

República Dominicana

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CIBAO ORIENTAL

Universidad Patrimonio de la Comunidad



Facultad de Postgrado y Educación Continuada

Departamento de Postgrado

**Trabajo de postgrado para Optar por el Título de Magister en Gestión y
Auditoria Ambiental**

Título

Propuesta de Gestión Sostenible para las Aguas Residuales Domésticas del Sector Inespre, en el
Municipio de Villa la Mata, Cotuí.

Sustentantes

Ángel Miguel Suarez

Ruth Esmirna Cuevas Pérez

Asesora

Ing. Sumara Borromé de Real M.A.

Cotuí, Prov. Juan Sánchez Ramírez

Año Académico 2023

TÍTULO

**PROPUESTA DE GESTIÓN SOSTENIBLE PARA LAS AGUAS RESIDUALES
DOMÉSTICAS DEL SECTOR INESPRE, EN EL MUNICIPIO DE VILLA LA
MATA, COTUÍ.**

TABLA DE CONTENIDOS

Índice de cuadros	VII
Índice de gráficos	VIII
Índice de ecuaciones	IX
Índice de anexos.....	X
Agradecimientos	XI
Dedicatoria	XIIXIII
Resumen.....	XV
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.0 Introducción	1
1.1 Antecedentes	1
1.1.2 Antecedentes internacionales	1
1.1.3 Antecedentes nacionales	3
1.1.4 Antecedentes locales	4
1.2 Planteamiento del problema.....	6
1.3 Justificación	7
1.4 Objetivos.....	8
1.4.1 Objetivo general	8
1.4.2 Objetivos específicos.....	8
1.5 Operacionalización de las variables.....	9
1.6 Definición de términos.....	10
1.7 Marco Contextual.....	11
1.7.1 Historia del municipio de Villa la Mata	11
1.7.2 Mapa Satelital con la ubicación del sector Inespre, Villa la Mata.	12
1.7.3 Plano de ubicación	12
1.7.4 Plano catastral-predial del sector Inespre.....	13
1.7.5 Población.....	14
1.7.6 Clima	15
1.7.7 Uso de suelo	15
1.7.8 Actividades socioeconómicas y culturales de la zona.....	15
1.7.9 Gestión de las aguas residuales	16
1.7.10 Gestión de residuos sólidos y saneamiento ambiental	16
1.8 Alcance y límite de la investigación	16
1.8.1 Alcance en persona.....	16
1.8.2 Alcance en tiempo.....	16
1.8.3 Alcance en espacio	16
1.8.4 Alcance en producto.....	16

CAPÍTULO II	18
REVISIÓN LITERARIA	18
2.1 Introducción	18
2.2 Aguas residuales	18
2.3 Aguas residuales domésticas.....	18
2.4 Características de las aguas residuales domésticas	19
2.4.1 Características físicas.	19
2.4.2 Características químicas	19
2.4.3 Características biológicas.	20
2.5 Tipos de sistemas de saneamiento de aguas residuales.	20
2.6 Saneamiento mejorado.....	20
2.7 Recolección de aguas residuales	21
2.7.1 Sistema de saneamientos centralizado.	21
2.7.2 Sistemas de saneamiento descentralizado	21
2.8 Disposición final de aguas residuales.	22
2.9 Diseño de recolección y transporte de las aguas residuales domésticas	22
2.10 Sistema de alcantarillado sanitario.....	23
2.11 Clasificación de los sistemas de alcantarillados	23
2.12 Componentes de un sistema de alcantarillado	24
2.13 Planta de tratamiento.....	26
2.14 Tipo de tratamiento de aguas residuales:	26
2.15 Unidades de pre-tratamiento y tratamiento primario	26
2.16 Cuerpo receptor de aguas residuales	26
2.17 Cantidad de aguas residuales vertidas.....	27
2.18 Parámetros de diseños para sistemas de saneamiento.....	27
2.19 Población de diseño	28
2.20 Métodos para determinar población futura	29
2.20.1 Método de crecimiento aritmético.....	29
2.20.2 Método logístico.....	29
2.20.3 Modelo de crecimiento hiperbólico.....	30
2.20.4 Método exponencial.	30
2.21 Periodo de diseño.	31
2.22 Estudio topográfico:.....	31
2.23 Gestión sostenible de las aguas residuales domésticas.	31
2.23.1 Gestión sostenible del agua	32
2.24 Humedales artificiales.....	33
2.24.1 Tipo de humedales artificiales:	33
2.24.2 Humedales de flujo libre superficial	34
2.24.3 Humedal de flujo libre sub-superficial.....	34
2.24.4 Sistemas híbridos.....	35
2.24.5 Ventajas de los humedales artificiales	35
2.24.6 Desventajas de los humedales artificiales	35

2.25 Unidad de tratamiento secundario	36
2.26 Plantas acuáticas a utilizar en el diseño	36
2.27 Enfermedades de origen hídrico	38
2.27.1 Las enfermedades portadas por el agua son:	38
2.27.2 Enfermedades basadas en agua con intermediarios acuáticos:	38
2.27.3 Enfermedades lavadas por contacto con el agua	39
2.27.4 Enfermedades transmitidas por vectores con ciclo acuático.	39
CAPÍTULO III.....	41
METODOLOGÍA.....	41
3.1 Diseño y tipo de investigación.....	41
3.2 Enfoque de investigación.....	41
3.3 Población, muestra y muestreo	42
3.3.1 Cálculo de la muestra:	42
3.4 Técnica y recolección de datos	43
3.5 Validez y confiabilidad	43
3.6 Procedimientos.....	43
3.6.1 Presentación del tema ante el jurado evaluador y asignación del asesor.	43
3.6.2 Indagaciones bibliográficas relacionadas al tema de investigación.	43
3.6.3 Visitas de campo para el levantamiento de información en campo.	44
3.6.4 Identificar la ubicación del humedal artificial en el sector.	44
3.6.5 Realización del levantamiento topográfico del Sector Inespre	44
3.6.6 Procesamiento de las informaciones levantadas.	44
3.6.7 Presentación de los resultados.....	44
3.6.8 Elaboración de propuesta.	44
3.7 Análisis de los datos.....	44
CAPÍTULO IV	45
PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS	45
4.1 Introducción	45
4.3 Diagnóstico de la población.....	45
4.4 Diseño de Alcantarillado Sanitario	62
4.4.1 Memoria de cálculos hidráulicos alcantarillado sanitario.	63
4.5 Diseño del tratamiento de aguas residuales mediante sistemas de H. Artificiales	72
4.5.1 Entrada al sistema de tratamiento.....	72
4.5.2 Unidades que componen la planta de tratamiento de aguas residuales.....	72
4.5.3 Flujograma del sistema de tratamiento.....	73
4.5.5 Memoria de cálculo.....	74
CAPITULO V.....	84
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	84
5.1 Introducción	84

5.2 Análisis e interpretación de los datos.....	84
5.3 Conclusiones	88
5.4 Recomendaciones.	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90
ANEXOS.....	94

ÍNDICE DE CUADROS

No. de cuadro	Descripción de los cuadros	Pag.
Cuadro No.1	Variables e indicadores de la gestión sostenible de las aguas residuales domésticas del sector Inespre, Villa la Mata.	11
Cuadro No.2	Establece los inmobiliarios, que permitirá el cálculo de la población beneficiaria.	17
Cuadro No.3	Funciones de las plantas en tratamientos acuáticos	38
Cuadro No.4	Plantas acuáticas emergentes utilizadas en tratamiento de aguas residuales.	39
Cuadro No.5	Cálculo de incremento de la población	62
Cuadro No.6	Cálculos hidráulicos de alcantarillados sanitarios	63
Cuadro No.7	Cálculos hidráulicos de alcantarillados sanitarios, donde se muestra de denominación del tramo, longitud, caudales, velocidad y caudal.	71

ÍNDICE DE GRÁFICOS

No. de cuadro	Descripción de los gráficos	Pag.
Gráfico No.1	Mapa satelital Sector Inespre	14
Gráfico No.2	Ubicación de la zona de estudio.	15
Gráfico No.3	Plano catastral, donde se figura la cantidad y el tipo de inmobiliarios	16
Gráfico No.4	Sección de sistema de tratamiento	28
Gráfico No.5	Población actual del sector Inespre	45
Gráfico No.6	Representación de las viviendas del Sector Inespre	46
Gráfico No. 7	Servicio de agua potable del Sector Inespre	47
Gráfico No. 8	Abastecimiento de agua potable	48
Gráfico No. 9	Tipo de sanitario que posee la vivienda	49
Gráfico No. 10	Vertido de las aguas residuales	50
Gráfico No. 11	Conocimiento sobre el destino final de las aguas residuales domésticas	51
Gráfico No. 12	Viviendas con cámaras sépticas	52
Gráfico No. 13	Medidas tomadas al momento de llenarse la cámara séptica	53
Gráfico No. 14	Filtrante Séptico	54
Gráfico No. 15	Conocimientos sobre enfermedades de origen hídrico	55
Gráfico No. 16	Padecimiento de las enfermedades de origen hídrico	56
Gráfico No. 17	Enfermedades de origen hídrico padecidas	57
Gráfico No. 18	Enfermedades de origen hídrico y frecuencia de ocurrencia al año	58
Gráfico No. 19	Gestión de los residuos en el sector Inespre	59
Gráfico No. 20	Calidad del agua de consumo	60
Gráfico No. 21	Importancia de tratar las aguas residuales domésticas	61

ÍNDICE DE ECUACIONES

No. de ecuación	Descripción	Fórmula	Pag.
Ecuación No. 1	Incremento	$I = Pa + Pi$	62
Ecuación No. 2	Población futura	$P = Pa + Pa \left(\frac{1}{100} \right) * N$	62
Ecuación No. 3	Incremento medio anual	$IAn = \frac{\sum \% I}{N. años}$	62
Ecuación No. 4	Aportación de agua residual (AP)	0.75 * dotación.	63
Ecuación No. 5	Caudal Medio (QMed)	$QMed = \frac{Ap * P}{86400}$	63
Ecuación No. 6	Caudal Mínimo (QMin)	$QMin = QMed * 0.5$	63
Ecuación No. 7	Caudal Máximo Instantáneo (QMinst)	$QMinst = M * QMed$	63
Ecuación No. 8	Coeficiente (M)	$M = \frac{1 + (14)}{4 + \sqrt{P}}$	63
Ecuación No. 9	Caudal Máximo Extraordinario (QMext)	$QMext = CS * QMinst$	63
Ecuación No. 10	Cálculo de la pendiente	$S = \frac{Cota\ inicial - cota\ final}{long.\ propia\ del\ tramo}$	63
Ecuación No. 11	Cálculo del diámetro	$D = \left[\frac{3.59 * Q_{mint}}{Ch * S^{0.54}} \right]^{0.381}$	63
Ecuación No. 12	Radio hidráulico (Rh)	$Rh = \frac{D}{4}$	64
Ecuación No. 13	Cálculo de velocidad	$V = 0.85 * Ch * Rh^{0.63} * S^{0.54}$	64
Ecuación No. 14	Cálculo de caudal(Q)	$Q = 0.85 * A * Ch * Rh^{0.63} * S^{0.54}$	64
Ecuación No. 15	Área	$A = \pi * r^2$	64
Ecuación No. 16	Radio	$r = \frac{D}{2}$	64

ÍNDICE DE ANEXOS

No. de Anexos	Descripción de los anexos	Pag.
Anexo No.1	Cuestionario aplicado en el Sector Inespre.	93
Anexo No. 2	Aguas residuales del Sector Inespre.	94
Anexo No. 3	Agrimensor realizando levantamiento topográfico	95
Anexo No. 4	Dato de Censo de población de la provincia Sánchez Ramírez, municipio de Cotuí	98
Anexo No.5	Plano topográfico del Sector Inespre	100
Anexo No. 6	Plano de diseño de alcantarillado sanitario, sector Inespre, Villa la Mata.	101
Anexo No.7	Plano Catastral – Piedral, Sector Inespre, Villa la Mata	101
Anexo No. 8	Cuadro de Cálculo Hidráulico alcantarillado sanitario.	103

AGRADECIMIENTOS

A Dios:

Por haberme dado la fortaleza para seguir adelante en aquellos momentos de debilidad.

A mis padres:

Roselio Suarez y Ana Yberquis Rosario, por todos sus sacrificios, por su amor y por estar a mi lado en cada momento de mi vida.

A mi esposa:

Onelia Peguero, gracias por tu comprensión y entendimiento en los momentos difíciles.

A mi compañera de tesis:

Ruth Cuevas, por haber compartido solidaridad, dificultades y alegrías, durante todo el proceso de nuestro trabajo de grado.

A nuestros profesores:

Por su tiempo y conocimiento compartido y por impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional.

A nuestra asesora de tesis:

Ing. Sumara Berromé porque sin su ayuda este proyecto no hubiese sido posible. Gracias por guiarnos y brindarnos sus conocimientos.

A todos mis compañeros de estudios:

Gracia por todo.

Ángel Miguel Suarez

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Mi todo. Ahora, siempre y por la eternidad.

A mis padres:

Gelson Antonio Cuevas y Águeda Pérez. Mi fortuna más grande, mi mayor bendición, gracias por tanto amor y comprensión.

A mis Hermanos:

Genesis Noemi Cuevas Pérez, Jerstin Joel Cuevas Perez, Débora Evenecer Cuevas Pérez, Otoniel Eliezer Cuevas Perez y mi sobrino hermoso Isacar. Los amo con todo mi corazón.

Al Ministerio de la Juventud:

Específicamente al programa de becas de honor “Idelissa Bonelly” a través del cual pude hacer este sueño realidad.

A mi compañero:

Ángel Suarez, gracias por el apoyo y los ánimos en todo el desarrollo de esta investigación, no pude tener mejor compañero para este desafío.

A mis compañeros de maestría:

Aparte de los conocimientos, conocerlos fue lo mejor de este viaje.

A mis maestros:

Por todos los conocimientos transmitidos.

A la Ing. Sumara Borromé:

Asesora de esta investigación, una gran profesional y excelente ser humano.

Ruth Esmirna Cuevas Pérez

DEDICATORIA

A mi madre:

Ana Rosario, Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre:

Roselio Suarez, Por su apoyo incondicional y por estar siempre en los momentos en que más lo he necesitado, por su cariño y su amor siempre.

A mis hermanos/as:

Quienes han sido mi inspiración para ser mejor cada día.

A mi gran amigo:

Roberto Saldaña, más que un amigo, un padre para mí. Siempre dándome consejo y formación, por ser un gran impulso para mi carrera y mi proyecto de tesis.

Ángel Miguel Suarez

DEDICATORIA

Mi familia:

Mi columna, mi sostén, comprendieron mis ausencias, me animaron cuando más lo necesitaba, hasta aquí he llegado, después de Dios, por ustedes.

Marisol Morales:

Gracias por todo, eres un tesoro en mi vida.

Guadalupe Castaño:

Mi rayito de luz, a través de ti me doy cuenta de lo grande que es Dios, mi hermana, mi dulce amiga, te llevo en mi corazón siempre.

Ruth Esmirna Cuevas Perez

RESUMEN



Titulo

Propuesta de gestión sostenible para las aguas residuales domésticas del Sector Inespre, en el municipio de Villa la Mata, Cotuí.

Sustentantes:

Ángel Miguel Suarez

Ruth Esmirna Cuevas Pérez

Asesora:

Ing. Sumara Borromé de Real M.A.

La correcta gestión de las aguas residuales es una cuestión prioritaria a nivel mundial, ya que los caudales generados que no son tratados se convierten en fuentes de contaminación que deterioran considerablemente la salud, el medio ambiente y por ende la calidad de vida.

En el municipio de Villa la Mata, en la actualidad no existe una planta de tratamiento para las aguas residuales, lo que trae consigo que todas las comunidades y sectores, viertan sus aguas residuales domésticas a cámara sépticas que terminan en los canales de riego de la zona.

Esta situación sería la causante de muchas enfermedades en el Sector Inespre, el uso de insecticidas, la acumulación de basura, la descarga de fecales y los desechos de productos de limpieza son agentes que producen cambios en las propiedades físicas de las aguas residuales domésticas e inclusive facilitarían la producción de microorganismos muy dañinos a la salud de los moradores de sector.

Esta investigación tiene como finalidad proponer el diseño de un sistema de alcantarillado donde se capten todas las aguas residuales domésticas del sector, para luego ser canalizadas hasta una unidad de tratamiento que sería un humedal artificial. Los caudales de aguas residuales tratados en el humedal tienen la posibilidad de convertirse en un recurso que pueda ser utilizado

para la producción agrícola, además de prevenir y disminuir enfermedades a la población más vulnerable, lo que garantizará un mejor desarrollo al sector tanto a nivel ambiental como social. El diseño de la investigación es no experimental-transversal, ya que las variables de estudio, los sujetos del estudio son evaluados en su contexto natural sin alterar ninguna situación; así mismo, no se manipulan las variables del estudio.

La investigación es de tipo campo, exploratoria y descriptiva. No busca manipular las variables sino describirlas a partir del contexto presente. Incluye un enfoque mixto dado que, determina las variables cualitativas al igual que las cuantitativas. En esta investigación se realizó una propuesta de unidad de tratamiento para las aguas residuales domésticas del sector Inespre.

Fue propuesto un diseño de recolección y transporte de las aguas residuales para las aguas de origen domésticos del Sector Inespre. Se elaboró un diagnóstico sobre la gestión actual de las aguas residuales del sector Inespre y la percepción de la población con respecto a las mismas.

La situación encontrada permitió plantear el humedal artificial como la alternativa más factible para el tratamiento de las aguas de origen domésticos, este permitiría el aprovechamiento de las aguas para la agricultura, incorporándola una vez tratada al sistema de riego en las proximidades del sector. Este sistema permitirá una operación eficiente, ya que puede operar sin consumo energético, así como también mantener sus operaciones, puesto que son de bajo costo y sencilla.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.0 Introducción

En este capítulo se presenta el planteamiento del problema, que originó esta investigación. Siguiendo en ese mismo sentido, continúa con las preguntas de investigación, la justificación, los objetivos tanto general como específicos, alcance y limitaciones de la investigación y la definición de términos. Cada uno de estos acápites están desarrollados a partir del análisis de informaciones obtenidas en diversas fuentes.

1.1 Antecedentes

1.1.2 Antecedentes internacionales

Villela (2014), en su tesis de grado: Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales para el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz, en Guatemala, concluye que “Se verificó que las características fisicoquímicas de cuatro parámetros (materia flotante, temperatura, coliformes fecales y cromo hexavalente) encontrados en el agua residual, son adversas al ecosistema, y por lo tanto están afectando a la calidad del cuerpo receptor. Además, el parámetro de coliformes fecales quintuplica (5×10^7) el límite máximo permisible.

Por otro lado, en la fase de Pretratamiento se estableció, que se alcanza un nivel de remoción de arenas gravas de 90% y de materia flotante de 85%, lo que influye en la eficiencia de la planta evitando desperfectos en la misma. En la fase de tratamiento primario se alcanza un nivel de remoción de 35.62% de DBO, 62.57% de SST, 15% materia flotante y 50% de coliformes fecales. De los sólidos extraídos hacia el digestor se alcanza el 35% de remoción de coliformes fecales. En la fase de tratamiento secundario se alcanza un nivel de remoción de 53% de DBO y 10% de coliformes fecales. (Villela, 2014).

No obstante, se identifica que el sistema propuesto para el tratamiento de aguas residuales alcanzará un 88.62%, de eficiencia global de remoción de la carga contaminante. Porcentaje basado en el nivel de remoción de DBO. El análisis permitió verificar que la

reutilización del afluente tratado es útil para sistemas de riegos forestales, cultivos B-C y jardinería, los lodos como fertilizantes o material de relleno. (Vilella, 2014).

Pérez y Shavier (2015), en su trabajo de grado con el tema: Simulación de una planta de tratamiento de aguas residuales y su análisis Técnico - económico - ambiental en la ciudad de Iquitos mediante el uso de Super pro Designer V6 – 2015, Amazonía del Perú, concluye que “Se ha determinado que dentro de los parámetros del análisis ambiental como son: residuos sólidos, residuos líquidos, residuos gaseosos (emisiones), los más significativos cuantitativamente, son la biomasa no inocua con un 28,83 % y el dióxido de carbono con un 68,98 % producto de la digestión aeróbica.

Según Medina y Benites (2017), en su tesis con el título: Diagnóstico del sistema de aguas residuales en Salaverry y propuesta de solución, Trujillo-Perú, concluye en los siguientes: “Las plantas de tratamiento de aguas residuales PTAR, actualmente en funcionamiento no cuentan con la tecnología adecuada para descontaminar el afluente, ya que su sistema, consistentes en lagunas de estabilización, se encuentran su dimensionadas teniendo un rendimiento menor al 50 % con respecto a su carga de caudal. Además, Las PTAR mencionadas evacuan el efluente, con un DQO de 356mg/L y de Coliformes Termo tolerantes de $1.7E+06$ mg/L, que incumplen los LMP de DBO de 100 mg/L y de Coliformes Termo tolerantes de 1E mg/L, además el efluente mencionado es evacuado por un canal abierto, hacia el mar, contaminando las zonas aledañas.

De acuerdo con Yarlequé (2018), en su trabajo de tesis titulado: Tratamiento de aguas residuales para el caserío Villa Palambla de Piura, Perú, concluye que “La provisión de los servicios de agua potable debe ser vista como un tema ligado al desarrollo de cada país, por lo que la toma de decisiones, el planteamiento de políticas y las inversiones en los diversos niveles, no solo corresponden a la institucionalidad ligada al recurso hídrico y a los servicios de agua potable y saneamiento, sino que deben contarse como un compromiso del más alto nivel político, incluyendo ministerios de finanzas, planificación, vivienda, salud, así como al poder legislativo, los gobiernos locales y una participación efectiva de los sectores productivos y de la sociedad civil.

1.1.3 Antecedentes nacionales

Matos y Gómez (2015), en su trabajo de grado nombrado: Diseño y Análisis de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en el Sector de Villa Verde, Santiago de los Caballeros, concluye en los siguientes: “De acuerdo a los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a las aguas del Río Gurabo, al nivel económico de los habitantes del sector y a las recomendaciones de CORAASAN, concluimos que el tipo de tratamiento que se debe aplicar a estas aguas es de tipo biológico, puesto que requiere bajos costos de mantenimiento y operación. Inclusive, el nivel freático de la zona en cuestión se encuentra a 30 pies de profundidad, por lo que no existe posibilidad de contaminación 5 por infiltración de las aguas subterráneas. Estos datos fueron suministrados por CORAASAN.

Según Estrella y Núñez (2016), en su tesis de grado titulada: Tratamiento de Aguas Residuales por medio de Sistemas de Humedales Artificiales en el Café de Herrera, Santiago, arribaron en la siguiente conclusión: “Se desarrollaron los pasos necesarios para diseñar y dimensionar un sistema de humedal artificial para el tratamiento de las aguas residuales de la cañada del sector del Café de Herrera, Santo Domingo Oeste. Con la construcción de este sistema se pretende disminuir la contaminación ambiental, las enfermedades causadas por dicha contaminación y garantizar la reutilización de esta agua ya sea para riego u otros usos, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de los habitantes de la zona y el saneamiento de la cañada teniendo un panorama agradable a la vista.

Núñez (2017 et al), resalta que “El Biosistema Natural para el Tratamiento de las Aguas Residuales de origen doméstico, presenta adecuada eficacia en la eliminación de contaminantes para el cumplimiento de los límites máximos establecidos en la norma de descargas de aguas residuales. Posee 6 importantes ventajas ambientales tales como la integración paisajística y formación de ecosistemas, además de que no genera ruido y produce oxígeno.

El Biosistema permite tratar variaciones significativas durante cortos periodos de tiempo de concentración de contaminantes en el influente, demanda una capacitación

sencilla para su operación, básicamente de poda y disposición de la vegetación, si la topografía lo permite no demanda energía eléctrica, por lo que su economía de funcionamiento se constituye en su base más importante de sostenibilidad, ya que en la República Dominicana el 37% de los sistemas de tratamiento de aguas residuales registrados se encuentran fuera de operación, y el 78% de lo que están en servicio, no cumplen los requisitos de descarga especificados en las normas.(Núñez, 2017 et al).

Canalización y Planta de Tratamiento “El Rito”, La Vega, 2015. Se está llevando a cabo la construcción de una propuesta para dar solución a la contaminación de un afluente del río Camú, el rito. El cual es uno de los mayores focos de contaminación del país, desalojando a las personas de aquel lugar construyéndose para estas viviendas, y convirtiendo el afluente en un parque lineal, para lo cual se utilizará una alcantarilla tipo cajón in situ.

Es una obra fundamental que ha causado controversia local, pero a la vez una organización de apoyo tanto local como de influencia nacional es la construcción de una represa en la cuenca media del río Camú, lo que permitiría controlar los flujos hídricos en las épocas de más lluvias, redireccionar sus aguas para la irrigación y obtener otros subproductos ; pero en especial evitar que las crecidas abruptas vayan a continuar marcha ha avanzado sustancialmente en su etapa de diseño y cuenta con el impulso del gobierno central dominicano, todavía hay sectores locales y regionales que cuestionan la seguridad de tal infraestructura y consideran su construcción como una nueva forma de aumentar el riesgo.

1.1.4 Antecedentes locales

Liriano et al (2017), en su tesis de grado titulada: Análisis de la Calidad de las Aguas Subterráneas en el Municipio de Cotuí, donde plasmaron que “se determinó que las características físicas, presentaron ciertos valores todos estando dentro de los parámetros permisibles por lo que cumplen con la calidad en ese sentido, en tanto que en las

caracterizas microbiológicas se detectó que el 73.3% de los pozos no se encuentran dentro de los límites permitidos por lo que no cumplen con los parámetros establecidos mientras que tan solo un 26.7% de esos pozos si están dentro de los valores indicados para la calidad de las aguas subterráneas del municipio de Cotuí.

Se evaluaron los estándares químicos de la calidad del agua que se extrae de los pozos del Municipio de Cotuí, donde se pudo detectar que un 33% de los pozos analizados no se encuentran dentro de los parámetros establecidos ya que en estos se obtuvieron valores por encima de lo aceptable. Mientras que un 67% de los ya mencionados resultaron con valores entre los estándares necesarios para que el agua subterránea tenga una buena calidad. (Liriano 2017 et al).

