_\_\_\_

1. ¿Cuál es la problemática que percibe usted en el área de estudio?
2. ¿Cómo considera la magnitud del problema en este sector?  
 Muy grave       Grave       Regular
3. ¿Cómo afecta esto a la imagen de la ciudad de Estelí?
4. ¿Por qué cree usted que no se ha dado una solución a esto hasta el momento?
5. A su criterio ¿quiénes son los más afectados?
6. ¿Cómo afecta esta situación a la población del sector y aledaña?
7. ¿Cuáles podrían ser las posibles soluciones para aliviar estas condiciones?
8. Por su experiencia ¿qué factores tomaría en cuenta para llevar a cabo las potenciales soluciones?
9. Al realizarse un proyecto ¿cómo sería la relación beneficio-costos?

*Muchas gracias por responder esta entrevista*

**Imagen 7: Encuesta dirigida a informantes claves**

Fuente: Elaboración propia (2017)

## Anexo VIII: Encuesta socioeconómica aplicada

#	Pregunta	Variable	Cant	%
1	¿Cuánto tiempo tiene de vivir en este barrio?	De 1 a 5 años	18	6%
		De 6 a 10 años	57	18%
		Más de 10 años	249	77%
2	¿Cuántas personas viven en su casa?	De 1 a 5	221	68%
		De 6 a 10	78	24%
		Más de 10	25	8%
3	¿Cuál es su escolaridad?	No estudié	18	6%
		Primaria	36	11%
		Secundaria	184	57%
		Técnico	35	11%
		Universitario	50	15%
		Post-grado	1	0%
4	¿Hoy en día trabaja?	Sí	277	85%
		No	47	15%
	¿Cuál es su ocupación?	Obrero (a) del tabaco	259	80%
		Ama de casa	32	10%
		Comercio	19	6%
		Otro	13	4%
5	¿De cuánto es su ingreso mensual en córdobas?	De 0-1000	10	3%
		De 1001-2000	55	17%
		De 2001-5000	236	73%
		Más de 5001	23	7%
6	En su hogar ¿qué tipo de construcción existe para realizar sus necesidades fisiológicas?	Letrinas	300	93%
		Sumideros	18	6%
7	¿Qué hace con las aguas de lavandería y aseo personal?	Pila séptica	12	4%
		Se tira a la calle	312	96%
8	¿De qué manera afecta esto?	Daños a la propiedad	9	3%
		Daño a las calles	50	15%
		Inconformidad con vecinos	172	53%
		Contaminación	2	1%
		Salud	91	28%
9	¿Con cuáles enfermedades cree usted que ha sido afectado este sector por no contar con una mejor alternativa?	Dengue	263	81%
		Chikungunya	52	16%
		Parasitismo intestinal	9	3%
10	¿Conoce usted lo que es un SAS?	Sí	287	89%
		No	37	11%
11	¿Cree usted que es necesario la construcción de un SAS?	Sí	269	83%
		No	55	17%
12	¿Aportaría económicamente para la construcción del mismo?	Sí	316	98%
		No	8	2%

**Tabla 61: Encuesta socioeconómica aplicada**

Fuente: Elaboración propia (2017)

## Anexo IX: Levantamiento topográfico



**Imagen 8: Levantamiento topográfico con el instrumento ProMark 120**  
Fuente: Eldis Herrera e Ivania López. Fotografías tomadas el 24 de junio de 2017.

