



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE

CONSTRUCCIONES

Diseño del sistema de alcantarillado y evaluación de la capacidad hidráulica de la planta de tratamiento de aguas residuales para la comunidad de Sérrag, perteneciente a la parroquia de Ludo del cantón Sígsig, provincia del Azuay.

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE

CONSTRUCCIONES

Nombre de los Autores:

AMED CASTILLO MOLINA

DAVID CLINTON VINTIMILLA BUENO

Nombre del Director:

CHRISTIAN OSWALDO TORRES VÁZQUEZ

CUENCA, ECUADOR

2019

DEDICATORIA

Quiero agradecer a mi familia, que ha sido el pilar fundamental de mis logros, las fuerzas para levantarme una y otra vez a pesar de los diferentes traspiés a lo largo de mi carrera, gracias a ustedes, este logro que parecía inalcanzable se hizo realidad.

Mi padre, que con su paciencia, perseverancia y las palabras exactas, jamás me dejó darme por vencido, siempre estuvo allí para estirarme su mano cuando más lo necesite, su apoyo incondicional durante toda mi vida ha sido la base para hoy en día ser quien soy y demostrarme con su ejemplo que un momento malo no dura toda la vida, que solamente depende de uno el ponerse de pie.

Mi madre, tan inigualable e imparables como ninguna, que ha sabido llenarme de su afecto y darme lo mejor de lo mejor siempre, ha sido ese impulso para superarme y conseguir mis metas, gracias a esos valores que ha sabido inculcarme desde que nací, enseñándome que si uno no lucha por sus sueños nadie más lo va hacer, mi cómplice, mi todo, mi madre.

David Clinton Vintimilla Bueno

El presente trabajo de graduación quiero dedicarlo primeramente a Dios quien es la inspiración y mi fortaleza de mi corto camino por la vida.

A mis padres Antonio Castillo Orellana, y Susana Carmina Molina Orellana. Mis ejemplos de vida. Personas de lucha a quienes más admiro desde mi primer día de existencia y lo seguiré haciendo hasta el día de mi partida. Gracias por la resistencia, por las mejores palabras de aliento para levantarme en los momentos más difíciles y sentirme un héroe en los momentos de victoria.

A mis abuelos Antonio Castillo Mora, Carmen María Orellana Tacuri. Que ahora descansan al lado del creador. Mi inspiración y nostalgia. A quienes los conocí desde el primer día de mi existencia hasta el día de su partida. Sus consejos los llevo siempre presentes en la vida. Gracias por la fortaleza.

A mis abuelos Rogelio Jesús Molina Pérez, Teresita del Niño Jesús Orellana Galarza. Quienes han sembrado en este humilde ser las bases fundamentales de decisión y sabiduría para ser ahora la persona que soy

A mis hermanos que me han acompañado en este viaje que acaba de comenzar.

Amed Castillo Molina

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer principalmente a nuestras familias por brindarnos el apoyo y la confianza necesaria para conseguir las metas trazadas, de igual forma a nuestros amigos y compañeros forjados a lo largo de la carrera.

A nuestro director de tesis el Ing. Christian Oswaldo Torres Vázquez, por entregarnos su entera predisposición para orientar de la mejor manera nuestro trabajo de grado, de igual forma a nuestro tribunal, integrado por el Ing. Josué Larriva y el Ing. Xavier Fernández de Córdova, por su apoyo y ayuda con el avance de la misma. Al director de la escuela de Ingeniería Civil y Gerencia de Construcciones, el Ing. José Fernando Vázquez Calero, por su entusiasmo y paciencia.

Al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Sígsig, al igual que la comunidad de Sérrag, por brindarnos la oportunidad de formar parte de este proyecto y colaborar con las obras sanitarias programadas para el cantón.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