Se analizó los parámetros de calidad que se encuentran en los distintos pozos utilizados para el consumo humano en el Municipio de Cotuí, se arribó a la conclusión de que el 33.5% de los pozos no están debidamente contruidos tales como el pozo número 10 no posee un confinamiento adecuado; los números 14, 15, 17 y 18 no tienen la delimitación requerida en cuanto a edificaciones, el pozo número 01 y el 18. Se 7 determinó que los agentes contaminantes en la superficie que podrían afectar la calidad en las aguas subterráneas del Municipio de Cotuí son en un 6% los residuos domésticos o urbanos y la basura, con un 13% la salinidad, en un 60% las s-fecales y por último en un 86% las baterías. Los lugares donde se pudo determinar estos contaminantes son los pozos ubicados en las zonas urbanas y otras veces depende de la litología del lugar. (Reinoso, 2017 et al).

1.2 Planteamiento del problema

La correcta gestión de las aguas residuales es una cuestión prioritaria a nivel mundial, ya que los caudales generados que no son tratados se convierten en fuentes de contaminación que deterioran considerablemente la salud, el medio ambiente y por ende la calidad de vida.

Debido al crecimiento poblacional acelerado a nivel mundial, se prevé también el incremento considerable de demanda de agua en las décadas siguientes. El crecimiento económico también requiere de aumentos en la demanda de agua para sectores como el agrícola; el cual es responsable del 70 % de la captación de agua mundial; y especialmente para la industria y producción de energía (UNESCO, 2017).

De acuerdo al Informe del INAPA (Instituto Nacional de Aguas Potables y Alcantarillado) en el año 2011, las principales tecnologías utilizadas en el país para el manejo de las excretas son los sanitarios conectados al alcantarillado o a fosas sépticas (64.11%) y las letrinas (31.66%), convirtiendo su uso en una fuente generadora de graves problemas de contaminación al medio ambiente, en sentido general, y de los acuíferos, en particular, principalmente en los centros urbanos, ya que el 80% de las aguas recolectadas por las redes de alcantarillado son descargadas en los cuerpos receptores sin ningún tipo de tratamiento previo; mientras que las descargas de las fosas sépticas y las letrinas van directamente al subsuelo y mantos freáticos.

En el municipio de Villa la Mata, en la actualidad no existe una planta de tratamiento para las aguas residuales, lo que trae consigo que todas las comunidades y sectores, viertan sus aguas residuales domésticas a cámara sépticas que terminan en los canales de riego de la zona.

Esta situación sería la causante de muchas enfermedades en el Sector Inespre, el uso de insecticidas, la acumulación de basura, la descarga de fecales y los desechos de productos de limpieza son agentes que producen cambios en las propiedades físicas de las aguas residuales domésticas e inclusive facilitarían la producción de microorganismos muy dañinos a la salud de los moradores de sector.

Es por eso, que se plantean las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuál es la situación actual de la gestión de las aguas residuales en el sector Inespre, Villa la Mata?
- ¿Qué diseño sería viable para el sistema de redes de recolección para las aguas residuales generadas por la población del sector Inespre, Villa la Mata?
- ¿Un humedal artificial, sería factible como tratamiento para la gestión de las aguas residuales de origen domésticos en el sector Inespre, Villa La Mata?

1.3 Justificación

El Informe realizado por la FAO en 2017 sobre el desarrollo del agua, señala que la agricultura es el sector que más utiliza agua en la región del caribe, alrededor de un 70% de las extracciones, mientras que el suministro de hogares utiliza el 17 % y la industria el 13 %.

En la actualidad el sector Inespre, no cuenta con un sistema o red de alcantarillado sanitario para la recolección y posterior tratamiento de las aguas residuales.

Esta investigación tiene como finalidad proponer un diseño un sistema de alcantarillado donde se capten todas las aguas residuales domésticas del sector, para luego ser canalizadas hasta una unidad de tratamiento que sería un humedal artificial. Los caudales de aguas residuales tratados en el humedal tienen la posibilidad de convertirse en un recurso que pueda ser utilizado para la producción agrícola, además de prevenir y disminuir enfermedades a la población más vulnerable, lo que garantizará un mejor desarrollo al sector tanto a nivel ambiental como social.

La presente propuesta está enfocada en el cuarto eje estratégico de la Estrategia Nacional de Desarrollo (END) 2030 que se basa en el manejo sostenible del medio ambiente. Además, esta investigación busca contribuir al cumplimiento de tres de los objetivos del Desarrollo Sostenible, que son los siguientes:

Objetivo No. 6 Agua Limpia y Saneamiento: El cual persigue garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos, específicamente en las siguientes metas:

6.3 De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial.

6.a De aquí a 2030, ampliar la cooperación internacional y el apoyo prestado a los países en desarrollo para la creación de capacidad en actividades y programas relativos al agua y el saneamiento, como los de captación de agua, desalinización, uso eficiente de los recursos hídricos, tratamiento de aguas residuales, reciclado y tecnologías de reutilización.

6.b Apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua y el saneamiento.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Proponer una solución sostenible para la gestión integral de las aguas residuales domésticas del sector Inespre, municipio de Villa la Mata.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar la situación actual en cuanto a la gestión de aguas residuales en el sector Inespre, Villa la Mata.
- Diseñar un sistema de redes de recolección para las aguas residuales generadas por la población del sector Inespre, Villa la Mata.
- Proponer un diseño de un humedal artificial para el tratamiento de las aguas residuales domésticas del sector Inespre, Villa la Mata.

1.5 Operacionalización de las variables

El siguiente cuadro muestra las variables de investigación sobre la gestión de las aguas residuales.

Cuadro No.1: Variables e indicadores de la gestión sostenible de las aguas residuales domésticas del sector Inespre, Villa la Mata.

Preguntas	Objetivos	Variables	Indicadores
¿Cuál es la situación actual de la gestión de las aguas residuales en el sector Inespre, Villa la Mata?	-Identificar la situación actual en cuanto a la gestión de aguas residuales en el sector Inespre, Villa la Mata.	• Saneamiento • Recoleccion de aguas residuales. • Disposicion final de aguas residuales.	• Basico • Mejorado. • Centralizado, descentralizado • Tratamiento, directo e indirecto.
¿Qué diseño sería viable para el sistema de redes de recolección para las aguas residuales generadas por la población del sector Inespre, Villa la Mata?	-Diseñar un sistema de redes de recolección para las aguas residuales generadas por la población del sector Inespre, Villa la Mata.	• Diseño de recolección y transporte de las aguas residuales domésticas.	• Ubicación geográfica. • Geología de la zona. • Topografía de la zona. • Caudales de diseño de aportación. • Dotación de diseño.
¿Un humedal artificial, sería factible como tratamiento para la gestión de las aguas residuales de origen domésticos en el sector Inespre, Villa La Mata?	-Proponer un diseño de un humedal artificial para el tratamiento de las aguas residuales domésticas del sector Inespre, Villa la Mata.	• Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas.	• Tratamiento por humedal • Disponibilidad de espacio para humedal. • Tipos de plantas para humedal • Caudal de agua residual de humedal

1.6 Definición de términos

Aguas residuales: aguas que han recibido un uso y cuya calidad ha sido modificada por la incorporación de agentes contaminantes. Para los efectos de este reglamento, se conocen dos tipos: ordinario y especial. (FOCARD-APS, 2013)

Contaminante: es cualquier sustancia o forma de energía que puede provocar algún daño o desequilibrio (irreversible o no), en un ecosistema, en un medio físico o en un ser vivo. (Montilla, 2015).

Control de calidad: esta tiene por objeto velar porque los servicios de abastecimiento de agua se ajustan a las normas nacionales y a los objetivos institucionales convenidos (Montilla, 2015).

Cámara Séptica: Sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas provenientes de una vivienda o conjunto de viviendas que combina la separación y digestión de lodos. (OPS, 2005).

Descarga o vertido: Acción de descargar o verter líquidos a los cuerpos hídricos receptores o a sistemas de alcantarillado. (Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2004).

Fuente de agua: es la forma de abastecimiento que tiene una determinada población para satisfacer sus necesidades en cuanto al uso del agua (Montilla, 2015).

Hidrogeología: Estudia el almacenamiento, circulación y distribución de las aguas terrestres en las zonas saturada y no saturada de las formaciones geológicas, teniendo en cuenta sus propiedades físicas y químicas, sus interacciones con el medio físico y biológico y sus reacciones a la acción del hombre. (Sociedad Geográfica de Lima, 2011).

Humedales: extensión de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, ya sean estas naturales o artificiales, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas. (SEMARENA, 2003).

Indicadores de calidad de agua: es un método usado para medir el grado de deterioro del agua. Los indicadores de calidad son herramientas que permiten asignar un 13 valor de calidad al agua a partir del análisis de diferentes parámetros, tales como: biológicos, hidro morfológico y fisicoquímicos (Montilla, 2015).

Nivel Freático: límite superior de la zona saturada de un acuífero libre. (Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2004).

Normas sanitarias: son aquellas que tienen por objeto proteger la vida, la salud de las personas y los animales, de los riesgos resultantes de la presencia de los adictivos, contaminantes, toxinas u organismos patógenos en los productos alimenticios y las bebidas (Montilla, 2015).

Saneamiento: se entiende el suministro de instalaciones y servicios que permiten eliminar sin riesgo la orina y las heces. (OMS, 2014).

1.7 Marco Contextual

1.7.1 Historia del municipio de Villa la Mata

La historia de Villa la Mata se remonta al siglo XIX en que la zona era conocida como El Higüero o Higuerito. Era un pequeño punto en la carretera entre los poblados de La Vega y Cotuí. Para mediados del siglo XX, esta zona tuvo un gran empujo con la introducción de canales de riego para la producción de arroz, resultando en una masiva inmigración. Su nombre proviene de una mata de mango que era comúnmente utilizado por los moradores para amarrar sus chivos.

El sector Inespre pertenece al municipio de Villa La Mata de la provincia Sánchez Ramírez, es uno de los municipios más jóvenes de la República Dominicana. Se limita al norte con la provincia Duarte, al oeste con el municipio Fantino, y al sur y al este con el municipio cabecera Cotuí. (Rey, 2019).

El sector Inespre, fue creado en el año 1978 en el gobierno de Joaquín Balaguer, los primeros habitantes fueron traídos del sur del país, a los cuales se le entregaron casas y parcelas de arroz para que sean trabajadas y se convirtieran en la fuente de sustento para ellos y sus familias. Balaguer instruyó en ese momento también, construir una de las procesadoras de arroz más grande hasta el momento en el país, con el objetivo de crear más empleos.

Su nombre proviene de una mata de mango que era comúnmente utilizado por los moradores para amarrar sus chivos. Aunque el cultivo de arroz es la actividad económica principal del sector, también hay pequeñas plantaciones de plátano, cacao y cítricos, Además de varios comercios.

1.7.2 Mapa Satelital con la ubicación del sector Inespre, Villa la Mata.



Gráfico No. 1 Mapa satelital sector Inespre. **Fuente:** Google Earth.

1.7.3 Plano de Ubicación

En la siguiente imagen se muestra el plano de la República Dominicana en el cual está ubicada la provincia Sánchez Ramírez, luego se presenta el plano del Municipio de Villa la Mata y para finalizar la ubicación del sector Inespre. Este plano permite ubicar el entorno y establecer el lugar donde tendrá lugar la propuesta.

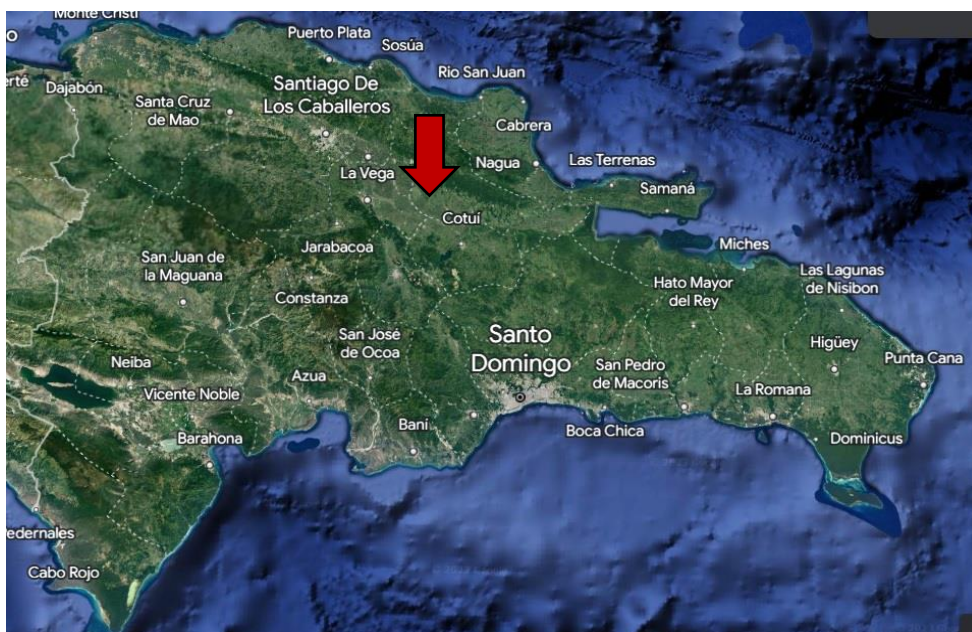


Gráfico No. 2 Ubicación de la zona de estudio. **Fuente:** Google Earth.

1.7.4 Plano Catastral-Predial del Sector Inespre

El plano Catastral Predial fue elaborado con la ayuda del programa Google Eath, es un sistema de información geográfica que muestra un globo terráqueo que permita visualizar múltiples cartografías, basado en imágenes satelitales y además permite la creación de entidades de puntos de líneas y polígonos, contando también con la posibilidad de crear mapas. Mediante visita a campo se constató dicha información.

A través de este mapa se determina la población mediante a la leyenda que indica, para poder realizar los cálculos correspondientes. En este plano se muestran las manzanas del sector definidas y el tipo de inmobiliarios que existen en el sector.

[illegible]

Áreas Verdes	7
Comercios	18
Institución Pública	1
Viviendas de 1 Nivel	57
Viviendas de 2 Niveles	8
Zona de construcción	3
Iglesia	1
Apartamentos de 2 Niveles	8
Vivienda de madera de 1 nivel	6

1.7.5 Población

Según lo establecido en el reglamento para el diseño y la construcción de instalaciones sanitaria en edificación (R-008), en su artículo 310 establece que: se consideran al menos seis (6) habitantes por vivienda.

14

muestra los terrenos baldíos o áreas verdes del sector, contando con 7 áreas verdes, de gran tamaño. Tomando en consideración que dichos terrenos sean utilizados para viviendas unifamiliares, según el área pueden construirse 12 viviendas, por lo que la población futura sería de 72 habitantes.

Cuando el plano muestra viviendas de dos niveles, se multiplica por 2 los habitantes por vivienda que establece el R-008.

Cuadro No.2. Establece los inmobiliarios, que permitirá el cálculo de la población beneficiaria.

Inmobiliarias	Cantidad	Habitantes
Áreas Verdes	7 / asumiendo 12	72
Comercios	18	/
Institución Publica	1	/
Viviendas de 1 Nivel	57	342
Viviendas de 2 Niveles	8	96
Zona de construcción	3	/
Iglesia	1	/
Apartamentos de 2 Niveles	8	96
Vivienda de madera de 1 nivel	6	36
	TOTAL	654

Fuente: Elaboración propia.

1.7.6 Clima

El clima del sector es característico de su relieve y régimen de lluvias. Le envuelve el microclima tropical húmedo.

1.7.7 Uso de suelo

El principal uso del suelo es para las actividades agrícolas, específicamente para la siembra de arroz.

1.7.8 Actividades socioeconómicas y culturales de la zona

El cultivo de arroz es la actividad económica principal del sector, también hay pequeñas plantaciones de plátano, cacao y cítricos, Además de varios comercios.

Dentro de las festividades más populares como expresión de la cultura del sector están las fiestas patronales el 24 de septiembre por motivo a las Mercedes, donde se realiza un concurso para elegir la reina de dicha celebración.

1.7.9 Gestión de las aguas residuales

El sistema empleado para gestionar las aguas residuales del sector, según las informaciones levantadas por medio de la entrevista son sanitarios sépticos, que no cuentan con ningún tipo de filtrante.

Una vez lleno los pozos sépticos con las aguas residuales domésticas, las mismas son transportadas a través de los contenes hasta llegar a los distintos canales de riego del sector, que a su vez llegan a las zonas donde se produce el arroz y las distintas actividades agrícolas del sector.

1.7.10 Gestión de residuos sólidos y saneamiento ambiental

El camión de la basura pasa dos veces a la semana, no obstante, las zanjas cuentan con un alto nivel de contaminación por desechos sólidos, lo cual provoca que cuando llueve en gran volumen se tapen y se desborden las aguas por encima de la carretera, las zanjas están debidamente tapadas en su gran mayoría para evitar accidentes en la comunidad.

La mayoría de los comunitarios conoce los que son las enfermedades de origen hídrico y han padecido por lo menos una vez al año algunas de ellas, específicamente, enfermedades diarreicas.

1.8 Alcance y límite de la investigación

1.8.1 Alcance en persona

La presente propuesta abarca exclusivamente a la población del sector Inespre del municipio de Villa la mata, la cual consta aproximadamente de 300 personas.

1.8.2 Alcance en tiempo

Esta investigación será realizada en un marco de tiempo de 3 meses

1.8.3 Alcance en espacio

Esta investigación se llevará a cabo en el sector Inespre, perteneciente al municipio de Villa la mata, Provincia Sánchez Ramírez, Rep. Dominicana.

1.8.4 Alcance en producto

Esta investigación incluye presentar una propuesta de diseño de un sistema de redes de recolección y una planta de tratamiento de las aguas residuales domésticas del Sector Inespre a través de un Humedal Artificial.

Un Sistema de Recolección consiste en una serie de tuberías y obras complementarias, necesarias para recibir, conducir, ventilar y evacuar las aguas residuales de la población. (Conagua, 2020).

Los humedales artificiales son zonas construidas por el hombre en las que, de forma controlada, se reproducen mecanismos de eliminación de contaminantes presentes en aguas residuales, que se dan en los humedales naturales mediante procesos físicos, biológicos y químicos. Los humedales artificiales son un tipo de alternativa para tratar el agua, mediante diferentes tipos de plantas, vegetales marinos, y microorganismos adaptados a las condiciones del agua a tratar. Esto es lo que genera que se pueda depurar el agua, eliminando grandes cantidades de materia orgánica, sólidos en suspensión, nitrógeno, fosforo e incluso productos tóxicos. (IGUA, 2017)

CAPÍTULO II

REVISIÓN LITERARIA

2.1 Introducción

En este capítulo se plantea todo el marco referencial, y relevante de las variables e indicadores que fueron extraídos de los objetivos, luego de una revisión bibliográfica exhaustiva en distintas fuentes, tales como libros, revistas científicas, e internet.

2.2 Aguas residuales

Se consideran Aguas Residuales a los líquidos que han sido utilizados en las actividades diarias de una ciudad (domésticas, comerciales, industriales y de servicios).

Las aguas residuales son el resultado de la utilización del agua para distintos fines. Como consecuencia de este uso, el agua recoge materias en suspensión y disueltas que alteran sus propiedades. Dependiendo del tipo de utilización, las aguas residuales presentan características muy diferentes. En especial, existe una gran diferencia entre las aguas residuales urbanas o domésticas, originadas en el uso del agua en las casas, y las aguas residuales industriales, provenientes de instalaciones fabriles. Entre estas últimas la diversidad es muy acusada, ya que la alteración de propiedades del agua resultante del uso industrial puede variar entre contaminación puramente física (como ocurre en la contaminación térmica que presentan las aguas de refrigeración) hasta contaminación bioquímica de gran complejidad (aguas que reciben efluentes de industrias farmacéuticas o químicas). (Ruiz, 2011).

Las aguas residuales son el producto de la utilidad humana en distintos ámbitos, provocando qué en ella, exista un cambio de su composición química, biológica o física. (Equipo investigador).

2.3 Aguas residuales domésticas

Las aguas residuales domésticas son aquellas que han visto afectada su calidad de forma negativa debido a su uso. Las aguas residuales domésticas, al igual que otros tipos de aguas residuales, requieren de un sistema especial de canalización, tratamiento y desalojo, ya que su falta de tratamiento genera graves problemas de contaminación medioambiental. (López, 2015).

La principal contaminación de las aguas residuales domésticas se produce por materia orgánica, tanto en suspensión como en disolución, en general, biodegradables, y cantidades importantes de nitrógeno, fósforo y sales minerales. (PoliestSur, 2018).

2.4 Características de las aguas residuales domésticas

2.4.1 Características físicas.

Los aspectos físicos dan una información muy clara de determinadas características de las aguas residuales. Entre las características físicas más importantes se encuentran:

- *Temperatura.* El agua residual urbana presenta una temperatura bastante uniforme a lo largo del año. Aunque hay pequeñas diferencias entre poblaciones. (Ruiz, 2012)
- *Olor.* El agua residual urbana no debe presentar olores desagradables. Para ello es necesario que llegue a la planta de tratamiento en condiciones no sépticas, es decir, que no se hayan iniciado procesos de putrefacción durante el recorrido entre la población y la depuradora. Esto se consigue evitando en lo posible grandes distancias y tiempos de transporte del agua residual. (Ruiz, 2012)
- *Color.* El color del agua residual fresca es gris, con sólidos en suspensión o flotantes fácilmente reconocibles. Si se deja pasar un tiempo excesivo entre la generación del agua residual y su tratamiento, el color pasa a ser negro y los sólidos se hacen menos distinguibles. En estas condiciones se dice que el agua residual está séptica, y surgen también problemas de olores. (Ruiz, 2012)
- *Sólidos.* Uno de los objetivos fundamentales de las depuradoras es la eliminación de los sólidos contenidos por el agua residual. (Ruiz, 2012)
- *Conductividad.* Esta medida indica la facilidad con la que la corriente eléctrica pasa a través del agua residual. Puesto que el agua pura es muy mala conductora de la corriente eléctrica, las conductividades elevadas indican la presencia de impurezas, y más concretamente de sales disueltas. (Ruiz, 2012)

2.4.2 Características químicas

- *Materia orgánica.* El objetivo más importante del tratamiento de aguas residuales urbanas es la eliminación de la materia orgánica. (Ruiz, 2012)
- *Materia inorgánica.* Además de la materia orgánica, el agua residual urbana contiene especies inorgánicas que también tienen gran repercusión en su tratabilidad por métodos biológicos. (Ruiz, 2012)
- *Nitrógeno.* El nitrógeno se encuentra presente en el agua residual en forma orgánica, y en forma inorgánica como amoníaco, nitritos y nitratos. (Ruiz, 2012).
- *Fósforo.* También se encuentra en el agua residual en forma orgánica e inorgánica. Entre las formas inorgánicas la más importante es el fósforo soluble

(ortofosfatos), que resulta directamente utilizable por los microorganismos. (Ruiz, 2012).

2.4.3 Características biológicas.

El agua residual urbana contiene microorganismos de muchas clases, algunos de ellos muy perjudiciales para la salud por ser causantes de enfermedades. Los tipos de microorganismos más abundantes en el agua residual son bacterias, protozoos y virus. (Ruiz, 2012).

- *Bacterias*. Las bacterias son microorganismos unicelulares que se multiplican por escisión celular, es decir, dividiéndose en dos partes. (Ruiz, 2012).
- *Protozoos*. Los protozoos son microorganismos unicelulares, que se consideran la base del reino animal. Algunos de los protozoos presentes en el agua residual son patógenos, como la ameba que provoca la disentería. (Ruiz, 2012).
- *Virus*. Los virus son la forma de vida más simple que se conoce. Son parásitos obligados, lo que quiere decir que dependen de otros seres vivos, a los que infectan y utilizan para su reproducción. Muchos de ellos provocan enfermedades en el hombre, entre ellas la poliomielitis y hepatitis. (Ruiz, 2012).

2.5 Tipos de sistemas de saneamiento de aguas residuales.

Saneamiento Básico: son el conjunto de actividades que se desarrollan para dotar de servicios agua, eliminación de excretas y residuos sólidos de una población urbana o rural (FPS). Castro R. y Pérez, (2009) Se llama básico por considerar las acciones mínimas que deben adoptarse en una localidad urbana o rural, para que las personas puedan vivir en un ambiente saludable.

El saneamiento básico incluye:

- El abastecimiento de agua para consumo humano.
- El manejo y disposición final adecuada de las aguas residuales y excretas
- El manejo y disposición final adecuada de los residuos sólidos municipales.

2.6 Saneamiento mejorado

El acceso a servicios de saneamiento mejorado puede contribuir de forma significativa a reducir los peligros para la salud. Además, pueden obtenerse mayores beneficios para la salud mediante el tratamiento seguro de las aguas residuales. Aunque desde el 1990, 2,100 millones de personas han logrado tener acceso a instalaciones de saneamiento mejoradas, hay 2,400 millones que todavía no tiene acceso al saneamiento mejorado y cerca de 1,000 millones de personas en el mundo que aun practican la defecación al aire libre (UNESCO, 2017).

2.7 Recolección de aguas residuales

2.7.1 Sistema de saneamientos centralizado.

Los sistemas centralizados consisten en un único sistema de recolección y transporte de agua residual por medio de líneas colectoras hasta llevarla a su destino final ya sea a una planta de tratamiento de agua residual o el cuerpo receptor final.

Los sistemas centralizados de tratamiento y recolección de agua residual son costosos para construir y operar específicamente en área con una densidad de población baja y dispersa, por lo que se deben considerar estrategias y tecnologías alternativas como las descentralizadas.

Los sistemas centralizados de agua residual se caracterizan por tener un sistema de conducción más complejo, con un tratamiento al final del sistema cuando hay. Su diseño, la inversión para su construcción, su operación y mantenimiento, tienen un alto costo derivado del consumo de energía (CONAGUA, 2015).

Los sistemas centralizados son mas complejos, esto se debe a su diseño, inversión para elaboración, gasto de energía, mantenimiento, equipo y personal. (Equipo investigador).

2.7.2 Sistemas de saneamiento descentralizado

Los sistemas descentralizados incluyen tecnologías con los cuales el agua residual es manejada, recolectada, tratada y dispuesta o reusada. Estos sistemas eran los más comunes hasta que los centralizados se volvieron comunes a finales del siglo XIX.

Las tecnologías descentralizadas más comunes son tanques sépticos y letrinas, baños composteros, letrinas húmedas.

- *Tanques sépticos*: Sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas provenientes de una vivienda o conjunto de viviendas que combina la separación y digestión de lodos. (OPS, 2005).

- *Letrinas*: es un sistema apropiado e higiénico, donde se depositan los excrementos humanos que contribuye a evitar la contaminación del ambiente y a preservar la salud de la población. (DIGESA, 2007).