## Anexo X: Relaciones hidráulicas para conductos circulares

**Tabla 8.2**  
Relaciones hidráulicas para conductos circulares ( $n_0/n$  variable)

$Q/Q_0$	Rel.	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	$V/V_0$	0,000	0,292	0,362	0,400	0,427	0,453	0,473	0,492	0,505	0,520
	$d/D$	0,000	0,092	0,124	0,148	0,165	0,182	0,196	0,210	0,220	0,232
	$R/R_0$	0,000	0,239	0,315	0,370	0,410	0,449	0,481	0,510	0,530	0,554
	$H/D$	0,000	0,041	0,067	0,086	0,102	0,116	0,128	0,140	0,151	0,161
0,1	$V/V_0$	0,540	0,553	0,570	0,580	0,590	0,600	0,613	0,624	0,634	0,645
	$d/D$	0,248	0,258	0,270	0,280	0,289	0,298	0,308	0,315	0,323	0,334
	$R/R_0$	0,586	0,606	0,630	0,650	0,668	0,686	0,704	0,716	0,729	0,748
	$H/D$	0,170	0,179	0,188	0,197	0,205	0,213	0,221	0,229	0,236	0,244
0,2	$V/V_0$	0,656	0,664	0,672	0,680	0,687	0,695	0,700	0,706	0,713	0,720
	$d/D$	0,346	0,353	0,362	0,370	0,379	0,386	0,393	0,400	0,409	0,417
	$R/R_0$	0,768	0,780	0,795	0,809	0,824	0,836	0,848	0,860	0,874	0,886
	$H/D$	0,251	0,258	0,266	0,273	0,280	0,287	0,294	0,300	0,307	0,314
0,3	$V/V_0$	0,729	0,732	0,740	0,750	0,755	0,760	0,768	0,776	0,781	0,787
	$d/D$	0,424	0,431	0,439	0,447	0,452	0,460	0,468	0,476	0,482	0,488
	$R/R_0$	0,896	0,907	0,919	0,931	0,938	0,950	0,962	0,974	0,983	0,992
	$H/D$	0,321	0,328	0,334	0,341	0,348	0,354	0,361	0,368	0,374	0,381
0,4	$V/V_0$	0,796	0,802	0,806	0,810	0,816	0,822	0,830	0,834	0,840	0,845
	$d/D$	0,498	0,504	0,510	0,516	0,523	0,530	0,536	0,542	0,550	0,557
	$R/R_0$	1,007	1,014	1,021	1,028	1,035	1,043	1,050	1,056	1,065	1,073
	$H/D$	0,388	0,395	0,402	0,408	0,415	0,422	0,429	0,436	0,443	0,450
0,5	$V/V_0$	0,850	0,855	0,860	0,865	0,870	0,875	0,880	0,885	0,890	0,895
	$d/D$	0,563	0,570	0,576	0,582	0,588	0,594	0,601	0,608	0,615	0,620
	$R/R_0$	1,079	1,087	1,094	1,100	1,107	1,113	1,121	1,125	1,129	1,132
	$H/D$	0,458	0,465	0,472	0,479	0,487	0,494	0,502	0,510	0,518	0,526
0,6	$V/V_0$	0,900	0,903	0,908	0,913	0,918	0,922	0,927	0,931	0,936	0,941
	$d/D$	0,626	0,632	0,639	0,645	0,651	0,658	0,666	0,672	0,678	0,686
	$R/R_0$	0,136	1,139	1,143	1,147	1,151	1,155	1,160	1,163	1,167	1,172
	$H/D$	0,534	0,542	0,550	0,559	0,568	0,576	0,585	0,595	0,604	0,614
0,7	$V/V_0$	0,945	0,951	0,955	0,958	0,961	0,965	0,969	0,972	0,975	0,980
	$d/D$	0,692	0,699	0,705	0,710	0,719	0,724	0,732	0,738	0,743	0,750
	$R/R_0$	1,175	1,179	1,182	1,184	1,188	1,190	1,193	1,195	1,197	1,200
	$H/D$	0,623	0,633	0,644	0,654	0,665	0,677	0,688	0,700	0,713	0,725
0,8	$V/V_0$	0,984	0,987	0,990	0,993	0,997	1,001	1,005	1,007	1,011	1,015
	$d/D$	0,756	0,763	0,770	0,778	0,785	0,791	0,798	0,804	0,813	0,820
	$R/R_0$	1,202	1,205	1,208	1,211	1,214	1,216	1,219	1,219	1,215	1,214
	$H/D$	0,739	0,753	0,767	0,783	0,798	0,815	0,833	0,852	0,871	0,892
0,9	$V/V_0$	1,018	1,021	1,024	1,027	1,030	1,033	1,036	1,038	1,039	1,040
	$d/D$	0,826	0,835	0,843	0,852	0,860	0,868	0,876	0,884	0,892	0,900
	$R/R_0$	1,212	1,210	1,207	1,204	1,202	1,200	1,197	1,195	1,192	1,190
	$H/D$	0,915	0,940	0,966	0,995	1,027	1,063	1,103	1,149	1,202	1,265
1,0	$V/V_0$	1,041	1,042	1,042							
	$d/D$	0,914	0,920	0,931							
	$R/R_0$	1,172	1,164	1,150							
	$H/D$	1,344	1,445	1,584							

siendo:  $Q$  = caudal de diseño  $Q_0$  = caudal a tubo lleno  
 $V$  = velocidad de diseño  $V_0$  = velocidad a tubo lleno  
 $d$  = lámina de agua  $D$  = diámetro de la tubería  
 $R$  = radio hidráulico al caudal de diseño  
 $R_0$  = radio hidráulico a tubo lleno  
 $H$  = profundidad hidráulica  
 $n$  = número de Manning a caudal de diseño  
 $n_0$  = número de Manning a tubo lleno

Imagen 9: Relaciones hidráulicas para conductos circulares

Fuente: Tabla 8.2, (López Cualla, 2004)

## Anexo XI: Uso de software

La base fundamental para este diseño fue el conocimiento de la superficie del terreno. Por medio del levantamiento topográfico se obtuvieron los puntos para ser procesados los programas, AutoCAD®, Civil 3D® y CivilCAD®.