• DEDICATORIA.....	ii
• AGRADECIMIENTOS	iii
• ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
• ÍNDICE DE TABLAS	viii
• ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
• RESUMEN:.....	¡Error! Marcador no definido.
• ABSTRACT.....	¡Error! Marcador no definido.
• INTRODUCCIÓN	1
• INFORMACIÓN GENERAL.....	2
Antecedentes.....	2
Objetivos.....	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos	2
Alcance	3
Justificación	3
• CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DE LA ZONA	4
1.1. Descripción general de la zona	4
1.1.1. Ubicación geográfica	5
1.1.2. Área del proyecto y vías de acceso	5
1.1.3. Hidrología	10
1.2. Topografía de la zona	11
1.3. Temperatura.....	13
1.4. Uso de suelo	14
1.5. Tipo de sistema	19
1.6. Áreas de aportación	19
1.7. Aspectos socio-económicos.....	20
1.7.1. Encuestas realizadas en la comunidad de Sérrag	20
1.8. Análisis poblacional	23
1.8.1. Población actual	23

1.8.2. Población futura	24
• CAPÍTULO 2: CRITERIOS DE DISEÑO	27
2.1. Parámetros de diseño	27
2.1.1. Dotación	27
2.1.2. Profundidades.....	28
2.1.3. Velocidades.....	28
2.1.4. Pendientes	29
2.1.5. Diámetros de tubería	30
2.1.6. Tipos de tubería.....	30
2.1.7. Aguas de infiltración.....	30
2.1.8. Aguas Ilícitas.....	31
2.1.9. Periodo de diseño.....	31
2.2. Caudales de diseño	32
2.2.1. Caudal medio diario	32
2.2.2. Factor de mayoración.....	33
2.2.3. Caudal máximo horario.....	33
2.3. Necesidades de tratamiento	33
2.4. Sistema de tratamiento propuesto.....	34
2.5. Pozos y conexiones domiciliarias	34
• CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO	36
3.1. Generalidades	36
3.2. Sistema de red de alcantarillado sanitario	36
• CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO	39
4.1. Generalidades	39
4.2. Características del agua residual de Sérrag	43
4.3. Comparación de la carga actual con la de diseño	43
4.3.1 Tratamiento primario: decantación primaria mediante fosa séptica.	44
4.3.2 Filtro anaerobio de flujo ascendente.....	48
• CAPÍTULO 5: PRESUPUESTO ECONÓMICO DEL PROYECTO	52
5.1. Análisis de precios unitarios.....	52

5.2. Rubros y cantidades de obra.....	52
5.3. Presupuesto referencial.....	53
5.4. Especificaciones técnicas	53
• CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
• BIBLIOGRAFÍA	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Mapa de la cartografía base de la parroquia Ludo.....	5
Figura 1.2: Presencia de transporte (Buses) del cantón Sígsig.	8
Figura 1.3: Transporte que se utiliza en el cantón Sígsig.	8
Figura 1.4: Mapa vial de la parroquia Ludo.....	9
Figura 1.5: Zonas de precipitación de la parroquia Ludo.	10
Figura 1.6: Rango de pendientes de la parroquia Ludo.....	13
Figura 1.7: Zonas de temperatura de la parroquia Ludo.	14
Figura 1.8: Cobertura natural vegetal.	16
Figura 1.9: Pasto cultivado en la parroquia Ludo.	16
Figura 1.10: Cultivos en la parroquia Ludo.	17
Figura 1.11: Cobertura vegetal y uso actual de la tierra de la parroquia Ludo.	18
Figura 1.12: Número de miembros del grupo familiar.	20
Figura 1.13: Tipo de trabajo.	21
Figura 1.14: Ingresos económicos.....	21
Figura 1.15: Uso de edificación.	22
Figura 1.16: Tipo de edificación.	22
Figura 1.17: Tenencia de vivienda.	22
Figura 1.18: Instrucción del jefe de hogar.....	23
Figura 3.1: Zonas beneficiarias del servicio.	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Ubicación de las comunidades de la parroquia Ludo.	6
Tabla 1.2: Longitud de vías en la parroquia Ludo.	7
Tabla 1.3: Longitud de vías urbanas y rurales en la parroquia Ludo.	7
Tabla 1.4: Longitud de vías según capa de rodadura en la parroquia Ludo.	7
Tabla 1.5: Geolocalización de estaciones meteorológicas.	11
Tabla 1.6: Tipo, porcentaje y extensión de pendientes de la parroquia Ludo.	11
Tabla 1.7: Limitaciones y uso recomendado de pendientes.	12
Tabla 1.8: Superficie de cobertura de suelo de la parroquia Ludo.	15
Tabla 1.9: Proyección poblacional de la parroquia Ludo al año 2020.	24
Tabla 1.10: Fórmula de proyección geométrica.	25
Tabla 1.11: Calculo de la población futura para la comunidad de Sérrag.	25
Tabla 2.1: Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.	27
Tabla 2.2: Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.	28
Tabla 2.3: Velocidad máxima según el tipo de material de la tubería.	29
Tabla 2.4: Materiales de tuberías.	30
Tabla 2.5: Aporte de infiltración por longitud de tubería.	31
Tabla 2.6: Aporte de infiltración por área drenada.	31
Tabla 2.7: Distancias máximas entre pozos de revisión.	34
Tabla 2.8: Diámetros recomendados para pozos de revisión.	35
Tabla 3.1: Parámetros y criterios de diseño para el alcantarillado sanitario.	37
Tabla 4.1: Aportes per cápita para aguas residuales domésticas.	41
Tabla 4.2: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.	42
Tabla 4.3: Procesos de tratamiento y grados de remoción.	42
Tabla 4.4: Resultados de caracterización de aguas residuales en las comunidades de La Dolorosa y Hatabolo.	43
Tabla 4.5: Parámetros de diseño para fosa séptica de doble cámara para las comunidades de La Dolorosa y Hatabolo.	44
Tabla 4.6: Parámetros de diseño para fosa séptica de doble cámara de las comunidades de Sérrag, La Dolorosa y Hatabolo.	45
Tabla 4.7: Parámetros medios de la calidad del agua residual de la fosa séptica de doble cámara para las comunidades de Sérrag, La Dolorosa y Hatabolo.	47