- *Baños composteros*: se deposita la excreta humana y otros materiales orgánicos, por ejemplo, pedazo de verduras, paja, turba, aserrín y cáscara de coco. Es una cámara de tratamiento donde los microorganismos del suelo se encargan de descomponer los sólidos, como sucede finalmente en un ambiente natural con todos los materiales orgánicos. (Hieronimi, 2006).

- *Letrinas húmedas*: es otra alternativa para el sanitario de la casa. Se puede fabricar cuando el terreno tiene subsuelo permeable, nivel freático natural y donde se disponga de agua, ya sea corriente o de pozos. (Web: secretoparacontar.org, 2023). El tratamiento biológico es

anaerobio, es decir que hay una reducción de los niveles de materia orgánica por medio de bacterias del suelo.

Para la elección ya sea de un sistema centralizado o descentralizado se deben tomar en cuenta las condiciones locales, el pago de los servicios que garantice el mantenimiento adecuado de los sistemas, también los factores físicos como sociales. Se deben considerar, el tipo de suelo, como es la topografía del terreno, que el terreno sea amplio, debe contar con energía, que uso se le da al suelo, como es el clima de esa localidad, todo esto en base a su factor físico.

En cuanto a lo social se debe saber la cantidad de pobladores, los recursos generados en la comunidad económicamente, que estén dispuestos a pagar el sistema que más le convenga o el que la localidad requiera para su operación y mantenimiento.

2.8 Disposición final de aguas residuales.

El vertido final es donde se dirigen las Aguas Residuales luego de ser depuradas de sus domicilios, los cuales se dividen en tres partes detalladas a continuación:

- **Directo:** se considera vertido directo la emisión directa de contaminantes a las aguas continentales o a cualquier otro elemento del Dominio Público Hidráulico, así como la descarga de contaminantes en el agua subterránea mediante inyección sin percolación a través del suelo o del subsuelo. Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO, 2016).
- **Indirecto:** son los realizados en aguas superficiales o en cualquier otro elemento del Dominio Público Hidráulico a través de azarbes, redes de colectores de recogida de aguas residuales o de aguas pluviales o por cualquier otro medio de desagüe. (MITECO, 2016)

2.9 Diseño de recolección y transporte de las aguas residuales domésticas

Recolección procede del latín *recollectum* y hace referencia a la acción y efecto de recolectar (juntar cosas dispersas). Una recolección también puede ser una recopilación, compendio o resumen. Se conoce como recolección de datos al proceso de obtención de información que luego se utilizará en una investigación. (Gardey, 2011).

El término transporte se utiliza para designar al movimiento que una persona, objeto, animal o fenómeno natural desde un lugar a otro. El transporte puede realizarse de muy diversas maneras, aunque normalmente la idea de transporte se relaciona con la de medios de transporte, es decir, aquellos vehículos que sirven para transportar o trasladar personas u objetos. (Bembibre 2010).

2.10 Sistema de alcantarillado sanitario

Un sistema de alcantarillado consiste en una serie de tuberías y obras complementarias, necesarias para recibir, conducir, ventilar y evacuar las aguas residuales de la población. De no existir estas redes de recolección de agua, se pondría en grave peligro la salud de las personas debido al riesgo de enfermedades epidemiológicas y, además, se causarían importantes pérdidas materiales. (Conagua, 2020).

Un sistema de alcantarillado, data su servicio en una serie de tuberías con la finalidad de canalizar las aguas residuales, de manera hermética con la finalidad de que los gases que producen estas aguas, no salgan al exterior y puedan contaminar a los moradores. (Equipo investigador).

Los sistemas de alcantarillado pueden ser de dos tipos: convencionales o no convencionales. Los sistemas de alcantarillado sanitario han sido ampliamente utilizados, estudiados y estandarizados. Son sistemas con tuberías de grandes diámetros que permiten una gran flexibilidad en la operación del sistema, debida en muchos casos a la incertidumbre en los parámetros que definen el caudal: densidad poblacional y su estimación futura, mantenimiento inadecuado o nulo. Los sistemas de alcantarillado no convencionales surgen como una respuesta de saneamiento básico de poblaciones de bajos recursos económicos, son sistemas poco flexibles, que requieren de mayor definición y control de en los parámetros de diseño, en especial del caudal, mantenimiento intensivo y, en gran medida, de la cultura en la comunidad que acepte y controle el sistema dentro de las limitaciones que éstos pueden tener. (Conagua, 2020).

2.11 Clasificación de los sistemas de alcantarillados

Existen tres principales tipos de sistemas, que son:

Sistemas convencionales. Los alcantarillados convencionales son los sistemas tradicionales utilizados para la recolección y transporte de aguas residuales o lluvias hasta los sitios de disposición final, estos son:

Alcantarillado combinado. En el que las aguas residuales y pluviales son recolectadas y transportadas por el mismo sistema. (Alfaro et al., 2012).

Alcantarillado separado. La recolección y transporte de las aguas residuales y pluviales se hace mediante sistemas independientes; es decir, alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial. (Alfaro et al., 2012).

Sistemas no convencionales. Debido a que los alcantarillados convencionales usualmente son sistemas de saneamiento costosos, especialmente para localidades con baja

capacidad económica, en las últimas décadas se han propuesto sistemas de menor costo, alternativos al alcantarillado convencional sanitario, basados en consideraciones de diseño adicionales y en una mejor tecnología disponible para su operación y mantenimiento. Los sistemas no convencionales pueden constituir alternativas de saneamiento cuando, partiendo de sistemas in situ, se incrementa la densidad de población. (Alfaro et al., 2012).

Los alcantarillados simplificados: funcionan esencialmente como un alcantarillado sanitario convencional, pero teniendo en cuenta para su diseño y construcción consideraciones que permiten reducir el diámetro de los colectores tales como la disponibilidad de mejores equipos para su mantenimiento, que permiten reducir el número de pozos de inspección o sustituirlos por estructuras más económicas. (Alfaro et al., 2012).

Los alcantarillados condominales: son sistemas que recogen las aguas residuales de un conjunto de viviendas que normalmente están ubicadas en un área inferior a 1 ha mediante colectores simplificados, y son conducidas a la red de alcantarillado municipal o eventualmente a una planta de tratamiento. (Alfaro et al., 2012).

Los alcantarillados sin arrastre de sólidos: son sistemas en los que el agua residual de una o más viviendas es descargada a un tanque interceptor de sólidos donde estos se retienen y degradan, produciendo un efluente sin sólidos sedimentables que es transportado por gravedad en un sistema de colectores de diámetros reducidos y poco profundos. Sirven para uso doméstico en pequeñas comunidades o poblados y su funcionamiento depende de la operación adecuada de los tanques interceptores y del control al uso indebido de los colectores. Desde el punto de vista ambiental pueden tener un costo y un impacto mucho más reducido. (Alfaro et al., 2012).

Sistemas in situ: Existen sistemas basados en la disposición in situ de las aguas residuales como las letrinas y tanques, pozos sépticos y campos de riego, los cuales son sistemas de muy bajo costo y pueden ser apropiados en áreas suburbanas con baja densidad de población y con adecuadas características del subsuelo. En el tiempo, estos sistemas deben considerarse como sistemas transitorios a sistemas no convencionales o convencionales de recolección, transporte y disposición, en la medida en que el uso de la tierra tienda a ser urbano. (Alfaro et al., 2012).

2.12 Componentes de un sistema de alcantarillado

Los componentes principales de un sistema de alcantarillado se agrupan según la función para la cual son empleados. Así, un sistema de alcantarillado sanitario, pluvial o combinado, se integra de las partes siguientes:

Estructuras de captación. Recolectan las aguas a transportar. En el caso de los sistemas de alcantarillado sanitarios, se refieren a las conexiones domiciliarias formadas por tuberías conocidas como albañales. En los sistemas de alcantarillado pluvial se utilizan sumideros o bocas de tormenta como estructura de captación, aunque también pueden existir conexiones domiciliarias donde se vierta el agua de lluvia que cae en techos y patios. En los sumideros (ubicados convenientemente en puntos bajos del terreno y a cierta distancia en las calles) se coloca una rejilla o coladera para evitar el ingreso de objetos que obstruyan los conductos, por lo que son conocidas como coladeras pluviales. (Conagua, 2020).

Estructuras de conducción. Transportan las aguas recolectadas por las estructuras de captación hacia el sitio de tratamiento o vertido. Representan la parte medular de un sistema de alcantarillado y se forman con conductos cerrados y abiertos conocidos como tuberías y canales, respectivamente. (Conagua, 2020).

Estructuras de conexión y mantenimiento. Facilitan la conexión y mantenimiento de los conductos que forman la red de alcantarillado, pues además de permitir la conexión de varias tuberías, incluso de diferente diámetro o material, también disponen del espacio suficiente para que un hombre baje hasta el nivel de las tuberías y maniobre para llevar a cabo la limpieza e inspección de los conductos. Tales estructuras son conocidas como pozos de visita. (Conagua, 2020).

Estructuras de vertido. Son estructuras terminales que protegen y mantienen libre de obstáculos la descarga final del sistema de alcantarillado, pues evitan posibles daños al último tramo de tubería que pueden ser causados por la corriente a donde descarga el sistema o por el propio flujo de salida de la tubería. (Conagua, 2020).

Instalaciones complementarias. Se considera dentro de este grupo a todas aquellas instalaciones que no necesariamente forman parte de todos los sistemas de alcantarillado, pero que en ciertos casos resultan importantes para su correcto funcionamiento. Entre ellas se tiene a las plantas de bombeo, plantas de tratamiento, estructuras de cruce, vasos de regulación y de detención, disipadores de energía. (Conagua, 2020).

Disposición final. La disposición final de las aguas captadas por un sistema de alcantarillado no es una estructura que forme parte del mismo; sin embargo, representa una parte fundamental del proyecto de alcantarillado. Su importancia radica en que, si no se define con anterioridad a la construcción del proyecto el destino de las aguas residuales o pluviales, entonces se pueden provocar graves daños al medio ambiente e incluso a la población servida o a aquella que se encuentra cerca de la zona de vertido. (Conagua, 2020).

2.13 Planta de tratamiento

La planta de tratamiento de aguas residuales es una instalación que recibe del alcantarillado el agua servida o utilizada por una comunidad para su tratamiento. Este proceso de tratamiento dura aproximadamente 10 horas, tiempo en el que se logra la transformación de las aguas residuales en aguas limpias. (López, 2015).

Una planta de tratamiento es una unidad de equipos que tienen la finalidad de alternar las aguas residuales, proveniente de un sistema de alcantarillado, para procesarlas y cambiar su calidad, para luego ser vertida a un cuerpo de agua. (equipo investigador).

2.14 Tipo de tratamiento de aguas residuales:

Procesos físicos: Remoción de Material en suspensión, rejillas, trituradores, Sedimentador primario, espesadores y filtración (Becerra y Gutiérrez, 2013).

Procesos químicos: Aplicación de productos químicos para la eliminación o conversión de los contaminantes. Precipitación, adsorción y desinfección (Becerra y Gutiérrez, 2013).

Procesos biológicos: Se llevan a cabo gracias a la actividad biológica de los microorganismos. Eliminación de las sustancias orgánicas biodegradables presentes, eliminación del N y P y producción de gases. (Becerra y Gutiérrez, 2013).

2.15 Unidades de pre-tratamiento y tratamiento primario

La estructura de pre-tratamiento estará compuesta por una rejilla, un desarenador, una trampa de grasa y luego procederá a un tratamiento primario que consistirá en un Baffle ya que estos permiten mayor eficacia en la sedimentación de sólidos.



Gráfico No.4. Sección de sistema de tratamiento.

2.16 Cuerpo receptor de aguas residuales

Es cualquier corriente, lago, río, océano, agua superficial o del subsuelo en la cual se descarguen aguas residuales tratadas o sin tratar. (Web: Aguamarkert, 2023).

2.17 Cantidad de aguas residuales vertidas

Es la porción de agua residual expulsada de las comunidades por medio de tuberías hacia un destino específico ya sea un río, un lago o el mar previamente tratada o no. (Becerra y Gutiérrez, 2013).

2.18 Parámetros de diseños para sistemas de saneamiento

Para el diseño de saneamiento se debe considerar los siguientes puntos:

Ubicación de la comunidad: Se debe contemplar la ubicación política y geográfica de la localidad.

Clima: información general sobre las precipitaciones pluviales, temperatura y características climáticas de la zona.

Topografía de la comunidad, características y uso de suelo: Estudio de suelo básico, con clasificación de suelos y características físico-químico-mecánica. (Becerra y Gutiérrez, 2013).

Condiciones socioeconómicas de la población: Se deberán tomar en cuenta la economía, medios de transportes, vías de comunicación, mano de obras, equipos, materiales de construcción etc.

Población y vivienda contemplando la actual y la futura: Información de las viviendas contemplando las edificaciones existentes, informaciones de la densidad poblacional y áreas de expansión futura.

Servicios básicos y condición sanitaria: Principales enfermedades que afectan la comunidad, infraestructura sanitaria existente.

Sistemas de abastecimiento de agua potable y disposición sanitaria existentes: calidad de agua, tiempo de operación del sistema de agua potable, cobertura, condiciones de funcionamiento.

Fuentes de agua: factibilidad de fuentes identificadas, considerar los tipos de caudales (máximos, y mínimos) y la calidad del agua de la fuente.

Cálculos hidráulicos: eléctricos y estructurales según sea el caso.

Información sobre los peligros o situaciones de desastre que se presenten: inundaciones, actividad sísmica y los peligros existentes en la zona del proyecto.

Periodos de diseño: son los diferentes componentes de un sistema, en el cual se consideran: la vida útil de la estructura y los equipos que la componen, el crecimiento poblacional.

Aporte de agua residual: se define como la contribución durante un periodo de 24 horas, obtenida como el promedio durante un año.

La capacidad de los Sistemas de Eliminación de Aguas Residuales se calcula en base al aporte de aguas residuales que realiza la población servida del sistema.

Aportación de agua residual: es el volumen diario de agua residual desechado por el usuario y que es entregado a la red de alcantarillado. Su valor se considera en un 75% de la cantidad de agua recibida (dotación), se calcula multiplicando el dato de la dotación (l/h/día) por 0.75 $AP = 0.75 \times \text{dotación (Lit/hab/día)}$

Caudal medio QMed: es la aportación de aguas residuales domésticas (negras) en un día promedio del año. $QMED = AP \times P$

AP: es el volumen diario de agua residual que se entrega al sistema de alcantarillado sanitario, y su valor se considera en un 75% de la dotación de agua potable.

P: es el número de habitantes del proyecto (Pob. Diseño)

QMed= Gastos medio de aguas negras en l/s

Ap= Aportación de aguas negras en l/h/día

P= Número de habitantes de proyecto

Caudal mínimo QMin : es la menor cantidad de aguas residuales que normalmente se presenta en un conducto. Se considera que este valor es igual a la mitad del caudal medio. $QMin = 0.5 \times QMed$

Caudal Máximo Instantáneo QMinst : es el valor máximo de aguas residuales que se puede presentar en un instante dado. Para evaluar este caudal se considera la cantidad de habitantes servidos. P= Cantidad de habitantes servidos expresada en miles $QMinst = M \times QMed \times M = 1 + (14)/(4 + \sqrt{P})$

Caudal Máximo Extraordinario QMext: Es el caudal de aguas residuales que considera aportaciones de agua que no forman parte de las descargas normales, como por ejemplo bajadas de aguas pluviales de azoteas, patios, o las provocadas por un crecimiento demográfico explosivo no considerado. $QMext = CS \times QMinst$

CS= Coeficiente de seguridad 1.5 $QMinst$ = Gasto máximo instantáneo en l/s.

2.19 Población de diseño

Las zonas de viviendas unifamiliares de la actualidad y futura para un grupo demográfico se precisan tomando en cuenta los planes de desarrollo urbano y las características socioeconómicas de la población. (López, 2015).

La tasa de crecimiento demográfico para proyectar la población anualmente será en un horizonte de 20 años. Esto puede ser de tasa variable o constante, y va a depender del

crecimiento histórico, características migratorias y las perspectivas de desarrollo económico de la localidad.

Los factores básicos del cambio en la población son: el aumento natural, esto expresa que existen más nacimiento que muertes y la migración neta, que hace referencia al movimiento de las familias hacia dentro y hacia afuera de un área determinada (López, 2015).

Cuando se desea tener cualquier tipo de proyección de población se debe tener en cuenta los censos, el cual es medio más exacto para estimar población, demanda la existencia de datos relacionados con cada variable involucrada; número de nacimiento, muertes y migraciones. Sin embargo, esto no es posible siempre, la falta de tales datos obliga a los demógrafos a utilizar diferentes métodos de proyección. En estos casos los datos de los censos son usualmente asequibles y los métodos aritméticos y geométricos casi siempre dan buenos resultados. (López, 2015).

2.20 Métodos para determinar población futura

Para el cálculo de la población futura se podrá utilizar uno de los siguientes métodos de crecimiento, según el tipo de población, dependiendo de las características socioeconómicas de la población. Para la determinación de la proyección de población existen varios métodos, entre los cuales se puede mencionar:

2.20.1 Método de crecimiento aritmético.

Este método debe emplearse con precaución pues puede dar resultados demasiado elevados, sobre todo si el periodo usado como referencia ha sido de gran pujanza para la comunidad. Está indicado para comunidades jóvenes con buenas perspectivas de futuro, horizontes libres y porvenir económico despejado. (López, 2015).

La ecuación empleada es la siguiente:

$$Pf = Pa + Pa (I/100) * N$$

Donde:

Pf: población futura

Pa: población actual

I: Incremento medio anual

N: año de diseño

2.20.2 Método logístico.

Está basado en el hecho observado de que al principio el crecimiento de la población es de tipo geométrico pasando posteriormente a un crecimiento constante (aritmético) para

después decaer el porcentaje de crecimiento hasta llegar al valor de saturación, S, respondiendo a la ecuación:

$$P = \frac{S}{1 + Me^{bt}}$$

$$S = \frac{2P_0P_1P_2 - P_1^2(P_0 + P_2)}{P_0P_2 - P_1^2}, \quad M = \frac{S - P_0}{P_0}$$

donde:

$$b = \frac{1}{n} \left[\frac{P_0(S - P_1)}{P_1(S - P_0)} \right], \quad n = (t_2 - t_1) = (t_1 - t_0)$$

Para el cálculo de las constantes S, M y b, se toman las poblaciones P0, P1, P2 en los tiempos equidistantes t0, t1, t2, donde P2 suele tomarse como la población del último censo. Este método es adecuado para la estimación de poblaciones futuras en comunidades desarrolladas o de desarrollo limitado por escasez de terreno urbanizable. (López, 2015).

2.20.3 Modelo de crecimiento hiperbólico.

Para este modelo se debe determinar la tasa de crecimiento hiperbólico que está dado por la siguiente ecuación:

$$h = \frac{2 \cdot (P_2 - P_0) \cdot 100}{(t_2 - t_0) \cdot (P_2 + P_0)}$$

La fórmula para determinar la población es la siguiente:

$$P_x = \frac{P_0 \cdot \left(\frac{h}{100} \cdot (t_x - t_0) + 2 \right)}{(2 - h \cdot (t_2 - t_0)/100)}$$

2.20.4 Método exponencial.

Al igual que el método geométrico se recomienda utilizarlo en poblaciones que muestren desarrollo y que tengan aéreas de expansión. Se debe tener por lo menos información de tres censos para poder calcular la tasa de crecimiento exponencial promedio, el cual se expresa en la siguiente fórmula:

$$P_f = Pa * e^{\frac{Rt}{100}}$$

Donde:

Pf = Población Futura

Pa = Población actual

E = Constante Matemática (aprox. = 2.7183)

R = Tasa de Crecimiento (suministrada por ONE).

T = Tiempo de diseño (20 años).

(López, 2015).

2.21 Periodo de diseño.

El periodo de diseño es por definición el tiempo que transcurre desde la iniciación del servicio del sistema, hasta que, por falta de capacidad o desuso, sobrepasan las condiciones establecidas en el proyecto.

Para redes de distribución es conveniente poner un periodo de diseño que varía entre 25 y 30 años y para poblaciones pequeñas este periodo se puede tomar de 15 a 20 años. (López, 2015).

2.22 Estudio topográfico:

Se llama levantamiento topográfico, al conjunto de operaciones ejecutadas sobre el terreno, con los instrumentos adecuados, el levantamiento topográfico necesita una serie de mediciones y triangulaciones, que luego nos permitirá la elaboración del Plano. Cuando se habla de un levantamiento topográfico en un proyecto de construcción, se trata de una operación que puede originarse como consecuencia o durante una negociación de la adquisición del solar, y que lógicamente origina un coste, en general, de pequeña proporción respecto al precio de adquisición del solar donde se planea construir. (López, 2015).

2.23 Gestión sostenible de las aguas residuales domésticas.

Se basa en recuperar el equilibrio entre el consumo de agua y su renovación natural. Las reservas de agua bajan a un ritmo demasiado alto en comparación a la velocidad a la que se recuperan. Por ese motivo es importante concienciar a la población y realizar un esfuerzo por fomentar el uso responsable de este bien básico, de manera que el mundo se mueva hacia un desarrollo sostenible. Solo siendo conscientes de la cantidad de recursos hídricos que tenemos a nuestra disposición y repartiéndolos de manera justa podremos hacer que duren a lo largo del tiempo. (Ecoembes, 2022)

Las Naciones Unidas decretó el derecho al agua potable y saneamiento como un derecho humano fundamental para el disfrute de la vida, pero aun así un 28% de la población mundial vive sin acceso a este bien. Conseguir la igualdad en este ámbito pasa por algunos pilares fundamentales.

Tecnología. Emplear los medios tecnológicos que existen para realizar análisis, almacenar y compartir información, investigar y desarrollar técnicas para repartirla.

Infraestructura. Adaptar y optimizar las instalaciones existentes y construir las necesarias para favorecer la sostenibilidad.

Educación. Explicar y concienciar a los más jóvenes sobre la importancia de ser responsables.

Planificación. Claridad y transparencia a la hora de planificar el uso y reparto del agua. Solo un 2,5% del agua que hay en la tierra es dulce y, por lo tanto, susceptible de ser utilizada en el día a día. Es un recurso que, aparentemente, es renovable e infinito, pero su uso irresponsable lo convierte en vulnerable y finito. (Ecoembes, 2022)

2.23.1 Gestión sostenible del agua

La gestión sostenible del agua (GSA), integra y privilegia los componentes de equidad y calidad, enfatizando el cuidado del recurso para las generaciones venideras, su explotación preferente para los grupos más vulnerables y la adecuada preservación del ecosistema del cual la fuente hídrica es parte. (Estévez et al. 2019)

- La gestión sostenible se encuentra en el corazón del objetivo del ODS 6 y complementariamente, en al menos dos metas del ODS 11 y otras dos del ODS 15.
- Acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible para todos (ODS 6.1)
- Acceso a servicios de saneamiento e higiene adecuados y equitativos para todos (ODS 6.2)
- Mejorar la calidad del agua reduciendo su contaminación y aumentando el tratamiento de aguas residuales, su reciclado y reutilización en condiciones seguras (ODS 6.3)
- Asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua (ODS 6.4).
- Implementar la gestión integrada de los recursos hídricos a todos los niveles (ODS 6.5)
- Proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos humedales, ríos, acuíferos, lagos y otros (ODS 6.6)
- Reducir significativamente muertes y daños provocados por desastres relacionados con el agua (ODS 11.5)
- Implementar políticas y planes integrados para promover la inclusión, la mitigación del cambio climático y la adaptación a él y la resiliencia ante los desastres; junto con poner en práctica la gestión integral de los riesgos de desastre a todos los niveles (ODS 11.b)
- Velar por la conservación, el restablecimiento y el uso sostenible de los ecosistemas terrestres y los ecosistemas interiores de agua dulce y los servicios que proporcionan, en particular los bosques, los humedales, las montañas y las zonas áridas (ODS 15.1)

- Luchar contra la desertificación, la sequía y las inundaciones, procurando una degradación neutra del suelo (ODS 15.3) (Estévez et al. 2019)

2.24 Humedales artificiales

El incremento en la generación de aguas residuales ha obligado a la ingeniería a buscar, encontrar y aplicar alternativas de tratamiento de depuración eficientes, autónomas y económicamente viables. Entre las soluciones más atractivas se encuentran los tratamientos que emulan los fenómenos que ocurren espontáneamente en la naturaleza. Estos sistemas se denominan tratamientos naturales de aguas residuales y cada día es más frecuente el uso de lagunajes, de sistemas de infiltración, de humedales artificiales de toda la variedad de sistemas, pues producen efluentes de buena calidad, al mismo tiempo que presentan bajos costos de inversión, operación y mantenimiento y no requieren personal altamente capacitado. El uso de humedales para depurar aguas se ha incrementado durante los últimos veinte años y, hoy por hoy, son una opción de tratamiento de aguas residuales reconocida y recomendada. Se ha demostrado que son efectivos en la reducción de la materia orgánica, para transformar y asimilar nutrientes y retienen y/o eliminan sustancias tóxicas que de otra manera serían vertidas sin tratamiento alguno al medio ambiente. (Arias. et al. 2019).

Los humedales son considerados como una solución adecuada para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones, debido a su bajo costo de inversión, fácil operación y mantenimiento, no requieren de energía y poseen un alto potencial de aplicación en países emergentes (Rodríguez et al., 2020).

Los humedales ofrecen beneficios ambientales agregados como son: mejorar la calidad ambiental, crear y restaurar nichos ecológicos, generan mejoramientos paisajísticos, contribuyen en la generación de zonas de amortiguamiento de crecidas de ríos y avenidas, son fuente de agua en procesos de reutilización de aguas residuales para riego y aportan ventajas en otras actividades de carácter lúdico y económico. (Arias. et al., 2019).

2.24.1 Tipo de humedales artificiales:

Básicamente existen tres tipos de diseño de humedales:

- Flujo libre superficial (flujo horizontal).
- Flujo sumergido (flujo vertical y horizontal).
- Sistemas híbridos (flujo sumergido vertical, seguido de flujo sumergido horizontal).