### Trazado de la red con Civil 3D 2016

Civil 3D trae por defecto una plantilla para el trazado de redes de tuberías (*ver Imagen 10*)

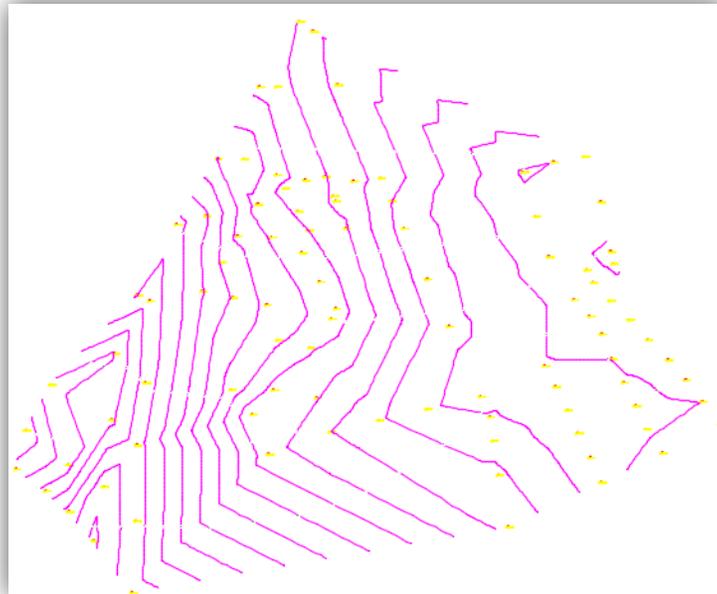
Para el diseño, inicialmente este software permitió el reconocimiento de los puntos, y la creación de la superficie por medio de estos. El Civil 3D muestra una representación más gráfica de las curvas de nivel y del trazado, permitiendo dar estilos personalizados al diseño (*Ver Imagen 11*)



**Imagen 10: Plantillas que proporciona Civil 3D 2016**

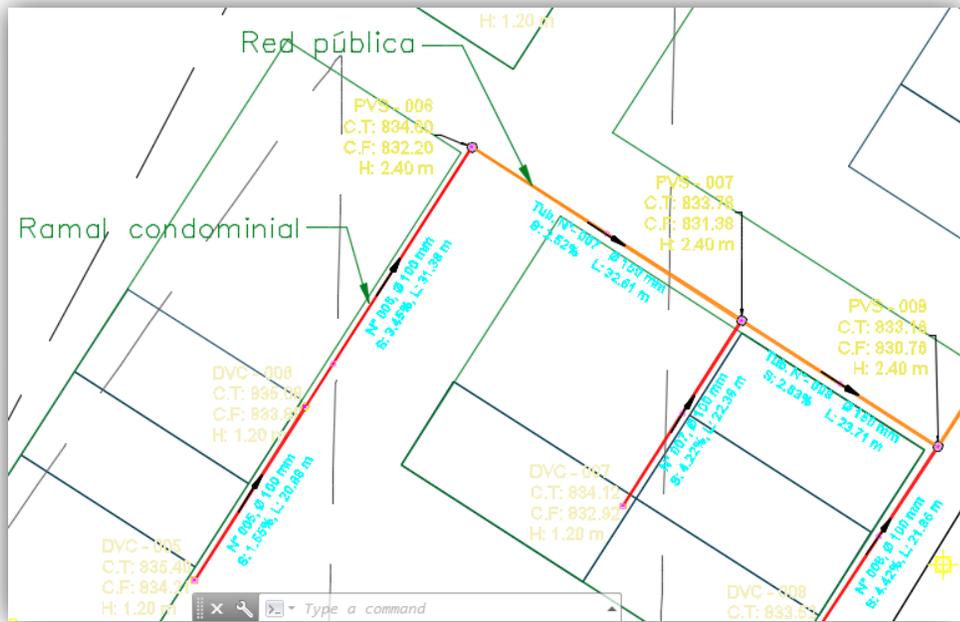
Fuente: Elaboración propia (2017)