Tabla 4.8: Comparación entre fosa séptica diseñada y fosa séptica con la incorporación de la nueva red de alcantarillado sanitario de la comunidad de Sérrag.....	47
Tabla 4.9: Parámetros de diseño filtro anaerobio de flujo ascendente de las comunidades de La Dolorosa y Hatabolo.	48
Tabla 4.10: Parámetros de remoción para filtro anaerobio de flujo ascendente de las comunidades de La Dolorosa y Hatabolo	49
Tabla 4.11: Parámetros de diseño filtro anaerobio de flujo ascendente de las comunidades de Sérrag, La Dolorosa y Hatabolo.	50
Tabla 4.12: Parámetros de remoción para filtro anaerobio de flujo ascendente de las comunidades de Sérrag, La Dolorosa y Hatabolo.	50
Tabla 4.13: Comparación entre filtro anaerobio de flujo ascendente con la incorporación de la nueva red de alcantarillado sanitario de la comunidad de Sérrag	51

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Encuestas realizadas a la comunidad de Sérrag.

Anexo 2 Levantamiento de información.

Anexo 3 Cálculos del diseño de la red de alcantarillado sanitario.

Anexo 4 Planos de planta y perfil de la red de alcantarillado sanitario.

Anexo 5 Evaluación de la planta de tratamiento.

Anexo 6 Presupuesto.

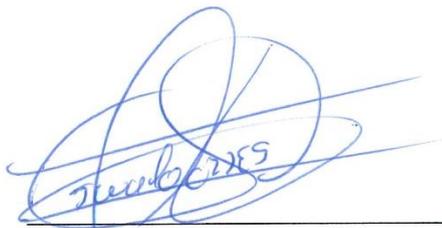
Anexo 7 Manual de mantenimiento.

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y EVALUACIÓN DE LA
CAPACIDAD HIDRÁULICA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SÉRRAG,
PERTENECIENTE A LA PARROQUIA DE LUDO DEL CANTÓN SÍGSIG,
PROVINCIA DEL AZUAY.**

RESUMEN:

Se buscó diseñar un sistema de alcantarillado apropiado para la eliminación de aguas residuales de la comunidad de Sérrag, ya que no cuenta con una infraestructura sanitaria adecuada, contribuyendo a la proliferación de enfermedades y contaminación en la zona. La topografía del proyecto es muy accidentada, por ello se realizó una única red ramificada de alcantarillado para que junto con la red proveniente de las comunidades de La Dolorosa y Hatabolo, desemboque en la planta de tratamiento de aguas residuales diseñada para estas comunidades. Sin embargo, no puede ser descargada, debido al aporte extra de caudal, donde se verificó que, la calidad del agua tratada no cumpliría con los límites permisibles. Por consiguiente, se recomendó el rediseño de la misma.