2.24.2 Humedales de flujo libre superficial

En un humedal artificial de flujo libre (HFLS), la vegetación está parcialmente sumergida y sus contrapartes naturales serían: pantano, ciénaga, marisma, manglar; cuyas profundidades varían de 4 a 18 pulg. (100 a 450 mm). La vegetación común para estos sistemas incluye eneas, carrizos, juncias, y mangles. (Perez 2009)

Este tipo de sistema consta en general de canales o tanques con una barrera natural o artificial para prevenir la percolación del agua. Algunos sistemas HAFL se diseñan de manera que haya retención completa del agua residual que se aplica a través de percolación y la evapotranspiración. Las bacterias adheridas a las plantas tratan el agua residual a medida que ésta fluye a través de la vegetación y por medio de procesos físicos y químicos. Requiere de:

- Plantas emergentes apropiadas en un canal o espacio de agua relativamente somero.
- Una barrera impermeable (arcilla o membrana) para evitar la contaminación de acuíferos.
- Un flujo de agua, la cual es expuesta a la atmósfera a medida que fluye a través del área del humedal.

2.24.3 Humedal de flujo libre sub-superficial

En un humedal artificial de flujo sub-superficial el agua residual (HFLSS) se trata a medida que fluye lateralmente a través de un medio poroso. La vegetación emergente se planta en el medio, que puede ser desde grava gruesa hasta arena. La profundidad del lecho va desde 1.5 a 3.3 pies (0.45 a 1 m) y tiene una pendiente característica de 0 a 0.5%.

Existen dos variantes que dependen si el flujo es horizontal o vertical. Requiere de:

- Aproximadamente 45 cm o más de un medio permeable que soporte las raíces del sistema de las plantas emergentes (rocas, grava, o arena gruesa).
- Flujo de agua debajo de la superficie del medio.
- Una barrera impermeable para prevenir contaminación del acuífero. (Perez 2009)

Agustín Silva en su trabajo de investigación titulado *depuración de aguas residuales mediante humedales artificiales: la edar de los gallardos (Almería)* llegó a la conclusión de que los humedales artificiales de flujo subsuperficial son un tratamiento terciario apto para riego agrícola, ya que elimina los sólidos y la materia orgánica que pueden obstruir los sistemas de riego por goteo. Además, no incrementa sustancialmente el contenido en sales del agua. El contenido en nitrógeno y fósforo es muy positivo en agricultura, ya que son fertilizantes agrícolas. Es necesaria una desinfección adicional para riego de ciertos cultivos.

En cuanto al sistema de flujo horizontal, el principal componente de este sistema es el sustrato (grava), la cual sirve como medio de soporte para el desarrollo radicular de las especies de macrófitas plantadas en su interior y además sirve para que los microorganismos encargados de la materia orgánica puedan adherirse, la circulación del agua es de forma horizontal y poseen una profundidad entre 0.3 a 0.9 m, además el agua se encuentra entre 0.05 y 0.1 m por debajo de la superficie (Asprilla et al., 2020).

2.24.4 Sistemas híbridos

Requiere de:

- Flujo vertical sumergido, seguido de un sistema de flujo horizontal.
- Celdas en serie y con gradiente.
- El efluente de cada celda fluye hacia el inicio de la siguiente celda (para los sistemas de flujo vertical)

2.24.5 Ventajas de los humedales artificiales

Los humedales artificiales son técnica y económicamente factibles para tratar aguas residuales por varias razones:

- Bajos costos de construcción y mantenimiento.
- Sistema pasivo fácil de manejar para pequeñas comunidades.
- Los gastos de operación y mantenimiento son bajos (energía y suministros).
- La operación y el mantenimiento no requieren un trabajo permanente en la instalación.
- Los humedales soportan bien las variaciones de caudal.
- Buena remoción de contaminantes típicos de agua residual doméstica (tratamiento primario, tanques sépticos): DBO, sólidos suspendidos etc.
- Facilitan el reciclaje y la reutilización del agua.
- Generan beneficios ambientales en términos de vida silvestre, ampliación del hábitat y una oportunidad de educación ambiental del público.
- Proporcionan un hábitat para muchos organismos.
- Pueden construirse en armonía con el paisaje
- Son una aproximación sensible con el medio ambiente que cuenta con el favor del público. (Perez 2009)

2.24.6 Desventajas de los humedales artificiales

- Generalmente requieren grandes extensiones de terreno, comparado con los tratamientos convencionales.

- El tratamiento con humedales puede ser relativamente más barato que otras opciones, sólo en el caso de tener terreno disponible y asequible.
- El rendimiento del sistema puede ser menos constante que el de un proceso convencional.
- El rendimiento del sistema puede ser estacional en respuesta a los cambios en las condiciones ambientales, incluyendo lluvias y sequías.

Los componentes biológicos son sensibles a sustancias como el amoníaco y los pesticidas que llegan a ser tóxicos.

Se requiere una mínima cantidad de agua para que sobrevivan las especies vegetales. (Perez 2009)

2.25 Unidad de tratamiento secundario

Este proceso se construirá mediante una unidad de humedales sub-superficiales se considerarán el caudal, las características del lecho, el dimensionamiento del humedal, y sus características hidráulicas. Las plantas se deben mantener a una separación de 10 pulgadas y se debe eliminar las plantas que puedan desarrollar y reducir la separación de las plantas originales.

2.26 Plantas acuáticas a utilizar en el diseño

Los sistemas de plantas acuáticos están en los estanques poco profundos como plantas acuáticas flotantes o sumergidas. Los sistemas más completamente estudiados son aquellos que usan el Jacinto de agua o lenteja de agua. Estos sistemas incluyen dos tipos basado en tipos de plantas dominantes. El primer tipo usa plantas flotantes y se distingue por la habilidad de estas plantas para derivar el dióxido carbono y las necesidades de oxígenos de la atmósfera directamente. Las plantas reciben sus nutrientes minerales desde el agua. El segundo tipo de sistema consiste en plantas sumergidas, se distingue por la habilidad de estas plantas para absorber oxígeno, dióxido de carbono, y minerales de la columna de agua. Las plantas sumergidas se inhiben fácilmente por la turbiedad alta en el agua porque sus partes fotosintéticas están debajo del agua (Gómez, 2006).

Cuadro No.3. Funciones de las plantas en tratamientos acuáticos.

Raíces y/o tallos en la columna de agua.	1. Superficies sobre la cual la bacteria crece. 2. Medio de filtración y adsorción de sólidos.
Tallos y/o hojas sobre la superficie del agua.	1. Atenúan la luz del sol y Así previenen el crecimiento de algas. 2. Reducen los efectos del viento en el agua. Es decir, transferencia de gases entre la atmósfera y el agua. 3. Importante en la transferencia de gases para y desde las

Fuente: (Gómez, 2006)

Las plantas acuáticas pueden ser seleccionadas de pantanos locales y trasplantadas dentro de T La celda disponible en el sistema de diseño, como la calidad del agua depende directamente del pH, las plantas a ser usadas en esta investigación se presentan en el cuadro. Estas plantas han sido usadas por otros autores para el tratamiento de aguas residuales de uso municipal, o doméstico.

Aguilar (2020), llevó a cabo la experimentación de sistemas con diferentes 4 especies de macrófitas ornamentales, dando como resultado que el cartucho, achira y lirio ayudan a disminuir un 86% para DBO5, 80-90% para DQO, 90-95% para sólidos en suspensión, 78% para coliformes fecales y 80% para nitrógeno y fósforo total.

Cuadro No.4. Plantas acuáticas emergentes utilizadas en tratamiento de aguas residuales

Nombre común	Nombre científico	Distribución	Temperatura en °C		Rango de pH efectivo
			Deseable	Germinación de la semilla	
Totora	Typha spp.	En todo el mundo.	10 - 30	12 - 24	4 - 10
Caña	Phragmites		12 - 23	10 - 30	2 - 8
común	communis		16 - 26		5 - 7.5
Junco	Juncus spp.		18 - 27		4 - 9
Junco	Scirpus		14 - 32		5 - 7.5
Carrizo	Carex spp.				

Fuente: (Gómez, 2006)

2.27 Enfermedades de origen hídrico

Sánchez (2010), el acceso al agua y saneamiento contribuyen al desarrollo del capital humano que a su vez contribuye hasta el 65% en el crecimiento económico de un país. Las enfermedades producidas por agua contaminada no solo afectan la salud pública, si no que están asociadas una pérdida en los ingresos debido a pérdidas de productividad y absentismo.

2.27.1 Las enfermedades portadas por el agua son:

- Cólera
- Shigellosis,
- Fiebre Tifoidea,
- Salmonellosis,
- Diarreas por Ecoli,
- Infección por Helicobacter Pylori,
- Hepatitis A y E,
- Poliomiélitis
- Amebiasis.

2.27.2 Enfermedades basadas en agua con intermediarios acuáticos:

Estas enfermedades son causadas por parásitos que tienen intermediarios en el agua como parte de su ciclo biológico.

- Schistosomiasis
- Dracunculiasis
- Paragonimiasis

- Fasciolosis

2.27.3 Enfermedades lavadas por contacto con el agua

Estas enfermedades son causadas por pobre higiene personal y contacto de la piel y los ojos con agua contaminada.

- Escabiosis
- Tracoma
- Conjuntivitis
- Leptospirosis
- Amebas de vida libre
- Tifus
- Pediculosis

2.27.4 Enfermedades transmitidas por vectores con ciclo acuático.

Enfermedades relacionadas a agua transmitidas por vectores con ciclo acuático: estas son causadas por insectos vectores que cumplen su ciclo biológico en el agua.

- Malaria
- Filariasis
- Oncocercosis
- Dengue
- Fiebre amarilla
- Arbovirosis
- Mayaro
- Oropuche

Las principales enfermedades de origen hídrico en la República Dominicana son: Diarrea por rotavirus, Salmonella, Cólera, Hepatitis A, Leptospirosis, Dengue y Malaria, estas últimas que aumentan en épocas de lluvias por el incremento de los mosquitos y por las inundaciones que causan contaminación. De todas las enfermedades mencionadas en el país la más común es la Diarrea por rotavirus. (Batista, 2012).

Diarrea: la mayoría de las enfermedades infecciosas transmitidas por el agua son enfermedades diarreicas y están causadas por microorganismos (bacterias, virus, huevos de vermes o protozoarios), eliminados al medio con las excretas de las personas o de los animales. La disposición sanitaria de las heces es indispensable para poder combatir las gastroenteritis estivales y otras enfermedades transmitidas o lavadas por el agua. (Polo E. y Palacios 2015).

Salmonella: la mayoría de las personas infectadas con salmonella contraen diarrea, fiebre, y calambres abdominales de 12 a 72 horas después de la infección. La enfermedad dura de 4 a 7 días y la mayoría de las personas se recuperan sin tratamiento. (MMAyA, 2009).

Cólera: es una enfermedad aguda, diarreica, provocada por una infección intestinal por la bacteria *Vibrio colerae*. La infección generalmente es benigna o 36 asintomática, pero, a veces puede ser grave. Las bacterias del cólera producen una toxina que hace que el intestino delgado secrete inmensas cantidades de líquido rico en sales y minerales (MMAyA, 2009).

Hepatitis A: es una enfermedad del hígado causada por el virus de la hepatitis A. este virus se transmite de persona a persona cuando alguien se lleva algo a la boca que ha sido contaminado con excremento de una persona infectada con hepatitis A (MMAyA, 2009).

Dengue: es una enfermedad causada por cualquiera de cuatro virus estrechamente relacionados. Los virus son transmitidos a los humanos por la picadura de un mosquito infectado. El mosquito *Aedes aegypti* es el transmisor o vector de los virus de dengue más importante en el hemisferio occidental (MMAyA, 2009).

Malaria: es una enfermedad parasitaria que involucra fiebres altas, escalofríos, síntomas pseudogripales y anemia. Se transmite de un humano a otro por la picadura de mosquitos anofeles hembra infectados, por una transfusión de sangre contaminada o bien por una inyección aplicada con una aguja previamente utilizada por una persona infectada (MMAyA, 2009).

Leptospirosis: es una zoonosis, enfermedad bacteriana que afecta a los humanos y los animales, es causado por la bacteria del género *leptospira* de distribución mundial tanto en áreas urbanas como rurales. Se estima globalmente que 10 millones de personas se infectan de *Leptospirosis* cada año y es difícil estimar exactamente cuántos de ellos mueren por este padecimiento, en gran medida por que los decesos ocurren en países 37 donde las muertes no son sujetas a notificación rutinaria. Según la Dirección General de Epidemiología (DGE, 2012).

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

En este capítulo se describe la metodología que se aplicará en la propuesta para la gestión de las aguas residuales domésticas del Sector Inespre en el municipio de Villa la Mata, se plantea también el tipo de investigación, población y muestra, métodos, procedimientos y análisis de datos.

3.1 Diseño y tipo de investigación

El diseño de la investigación es no experimental-transversal, ya que las variables de estudio, los sujetos del estudio son evaluados en su contexto natural sin alterar ninguna situación; así mismo, no se manipulan las variables del estudio.

En la investigación experimental, se tienen dos conjuntos a estudiar. En uno, los elementos se mantienen constantes, mientras que, en el otro, las variables son manipuladas por los investigadores.

Por el contrario, en una investigación no experimental, las variables no son manipuladas ni controladas. El investigador se limita a observar los hechos tal y como ocurren en su ambiente natural. Se obtienen los datos de forma directa y se estudian posteriormente.

La investigación es de tipo campo, exploratoria y descriptiva. No busca manipular las variables sino describirlas a partir del contexto presente.

La investigación exploratoria es un tipo de investigación utilizada para estudiar un problema que no está claramente definido, por lo que se lleva a cabo para comprenderlo mejor, pero sin proporcionar resultados concluyentes. (Velázquez, 2023).

3.2 Enfoque de investigación

Incluye un enfoque mixto ya que determina las variables cualitativas al igual que las cuantitativas.

El enfoque mixto presenta fases similares entre sí: se llevan a cabo observación de fenómenos, se establecen suposiciones o ideas como consecuencia de la observación y evaluación realizadas, se prueban y demuestran el grado en que las suposiciones o ideas tienen fundamento. Sampieri, Fernández, & Baptista, P. (2010).

3.3 Población, muestra y muestreo

El sector Inespre cuenta con 97 edificaciones con una cantidad de 300 habitantes para el levantamiento de las informaciones sobre el contexto del sector con relación a las aguas residuales domésticas, se realizó una visita de campo para determinar las características de la zona de estudio.

Es una comunidad mayoritariamente de edificaciones con uso familiar.

Para determinar la muestra, se utilizó la fórmula de Fisher y Navarro, ya que se utilizó una población finita, esta fórmula se representa de la siguiente manera:

$$n = \frac{NZ^2p(1 - q)}{(N - 1)E^2 + Z^2p(1 - p)}$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra.

N= Tamaño de la población.

Z= Nivel de confianza

P= Proporción de éxitos.

(1-p) = proporción estima de fracasos.

e= Error de estimación entre la proporción real y la proporción de la muestra

3.3.1 Cálculo de la muestra:

Datos:

N= 97 viviendas.

Z= 1.96

P= 0.5

(1-p)= 0.5

e= 0.05

$$n = \frac{97(1.96)^2 * 0.5(1 - 0.5)}{(97 - 1)0.05^2 + 1.96^2 * 0.5(1 - 0.5)}$$

$$n = \frac{93.15}{0.7475 + 0.9604}$$

$$n = \frac{93.15}{0.24 + 0.96}$$

$$n \cong 77.65$$

$$\mathbf{n = 78}$$

Tamaño de la muestra: 78 viviendas

3.4 Técnica y recolección de datos

Para la recolección de los datos e informaciones correspondientes a las variables de estudio se emplearon las técnicas de observación, recopilación documental, entrevista y encuesta. Además, se utilizaron recursos tales como: mapa topográfico del sector, mapa geológico, memoria geológica, fotografías, GPS: par de receptores GNSS, modelo G1 (formato de hora en UTC 00), software Google Earth, AutoCAD Civil, lápiz, y libretas.

3.5 Validez y confiabilidad

Esta investigación se ejecutó bajo los lineamientos de diseño establecidos en las normas y reglamentos de las autoridades e instituciones pertinentes del país.

Estos son principalmente: Reglamento Técnico para Diseño de Obras e Instalaciones Hidro Sanitarias de INAPA, Normas de Diseño: Sistemas de Agua Potable, Alcantarillado Sanitario y Drenaje Pluvial de la CAASD y el Manual R-008 Reglamento para el Diseño y la Construcción de Instalaciones Sanitarias en Edificaciones del MOPC (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones).

La utilización de las Normativas Nacionales permite la obtención de resultados medibles y comparables con distintos proyectos de la misma naturaleza.

El seguimiento de los parámetros de diseño y la utilización de los instrumentos de investigación fueron revisados y validados por la Ing. Sumara Borromé, asesora de esta investigación, profesional experto con máster en Ingeniería del Agua y miembro de la Carrera Nacional de Investigación (CNI) del MESCyT.

3.6 Procedimientos

3.6.1 Presentación del tema ante el jurado evaluador y asignación del asesor.

Se sometió el tema de investigación a través del llenado de un formulario expedido por la Facultad de Postgrado, una vez sometido a través de una reunión con el Comité Evaluador, se obtuvo la aprobación del mismo.

3.6.2 Indagaciones bibliográficas relacionadas al tema de investigación.

Este paso constituye la base para el desarrollo de la investigación, se recopila toda la información tanto técnica como científicas relacionadas al tema de investigación, se utilizan revistas científicas, libros, foros, trabajos de investigación de otros autores, informes técnicos y científicos a fin de tener una búsqueda exhaustiva sobre el tema.

3.6.3 Visitas de campo para el levantamiento de información en campo.

Este procedimiento consta de dos partes, la primera consistió en realizar varias visitas al sector objeto de esta investigación (Sector Inespre) con el objetivo de identificar sus características generales. La segunda parte de este proceso consistió en el levantamiento de todas las informaciones técnicas para el diseño de la propuesta, este levantamiento se realizó a través de una ficha aplicada en forma de entrevista (Ver gráfico No. 24)

3.6.4 Identificar la ubicación del humedal artificial en el sector.

Después de realizadas las visitas de campo, se procedió a seleccionar el lugar donde sería ubicado el humedal artificial para las aguas residuales domésticas del sector Inespre.

3.6.5 Realización del levantamiento topográfico del Sector Inespre

Se contrató al Agrimensor Joelmi Vargas para realizar el levantamiento topográfico del Sector Inespre para así determinar las cotas de nivel para el diseño el sistema de alcantarillado sanitario y la ubicación de la unidad de tratamiento.

3.6.6 Procesamiento de las informaciones levantadas.

Una vez recopilados los datos, tanto del levantamiento a través de la entrevista y el levantamiento topográfico, se procedió luego a procesar las informaciones obtenidas a través de distintos recursos tales como: AutoCAD y Excel, entre otros, mencionados anteriormente.

3.6.7 Presentación de los resultados

Los resultados fueron presentados a través de cuadro, gráficos y textos.

3.6.8 Elaboración de propuesta.

Se elaboró una propuesta de un humedal artificial para la gestión de las aguas residuales domésticas del sector Inespre, de acuerdo a las características presentes y futuras de la población, según las informaciones obtenidas en campo.

3.7 Análisis de los datos

Los resultados se presentaron mediante un análisis elaborado por los sustentantes a partir de las informaciones obtenidas de los distintos instrumentos aplicados a la muestra seleccionada correspondientes a las variables de estudios, para el análisis e interpretación de los datos, los resultados obtenidos se mostrarán a través de cuadros, gráficas y textos.

CAPÍTULO IV PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

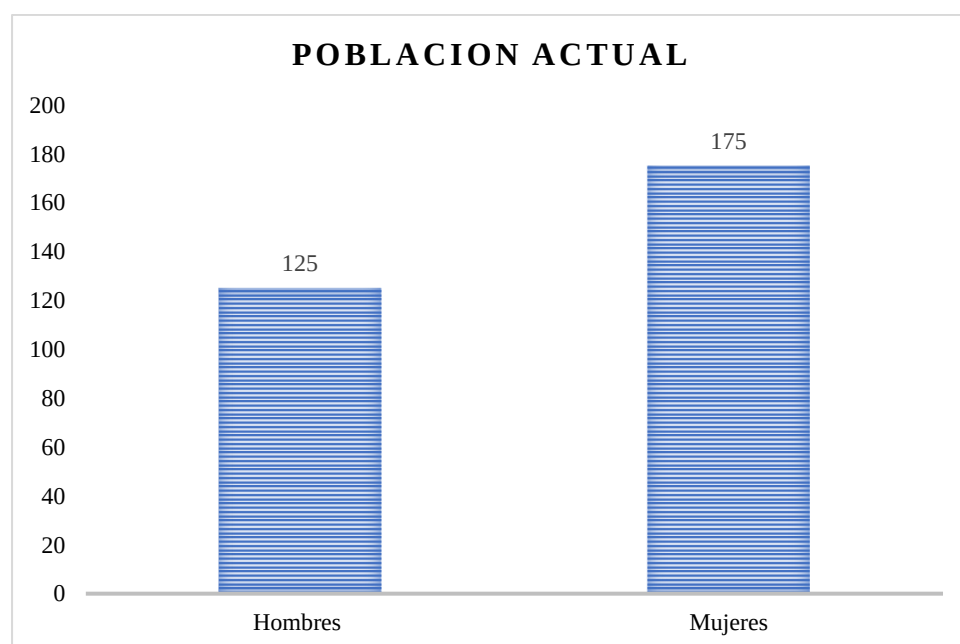
4.1 Introducción

En este capítulo se presentan los datos y resultados obtenidos mediante los cuestionarios aplicados a los habitantes del Sector Inespre, del municipio de Villa la Mata, los cuales son presentados mediante gráficos y cuadros teniendo como objetivo principal de proponer una solución sostenible para la gestión integral de las aguas residuales domésticas del sector Inespre, municipio de Villa la Mata.

4.3 Diagnóstico de la población

A) Población

Gráfico No. 5 Población actual del Sector Inespre.

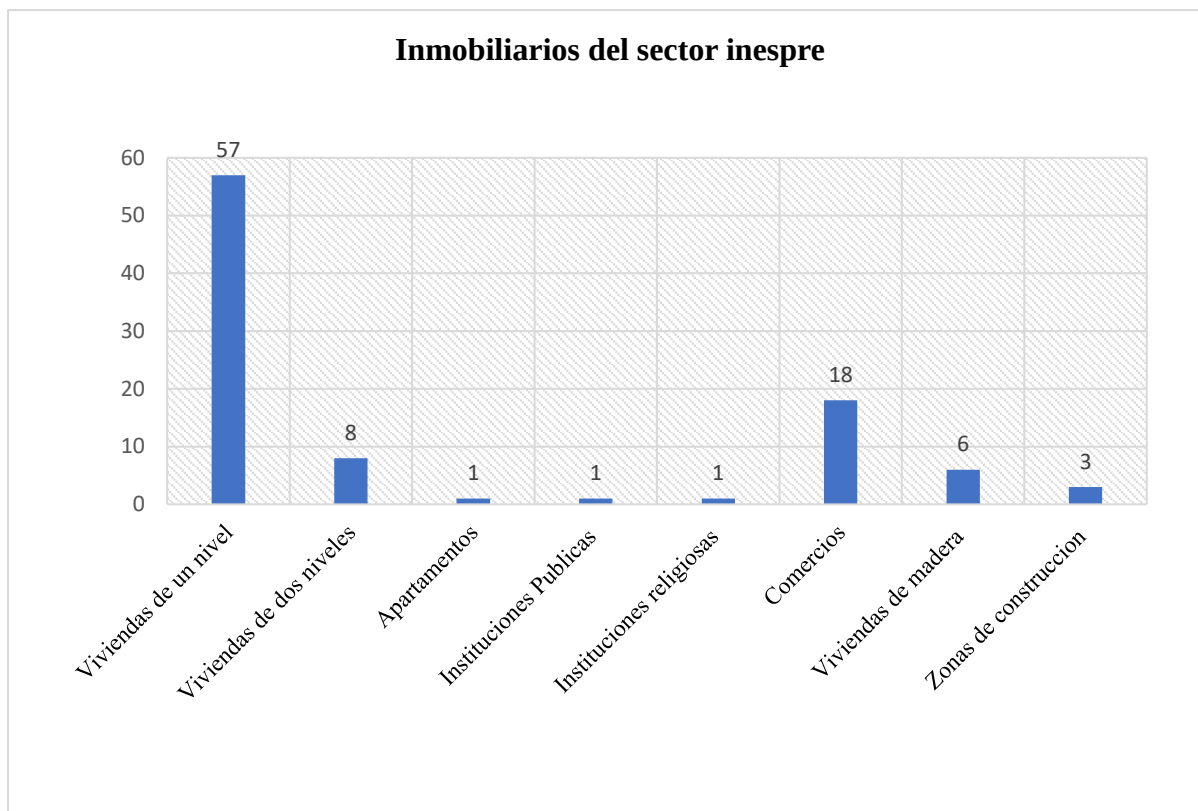


Fuente: Elaborado por el equipo investigador.

Tal como se muestra en el gráfico No. 5, de acuerdo con los datos de la encuesta, en el sector Inespre existe un total de 300 personas, de los cuales 125 pertenece al sexo masculino y 175 al sexo femenino.

B) Catastro

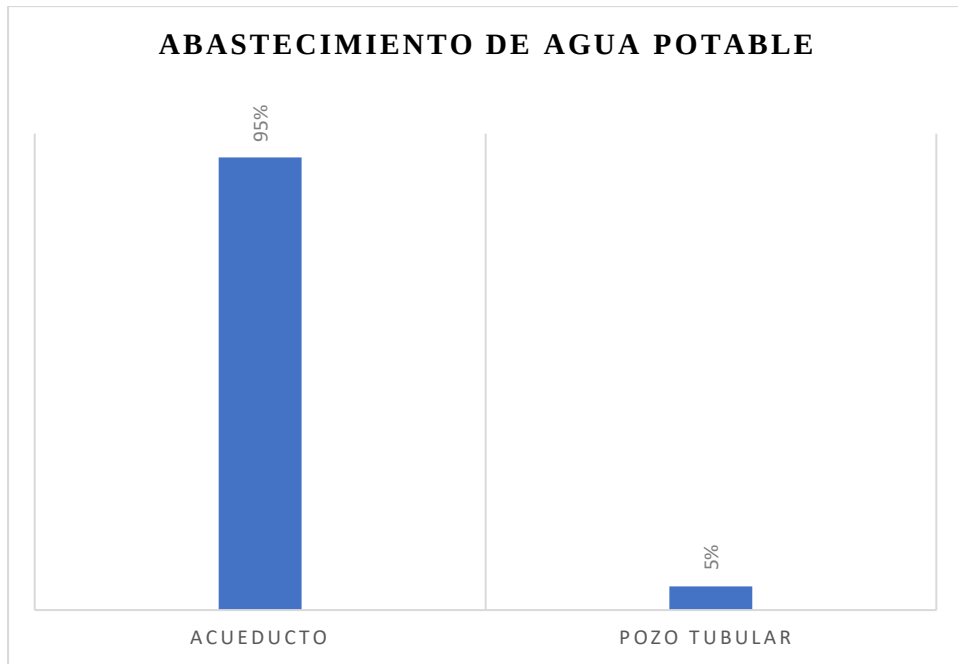
Gráfico No. 6 Representación de los tipos de edificaciones del Sector Inespre.