### Imagen 11: Puntos y curvas de nivel del área de proyecto en Civil 3D 2016



Fuente: Elaboración propia (2017)

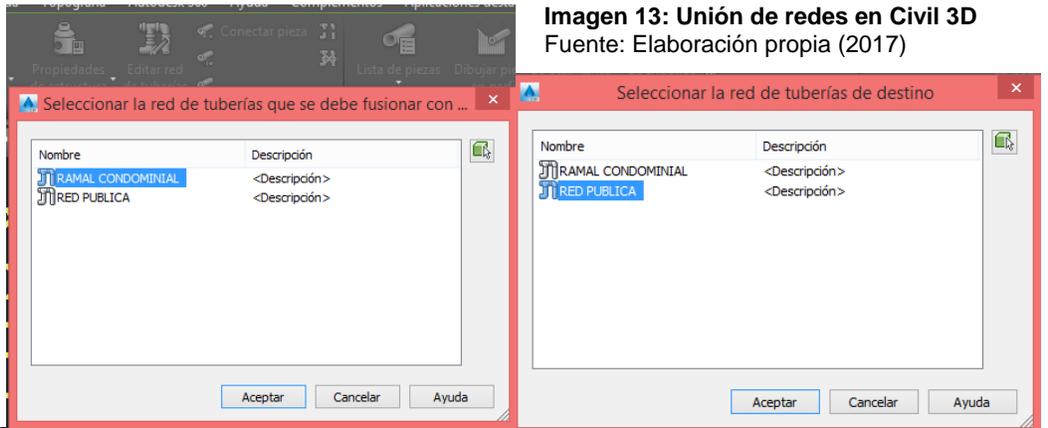
Debido a el sistema de alcantarillado que se está diseñando es condominial, el programa admite el trazado de dos o más redes a la vez en la misma superficie, permitiendo diferenciar las ramales condominiales de la red pública, incluso se puede establecer diferentes PVS y estilos de etiqueta para cada red.



**Imagen 12: Trazado de la red pública y ramal condominial**

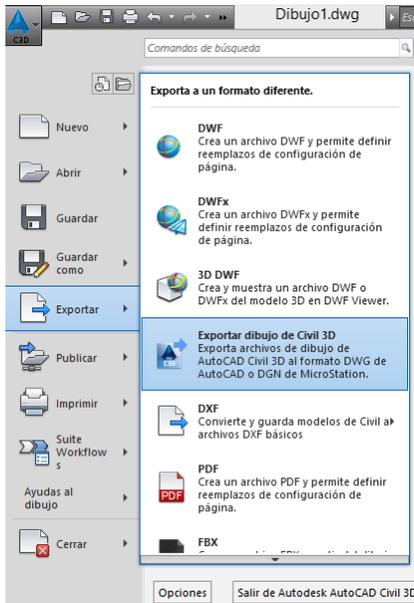
Fuente: Elaboración propia (2017)

Es necesario destacar que una vez conforme con el trazado, estas redes se deben unir para poder editar los perfiles.



**Imagen 13: Unión de redes en Civil 3D**  
Fuente: Elaboración propia (2017)

## Tabla de cálculo en CivilCAD 2015



**Imagen 14: Pasos para exportar dibujo de Civil 3D a AutoCAD**

Fuente: Elaboración propia (2017)

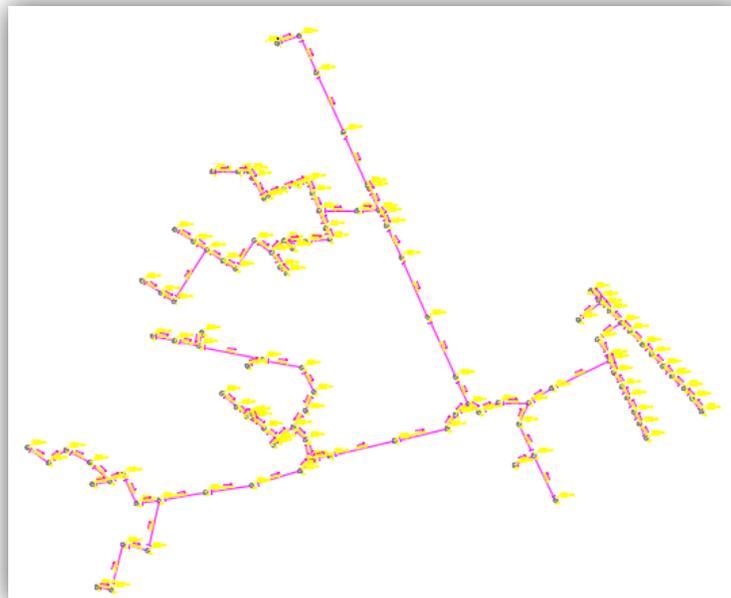
Una vez realizado el trazado de la red en el Civil 3D, se procede exportar este a un formato que lea el AutoCAD