Palabras Clave: Alcantarillado, aguas residuales, fosa séptica, filtro anaerobio, planta de tratamiento.



Christian Oswaldo Torres Vázquez
Director del Trabajo de Titulación



José Fernando Vázquez Calero
Director de Escuela



Amed Castillo Molina
Autor



David Clinton Vintimilla Bueno
Autor

**DESIGN OF THE SEWING SYSTEM AND EVALUATION OF THE
HYDRAULIC CAPACITY OF THE WASTEWATER TREATMENT PLANT
FOR THE SÉRRAG COMMUNITY OF THE LUDO PARISH, SÍGSIG
CANTON, PROVINCE OF AZUAY.**

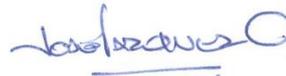
ABSTRACT:

The aim of this study was to design an appropriate sewerage system for the disposal of wastewater from the Sérrag community. This does not have an adequate sanitary infrastructure, contributing to the proliferation of diseases and pollution in the area. The topography of the project is very rugged, so a single branched sewer network was made with the network from the communities of La Dolorosa and Hatabolo to flow into the wastewater treatment plant designed for these communities. However, it cannot be discharged due to the extra flow rate, where it was verified that the quality of the treated water would not meet the permissible limits. Therefore, its redesign was recommended.

Keywords: Sewer, sewage, septic tank, anaerobic filter, treatment plant.



Christian Oswaldo Torres Vázquez
Thesis Director



José Fernando Vázquez Calero
Faculty Director



Amed Castillo Molina
Author



David Clinton Vintimilla Bueno
Author



Translated by
Ing. Paúl Arpi

Trabajo de Titulación

Ing. Christian Oswaldo Torres Vázquez, M.Sc.

OCTUBRE, 2019

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y EVALUACIÓN DE LA
CAPACIDAD HIDRÁULICA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES PARA LA COMUNIDAD DE SÉRRAG,
PERTENECIENTE A LA PARROQUIA DE LUDO DEL CANTÓN SÍGSIG,
PROVINCIA DEL AZUAY.**

INTRODUCCIÓN

Un sistema de alcantarillado consiste en una cadena de redes de tuberías y trabajos complementarios para transportar y evacuar las aguas negras pertenecientes a una localidad determinada. Si no se contara con este servicio, los habitantes y el medio ambiente podrían verse perjudicados debido a la contaminación y proliferación de enfermedades. La etapa final de las aguas residuales es la planta de tratamiento, en la cual mediante varios procesos (físicos, químicos y biológicos) se busca reducir los contaminantes presentes en la misma, cumpliendo con las respectivas normas vigentes.

Con la finalidad de satisfacer las necesidades básicas, mejorar la calidad de vida y desarrollo de las comunidades, el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Sígsig ha realizado el convenio con la Escuela de Ingeniería Civil y Gerencia en Construcciones de la Universidad del Azuay para realizar el diseño de las redes de alcantarillado sanitario y evaluación de la planta de tratamiento para la comunidad de Sérrag, parroquia Ludo, cantón Sígsig, provincia del Azuay.

La calidad de vida en la comunidad de Sérrag se ha visto afectada, debido a que no cuenta con la infraestructura sanitaria apropiada para la evacuación de sus aguas residuales domésticas, provocando una relación discordante con el medio ambiente y el desarrollo de enfermedades en la zona.

INFORMACIÓN GENERAL

Antecedentes

Al no existir un sistema apropiado de aguas residuales en la comunidad de Sérrag, sino solamente el manejo de las mismas a través de fosas sépticas, existe un claro problema sobre el destino final de las mismas. La población y medio ambiente se han visto afectados debido a las condiciones insalubres presentes en la zona, reflejando así la necesidad de proyectos de infraestructura sanitaria. La comunidad no cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, por ello se realizará la evaluación de la capacidad hidráulica de una planta de tratamiento diseñada para dos comunidades aledañas, La Dolorosa y Hatabolo, más la incorporación de la comunidad de Sérrag, donde si se pudiera tratar este nuevo caudal en la dicha planta, ayudaría a prevenir enfermedades, la contaminación del suelo y fuentes hídricas de la zona.