Fuente: Elaborado por el equipo investigador.

Según el gráfico No.6, Se contempla en el sector 57 viviendas de un nivel, 8 viviendas de dos niveles, un apartamento, una institución pública (Escuela), una institución religiosa, 18 comercios, 6 viviendas de madera y 3 zonas de construcción.

Gráfico No. 7 Abastecimiento de agua potable.

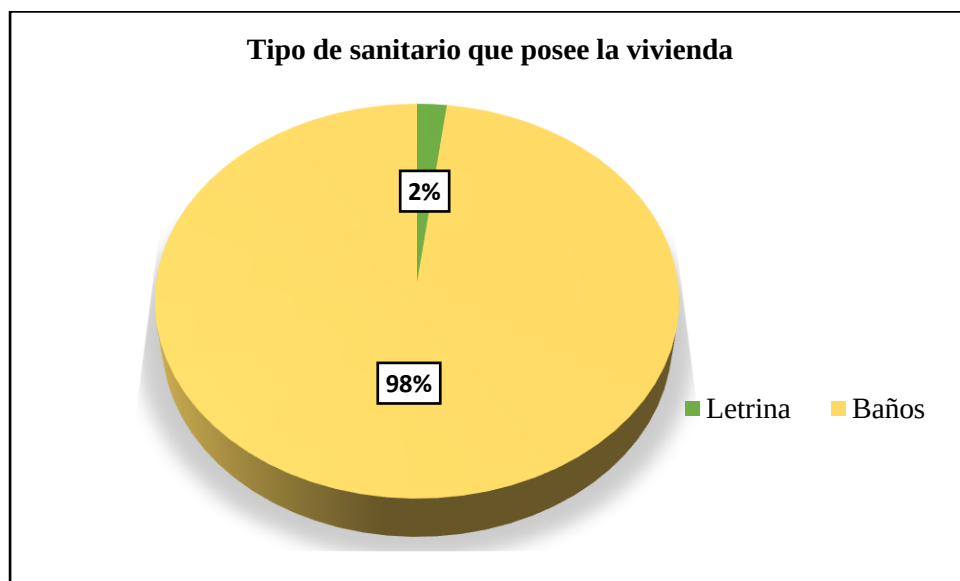


Fuente: Elaborado por el equipo investigador.

Según el gráfico No. 7, el 95% de los comunitarios del sector Inespre se abastece de agua potable a través de acueductos, mientras que el 5% restante se abastece mediante pozo tubulares.

C) Datos de Saneamiento

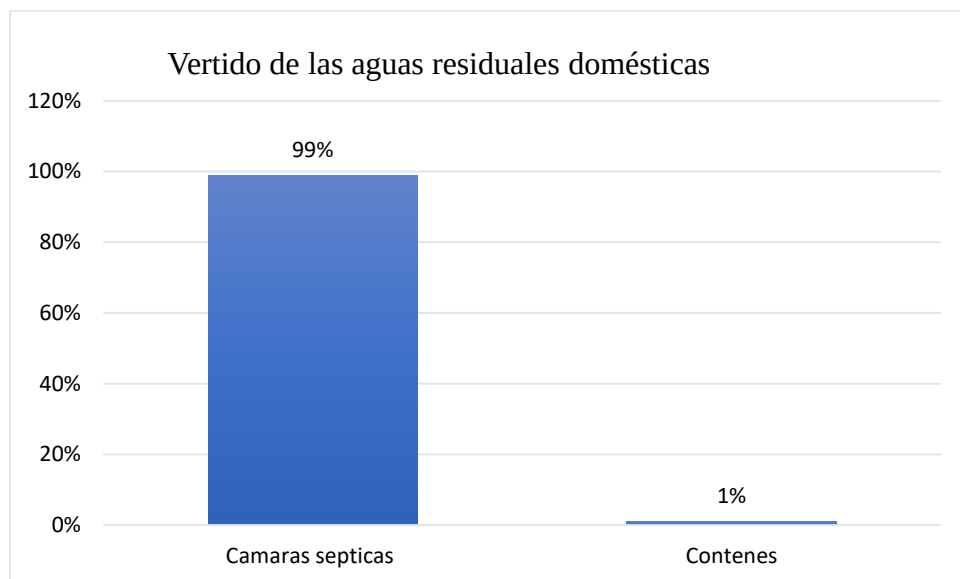
Gráfico No. 8. Tipo de sanitario que posee la vivienda.



Fuente: Elaborado por el equipo investigador.

Según el gráfico No. 8, de 78 viviendas encuestadas 98% de los comunitarios del sector Inespre posee baños como sanitario principal de la vivienda donde reside, frente a un 2% que posee letrinas.

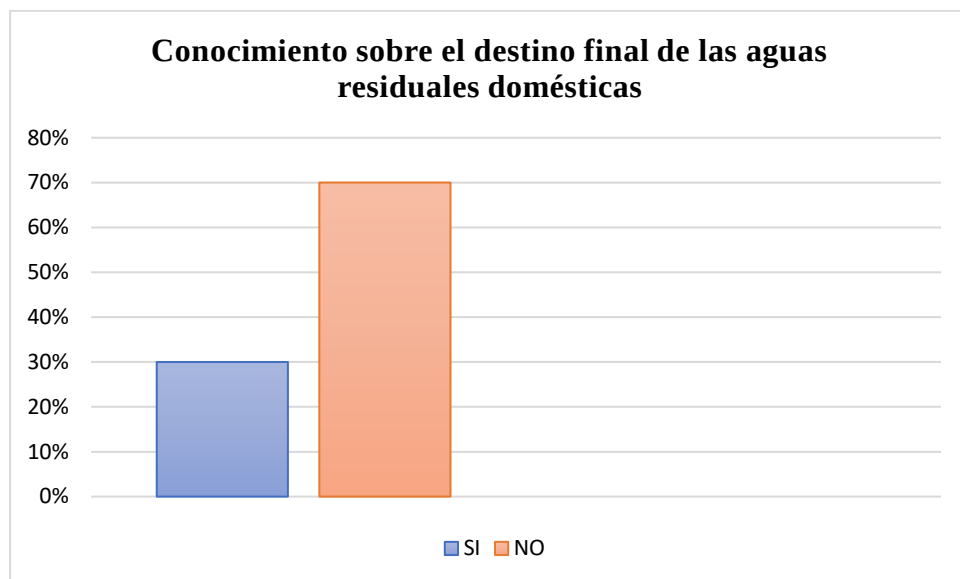
Gráfico No. 9. Vertido de las aguas residuales.



Fuente: Elaborado por el equipo investigador.

Según el gráfico No. 9, el 99% de los comunitarios del sector Inespre descarga las aguas residuales domésticas en cámaras sépticas, el 1% restante directamente en los contenes.

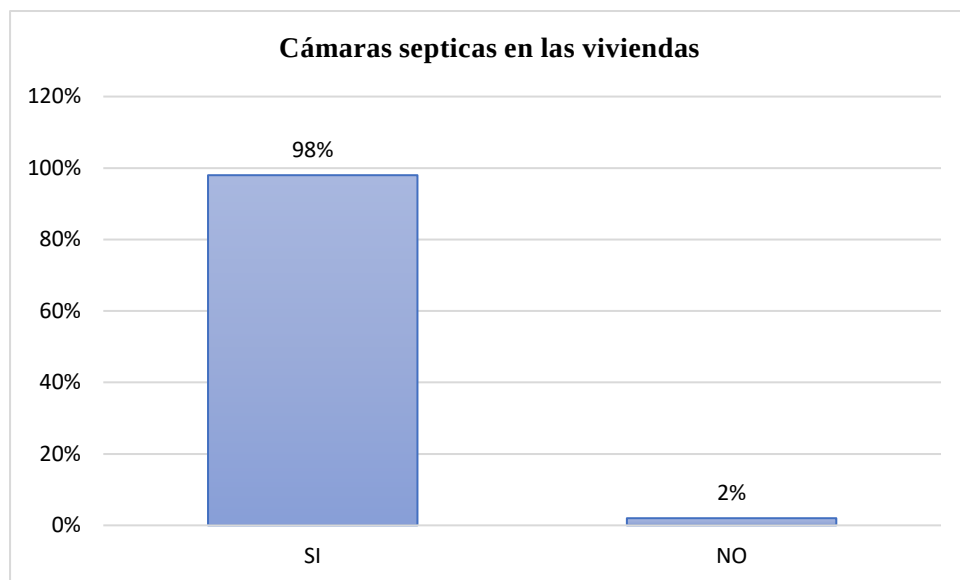
Gráfico No. 10. Conocimiento sobre el destino final de las aguas residuales domésticas.



Fuente: Elaborado por el equipo investigador.

Según el gráfico No.10, el 70% de los comunitarios del sector Inespre no tiene conocimiento sobre el destino final de las aguas residuales domésticas, el 30% restante tiene conocimiento sobre el mismo.

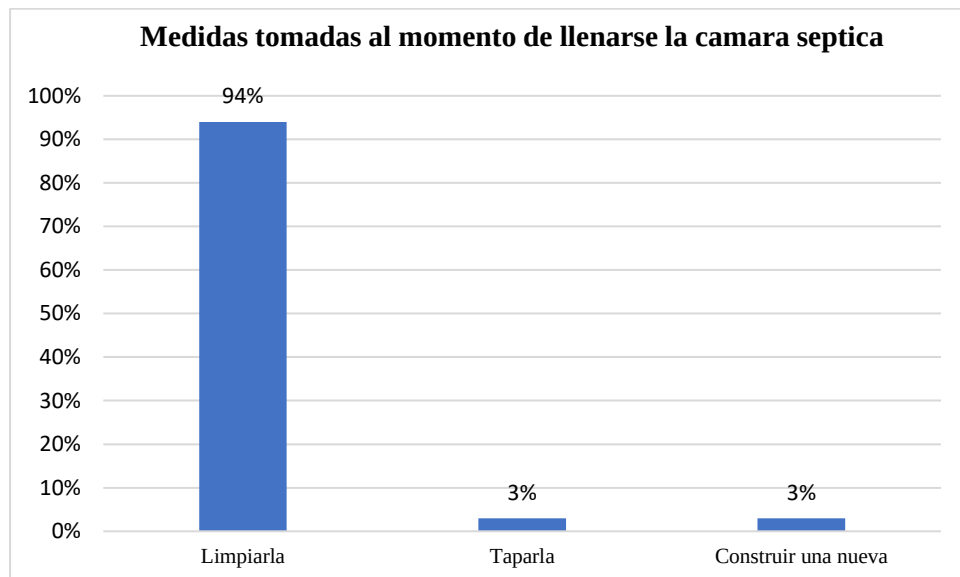
Gráfico No. 11. Viviendas con cámaras sépticas.



Fuente: Elaborado por el equipo investigador.

Según el gráfico No.11, el 98% de los comunitarios del sector Inespre cuenta con cámaras sépticas en sus viviendas, el 2% restante no cuenta con cámaras sépticas.

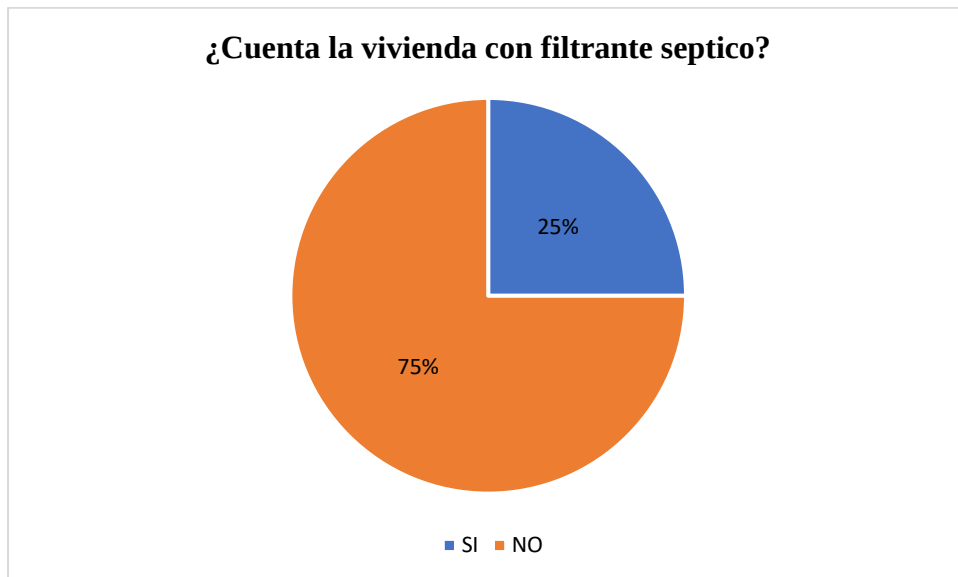
Gráfico No. 12. Medidas tomadas al momento de llenarse la cámara séptica.



Fuente: Elaborado por el equipo investigador.

Según el gráfico No.12, el 94% de los comunitarios del sector Inespre al momento de llenarse la cámara séptica procede a limpiarla. Un 3% de los comunitarios tapa la cámara séptica y el otro 3% restante procede a construir una nueva.

Gráfico No. 13. Filtrante Séptico.

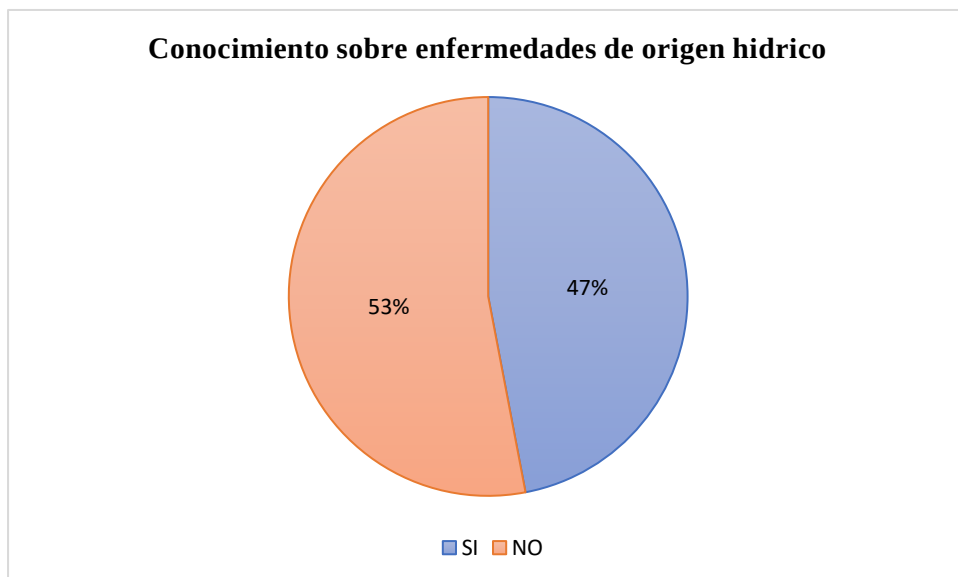


Fuente: Elaborado por el equipo investigador.

Según el gráfico No.13, el 75% de los comunitarios del sector Inespre no cuenta con filtrante séptico frente al 25% restante que cuenta con el mismo.

D) Datos de salud

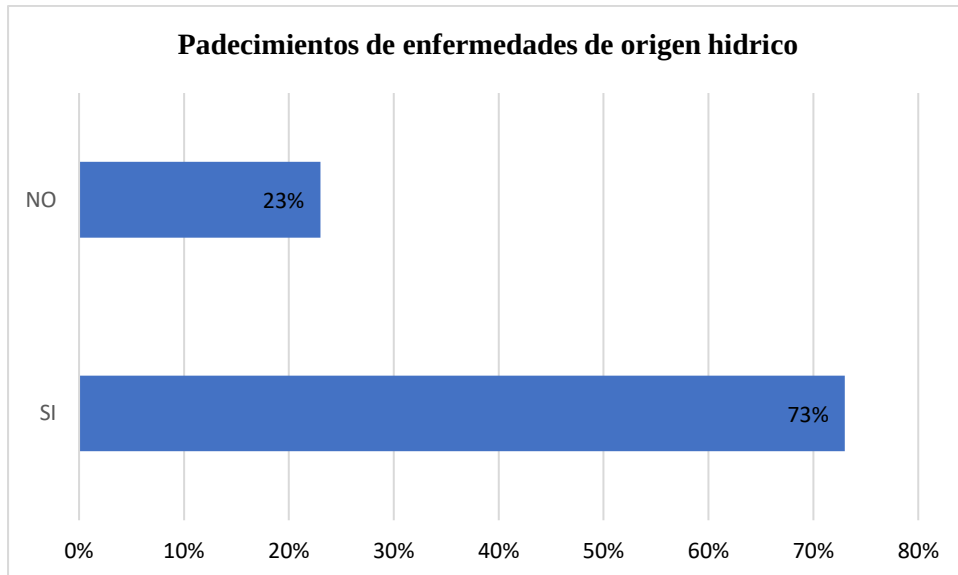
Gráfico No. 14. Conocimientos sobre enfermedades de origen hídrico.



Fuente: Elaborado por el equipo investigador.

Según el gráfico No.14, el 53% de los comunitarios del sector Inespre no tiene conocimiento sobre las enfermedades de origen hídrico frente al 47% restante que sí cuenta con conocimientos.

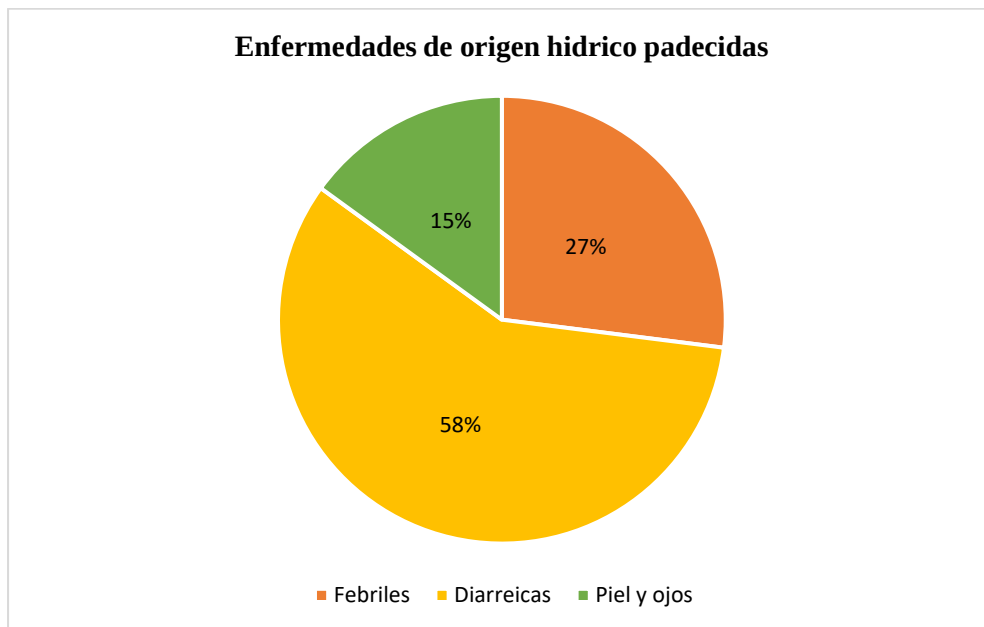
Gráfico No. 15. Padecimiento de las enfermedades de origen hídrico.



Fuente: Elaborado por el equipo investigador.

Según el gráfico No. 15, el 73% de los comunitarios del sector Inespre ha padecido enfermedades de origen hídrico, el 23% restante no ha tenido ningún tipo de padecimiento de alguna enfermedad.

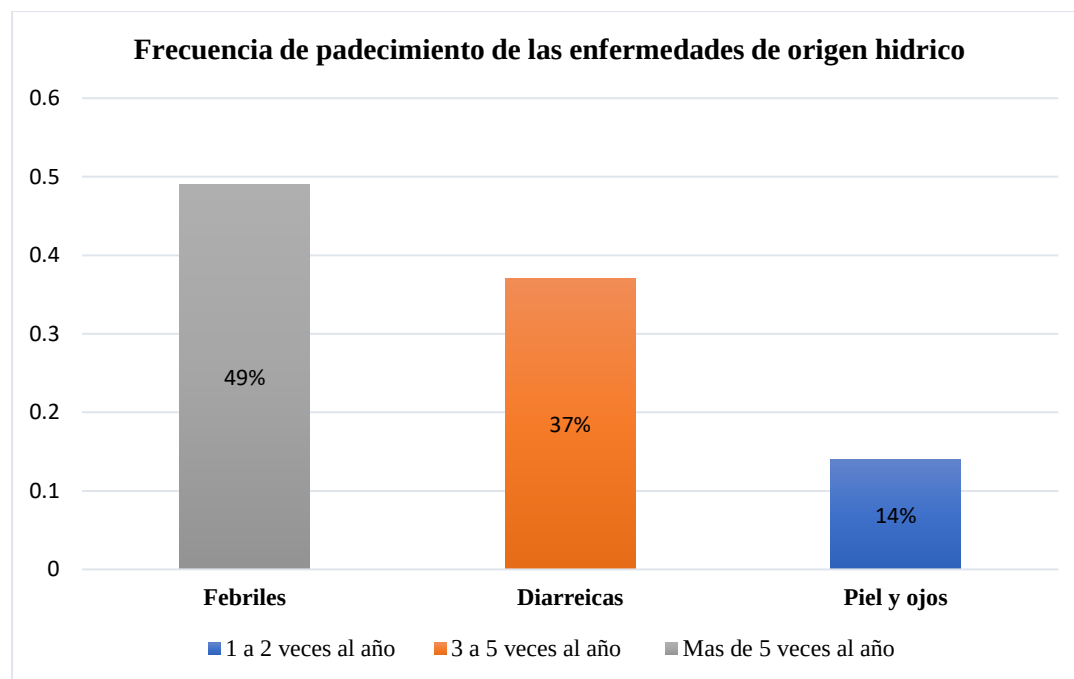
Gráfico No. 16. Enfermedades de origen hídrico padecidas.



Fuente: Elaborado por el equipo investigador.

Según el gráfico No. 16, el 58% de los comunitarios del sector Inespre ha padecido enfermedades diarreicas, el 27% enfermedades febriles y el 15% restante enfermedades de piel y ojos.

Gráfico No. 17. Enfermedades de origen hídrico y frecuencia de ocurrencia al año.

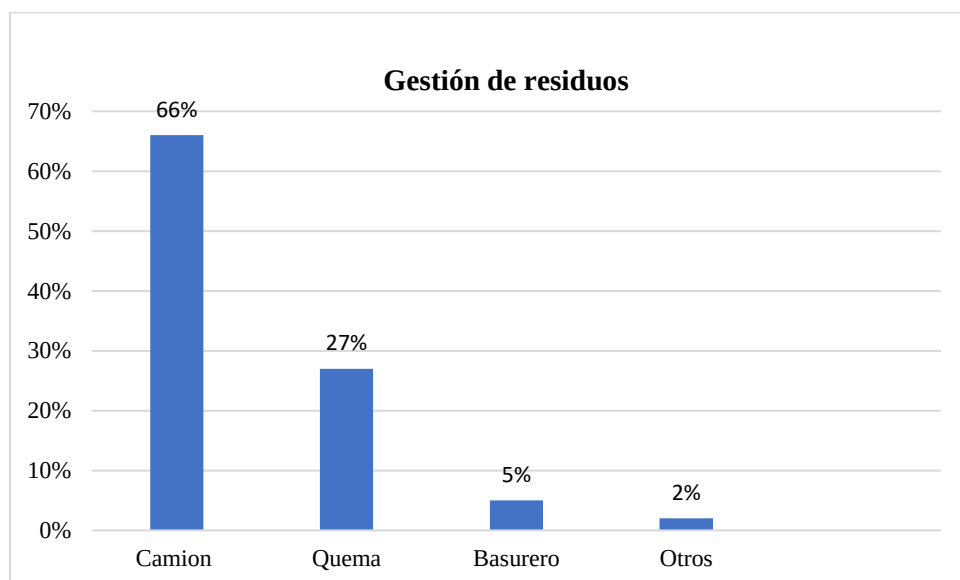


Fuente: Elaborado por el equipo investigador.

Según el gráfico No. 17, el 49% de los comunitarios del sector Inespre ha padecido enfermedades febriles más de 5 veces al año, el 37% enfermedades diarreicas de 3 a 5 veces al año y el 14% restante ha padecido enfermedades de piel y ojos de una a dos veces al año.

E) Medio ambiente

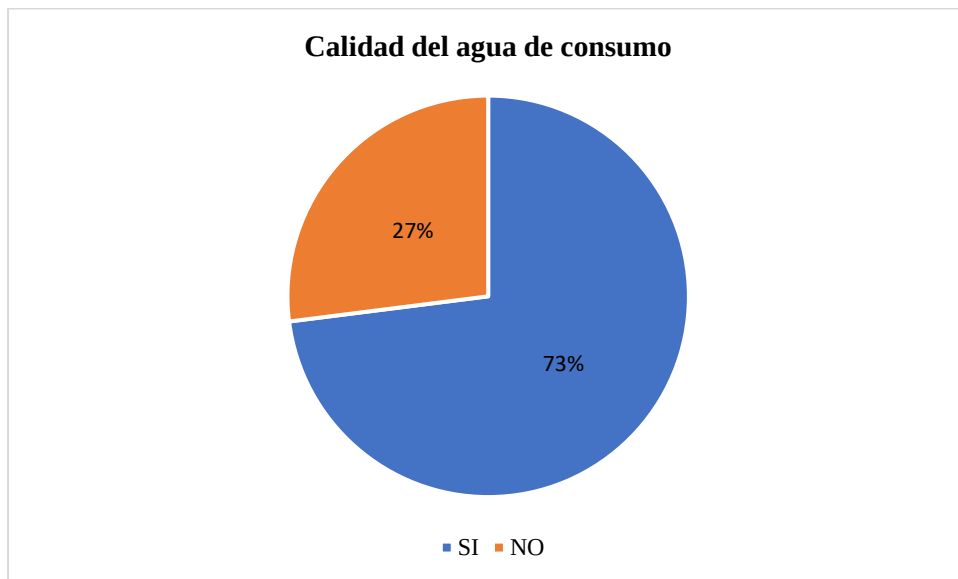
Gráfico No. 18. Gestión de los residuos en el sector Inespre.