Ya en CivilCAD para poder estimar los caudales de diseño y el diseño hidráulico, estos datos se ocupan de referencia para algunos cálculos de las **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Se necesitan reconocer los circuitos (tuberías) y numerar los pozos. Por defecto este programa los

numera a su criterio, pero se pueden editar de manera que queden igual al dibujo original. Se ingresa la rasante de los PVS, que para efectos

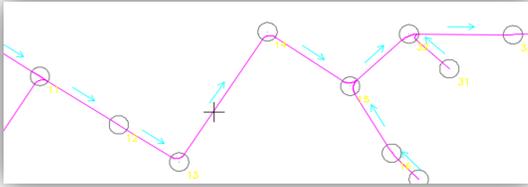
del diseño se considera a nivel del terreno.



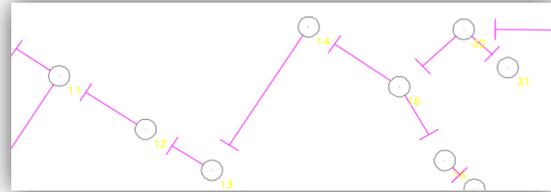
**Imagen 15: Trazado del Civil 3D copiado en el CivilCAD**

Fuente: Elaboración propia (2017)

En las tuberías se debe indicar la dirección de flujo, seguido de las cabezas de atarjea.



**Imagen 17: Dirección de flujo en CivilCAD**  
Fuente: Elaboración propia (2017)



**Imagen 16: Cabezas de atarjeas en CivilCAD**  
Fuente: Elaboración propia (2017)

Al terminar los pasos anteriores, en CivilCAD se genera una tabla de cálculo, (ver Imagen 21) indicando datos del proyecto, método de distribución, parámetros de velocidad mínima y máxima, pendiente, tirante y profundidad mínima admisible

**Imagen 18: Ventana para ingresar datos y generar la tabla de cálculo**  
Fuente: Elaboración propia (2017)

Los datos se reflejan en el dibujo, siendo estos las cotas de terreno y batea inicial, y profundidad entre ambas; longitud, pendiente y diámetro de la tubería.



**Imagen 19: Etiquetas de PVS y tuberías en CivilCAD**  
Fuente: Elaboración propia (2017)

En la tabla se muestra de color rojo los datos que no cumplen con las especificaciones, lo que facilita corregirlos mediante la edición del perfil sanitario.

10	NOMBRE DE LA CALLE	TRAMO	LONGITUD(m)		POBLACION	COEF. HARMON	GASTO(lps)			COTAS TERRENO(m)		PENDIENTE(m/km)		DIAMETRO			Coef. I Mann
11		Tramo	Tributaria	Total			Qmed	Qmin	QMax Prev	Inicial	Final	Terreno	Propuesta	Cálculo (cm)	Comercial (cm)	Pulg.	
12		41-42	38	0	38	40	3.800	1.500	1.500	6.840	838.170	837.890	7.325	8	10.067	15	6"
13		42-43	32	0	32	34	3.800	1.500	1.500	6.840	837.890	837.480	12.662	12	9.358	15	6"
14		43-44	41	0	41	42	3.800	1.500	1.500	6.840	837.480	836.400	26.617	27	8.056	15	6"
15		44-46	41	0	41	42	3.800	1.500	1.500	6.840	836.400	835.210	29.314	31	7.851	15	6"
16		45-46	26	0	26	27	3.800	1.500	1.500	6.840	835.470	835.210	9.916	12	9.380	15	6"
17		49-50	22	0	22	23	3.800	1.500	1.500	6.840	835.460	835.070	17.751	19	8.581	15	6"
18		46-47	22	0	22	22	3.800	1.500	1.500	6.840	835.210	834.470	34.350	38	7.534	15	6"
19		50-51	69	0	69	72	3.800	1.500	1.500	6.840	835.070	834.550	7.541	10	9.652	15	6"
20		47-48	48	0	48	50	3.800	1.500	1.500	6.840	834.470	833.880	12.293	16	8.858	15	6"
21		51-52	38	0	38	39	3.800	1.500	1.500	6.840	834.550	833.320	32.750	35	7.658	15	6"
22		52-53	77	0	77	80	3.800	1.500	1.500	6.840	833.320	831.590	22.370	23	8.253	15	6"
23		48-53	33	0	33	35	3.800	1.500	1.500	6.840	833.880	831.590	68.550	68	6.758	15	6"
24		74-75	70	0	70	73	3.800	1.500	1.500	6.840	830.480	828.340	30.509	32	7.799	15	6"
25		6-7	33	0	33	34	3.800	1.500	1.500	6.840	834.600	833.780	25.154	25	8.180	15	6"
26		55-57	38	0	38	39	3.800	1.500	1.500	6.840	832.900	831.820	28.556	28	7.982	15	6"
27		56-57	21	0	21	22	3.800	1.500	1.500	6.840	831.920	831.820	4.703	11	9.538	15	6"
28		7-8	24	0	24	25	3.800	1.500	1.500	6.840	833.780	833.160	26.159	25	8.132	15	6"
29		8-11	90	0	90	94	3.800	1.500	1.500	6.840	833.160	831.260	21.109	21	8.431	15	6"
30		10-11	24	0	24	25	3.800	1.500	1.500	6.840	832.200	831.260	39.660	37	7.585	15	6"
31		9-10	33	0	33	34	3.800	1.500	1.500	6.840	833.370	832.200	35.984	34	7.676	15	6"
32		57-58	96	0	96	100	3.800	1.500	1.500	6.840	831.820	830.160	17.209	17	8.762	15	6"