Una gran parte de los habitantes pertenecientes a la comunidad de Sérrag corresponden al grupo de kichwa de la sierra, cabe indicar que, debido a su historia, Sígsig tiene una identificación con la población Cañarí. La ganadería, agricultura y remesas provenientes de inmigrantes son las principales fuentes de ingreso de sus habitantes; además, los productos lácteos son muy reconocidos en la zona.

Objetivos

Objetivo general

Realizar los diseños de una red de alcantarillado y la evaluación de la capacidad hidráulica de una planta de tratamiento ya diseñada para una comunidad cercana, para que las aguas residuales de la comunidad de Sérrag, parroquia de Ludo del cantón Sígsig, provincia del Azuay, puedan ser evacuadas correctamente, mejorando la calidad de vida de sus pobladores y la conservación ambiental del río en la zona de descarga.

Objetivos específicos

- Levantamientos topográficos de la zona de estudio.

- Recopilar y levantar la información necesaria para la elaboración del proyecto, como encuestas y datos existentes de la zona.
- Análisis de alternativas.
- Diseño del alcantarillado.
- Evaluación de la capacidad hidráulica de la planta de tratamiento anteriormente diseñada, cerca de la zona del proyecto.
- Realización del presupuesto.

Alcance

El presente trabajo de titulación de acuerdo con los objetivos planteados, busca ayudar con la solución a los inconvenientes suscitados mediante el diseño de redes de alcantarillado sanitario para la comunidad de Sérrag, de la parroquia de Ludo, provincia del Azuay.

Justificación

Al no existir la infraestructura adecuada para la evacuación de aguas negras en la comunidad de Sérrag, el GAD del cantón Sígsig mediante el presente estudio busca mejorar y satisfacer las necesidades de sus habitantes a través del diseño de redes de alcantarillado sanitario y la evaluación de la planta de tratamiento, para evitar así la transmisión de afecciones que perturben la salud de la población.

El crecimiento poblacional en los próximos años de la comunidad y la contaminación presente justifican claramente la elaboración del proyecto. Es de vital importancia brindar un servicio óptimo que mejore la calidad de vida de sus habitantes, reduciendo la proliferación de enfermedades y siendo más amigable con el medio ambiente.

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

1.1. Descripción general de la zona

El proyecto de diseño del sistema de alcantarillado sanitario y evaluación de la capacidad hidráulica de la planta de tratamiento de aguas residuales para la comunidad de Sérrag, pertenece a la Parroquia de Ludo del Cantón Sígsig, Provincia del Azuay, ubicada en la zona Austral del País.

Delimitando de la siguiente manera:

- Al noreste con las parroquias San Bartolomé, Sígsig y Cuchil.
- Al noroeste con el cantón Cuenca con su parroquia Quingeo.
- Al sureste con la parroquia Cuchil y Jima.
- Al suroeste con la parroquia San José de Raranga.

La parroquia Ludo forma parte de la regional seis de las unidades de planificación nacional de la Secretaría Nacional de Planificación Desarrollo (SENPLADES), siendo también una de las siete parroquias del cantón Sígsig. La extensión de la parroquia alcanza las 7677,26 ha.

Según sus ordenanzas de creación, la parroquia Ludo no presenta límites detallados, los registros oficiales 240 y 241 del 18 y 19 de septiembre de 1939, no presentan coordenadas geográficas por lo que no se puede realizar trazos detallados de la parroquia, por esta razón se trabaja con el límite establecido por el Instituto Especial Ecuatoriano (IEE), basado en el Comité Nacional de Límites (CONALI) (GEOLIDERAR, 2015).