Fuente: Elaborado por el equipo investigador.

Según el gráfico No. 18, el 66% de los comunitarios del sector Inespre vierten sus residuos sólidos al camión de la basura, el 27% procede a quemarla, un 5% la deposita en un basurero y un 2% en otras opciones.

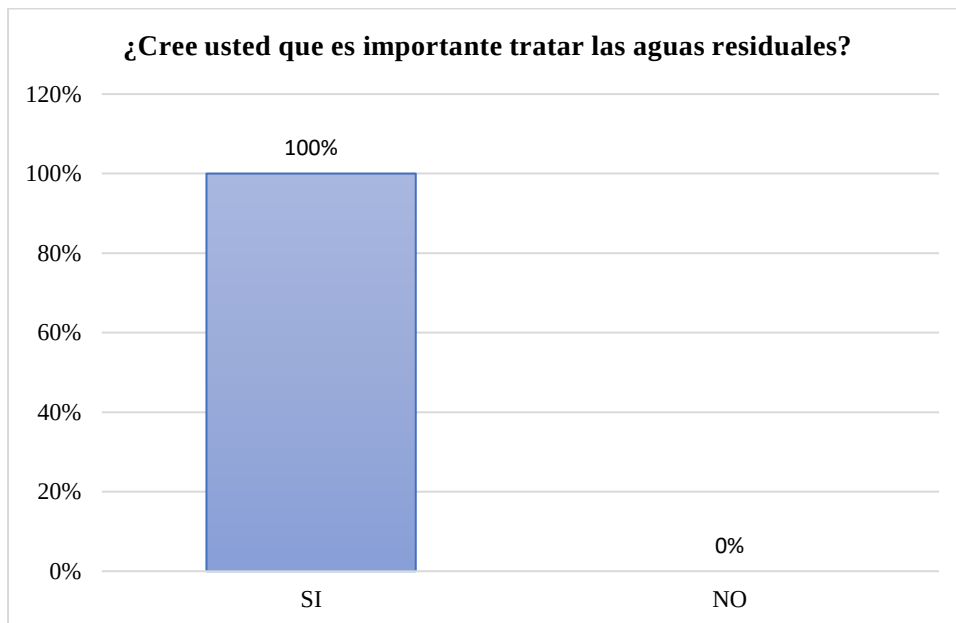
Gráfico No. 19. Calidad del agua de consumo.



Fuente: Elaborado por el equipo investigador.

Según el gráfico No. 19, el 73% de los comunitarios del sector Inespre considera que el agua que consume es de calidad, frente al 27% que no lo considera así.

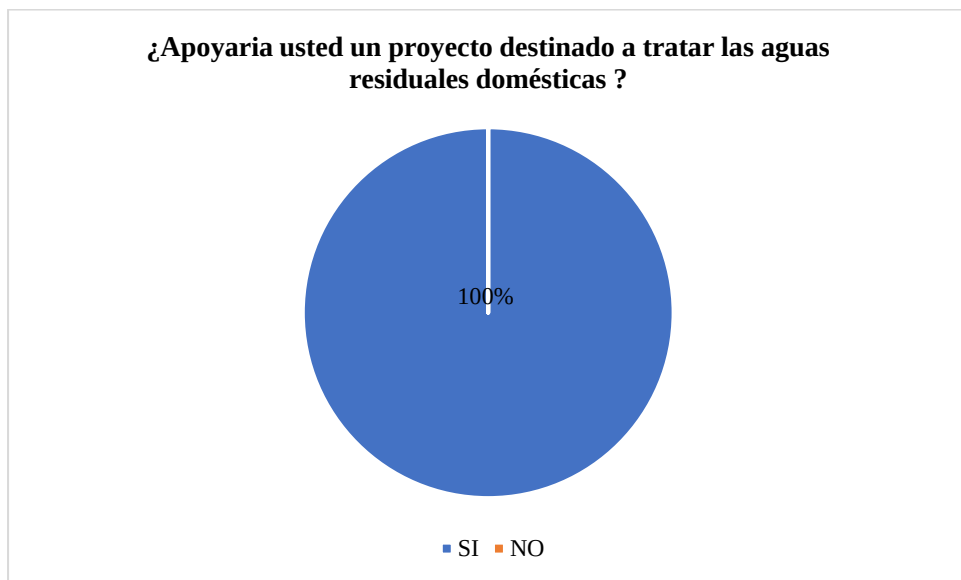
Gráfico No. 20. Importancia de tratar las aguas residuales domésticas



Fuente: Elaborado por el equipo investigador.

Según el gráfico No. 20, el 100% de los comunitarios del sector Inespre cree que es importante tratar las aguas residuales domésticas.

Gráfico No. 21. Importancia de tratar las aguas residuales domésticas.



Fuente: Elaborado por el equipo investigador.

Según el gráfico No. 21, el 100% de los comunitarios del sector Inespre apoyaría un proyecto destinado a tratar las aguas residuales domésticas.

4.4 Diseño de Alcantarillado Sanitario

Cálculo de incremento de la población:

Para calcular el incremento medio anual de la población se realizó un cuadro con los años de censos pasados de población y vivienda de la provincia Sánchez Ramírez, desde el 1950 hasta el 2010, con la cantidad de habitantes que cada uno tenía para ese entonces. El incremento se calculó con el método geométrico por porcentaje el cual se realizó con el siguiente cuadro:

Cuadro No.5. Cálculo de incremento de la población.

Años	Cantidad de Habitantes	Incremento	%Incremento
1950	37,866	-	-
1960	60,640	22,774	60.14
1970	74,724	14,084	23.23
1981	94,119	19, 395	25.96
1993	86,578	-7,541	-8.01
2002	74,056	-12,522	-14.46
2010	64,133	-9,923	-13.40
		Σ	73.46

$$I = P_a - P_i$$

Pi: población pasada

$$P_f = P_a + P_a (1/100) N$$

Pf: población futura

Pa: población actual

N: año de diseño

$$I = \Sigma \% \text{ incremento} / \text{no. Años} = 73.46/60 = 1.22$$

4.4.1 Memoria de cálculos hidráulicos alcantarillado sanitario.

Cuadro No.6. Cálculos hidráulicos de alcantarillado sanitario

CALLE 5		
Pob= No. Viviendas *6	Población: 22*6	132
Incremento anual:		I= 1.22
Años de diseño:		20 años
$Pf = Pa + Pa (I/100)*N$ Donde: Pf= Población futura Pa= Población actual	$Pf = 132 + 132 (1.22/100)* 20$ Pf= 164	Pf= 164
Densidad lineal (DL) $DL = \frac{\text{Población de diseño}}{\text{Longitud total de la tubería}}$	DL= 132/198.10	DL= 0.8289147
DESDE: R1-R2		
Dotación: Según el R-008 MOPC. Viviendas: 250-300 Lit/hab./dia Dot = 300 Lit/hab/día		
Población: 53 hab.		
Ap= 0.75* dotación		
Ap= 0.75*300	Ap= 225 Lit/hab/día	
Caudal medio por tramo $Q_{Med} = \frac{Ap*P}{86,400}$	$Q_{Med} = \frac{225*53}{86,400}$	$Q_{Med} = 0.138 \frac{l}{s}$
Caudal mínimo por tramo $Q_{Min} = 0.5*Q_{med}$	$Q_{Min} = 0.5*0.138 \text{ l/s}$	$Q_{Min} = 0.0691 \text{ l/s}$
Caudal Máxima Instantáneo por tramo $Q_{Minst} = M*Q_{med}$	$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{p}}$ $Q_{Minst} = 2.240741*0.0691 \text{ l/s}$	$M = 2.240741$ $Q_{Minst} = 0.3095 \text{ l/s}$

Coeficiente de Harmon $M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{p}}$		
Caudal Máximo Extraordinario Coeficiente de Seguridad (CS)= 1.5 $Q_{Mext} = CS * Q_{mint}$	$Q_{Mext} = 1.5 * 0.3095 \text{ l/s}$	$Q_{Mext} = 0.4643 \text{ l/s}$
Cálculo de la pendiente por tramo: $S = \frac{\text{Cota inicial} - \text{cota final}}{\text{longitud propia del tramo}}$	$S = \frac{43.50 - 42.70}{64}$	$S = 0.0125$
Cálculo del diámetro: $D = \left[\frac{3.59 * Q_{mint}}{Ch * S^{0.54}} \right]^{0.381}$ Ch= Coeficiente de Hazen-Williams Para tubería PVC: 140	$D = \left[\frac{3.59 * \left(\frac{0.3095}{1000} \right)}{140 * \left(\frac{0.0125}{1000} \right)^{0.54}} \right]^{0.381}$	$D = 0.1233 \text{ m}$ $D = 12.33 \text{ cm}$ $D = 4.85 \text{ in}$ Utilizar $D = 6''$ $D = 6'' = 0.1524 \text{ m}$
Radio Hidráulico $R_h = D/4$	$R_h = \frac{0.1524 \text{ m}}{4}$	$R_h = 0.0381 \text{ m}$
Cálculo de la velocidad $V = 0.85 * Ch * R_h^{0.63} * S^{0.54}$	$V = 0.85 * 140 * (0.0381)^{0.63} * \left(\frac{0.0125}{1000} \right)^{0.54}$	$V = 0.0342 \text{ m/s}$
Cálculo de caudal $Q = 0.85 * A * Ch * R_h^{0.63} * S^{0.54}$ Área: $A = \pi * r^2$ Radio= $\frac{D}{2}$	Radio= $\frac{0.1524 \text{ m}}{2}$ Área: $A = \pi * (0.0762 \text{ m})^2$ $Q = 0.85 * 0.01824 * 140 * (0.0381)^{0.63} * \left(\frac{0.0125}{1000} \right)^{0.54}$	Radio= 0.0762 m $A = 0.01824 \text{ m}^2$ $Q = 0.00622361 \text{ m}^3/\text{s}$

DESDE: R2-R3		
Dotación: Según el R-008 MOPC.		

Viviendas: 250-300 Lit/hab./dia Dot = 300 Lit/hab/día		
Población: 102 hab.		
Ap= 0.75* dotación		
Ap= 0.75*300	Ap= 225 Lit/hab/dia	
Caudal medio por tramo $Q_{Med} = \frac{Ap * P}{86,400}$	$Q_{Med} = \frac{225 * 102}{86,400}$	$Q_{Med} = 0.265 \frac{l}{s}$
Caudal mínimo por tramo QMin =0.5*Qmed	QMin=0.5*0.265 l/s	QMin= 0.1323 l/s
Caudal Máxima Instantáneo por tramo QMinst = M*Qmed Coeficiente de Harmon $M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{p}}$	$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{102}}$ QMinst = 1.9942532*0.1323 l/s	M=1.9942532 QMinst= 0.5277 l/s
Caudal Máximo Extraordinario Coeficiente de Seguridad (CS)= 1.5 QMext= CS*Qmint	QMext= 1.5*0.5277 l/s	QMext= 0.7916 l/s
Cálculo de la pendiente por tramo: $S = \frac{Cota\ inicial - cota\ final}{longitud\ propia\ del\ tramo}$	$S = \frac{42.70 - 42.10}{58.6}$	S= 0.0102389
Cálculo del diámetro: $D = \left[\frac{3.59 * Q_{mint}}{Ch * S^{0.54}} \right]^{0.381}$ Ch= Coeficiente de Hazen-Williams Para tubería PVC: 140	$D = \left[\frac{3.59 * \left(\frac{0.5277}{1000} \right)}{140 * \left(\frac{0.0102389}{1000} \right)^{0.54}} \right]^{0.381}$	D= 0.1574 m D= 15.74 cm D= 6.19 in Utilizar D = 8” D= 8” = 0.2032 m

Radio Hidráulico Rh= D/4	$Rh = \frac{0.2032m}{4}$	Rh= 0.0508 m
Cálculo de la velocidad $V = 0.85 * Ch * Rh^{0.63} * S^{0.54}$	$V = 0.85 * 140 * (0.05080)^{0.63} * \left(\frac{0.0102389}{1000}\right)^{0.54}$	V= 0.03679 m/s
Cálculo de caudal $Q = 0.85 * A * Ch * Rh^{0.63} * S^{0.54}$ Área: $A = \pi * r^2$ Radio= $\frac{D}{2}$	Radio= $\frac{0.0508 m}{2}$ Area: $A = \pi * (0.1016 m)^2$ $Q = 0.85 * 0.0324285 * 140 * (0.0381)^{0.63} * \left(\frac{0.0125}{1000}\right)^{0.54}$	Radio= 0.1016 m A= 0.0324285 m ² Q= 0.0011932 m ³ /s

DESDE: R3-R4		
Dotación: Según el R-008 MOPC. Viviendas: 250-300 Lit/hab./dia Dot = 300 Lit/hab/día		
Población: 135 hab.		
Ap= 0.75* dotación		
Ap= 0.75*300	Ap= 225 Lit/hab/dia	
Caudal medio por tramo $Q_{Med} = \frac{Ap * P}{86,400}$	$Q_{Med} = \frac{225 * 135}{86,400}$	$Q_{Med} = 0.351 \frac{l}{s}$
Caudal mínimo por tramo QMin =0.5*Qmed	QMin=0.5*0.361 l/s	QMin= 0.1753 l/s
Caudal Máxima Instantáneo por tramo QMinst = M*Qmed Coeficiente de Harmon	$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{135}}$ QMinst = 1.8972977*0.351 l/s	M=1.8972977 QMinst= 0.6651 l/s

$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{p}}$		
Caudal Máximo Extraordinario Coeficiente de Seguridad (CS)= 1.5 $Q_{Mext} = CS * Q_{mint}$	$Q_{Mext} = 1.5 * 0.6651 \text{ l/s}$	$Q_{Mext} = 0.998 \text{ l/s}$
Cálculo de la pendiente por tramo: $S = \frac{\text{Cota inicial} - \text{cota final}}{\text{longitud propia del tramo}}$	$S = \frac{42.10 - 42.05}{39.80}$	$S = 0.0012563$
Cálculo del diámetro: $D = \left[\frac{3.59 * Q_{mint}}{Ch * S^{0.54}} \right]^{0.381}$ Ch= Coeficiente de Hazen-Williams Para tubería PVC: 140	$D = \left[\frac{3.59 * \left(\frac{0.6651}{1000} \right)}{140 * \left(\frac{0.0012563}{1000} \right)^{0.54}} \right]^{0.381}$	$D = 0.26479 \text{ m}$ $D = 26.47 \text{ cm}$ $D = 10.42 \text{ in}$ Utilizar $D = 12''$ $D = 12'' = 0.3048 \text{ m}$
Radio Hidráulico $R_h = D/4$	$R_h = \frac{0.3048 \text{ m}}{4}$	$R_h = 0.0762 \text{ m}$
Cálculo de la velocidad $V = 0.85 * Ch * R_h^{0.63} * S^{0.54}$	$V = 0.85 * 140 * (0.0762)^{0.63} * \left(\frac{0.0012563}{1000} \right)^{0.54}$	$V = 0.015299 \text{ m/s}$
Cálculo de caudal $Q = 0.85 * A * Ch * R_h^{0.63} * S^{0.54}$ Área: $A = \pi * r^2$ Radio= $\frac{D}{2}$	Radio= $\frac{0.3048 \text{ m}}{2}$ Área: $A = \pi * (0.1524 \text{ m})^2$ $Q = 0.85 * 0.07264 * 140 * (0.0762)^{0.63} * \left(\frac{0.0012563}{1000} \right)^{0.54}$	Radio= 0.1524 m $A = 0.07264 \text{ m}^2$ $Q = 0.0011163 \text{ m}^3/\text{s}$

DESDE: R4-R5		
Dotación: Según el R-008 MOPC. Viviendas: 250-300 Lit/hab./dia		

Dot = 300 Lit/hab/día		
Población: 164 hab.		
Ap= 0.75* dotación		
Ap= 0.75*300	Ap= 225 Lit/hab/dia	
Caudal medio por tramo $Q_{Med} = \frac{Ap * P}{86,400}$	$Q_{Med} = \frac{225 * 164}{86,400}$	$Q_{Med} = 0.428 \frac{l}{s}$
Caudal mínimo por tramo QMin = 0.5*Qmed	QMin=0.5*0.428 l/s	QMin= 0.2138 l/s
Caudal Máxima Instantáneo por tramo QMinst = M*Qmed Coeficiente de Harmon $M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{p}}$	$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{164}}$ QMinst = 1.8326213*0.2138 l/s	M=1.8326213 QMinst= 0.7836 l/s
Caudal Máximo Extraordinario Coeficiente de Seguridad (CS)= 1.5 QMext= CS*Qmint	QMext= 1.5*0.7836 l/s	QMext= 1.1755 l/s
Cálculo de la pendiente por tramo: $S = \frac{Cota\ inicial - cota\ final}{longitud\ propia\ del\ tramo}$	$S = \frac{42.05 - 42.00}{35.70}$	S= 0.0014006
Cálculo del diámetro: $D = \left[\frac{3.59 * Q_{mint}}{Ch * S^{0.54}} \right]^{0.381}$ Ch= Coeficiente de Hazen-Williams Para tubería PVC: 140	$D = \left[\frac{3.59 * \left(\frac{0.7836}{1000} \right)}{140 * \left(\frac{0.0014006}{1000} \right)^{0.54}} \right]^{0.381}$	D= 0.2756 m D= 27.56 cm D= 10.85 in Utilizar D = 12” D= 12” = 0.3048 m
Radio Hidráulico Rh= D/4	$Rh = \frac{0.3048m}{4}$	Rh= 0.0762 m

Cálculo de la velocidad $V = 0.85 * Ch * Rh^{0.63} * S^{0.54}$	$V = 0.85 * 140 * (0.0762)^{0.63} * \left(\frac{0.0014006}{1000}\right)^{0.54}$	V= 0.016224 m/s
Cálculo de caudal $Q = 0.85 * A * Ch * Rh^{0.63} * S^{0.54}$ Área: $A = \pi * r^2$ Radio= $\frac{D}{2}$	Radio= $\frac{0.3048\ m}{2}$ Área: $A = \pi * (0.1524\ m)^2$ $Q = 0.85 * 0.07264 * 140 * (0.0762)^{0.63} * \left(\frac{0.0014006}{1000}\right)^{0.54}$	Radio= 0.1524 m A= 0.07264 m ² Q=0.0011838 m ³ /s

Observación:

De este mismo modo, se determinaron los demás tramos de cada calle en un cuadro de Excel.
(ver anexos).

CÁLCULO HIDRÁULICOS ALCANTARILLADO SANITARIO

	Denominación del tramo				Longitudes en metros			Población servida acumulada	Caudales de aguas residuales (L.P.S)			Pendiente	Diámetro (pulg)	Tubo lleno	
	Desde	Hasta	Cota inicial	Cota final	Propia del tramo	Tributaria para el tramo	Acumulada para el tramo		Medio	Mínimo	Máximo extraordinario			Velocidad (m/s)	Caudal (m3/s)
Calle 5	R1	R2	43.50	42.70	64.00	0.00	64.00	53	0.138	0.0691	0.464	0.01250	6	0.0342	0.00062361
	R2	R3	42.70	42.10	58.60	0.00	122.60	102	0.265	0.1323	0.792	0.01024	8	0.0368	0.00119318
	R3	R4	42.10	42.05	39.80	0.00	162.40	135	0.351	0.1753	0.998	0.00126	12	0.0153	0.00111634
	R4	R5	42.05	42.00	35.70	0.00	198.10	164	0.428	0.2138	1.176	0.00140	12	0.0162	0.00118383
Calle 4	R6	R5	42.60	42.00	9.90	0.00	9.90	4	0.011	0.0053	0.053	0.06061	6	0.0802	0.00146264
	R5	R7	42.00	41.50	30.00	198.10	238.00	98	0.256	0.1281	0.771	0.01667	6	0.0399	0.00072841
	R7	R8	41.50	41.40	44.00	0.00	282.00	117	0.304	0.1518	0.886	0.00227	10	0.0188	0.00095187
	R8	R9	41.40	40.80	32.00	0.00	314.00	130	0.338	0.169	0.968	0.01875	6	0.0426	0.00077625
	R9	R12	40.80	40.40	11.00	0.00	325.00	134	0.35	0.1749	0.996	0.03636	6	0.0609	0.00111004
T- Drenaje	R12	R22	40.40	40.20	42.00	121	163.00	15	0.039	0.0194	0.162	0.00476	6	0.0203	0.00037032
Calle 3	R10	R11	41.70	40.90	91.00	16	107.00	86	0.223	0.1117	0.689	0.00879	6	0.0283	0.00051566
	R11	R12	40.90	40.40	14.00	0	121.00	97	0.253	0.1263	0.762	0.03571	6	0.0603	0.00109929

Calle 2	R13	R14	41.50	40.60	79.00	76	155.00	182	0.473	0.2365	1.278	0.01139	8	0.0390	0.00126398
	R14	R20	40.60	40.20	17.00	0	172.00	202	0.525	0.2624	1.393	0.02353	8	0.0577	0.00186998
Calle 1	R15	R16	43.20	42.00	70.00	9	79.00	67	0.175	0.0876	0.564	0.01714	6	0.0405	0.00073958
	R16	R17	42.00	41.00	62.00	0	141.00	120	0.313	0.1564	0.908	0.01613	6	0.0392	0.00071563
	R17	R18	41.00	40.60	43.00	0	184.00	157	0.408	0.2041	1.131	0.00930	8	0.0349	0.00113294
Calle 6	R22	R21	40.35	40.30	32.00	336	368.00	28	0.073	0.0363	0.273	0.00156	8	0.0133	0.00043235
	R21	R20	40.30	40.20	28.00		396.00	30	0.078	0.0391	0.290	0.00357	6	0.0174	0.00031704
	R20	R19	40.20	40.10	25.00	170	591.00	45	0.117	0.0583	0.404	0.00400	6	0.0185	0.00033705

Cuadro No. 7. Cálculos hidráulicos de alcantarillados sanitarios, donde se muestra de denominación del tramo, longitud, caudales, velocidad y caudal.

4.5 Diseño del tratamiento de aguas residuales mediante sistemas de Humedales Artificiales

Población Hab.Equív	VALORES MAXIMOS PERMISIBLES								
	-	Mg/L							NMP/10 0ml
	pH	DBO ₅	DQO	SS	N-NH ₄	N-(NH ₄ +NO ₃)	P-PO ₄	CL.res	C.T
<5,000	6-8.5	50	160	50	-	-	-	0.05	1000
5,001-10,000	6-8.5	45	150	45	-	-	-	0.05	1000
10,001-100,000	6-8.5	35	130	40	10	18	3	0.05	1000
>100,001	6-8.5	35	130	35	10	18	2	0.05	1000

Nota: La producción de DBO₅ de un habitante equivalente es aproximadamente 60g/hab/d

Demanda biológica de oxígeno DBO₅

Demanda química de oxígeno DQO

Sólidos suspendidos (SS)

Nitrógeno del amonio (N-NH₄)

Nitrogeno amonio y nitratos N-NH₄+NO₃

Fósforo de ortofosfatos (P-PO₄)

Cloro residual (Cl₂. Res) libre

Coliformes totales (C.T)

Gráfico No. 22. fuente: Norma Ambiental sobre Control de Descargas a Aguas Superficiales, Alcantarillado Sanitario y Aguas Costeras. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

4.5.1 Entrada al sistema de tratamiento.

El caudal de aporte para el sistema de la unidad de tratamiento, llega a través de un sistema de alcantarillado sanitario.

4.5.2 Unidades que componen la planta de tratamiento de aguas residuales

1. Pre- tratamiento
2. Tratamiento primario
3. Tratamiento secundario
- Sistema humedal artificial

4.5.3 Flujograma del sistema de tratamiento

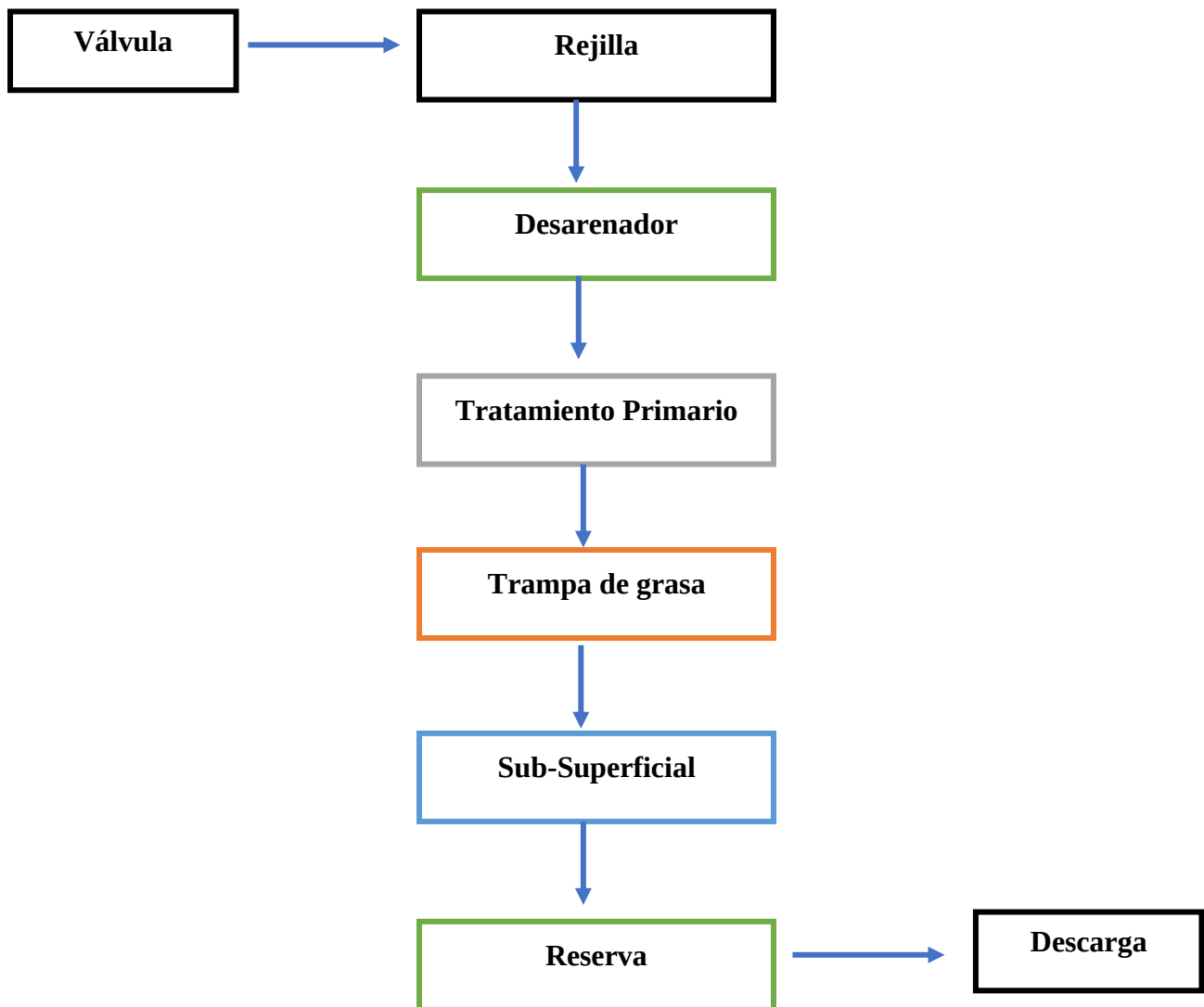


Gráfico No. 23. **Fuente:** Elaborado por el equipo investigador.