Imagen 21: Tabla de cálculo generada en el CivilCAD  
Fuente: Elaboración propia (2017)

**Perfiles Alcantarillado Sanitario**

**POZO INICIAL 8**

Cota terreno(m)

Cota clave(m)

Cota batea(m)

Prof. a clave(m)

Prof. a batea(m)

**POZO FINAL 11**

Cota terreno(m)

Cota clave(m)

Cota batea(m)

Prof. a clave(m)

Prof. a batea(m)

**DATOS TRAMO 8-11**

Longitud(m)

Pendiente(m/km)

Diámetro(cm)

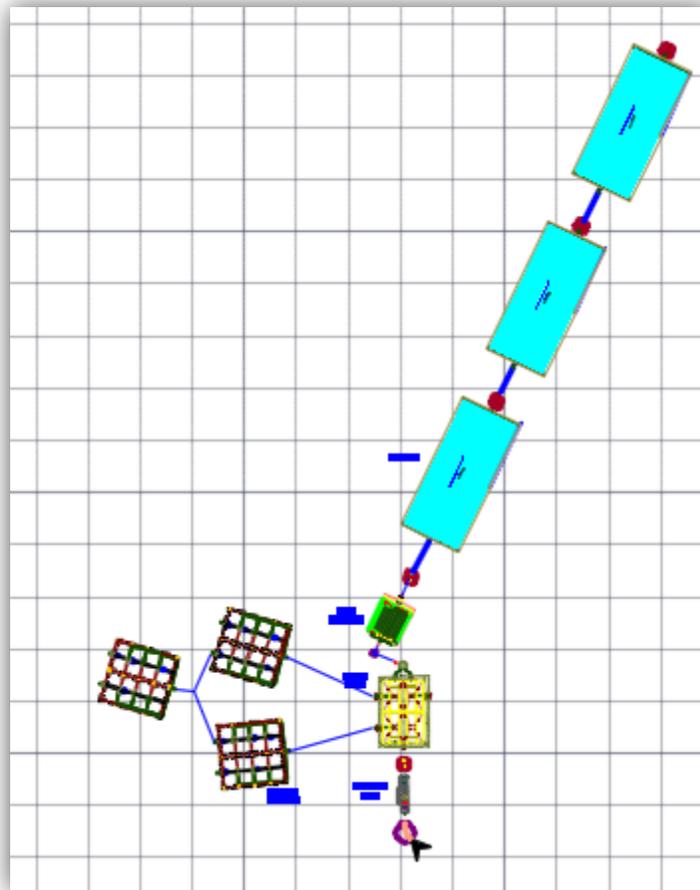
Imagen 20: Ventana de edición de perfiles sanitarios en el CivilCAD  
Fuente: Elaboración propia (2017)

## Perfiles en Civil 3D 2016

Una vez editados los datos se procede a dibujar los perfiles sanitarios. Si bien es cierto que CivilCAD proporciona los perfiles sanitarios, se decidió realizarlos con el Civil 3D para una mejor representación gráfica de los mismos.

## Diseño del Biofiltro en AutoCAD 2015

Teniendo en cuenta los dimensionamientos establecidos, se procedió a la realización del dibujo en el programa AutoCAD de cada uno de los elementos que componen el biofiltro.