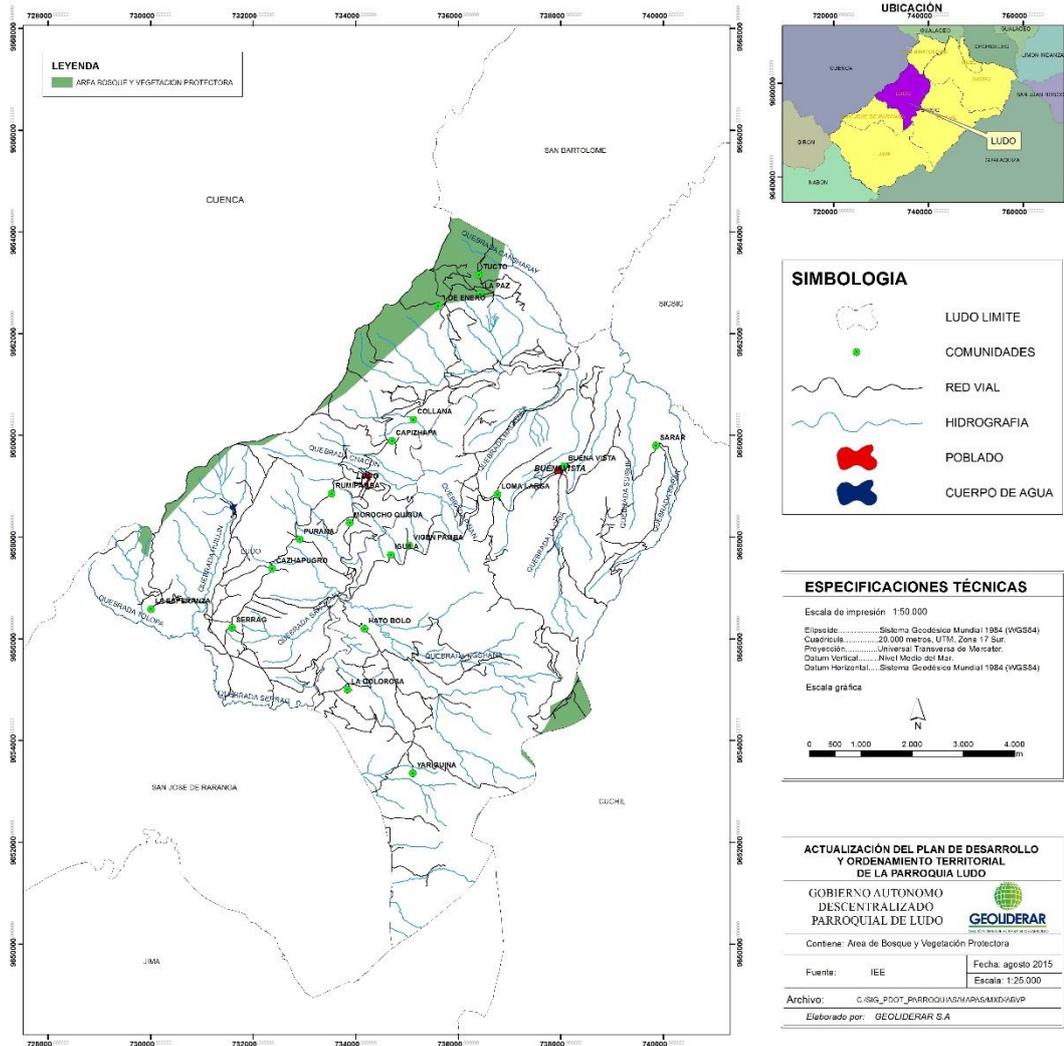


Figura 1.1: Mapa de la cartografía base de la parroquia Ludo.

Fuente: (GEOLIDERAR, 2015)

1.1.1. Ubicación geográfica

La comunidad de Sérrag, perteneciente a la parroquia de Ludo del cantón Sígsig, provincia del Azuay, se encuentra ubicada geográficamente entre las coordenadas (WGS84), Latitud Norte: 9656215 m S, Latitud Este: 731593 m E, en la Zona 17M (GEOLIDERAR, 2015).

1.1.2. Área del proyecto y vías de acceso

La parroquia de Ludo cuenta con una extensión que alcanza las 7677,26 ha, comprendida por 19 comunidades. No existe una delimitación comunitaria para la parroquia, por lo que las comunidades estarán referidas a un punto determinado, más no se presentarán con un área definida.

La delimitación utilizada para el presente cuadro fue tomada de la base cartográfica generada por el Instituto Espacial Ecuatoriano, por lo que los trazos realizados en esta delimitación no representan los límites oficiales de la parroquia (GEOLIDERAR, 2015).