4.5.5 Memoria de cálculo

Datos y parámetros

Viviendas:	109
Cantidad de personas por viviendas:	6 personas
a) Población fija:	654 habitantes
Dotación población (AP):	300 lt/hab/dia
Tiempo de proyección o diseño (N):	20 años
Tasa de crecimiento anual o incremento (I):	1.22
Población futura	
$P_f = P_a + P_a (I/100) * N$	
$P_f = 654 + 654(1.22/100) * 20$:	814 habitantes
DBO afluente (Co):	50 mg/l
DQO efluente (Ce):	40 mg/l
Caudal de entrada humedal (Q): 0.01794 m ³ /s :	54,738 ft ³ /dia
Temperatura del agua esperada en invierno (T):	25 grados Celsius

Cálculo de caudales:

Caudal medio diario (aguas residuales):

$$Q_{med/ap} = (Poblacion * dotación + flotante * dotación) / 86,400 \text{ s}$$

$$Q_{med/AR} = Q_{med/ap} * 0.8$$

$$Q_{med/ap} = \left(\frac{654 * 300 + (1000 * 300)}{86,400} \right) = 5.74 \text{ lt/s}$$

$$Q_{med/AR} = 5.74 \text{ l/s} * 0.80 = 4.59 \text{ l/s}$$

Caudal máximo horario de agua residual:

$$Q_{max/h (AR)} = (Q_{med/AR} * M)$$

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{p}}$$

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{654}}$$

$$M = 1.47$$

$$Q_{max/h (AR)} = 4.59 \text{ l/s} * 1.47$$

$$Q_{max} = 6.74 \text{ l/s}$$

Caudal mínimo horario de Agua Residual

$$Q_{\min}/h \text{ (AR)} = Q_{\text{med}}/\text{AR} \cdot 0.5$$

$$Q_{\min}/h \text{ (AR)}: 4.59 \cdot 0.5 = 2.29 \text{ l/s}$$

Cuadro No. 8. Normas de diseño para rejillas manual.

Parámetro	Norma Recomendada
Forma de barra	Rectangular No debe utilizar barras de refuerza
Ancho de barra	5—15 mm
Espesor de barra	25—40 mm
Espaciamiento (abertura) entre barras	25—50 mm 50 mm recomendado para que las heces humanas pasen por las barras
Inclinación con la vertical	45—60°
Plataforma de drenaje	Suficiente para el almacenamiento temporal del material retenido en condiciones sanitarias
Canaleta de desvío (By-pass)	Suficiente para desviar el caudal máximo durante una emergencia
Material de construcción de barras y plataforma de drenaje	Acero inoxidable o galvanizado; aluminio
Velocidad de aproximación	0.45 m/s
Tiempo de retención en canal de aproximación	$\geq 3 \text{ s}$
Largo de canal de aproximación	$\geq 1.35 \text{ m}$
Velocidad a través de las barras	$\leq 0.6 \text{ m/s}$ para caudal promedio $\leq 0.9 \text{ m/s}$ para caudal máximo
Pérdida de carga máxima	0.15 m
Cantidades de material retenido	0.008—0.038 m ³ /1,000 m ³
Disposición final de residuos	Solución técnica utilizando métodos sanitarios

Adaptado de Reynolds y Richards, 1996; Mendonça, 2000; y Viceministerio de Vivienda y Construcción, 1997.

Dimensionamiento de Rejillas y canal de aproximación:

Se dimensiona la rejilla y el canal de aproximación antes de la rejilla con la siguiente ecuación adaptada de Mara (1976):

$$a_{\text{canal}} = \frac{Q_{\max}}{0.6 P_{\max}} \cdot \left[\frac{a_b + e_b}{e_b} \right] \quad (1)$$

Donde

- a_{canal} = ancho de canal de aproximación, m
- $Q_{\max}$ = caudal máximo, m³/s
- 0.6 = velocidad máxima a través de las barras, m/s
- $P_{\max}$ = profundidad máxima de agua en el canal cuando $Q = Q_{\max}$, m
- a_b = ancho de barras, mm
- e_b = espaciamiento (abertura) entre barras, mm

Para diseño:

Ancho de barra (a_b) = 15 mm

Espaciamiento de barra (e_b) = 50 mm

Profundidad máxima del canal:

$P_{\max} = 0.10$ m

$Q_{\max} = 0.00674$ m³/s

$$a_{\text{canal}} = \frac{Q_{\max}}{0.6P_{\max}} * \left[\frac{a_b + e_b}{e_b} \right]$$

$$a_{\text{canal}} = \frac{0.00674}{0.6 (0.10)} * \left[\frac{0.015 + 0.050}{0.050} \right]$$

$$a_{\text{canal}} \cong 0.15 \text{ m}$$

Velocidad en el canal:

$$v = \frac{0.6}{\left(\frac{a_b + e_b}{e_b} \right)}$$

$$v = \frac{0.6}{\left(\frac{0.015 + 0.050}{0.050} \right)} = 0.46 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Pérdidas de carga a través de la rejilla

$$h_f = \frac{1}{0.7} * \left[\frac{v_R^2 - v_a^2}{2g} \right]$$

Dónde:

V_R = Velocidad a través de la rejilla (0.6 m/s)

V_a = Velocidad del canal de aproximación. (0.46 m/s)

g = aceleración de la gravedad (9.81 m/s²).

Los canales de aproximación antes de la rejilla deben tener una velocidad de 0.45 m/s para que los sólidos arenosos no sedimenten, y la velocidad a través de las barras no exceda 0.6 m/s.

$$h_f = \frac{1}{0.7} * \left[\frac{\left(0.6 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 - \left(0.46 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)} \right]$$

$$h_f = 0.010 \text{ m}$$

Diseño del Desarenador de flujo libre.

Cuadro No.9. Normas para el diseño de desarenador

Parámetro	Norma Recomendada
Velocidad horizontal	$v_{max} = 0.3 \text{ m/s}$ $v_{min} \geq 0.80 v_{max}$
Velocidad de sedimentación	0.02 m/s (partículas de 0.2mm)
Forma de la sección transversal	Rectangular (Con un resalto entre la cota del desarenador y la de la canaleta Parshall)
Tiempo de retención hidráulica	$\leq 60\text{s}$ para v_{min} $\geq 45\text{s}$ para v_{max} $v_{max} = 0.3 \text{ m/s}$ $v_{min} = 0.3 C_v$
Largo de canal	$45 v_{max} \leq L \leq 60 v_{min}$ $13.5 \text{ m} \leq L \leq 18 C_v$
Sección de control de velocidad	Canaleta Parshall prefabricada con flujo libre
Carga en el canal aguas abajo la canaleta Parshall para asegurar flujo libre	$\leq 60\%$ de la carga en el desarenador
Número de canales	Dos en paralelo, cada uno con drenaje (Uno en operación y otro para limpieza)

Adaptado de Marais y van Haandel, 1996; Reynolds y Richards, 1996; Mendonça, 2000; y Viceministerio de Vivienda y Construcción, 1997.

Para el diseño:

$$Q_{max} = 0.00674 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{min} = 0.00229 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cuadro No. 10. Rangos de caudales para Canaletas Parshall

Ancho de Garganta, W m	Q_{min}		Q_{max}	
	m^3/s	$\text{m}^3/\text{día}$	m^3/s	$\text{m}^3/\text{día}$
0.076	0.0008	69	0.0538	4,648
0.152	0.0015	130	0.1104	9,539
0.229	0.0025	216	0.2519	21,764
0.305	0.0031	268	0.4556	39,364

Fuente: Marais y van Haandel, 1996.

De acuerdo a los rangos de valores de caudales mínimos y máximo, el ancho de garganta $W = 0.076$ metros.

La ecuación del caudal para una canaleta Parshall se define como la siguiente (Gloyne, 1971; Marais y van Haandel, 1996):

$$Q = 2.27 \cdot W (H_a)^{1.5}$$

Donde:

Q = caudal, m^3/s

W = ancho de garganta de medidor Parshall, m

H_a = profundidad de agua (carga) medida desde la base de la canaleta Parshall, m

Como conocemos W que es 0.076 y el caudal es 0.00674 m^3/s , si despejamos de la fórmula H_a , tenemos que es igual a: 0.12 m.

Carga aguas arriba de la canaleta Parshall = H .

$$H = 1.1 H_a$$

$$H = 1.1 * 0.12 = 0.13 \text{ m}$$

Carga máxima en el Canal del Desarenador

$$H_{\max} = \left(\frac{1.1 Q_{\max}}{2.27 W} \right)^{0.667}$$

$$H_{\max} = \left(\frac{1.1 * 0.00674}{2.27 * 0.076} \right)^{0.667}$$

$$H_{\max} = 0.12 \text{ m}$$

Desarenador Rectangular:

$$Z = C_r * H_{\max}$$

$$C_r = \frac{R^{1/3} - 1}{R - 1}$$

$$R = \frac{Q_{\max}}{Q_{\min}}$$

Z = resalto entre la cota del desarenador y la canaleta Parshall, m

Para el diseño:

$$Q_{\max} = 0.00674 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\min} = 0.00229 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_{\max} = 0.12 \text{ m}$$

$$R = \frac{0.00674}{0.00229} = 2.94$$

$$C_r = \frac{(2.94)^{1/3} - 1}{2.94 - 1} = 0.22$$

$$Z = 0.22 * 0.12 \text{ m} = 0.02 \text{ m}$$

Profundidad máxima de agua en el canal de desarenador.

$$P_{\max} = H_{\max} - Z$$

$$P_{\max} = 0.12 \text{ m} - 0.02 \text{ m} = 0.10 \text{ m}$$

Ancho del canal de Desarenador

$$ad = \left(\frac{Q_{\max}}{P_{\max} * V_{\max}} \right)$$

$V_{\max}$ = velocidad máxima a través del desarenador = 0.3 m/s

$$ad = \left(\frac{0.00674}{0.10 * 0.3} \right) = 0.22 \text{ m}$$

Largo del desarenador

Se busca la velocidad horizontal mínima ($V_{\min}$):

$$V_{\min} = V_{\max} * C_v$$

$$C_v = 2.6 C_r^{0.5} (1 - C_r)$$

$$C_v = 2.6 (0.22)^{0.5} (1 - (0.22))$$

$$C_v = 0.95$$

$$V_{\min} = 0.3 * 0.95 = 0.29 \text{ m/s}$$

Para el largo del canal desarenador, utilizamos la ecuación:

$$13.5 \text{ m} > L > 18 C_v.$$

$$13.5 \text{ m} > L > 18 (0.95)$$

$$13.5 \text{ m} > L > 17.1 \text{ m}$$

Seleccionamos: 16 m

Volumen de solidos arenosos acumulados en el desarenador:

$$V_{sa} = t_{op} * Q_{med} * C_{sa}$$

Donde:

V_{sa} = Volumen de solido arenoso, m³

T_{op} = tiempo de operacion, dias

Q_{med} = Caudal medio, m³/dia

C_{sa} = Carga de solidos arenosos en las aguas residuales, m³ /1000 m³

$$V_{sa} = 15 * 0.00459 * 86,400 * \left(\frac{0.085}{1000}\right) = 0.51 \text{ m}^3$$

Profundidad de solidos arenosos:

$$P_{sa} = \frac{V_{sa}}{ad * L}$$

$$P_{sa} = \frac{0.51}{0.22 * 16} = 0.14 \text{ m}$$

Según (Oakley & Salguero, 2011) “Se diseña la cota del canal aguas abajo de la canaleta Parshall para que la carga en el canal sea ≤ 0.60 de la carga en el desarenador (H_{max}), todas las medidas con referencia a la base de la canaleta Parshall, para asegurar flujo libre en la canaleta Parshall”.

Humedal sub-superficial

Características del lecho

Profundidad del lecho (H) = 2.5 pie

Nota: usualmente de 18 – 30 pulg para evitar condiciones anaeróbicas en fondo.

Tamaño de piedra de estructura 2-5 pulg

Porosidad de la estructura (N) = 35%

Observación:

35% con el uso de plantas

45% sin el uso de plantas

Relación: largo / ancho = 2

Constante de temperatura de agua residuales a 20 °C (K₂₀) = 1.104

Constante de temperatura de aguas residuales

$$Kt = k_{20}(\theta)^{T-20}$$

$$Kt = 1.104(1.06)^{25-20}$$

$$Kt = 1.477$$

Capacidad promedio del agua = 2 pie

(Fuente: Guía para el diseño y construcción de un humedal construido con flujos subsuperficiales,

U.S.EPA-Región 6, 1993)

Dimensiones del humedal

Superficie humedal

$$A_s = \frac{Q(\ln Co - \ln Ce)}{Kt * d * n}$$

Donde:

A_s = superficie del humedal

Q = caudal de entrada

Co = DBO flotante

Ce = DBO efluente

Kt = constante de temperatura de las aguas residuales.

d = profundidad promedio del agua

n = porosidad de la estructura

Para la superficie:

DBO afluente (Co): 50 mg/l

DQO efluente (Ce): 40 mg/l

Porosidad de la estructura (N) = 35%

$$Kt = 1.477$$

Profundidad promedio 1 ft.

Caudal de entrada humedal (Q): 0.01794 m³/s: 54,738 ft³/dia

$$A_s = \frac{54,738(\ln 50 - \ln 40)}{1.477 * 1 * 0.35}$$

$$A_s = 23,627.87 \text{ ft}^2$$

Ancho humedal:

$$W = \sqrt{\frac{A_s}{2}}$$

$$W = \sqrt{\frac{23,627.87}{2}}$$

$$W = \sqrt{11,813.93}$$

$$W = 108.69 \text{ ft}$$

Largo del humedal:

$$L = W * 2$$

$$L = 108.69 * 2$$

$$L = 217.38 \text{ ft}$$

Características Hidráulicas del humedal

Cuadro No. 11. Características típicas del medio de humedales de flujo subsuperficial

Tipo de medio	Tamaño efectivo D ₁₀ (mm)*	Porosidad, n (%)	Conductividad hidráulica, k _s (pie ³ /pie ² /d)*
Arena gruesa	2	28 a 32	300 a 3,000
Arena con grava	8	30 a 35	1,600 a 16,000
Grava fina	16	35 a 38	3,000 a 32,000
Grava mediana	32	36 a 40	32,000 a 160,000
Roca triturada	128	38 a 45	16 x 10 ⁴ a 82 x 10 ⁴

* mm x 0.03937 = pulgadas

** pie³/pie²/d x 0.3047 = m³/m²/d, o, x 7.48 = galones/pie²/d

Porosidad de la estructura (N) = 35%

Conductividad hidráulica de la estructura (K_s)

$$k_s = 30,000 \text{ ft}^3/\text{ft}^2/\text{dia}$$

Factor de seguridad para conductividad hidráulica (Fh) = 39%

Conductividad hidráulica reducida

$$k_{rs} = k_s * Fh$$

$$k_{rs} = 11,700 \text{ ft}^3/\text{ft}^2/\text{dia}$$

Gradiente hidráulico:

$$S = \frac{H}{L(0.1)}$$

Dónde:

S = Gradiente hidráulico

H = profundidad del lecho

L = largo

$$H = 2.5 \text{ ft}$$

$$L = 217.38 \text{ ft}$$

$$S = \frac{2.5}{217.38(0.1)} = 0.1150$$

Área transversal:

$$A_t = W * H$$

$$A_t = 108.69 \text{ ft} * 2.5 \text{ ft}$$

$$A_t = 271.72 \text{ ft}^2$$

Flujo capaz de pasar por el humedal:

$$Q = K_{rs} * A_s * S$$

$$Q = 11,700 * 271.72 * 0.1150$$

CAPITULO V

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Introducción

En el presente capítulo se analizan los diferentes resultados obtenidos a partir de la aplicación de las técnicas e instrumentos metodológicos, en relación con el tema de investigación, el mismo está estructurado con tres espacios: análisis e interpretación de los resultados, conclusiones y recomendaciones.

5.2 Análisis e interpretación de los datos

5.2.1¿Qué tipo de unidad de saneamiento es el más adecuado para tratar las aguas residuales domésticas del Sector Inespre, Villa la Mata?

De acuerdo a los datos de diseño de la unidad de tratamiento, es factible para el sector Inespre, de Villa la Mata, la construcción de un humedal artificial para el tratado de las aguas residuales, ya que este sistema no requiere operadores con altos niveles de capacitación.

El sistema diseñado es más beneficioso a nivel económico debido a que es de tipo biológico no necesita nada de energía y su construcción depende en su mayoría de recursos naturales lo que nos da más facilidad en la búsqueda de estos recursos y es un ejemplo para todos a nivel ambiental.

5.2.2¿Cuál es la situación actual de la gestión de las aguas residuales en el sector Inespre, Villa la Mata?

Según lo contemplado en el capítulo IV, existe en el Sector Inespre, una población actual de 300 personas, de los cuales 125 pertenecen al sexo masculino y el 175 restante al sexo femenino.

Con relación a la distribución de las viviendas en el sector, se pudo comprobar que las viviendas de un nivel predominan hasta ahora en el sector, con unas 58 viviendas de este tipo, el sector cuenta con 8 viviendas de dos niveles, 1 apartamento, 1 institución pública (Escuela) una institución religiosa y 18 comercios.

El sector cuenta con el servicio de agua potable, un 95% de los comunitarios se abastece a partir del acueducto de la zona y un 5% de pozos tubulares.

En cuanto al saneamiento, un 98% de los hogares entrevistados posee baños y un 2% aún posee letrinas, en cuanto a si la vivienda cuenta con cámaras sépticas, el porcentaje es el mismo anteriormente mencionado.

Al momento de llenarse las cámaras sépticas, un 94% asegura que la acción que lleva a cabo es limpiarla, un 3% afirma taparla y 1% atestigua que procede a construir una nueva, un 75% de las viviendas no cuentan con filtrantes sépticos y un 25% manifiesta que si posee filtrante sépticos.

Las aguas residuales domésticas en su mayoría son vertidas en cámaras sépticas, específicamente en un 99% a partir de los resultados arrojados de la entrevista realizada a 72 hogares del sector Inespre, el 1% restante la descarga directo a los contenes.

Sobre el conocimiento sobre el destino final de las aguas residuales domésticas, el 70% de los entrevistados aseguran no tener conocimiento, mientras que un 30% si tienen.

Sobre las enfermedades de origen hídrico, de las viviendas visitadas y entrevistadas el 53% establece que no posee conocimientos sobre dichas enfermedades y un 47% afirma que posee conocimientos sobre esta interrogante.

Con relación al padecimiento de dichas enfermedades, según las informaciones obtenidas, el 73% de los comunitarios entrevistados ha padecido enfermedades de origen hídrico, un 23% no ha padecido ningún tipo de estas enfermedades.

Respecto a las posibles enfermedades de origen hídrico más padecidas son las febriles con un 58% le siguen luego las enfermedades diarreicas con un 27% y las enfermedades de la piel y los ojos en un 15%.

Con relación a la frecuencia de posibles padecimientos de enfermedades de origen hídrico, el 49% de los comunitarios del sector Inespre ha padecido enfermedades febriles más de 5 veces al año, el 37% enfermedades diarreicas de 3 a 5 veces al año y el 14% restante ha padecido enfermedades de piel y ojos de una a dos veces al año.

Con respecto a la gestión de los residuos sólidos producidos en el sector, un 66% de los comunitarios entrevistados afirma que los residuos producidos en los hogares son retirados por el camión de la basura, un 27% procede a quemarla, un 5% la retira a un basurero.

Sobre la calidad del agua de consumo para el 73% de los entrevistados tienen una percepción positiva de la calidad, mientras que un 27% percibe que la calidad no es buena.

En cuanto a la importancia de tratar las aguas residuales domésticas, el 100% de los comunitarios entrevistados expresan que es importante tratarlas.

De acuerdo al hecho de apoyar un proyecto destinado a tratar las aguas residuales domésticas, el 100% afirma que apoyarían un proyecto con dicho objetivo.

5.2.3¿Qué diseño sería viable para el sistema de redes de recolección para las aguas residuales generadas por la población del sector Inespre, Villa la Mata?

Para la recolección de las aguas residuales del sector Inespre, Villa la Mata, se diseñó un sistema de alcantarillado centralizado, el cual consta con una red en las 6 calles del sector, con 22 registros de acuerdo a los parámetros, establecido en el reglamento para diseño y construcción de instalaciones sanitarias en edificación (R-008) del MOPC.

Se hizo un levantamiento topográfico para saber los niveles y las pendientes, así determinar cuál es la ubicación más favorable de acuerdo a la topografía del terreno para la unidad de tratamiento, donde según el levantamiento, este se ubicó donde la cota de nivel tiene aproximadamente 3 metros de diferencia.

Para el diseño del sistema del alcantarillado, se tomó como parámetro una población futura 814 personas, y de acuerdo, a la ubicación se dividieron en las 6 calles, aportando una población y caudal en cada tramo, donde cada calle tiene diseño completo de su alcantarilla (población, dotación, Q_{med} , Q_{min} , Q_{minst} , Q_{Mext} , Pendiente, diámetro, para tubo lleno: velocidad, caudal). Todos estos datos están suministrados en un cuadro de Excel en los anexos.

5.2.4¿Un humedal artificial, sería factible como tratamiento para la gestión de las aguas residuales de origen domésticos en el sector Inespre, Villa La Mata?

Para el humedal; de acuerdo con los parámetros de diseño se trabajó para una población futura de 814 habitantes, con una DBO afluente de 50 mg/l, y una DQO de 40 mg/l, un caudal de entrada de 54,738 ft³/día, arrojando un diseño con dimensiones de una superficie de 23,627.87 ft², con un ancho de 108.69 ft y un largo de 217.37 ft.

Las características hidráulicas de este humedal sub-superficial, aportaron un gradiente hidráulico de 11%, con una relación largo-ancho de 2, y una profundidad de lecho de 2.5 pies que es lo usual en diseño de humedales dentro de los parámetros establecidos para su mismo diseño, tenemos un caudal de entrada de 54,738 ft³/día, además dentro de las características del lecho tenemos una porosidad de 35% por el uso de plantas, el tamaño de las piedras empleadas para el diseño están entre 2-5 in, y la profundidad promedio del agua es de 2 pie.

Además, una conductividad hidráulica de 30,000 ft³/ft²/día con un factor de seguridad de 39% cuando reducimos esta conductividad al multiplicarla por su factor de seguridad es de 11,700, el área transversal del humedal es de 271.72 ft² y el caudal capaz de pasar por el sistema es de 365,599.56 ft³/día, muy superior al caudal de entrada por lo tanto cumple con los parámetros establecidos.

La separación de plantas es de 30 in, entre los centros debido a las raíces y 10-15 in, alrededor en las cuales se utilizarán dos tipos de planta macrófitas en función al rango efectivo del PH una de ellas es la totora (Typha) y la Junco (scirpus).

El instrumento del efluente de recolección será generalmente un tubo plástico perforado de 4 in que debe distribuir el flujo uniformemente a través del lecho. El lecho tendrá un forro impermeable.

5.3 Conclusiones

Luego de realizado el proyecto de investigación y estudiados los resultados se concluye que, para nuestro objetivo No.1, el sector cuenta con el servicio de agua potable, se abastece a partir de un acueducto que pertenece a la zona y a través de pozos tubulares.

Las viviendas cuentan con baños y letrinas. Todas las viviendas que cuentan con baños cuentan con cámaras sépticas, Las aguas residuales domesticas son vertidas en estas cámaras sépticas, las mismas no cuentan con filtrante séptico, acentuando así la problemática en cuanto a la salud de los comunitarios del sector.

Los pobladores del sector Inespre no cuentan con el conocimiento sobre el proceso que siguen las aguas domesticas una vez usadas en sus hogares, y el peligro que estas representan para la salud y el medio ambiente, dejando en evidencia la importancia de la educación ambiental y la concienciación sobre el tema de manera general.

En el sector Inespre se padecen varias enfermedades de origen hídrico, con niveles de frecuencia altamente alarmantes, lo cual debe ser un llamado de atención para las autoridades, a fin de remediar esta situación lo antes posible.

La calidad del agua es relativamente buena, esto, de acuerdo a la percepción de los comunitarios, para arribar a resultados con más precisión científica es primordial realizar análisis del agua y determinar su calidad de acuerdo a los parámetros establecidos por Salud Pública.

Para nuestro objetivo No.2, concluimos que; a partir del levantamiento topográfico del Sector Inespre, donde se ubicó el lugar más idóneo para el humedal artificial, además de que se tomó en cuenta la población futura, las calles que contiene el sector, el caudal y aportación en cada tramo, la alcantarilla, además de calcular la cota de nivel de cada una de las pendientes del Sector Inespre.

Se determinó que lo más viable es un alcantarillado centralizado con 22 registros, capaces de aguantar los porcentajes de aportación de aguas residuales domésticas, este alcantarillado este diseñado acuerdo a los parámetros establecidos en las normas del MOPC.

Para nuestro objetivo No.3, observamos qué la situación encontrada en el sector Inespre, permitió plantear el humedal artificial como la alternativa más factible para el tratamiento de las aguas de origen domésticos, este permitiría el aprovechamiento de las aguas

para la agricultura, incorporándola una vez tratada al sistema de riego en las proximidades del sector. Este sistema permitirá una operación eficiente, ya que puede operar sin consumo energético, así como también mantener sus operaciones, ya que son de bajo costo y sencilla.