**Imagen 22: Diseño del biofiltro en AutoCAD**  
Fuente: Elaboración propia (2017)

## **Anexo XII. Especificaciones técnicas de la obra propuesta**

### **A. Especificaciones técnicas del SAS**

#### **a.1. Tubería**

- **Ubicación de tuberías**

Las tuberías de la red de alcantarillado sanitario condominial se colocarán según especificaciones en el juego de planos

- **Ancho de las zanjas**

Los planos constructivos indicaran sus medidas.

- **Excavación**

La excavación de las zanjas será podrá realizar de forma manual, sin llevar las excavaciones más allá de los 200 m de longitud en tramos continuos que no se hayan instalado las tuberías.

- **Calidad de tubos y accesorios**

Tubos y accesorios deberán cumplir con los requerimientos y calidad dado por el ASTM o ISO.

- **Cimentación de la tubería**

Después de la profundidad normal de la tubería se excavará 0.10 m más para rellenar con un lecho de arena con este espesor.

- **Colocación de tubería**

Los tubos deben ser limpiados y colocados cuidadosamente partiendo de las cotas más bajas de las alcantarilladas a las más altas cuidando que la campana ocupe el extremo superior de cada tubo y las secciones serán unidas de tal manera que se obtenga la pendiente propuesta en los perfiles.

- **Relleno y compactación de zanjas**

El relleno de las zanjas se hará simultáneamente a ambos lados de los tubos de tal manera que no se produzcan presiones laterales, peligrosas y desplazamiento de su posición original.

La compactación con relleno hasta de 0.30 m arriba de la corona de la tubería se compactara a una densidad no menor de 85% de la densidad máxima obtenida. En el resto del relleno al 95% del peso volumétrico seco máximo obtenido de la manera recomendada en las especificaciones ASTM D 698-58T.

- **Disposición de los materiales**

El material selecto para relleno será debidamente aprobado por el Ingeniero.

Los materiales excavados deberán ser manejados de forma que permita acceso conveniente y seguro a la propiedad pública o privada, adyacente a la línea de trabajo.

- **Pruebas de tubería**

*Prueba de laboratorio*

Los tubos serán aprobados de acuerdo con los requisitos del boletín ASTM C - 1474, las pruebas de los tubos y de cualquier otro material serán hechas en el laboratorio o designadas por el ingeniero y el costo de las será pagado por el contratista o constructor.

*Prueba de campo*

Después de que las uniones hayan sido inspeccionadas y aprobados por el inspector, la zanja será rellenada 0.30 cm arriba de la tubería de acuerdo con lo especificado en la sección de relleno.

*Prueba de alineamiento recto*

Se usara una linterna entre los pozos de visitas para comprobar el alineamiento de las tuberías. Desde el extremo de cada sección del alcantarillado deberá verse un círculo completo de luz. Se revisara también profundidad y pendiente de tubería.

*Restauración de la superficie*

El contratista o entidad gubernamental deberá restaurar a su condición original toda la superficie removida durante la ejecución de las obras.

## **a.2. Materiales**

El agua usada en la mezcla de hormigón deberá ser potable limpia, libre de ácidos, basura y cualquier materia orgánica. La arena a utilizar deberá estar libre de arcillas y de materiales orgánicos.

El cemento Portland será Tipo I (Normal) y deberá cumplir con las especificaciones ASTM C – 150.

Los ladrillos de barro deberán ser sólidos, bien cocidos, libres de quemaduras y rajaduras y perfectamente acabados.

Las tapas, peldaños y aros se especifican en el plano de detalles así como el tipo de concreto a usar.

- **Concreto**

El concreto a utilizar tendrá una resistencia mínima a la compresión de  $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  (3000PSI), proporción 1:2:3 con piedra de  $\frac{1}{2}$ " a los 28 días de edad, debidamente probado por medio de ruptura de cilindro.

Los agregados componentes del concreto (arena y grava) deberán estar bien graduados y limpios de tierra, o cualquier otro material que pueda perjudicar la calidad del concreto.

El colocado del concreto será de tal manera que no segregue sus componente, se debe vibrar el concreto a fin de evitar cualquier hueco o ratonera en el concreto. Inmediatamente después de colocado el concreto deberá ser protegido del secado prematuro, manteniéndolo húmedo.

El acero de refuerzo debe ser corrugado del tipo ASTM Grado -40 con un límite de fluencia de  $F_y = 40,000 \text{ PSI}$ , las varillas de refuerzo deberán estar limpias y libres de trazos de oxidación, grasa, u otro material que pueda afectar la adherencia del concreto.