Tabla 1.1: Ubicación de las comunidades de la parroquia Ludo.

Comunidad	X	Y
YARIGUIÑA	735117	9653356
LA DOLOROSA	733844	9655001
HATABOLO	734178	9656193
SERRAG	731593	9656215
LA ESPERANZA	730012	9656583
CAZHAPUGRO	732373	9657377
IGUILA	734691	9657651
VIGEN PAMBA	735048	9657834
PURANA	732912	9657953
MOROCHO QUIGUA	733887	9658278
LOMA LARGA	736771	9658840
RUMIPAMBA	733534	9658852
BUENA VISTA	738073	9659395
SARAR	739860	9659796
CAPIZHAPA	734710	9659891
COLLANA	735128	9660309
1 DE ENERO	735609	9662543
LA PAZ	736437	9662777
TUCTO	736408	9663157

Fuente: (GEOLIDERAR, 2015)

El estudio del inventario vial realizado por el GAD Municipal de Síg sig en el año 2012, describe la situación real de la vialidad de la parroquia Ludo, informando con especificidad los parámetros de longitud y calidad de las vías urbanas y rurales, parámetros e indicadores que solicita la guía metodológica para la formulación y diagnóstico del eje de movilidad.

En la (Tabla 1.2), se indica que la longitud de las vías en la parroquia es de 55020 metros, representando el 12% del total del cantón (446035 metros).

Tabla 1.2: Longitud de vías en la parroquia Ludo.

Longitud de vías		
Parroquia	Longitud vías (m)	%
Ludo	55020	12
Total, general	446035	

Fuente: (GEOLIDERAR, 2015)

Las vías urbanas y rurales construidas en la parroquia Ludo del cantón Sígsig, cuenta con un total de 55020 metros de longitud. De estas, 53920 metros son rurales y 1100 metros son urbanas, representando respectivamente el 98% y el 2% del total. Lo mencionado se muestra en la (Tabla 1.3):

Tabla 1.3: Longitud de vías urbanas y rurales en la parroquia Ludo.

Longitud de vías urbanas y rurales		
Parroquia	Longitud vías (m)	%
Ludo	55020	12
Rurales	53920	98
Urbanas	1100	2
Total, general	446035	

Fuente: (GEOLIDERAR, 2015)

En la parroquia existe 339 metros de vías adoquinadas, que presenta el 1% del total de la vialidad parroquial. Las vías lastradas cuentan con 50026 metros de longitud, dando un 91%. Finalmente, existen 4655 metros de vías de tierra, que corresponde al 8%. A continuación, se puede observar los indicadores de vialidad en la parroquia, donde el 99% de las vías son lastradas y de tierra.

Tabla 1.4: Longitud de vías según capa de rodadura en la parroquia Ludo.

Longitud de vías según capa de rodadura		
Parroquia Ludo	Longitud vías (m)	%
Adoquinado	339	1
Lastrado	50026	91
Tierra	4655	8
Total, general	55020	100

Fuente: (GEOLIDERAR, 2015)

En el cantón Sígsig el 53% de la población en las parroquias y comunidades son beneficiados con el servicio de transporte. Por el contrario, el 47% de la población no cuenta con accesibilidad al mismo.