En esta unidad de tratamiento, se espera lo que establece la Guía para el diseño y construcción de un humedal construido con flujos subsuperficiales, la cual nos expresa que; cuando se tiene una atención adecuada a las características de diseño hidráulico y teniendo la capacidad de eliminación de orgánicos, los sistemas deberán proporcionar la eliminación de la demanda de oxígeno bioquímico (BOD) entre un 85% y un 90%. Esto se traduce en cualidades anticipadas de efluente tan bajas como 5 mg/l.

5.4 Recomendaciones.

Para el sistema de alcantarillado, exhortamos las siguientes recomendaciones; tanto para el Ayuntamiento Municipal, las juntas de vecinos y la población en general;

Concientizar y educar, para un mejor manejo y aprovechamiento del sistema a desarrollar, con el propósito de evitar la contaminación y de esta manera llegar a mejorar la calidad de vida de los usuarios sin que exista un deterioro ambiental y contaminación del recurso hídrico. Se recomienda al Instituto Nacional de Agua Potable y Alcantarillado (INAPA), crear un plan para el buen manejo del sistema de red de alcantarillado y la unidad de tratamiento. Se le recomienda al Ministerio de Salud Pública y al Ministerio de Medio Ambiente, realizar una evaluación de impacto ambiental en la zona de estudio, para la implementación del proyecto.

Para el humedal, se recomienda elaborar e implementar un plan de acción para concientizar a la población del sector Inespre, Villa la Mata, sobre la contaminación de las aguas, el funcionamiento de la unidad de tratamiento y la importancia de la misma.

Se recomienda la contratación de un personal cualificado para:

- Limpieza de rejillas y canal de desarenación.
- Mantener en buenas condiciones el entorno de las plantas.
- Control de vegetación y maleza.
- Verificación de ingreso de caudal.
- Verificación del flujo en todo el humedal.
- Revisión periódicamente de la rejilla y limpieza de la canasta construida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFARO MELGAR, J. M., CARRANZA CISNEROS, J. L., & GONZÁLEZ, I. (2012). Diseño del sistema de alcantarillado sanitario, aguas lluvias y planta de tratamiento de aguas residuales para el área urbana del municipio de San Isidro, departamento de cabañas. En *Universidad del Salvador facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela de Ingeniería Civil*. Recuperado 7 de junio de 2023, de <https://ri.ues.edu.sv>
- Asprilla, W., Ramírez, J., & Rodríguez, D. (2020). Humedales artificiales subsuperficiales: comparación de metodologías de diseño para el cálculo del área superficial basado en la remoción de la materia orgánica. *Ingenierías USB Med*, 11(1), 65–73. <https://doi.org/10.21500/20275846.4558>.
- Batista, L., (2012). La diarrea es la principal de las enfermedades hídricas, Listín Diario, Recuperado: <https://www.diariolibre.com/actualidad/la-diarrea-es-la-principal-delas-enfermedades-hidricas-en-el-pas-GIDL332675>, (Acceso: Julio de 2023)
- Bembibre (octubre de 2010). Obtenido <https://www.definicionabc.com/general/transporte.php>
- Castro, R. y Pérez, R., (2009) saneamiento rural y salud/ Guía para acciones a nivel local capítulo 4. Guatemala.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2015), Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Zonas Rurales, Periurbanas y Desarrollos Ecoturísticos.
- Conagua. (2020). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento - Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado*. <https://files.conagua.gob.mx/conagua/mapas/SGAPDS-1-15-Libro4.pdf>
- CORPORACIÓN DEL ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE SANTO DOMINGO. (2014, febrero). *Normas de Diseño CAASD*. CAASD. Recuperado 26 de febrero de 2023, de <https://es.scribd.com/document/363779230/Normas-de-Diseno-CAASD>
- Dirección General de Epidemiología (DGE) (2012). Manual de procedimientos Estandarizados para la vigilancia Epidemiológica de la Leptospirosis, México.
- Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) (2007), Técnicas para la Instalación de Letrinas Sanitaria, Lima, Perú.
- Ecoembes. (2022, 24 mayo). ¿Qué es gestión sostenible del agua? *Ecoembes dudas del reciclaje*. <https://ecoembesdudasreciclaje.es/gestion-sostenible-del-agua/>

- Ecotelhado. (2014, 18 septiembre). *Cómo funciona un humedal artificial - Mecanismos de depuración*. Helecho Ecotelhado. Recuperado 26 de febrero de 2023, de <http://ecotelhado.com.co/humedal-artificial-como-funciona/>
- Ecoworking, (2015), Mala gestión de Aguas Residuales a nivel Mundial. Recuperado de <http://www.ecoworking.es>, (Acceso: Julio 2023)
- Estévez, C., Herrera Ascencio, P., & Tiribocchi, A. (2019). *Garantizar la disponibilidad de agua, su gestión sostenible y el saneamiento para todos Implementación de políticas públicas en América Latina y el Caribe*. 40.
- Fondo Agua Yaque del Norte. (2023, 24 febrero). *Humedales Artificiales*. <https://fondoaguayaque.org/humedales-artificiales/>
- Foro Centro Americano y de República Dominicana de Agua Potable y Saneamiento (FOCARD-APS), Cooperación Suiza en América Central Y Sistema de Integración Centroamérica y del Caribe (SICA), (2013) Gestión de las Excretas y Aguas Residuales en centro América y República Dominicana (Diagnóstico Regional), República Dominicana”.
- Gardey, A. (2011). Obtenido de <https://definicion.de/recoleccion/>
- INAPA. 2011. Sub-Dirección Ejecutiva. UEAR. Informaciones Generales sobre Sistemas de Agua Potable Descentralizados o en Proceso.
- Instituto Nacional de Aguas Potables y Alcantarillado [INAPA]. (2018). *Reglamento Técnico para Diseño de Obras e Instalaciones Hidro-Sanitaria del INAPA* (1.^a ed.). Santo Domingo.
- Lizana-Yarlequé, P. (2018). Tratamientos de aguas residuales para el casario villa palambla. Villa palambla .
- López, A. (2015). *Propuesta de Canalización y Planta de Tratamiento de la Cañada “El Semo” como medida de solución a las inundaciones del Municipio de Fantino, Provincia Sánchez Ramírez, 2015*. [Tesis de grado]. UCATECI, La Vega.
- Marcilla, A. (2014, 1 junio). *ALCANTARILLAS*. <https://www.academia.edu/4855162/ALCANTARILLAS>
- Merejo, K., Reyes, A., & Balbi, A. (2010). Investigación Exploratoria sobre el Funcionamiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (Planta de Tratamiento de Rafey). Trabajo de Grado. Universidad Autónoma de Santo Domingo, Santo Domingo, República Dominicana.
- Métodos para calcular la Población Futura*. (2019, noviembre). Recuperado 26 de febrero de 2023, de <https://idoc.pub/documents/idocpub-51439roo5g4j>

- Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA) (2009). Compendio informativo sobre enfermedades Hídricas, cooperación Bolivia y Alemania, La Paz, Bolivia.
- Ministerio para la Transición Ecológica. Tipos de vertido (2018), Recuperado: https://www.miteco.gob.es/gl/agua/temas/concesiones-y-autorizaciones/vertidos-deaguas-residuales/tipos_vertidos.aspx, España.
- Montilla, R. (2015). Obtenido de slideplayer.es: <https://slideplayer.es/slide/3882828/>
- Normas: NA-04. Norma Ambiental sobre Control de Descargas a Aguas Superficiales, Alcantarillado Sanitario y Aguas Costeras. (s.f.). Recuperado el 23 de febrero de 2023, de Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales: <http://www.ambiente.gob.do/Transparencia/Legal/Normas/NA-04.pdf>.
- Núñez, V. A. (2017). Biosistema natural para el tratamiento de las aguas residuales domésticas en el municipio de Santiago de los caballeros, república dominicana. Santiago, rep. Dom.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: Reutilización de aguas residuales urbanas puede favorecer a la agricultura y disminuir presión sobre los recursos naturales | FAO en República Dominicana | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.* (s. f.). <https://www.fao.org/republica-dominicana/noticias/detail-events/es/c/853938/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (2017). Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas, Las Aguas residuales el recurso desaprovechado.
- Organización Mundial de la Salud (OMS) 2014. Progresos en Materia de Agua Potable y Saneamiento.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS) 2005. Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización. Lima.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS) 2005. Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización. Lima.
- Osvaldo Liriano, Ronald Núñez y Jorge Reinoso. (2017). Análisis de la calidad de las aguas subterráneas en el municipio de Cotuí. Cotuí, Sánchez Ramírez.
- Perez López (2009) *Selección de plantas acuáticas para establecer humedales en el estado de Durango*, Chihuahua México.
- PoliestSur. (2018, 2 enero). *¿Qué son las aguas residuales domésticas?* poliestsur. <https://poliestersur.com/aguas-residuales-domesticas/>

- Polo E. y Palacios C.(27/abril/2015) Aguas residuales y su impacto en la salud. Lima, Perú.
Recuperado de <http://issuu.com>. (Acceso: Julio de 2023)
- R-008. (2010). En *Reglamento para el Diseño y la Construcción de Instalaciones Sanitarias en edificaciones.: Vol. Decreto No.572-10*. MOPC.
- Rosales, M. (2017, febrero). *Caudal Alcantarillas*. Scribd. Recuperado 26 de febrero de 2023, de <https://es.scribd.com/document/201776129/Caudal-Alcantarillas>
- Rodríguez, M., Konnerup, D., Brix, H., & Arias, C. (2020). Constructed Wetlands in Latin America and the Caribbean: A Review of Experiences during the Last Decade. *Water*, 12, 1744. <https://doi.org/doi:10.3390/w12061744>
- Ruiz Fallas, F. (2012). “*Gestión de las Excretas y Aguas Residuales en Costa Rica*” *Situación Actual y Perspectiva* [Tesis]. FOCARD - APS.
- Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARENA), (junio 2003). *Norma Ambiental Sobre Calidad de Agua y Control de Descargas*, Santo Domingo, República Dominicana.
- Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2004). *Norma ambiental sobre calidad de aguas subterráneas y descargas al subsuelo*. Santo Domingo.
- SIAPA. (2014, 2 enero). *Criterios y lineamientos técnicos para factibilidades. Alcantarillado Sanitario*. Lineamientos técnicos para factibilidades, SIAPA. Recuperado 26 de febrero de 2023, de https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_3._alcantarillado_sanitario.pdf
- Silva R., Á y Zamora Z., H. (2005). *Humedales artificiales*.
- Sociedad Geográfica De Lima. (2011). *Cartilla técnica: aguas subterráneas - acuíferos*. Lima, Perú.
- Tito, B. (2022, 8 octubre). *Humedales Artificiales para el tratamiento de aguas, usos*. Ingeniería Ambiental. <https://ingenieriaambiental.net/humedales-artificiales/>

ANEXOS

Anexo No.1 Cuestionario aplicado en el Sector Inespre.

 UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CIBAO ORIENTAL (UTECO) TESIS MAESTRIA: GESTION Y AUDITORIA AMBIENTAL GESTIÓN DE AGUAS RESIDUALES DEL MUNICIPIO DE VILLA LA MATA, SECTOR INESPRE*	
DATOS GENERALES	DATOS DE SANEAMIENTO
CASA No. _____ REFERENCIA: _____	ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
CALLE: _____	POZO TUBULAR ☐ ACUEDUCTO ☐
EDAD: _____ SEXO: M ☐ F ☐	VERTIDO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS
PERSONAS HABITAN EN LA CASA	CONTENES ☐ CAMARA SEPTICA ☐
3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 o más ☐	¿SABE HACIA DONDE VAN LAS AGUAS RESIDUALES DE LOS BAÑOS?
MATERIAL DE CONSTRUCCION DE LA CASA	SI ☐ NO ☐
MADERA ☐ BLOCK ☐	¿SU VIVIENDA CUENTA CON CAMARA SEPTICA?
	SI ☐ NO ☐
	MEDIDAS QUE TOMAS AL MOMENTO DE LLENAR SU CAMARA SEPTICA
	TAPARLA ☐ LIMPIAR ☐ OTRA NUEVA ☐
	¿POSEE UN FILTRANTE SEPTICO?
	SI ☐ NO ☐
	TIPO DE SANITARIO POSEE SU VIVIENDA
	BANO ☐ LETRINA ☐
DATOS DE SALUD	MEDIO AMBIENTE
¿CONOCE USTED ENFERMEDADES DE ORIGEN HIDRICO?	¿QUE PASA CON LA BASURA DE SU HOGAR?
SI ☐ NO ☐	LA RECOGE EL CAMION ☐ LA QUEMAN ☐ BASURERO ☐ OTRO ☐
¿HAN PADECIDO ALGUNA DE ESTAS ENFERMEDADES EN SU CASA?	¿CONSIDERA QUE ES DE CALIDAD EL AGUA DE SU CONSUMO?
SI ☐ NO ☐	SI ☐ NO ☐
¿CUAL DE LAS SIGUIENTES ENFERMEDADES HAN PADECIDO EN SU CASA?	¿CREE USTED QUE ES IMPORTANTE TRATAR LAS AGUAS RESIDUALES?
ENFERMEDADES DIARRÉICAS ☐ DE LA PIEL Y OJOS ☐	SI ☐ NO ☐
ENFERMEDADES FEBRILES ☐	¿APOYARIA USTED UN PROYECTO DESTINADO A TRATAR LAS AGUAS RESIDUALES, POR QUE?
¿CUÁNTAS VECES EN EL AÑO APROXIMADAMENTE?	SI ☐ NO ☐
FRECUENCIA EN EL AÑO: 1 A ☐ 3 A ☐ MÁS DE 3 ☐	
ENFERMEDADES DE LA PIEL Y OJOS: SI ☐ NO ☐	
FRECUENCIA EN EL AÑO: 1 A ☐ 3 A ☐ MÁS DE 3 ☐	
ENFERMEDADES FEBRILES: SI ☐ NO ☐	

Gráfico No. 24. **Fuente:** Elaborado por el equipo investigador.

Anexo No.2 Aguas residuales del Sector Inespre.

Gráfico No. 25



Gráfico No. 26



Grafico No. 27

Grafico No. 28

Fuente: Elaborado por el equipo investigador.

Anexo No. 3 – Agrimensor realizando levantamiento topográfico



Gráfico No. 29. **Fuente:** Elaborado por el equipo investigador.

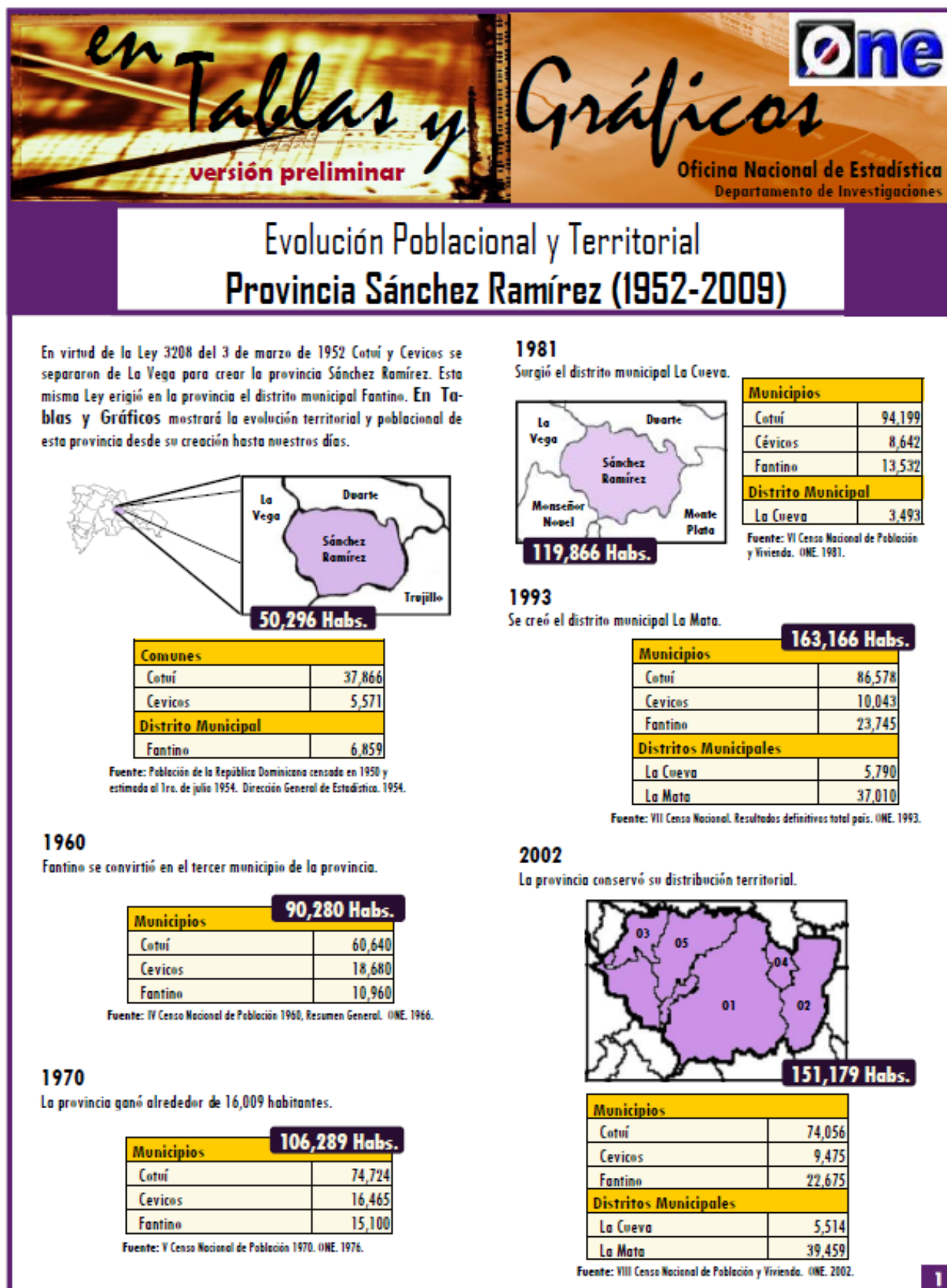


Gráfico No. 30. Agrimensor realizando el levantamiento topográfico de la zona para la ubicación del humedal artificial. **Fuente:** Elaborado por el equipo investigador.



Gráfico No. 31. Sustentantes junto al agrimensor. **Fuente:** Elaborado por el equipo investigador.

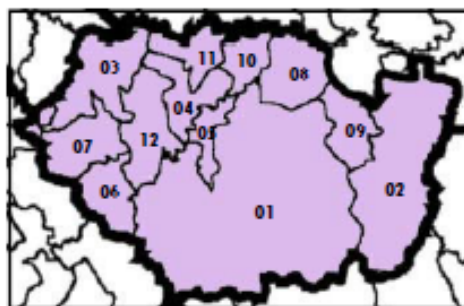
Anexo No.4 - Datos de censo de población de la provincia Sánchez Ramírez, municipio de Cotuí.



Sánchez Ramírez al 2009

Extensión Territorial
1,196.00 Km ² Vigésima primera provincia más extensa del país
Densidad Poblacional
126 Habs./Km ² Décimo quinta provincia más densamente poblada del país
Tasa de Crecimiento Intercensal 1993-2002
-7.35
Tasa de Crecimiento Acumulativa Anual
-0.82
Saldo Neto Migratorio
-5,299

Fuente: Cartografía. ONE. 2008.



Municipios	
01	Cotoí
02	Cevicos
03	Fantino
04	La Mata
Distritos Municipales	
05	Quita Sueño
06	Caballero
07	Comedero Arriba
08	Platanal
09	La Cueva
10	La Bija
11	Angelina
12	Hernando Alonzo

Fuente: División Territorial de la República Dominicana. ONE. 2008.

La provincia Sánchez Ramírez, compuesta inicialmente por dos municipios y un distrito municipal, cuenta en la actualidad con cuatro municipios y ocho distritos municipales.

Para 1960, la población de Sánchez Ramírez abarcaba el 2.96% de la población a nivel nacional (que era de 3,047,070 habitantes), en la actualidad representa alrededor del 1.77 de los 8,562,541 habitantes del país.

Gráfico No. 32. Fuente: Oficina Nacional de Estadística (ONE) (2023).

Anexo No. 5 - Plano topográfico del sector Inespre

**Anexo No. 6 - Plano de diseño de alcantarillado sanitario, sector Inespre,
Villa la Mata.**

Anexo No. 7 -Plano Catastral, sector Inespre, Villa la Mata.

Anexo No.8 CALCULO HIDRÁULICOS ALCANTARILLADO SANITARIO

		Población	Pendiente											
Calle 5		s.	Dotación	Qmed	Qmin	C.H (M)	Qminst	C.S	QMext	(S)	Diametro	m a cm		
Población	132	53	300	225	0.1381524	0.0690762	2.240741	0.3095638	1.5	0.4643458	0.0125	0.1233277	12.332766	
Población futura	164	102	300	225	0.2646483	0.1323241	1.9942532	0.5277757	1.5	0.7916635	0.0102389	0.1574587	15.745866	
			300	225	0.350562	0.1752809	1.8972977	0.6651202	1.5	0.9976803	0.0012563	0.2647901	26.479009	
Densidad lineal	0.83	135												
		164	300	225	0.427625	0.2138125	1.8326213	0.7836747	1.5	1.175512	0.0014006	0.2756313	27.563131	
Calle 4														
Población	108	4	300	225	0.0106577	0.0053289	3.3244193	0.0354308	1.5	0.0531461	0.0606061	0.0390249	3.9024924	
población futura	134	98	300	225	0.2562162	0.1281081	2.0058178	0.5139229	1.5	0.7708844	0.0166667	0.1410042	14.100415	
Densidad lineal	0.41	117	300	225	0.3035838	0.1517919	1.9461348	0.5908151	1.5	0.8862226	0.0022727	0.2240423	22.404226	
		130	300	225	0.3380331	0.1690165	1.9094933	0.6454719	1.5	0.9682078	0.01875	0.1501132	15.011321	
Drenaje			134	300	225	0.349875	0.1749375	1.8979522	0.664046	1.5	0.996069	0.0363636	0.1324124	13.241243
Población	12													
Población futura	15	15	300	225	0.038875	0.0194375	2.7803376	0.1080856	1.5	0.1621284	0.0047619	0.1007354	10.073535	
Densidad lineal	0.09													
Calle 3														
Población	78	86	300	225	0.2234509	0.1117255	2.0555596	0.4593167	1.5	0.688975	0.0087912	0.1540988	15.409876	

Población futura	97	97	300	225		0.2526875	0.1263438	2.0107951	0.5081028	1.5	0.7621542	0.0357143	0.1200187	12.001866
Densidad lineal	0.8													
Calle 2														
Población	162	182	300	225		0.4729415	0.2364707	1.8010868	0.8518087	1.5	1.277713	0.0113924	0.1848567	18.48567
Población futura	202	202	300	225		0.5248125	0.2624063	1.7693975	0.9286019	1.5	1.3929029	0.0235294	0.1645549	16.455487
Densidad lineal	1.17													
Calle 1														
Población	126	67	300	225		0.1752544	0.0876272	2.1472102	0.3763081	1.5	0.5644621	0.0171429	0.1244929	12.449294
Población futura	157	120	300	225		0.3127959	0.1563979	1.9358517	0.6055264	1.5	0.9082896	0.016129	0.1511132	15.111316
Densidad lineal	0.85	157	300	225		0.4081875	0.2040938	1.8474707	0.7541145	1.5	1.1311717	0.0093023	0.1839876	18.398758
Calle 6														
Población	36	28	300	225		0.0726193	0.0363096	2.5085067	0.182166	1.5	0.273249	0.0015625	0.1545697	15.456972
Población futura	45	30	300	225		0.0781447	0.0390723	2.4771181	0.1935736	1.5	0.2903604	0.0035714	0.1334472	13.344723
Densidad lineal	0.08	45	300	225		0.116625	0.0583125	2.3093798	0.2693314	1.5	0.4039971	0.004	0.1478545	14.785447

Anexo 1 - Cálculo Hidráulico

Calle 5		cm a in	a utilizar (IN)	Rh	Ch- coef. HW	Velocidad	Radio	Area	Caudal
Población	132	4.8554198	6	0.0381001	140	0.0341871	0.0762002	0.018241	0.0006236
Población futura	164	6.19916	8	0.0508001	140	0.0367941	0.1016002	0.0324285	0.0011932
Densidad lineal	0.83	10.424807	12	0.0762002	140	0.0152998	0.1524003	0.072964	0.0011163
		10.851626	12	0.0762002	140	0.0162249	0.1524003	0.072964	0.0011838
Calle 4									
Población	108	1.5364143	6	0.0381001	140	0.0801842	0.0762002	0.018241	0.0014626
Población futura	134	5.5513446	6	0.0381001	140	0.0399327	0.0762002	0.018241	0.0007284
Densidad lineal	0.41	8.8205612	10	0.0635001	140	0.0187858	0.1270003	0.0506695	0.0009519
		5.9099689	6	0.0381001	140	0.042555	0.0762002	0.018241	0.0007762
Drenaje		5.2130876	6	0.0381001	140	0.0608542	0.0762002	0.018241	0.00111
Población	12								
Población futura	15	3.9659588	6	0.0381001	140	0.0203017	0.0762002	0.018241	0.0003703
Densidad lineal	0.09								
Calle 3									

Población	78	6.0668802	6	0.0381001	140	0.0282694	0.0762002	0.018241	0.0005157
Población futura	97	4.7251441	6	0.0381001	140	0.060265	0.0762002	0.018241	0.0010993
Densidad lineal	0.8								
Calle 2									
Población	162	7.2778229	8	0.0508001	140	0.0389775	0.1016002	0.0324285	0.001264
Población futura	202	6.4785382	8	0.0508001	140	0.0576649	0.1016002	0.0324285	0.00187
Densidad lineal	1.17								
Calle 1									
Población	126	4.901297	6	0.0381001	140	0.0405448	0.0762002	0.018241	0.0007396
Población futura	157	5.9493371	6	0.0381001	140	0.0392318	0.0762002	0.018241	0.0007156
Densidad lineal	0.85	7.2436055	8	0.0508001	140	0.0349366	0.1016002	0.0324285	0.0011329
Calle 6									
Población	36	6.0854221	8	0.0508001	140	0.0133323	0.1016002	0.0324285	0.0004323
Población futura	45	5.2538281	6	0.0381001	140	0.0173806	0.0762002	0.018241	0.000317
Densidad lineal	0.08	5.8210422	6	0.0381001	140	0.0184775	0.0762002	0.018241	0.000337

Anexo 2 - Cálculo Hidráulic