- **Mortero**

Para uniones de mampostería se usara una mezcla de arena-agua-cemento, son una resistencia a la compresión no menor de 2000 PSI.

### **a.3. Pozos de Visita**

#### *Excavación y Relleno*

La excavación será de dimensiones amplias para permitir su fácil construcción. El relleno deberá ser compactado en capas de 10 cm y colocado cuidadosamente para no dañar la mampostería.

#### *Construcción de Pozos de Visita*

Los pozos de visita no deberán construirse hasta que las tuberías y estructuras que pasen por las intersecciones de las calles hayan sido descubiertas por el contratista y hasta que las rasantes de los tubos que lleguen a los pozos estén definidas.

Se construirán 115 Pozos de Visita, como lo indica el juego de planos.

## **B. Especificaciones técnicas del biofiltro**

### **b.1. Cámara de Rejillas**

#### *Excavación y Relleno*

La excavación con dimensiones amplias que faciliten su construcción. El relleno debe ser compactado en capas de 10 cm y colocado cuidadosamente para no dañar la mampostería.

#### *Construcción de Cámara de Rejillas*

Se construirán al inicio al inicio de la planta, fabricadas a base de varillas corrugadas de 1/4" de diámetro con claros de 1.5 cm, Losas macizas, columnas y vigas y mampostería de ladrillo como indica en los planos. Luego se conectara con el Tanque Imhoff

#### *Materiales*

Los materiales están especificados en el inciso a.2.

## **b.2. Tanque Imhoff**

### *Excavación y Relleno*

La excavación con dimensiones amplias que faciliten su construcción. El relleno debe ser compactado en capas de 10 cm y colocado cuidadosamente para no dañar la mampostería

### *Construcción de Tanque Imhoff*

La longitud de la cámara de sedimentación es de 6.4 m, 2.1 m de ancho y una profundidad de 2 m. Son dos unidades paralelas que estarán dispuestas a todo lo largo del tanque, la sección de los sedimentadores será en forma de canal triangular o "V", con paredes cuya pendiente de inclinación es de 60° y apertura de 0.20m en el fondo.

El área del digestor, y cámara de natas y ventilación será de 13.67 m<sup>2</sup> y 2.73 m<sup>2</sup>, respectivamente, las dimensiones se indican en el juego de planos.

### *Materiales*

Los materiales están especificados en a.2.

## **b.3. Lecho de secado**

### *Excavación y Relleno*

La excavación con dimensiones amplias que faciliten su construcción. El relleno debe ser compactado en capas de 10 cm y colocado cuidadosamente para no dañar la mampostería.

### *Construcción del Lecho de Secado*

Están constituidos por una columna de material filtrante (grava fina), y un sistema de drenaje de recolección de agua percolado. Estos lechos son rectangulares. Por un muro lateral del tanque entra la tubería de lodos, los cuales, mediante válvulas se distribuyen al interior de los lechos, el drenaje de cada lecho vierte a un drenaje general que conduce el agua filtrada al inicio del tratamiento. Está construido de mampostería de ladrillo, y dimensiones tal como indican los planos.

### *Materiales*

Los materiales están especificados en a.2.

#### **b.4. Filtro Biológico**

##### *Excavación y Relleno*

La excavación con dimensiones amplias que faciliten su construcción. El relleno debe ser compactado en capas de 10 cm y colocado cuidadosamente para no dañar la mampostería.

##### *Construcción del Filtro biológico*

Se construirá después del Tanque Imhoff conformados por un lecho filtrante compuesto por grava de ¼", grava de ½", grava de 1", y grava 2". Construido de mampostería de ladrillo, y dimensiones tal como indican los planos. Para luego trasladar el afluente al biofiltro.

### *Materiales*

Los materiales están especificados en a.2..

#### **b.5. Biofiltro**

##### *Excavación y Relleno*

La excavación con dimensiones amplias que faciliten su construcción. El relleno debe ser compactado en capas de 10 cm y colocado cuidadosamente para no dañar la mampostería.

##### *Construcción del Biofiltro*

Es biofiltro de flujo horizontal consta de una pila rectangular con profundidades que oscilan entre 60 y 100 cm, conformado con un relleno de material grueso (5 a 10 cm de diámetro) en las zonas de distribución (entrada) y recolección (salida). Y un lecho filtrante conformado por grava de ¾" residuos orgánicos y arcilla compactada, sobre el cual se cultivan las plantas de pantano (Taiwán), y dimensiones tal y como indica los planos.

### *Materiales*

Los materiales están especificados en a.2.

# **Documentos Adjuntos**