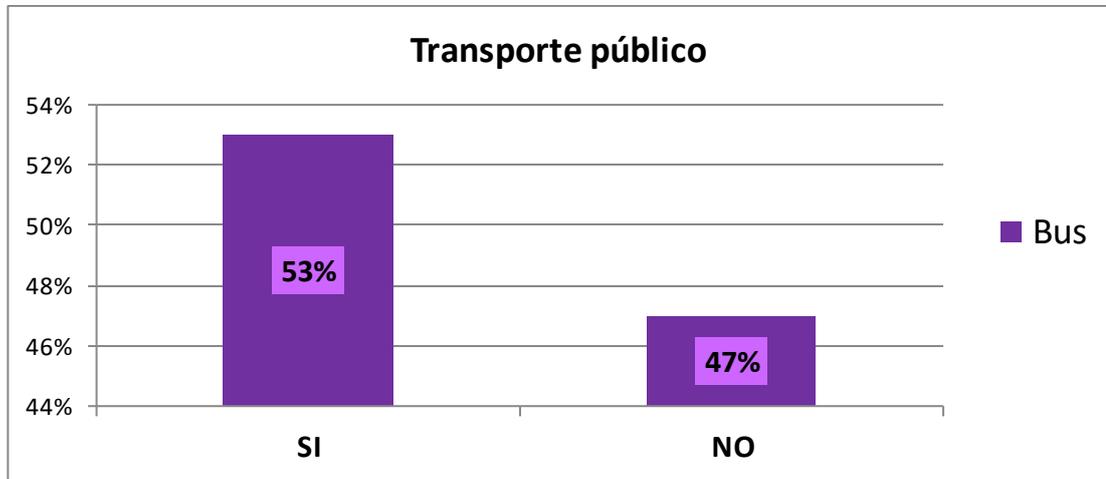


Figura 1.2: Presencia de transporte (Buses) del cantón Sígsig.

Fuente: (GEOLIDERAR, 2015)

Como otra medida de transporte, los habitantes pueden acudir al servicio de camionetas de alquiler, las cuales están disponibles en las seis parroquias del cantón Sígsig y en el centro cantonal. Se brinda servicio a la mayoría de las comunidades de cada parroquia, especialmente en las rutas que no cubren los buses de transporte público, dando un 28% de cobertura a las comunidades y parroquias que utilizan este medio de transporte.

A continuación, se puede visualizar que la población se moviliza por medio de buses en un 24%, el 20% se moviliza a pie, el 15% en animales y el 13% utilizan moto.

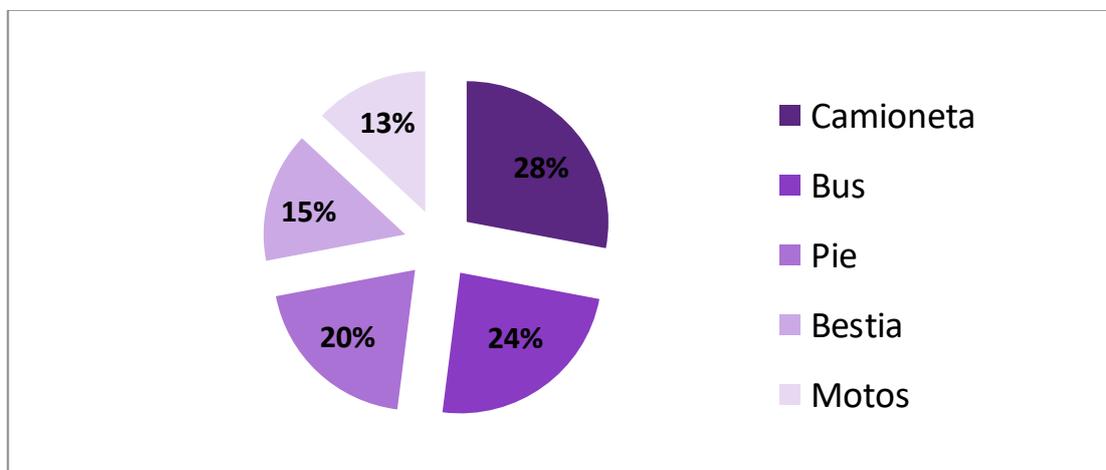


Figura 1.3: Transporte que se utiliza en el cantón Sígsig.

Fuente: (GEOLIDERAR, 2015)

El Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Sígsig (2015), manifiesta que actualmente la parroquia cuenta con una cobertura de transporte público por medio de las cooperativas Sígsig, Austrorutas y Transmilagro, mismas que asumen tres frecuencias en la mañana y en la tarde, respectivamente. A más de ello, la parroquia posee el servicio de camionetas que llegan a todas las comunidades alejadas de la carretera principal. El valor por el servicio desde el centro parroquial al centro cantonal es de \$20 dólares aproximadamente, el cual se considera muy alto en relación a la distancia que existe entre el centro parroquial hasta la cabecera cantonal de Sígsig. Por otro lado, los buses de transporte público cobran un valor de \$1,25 dólares por persona. (GEOLIDERAR, 2015).

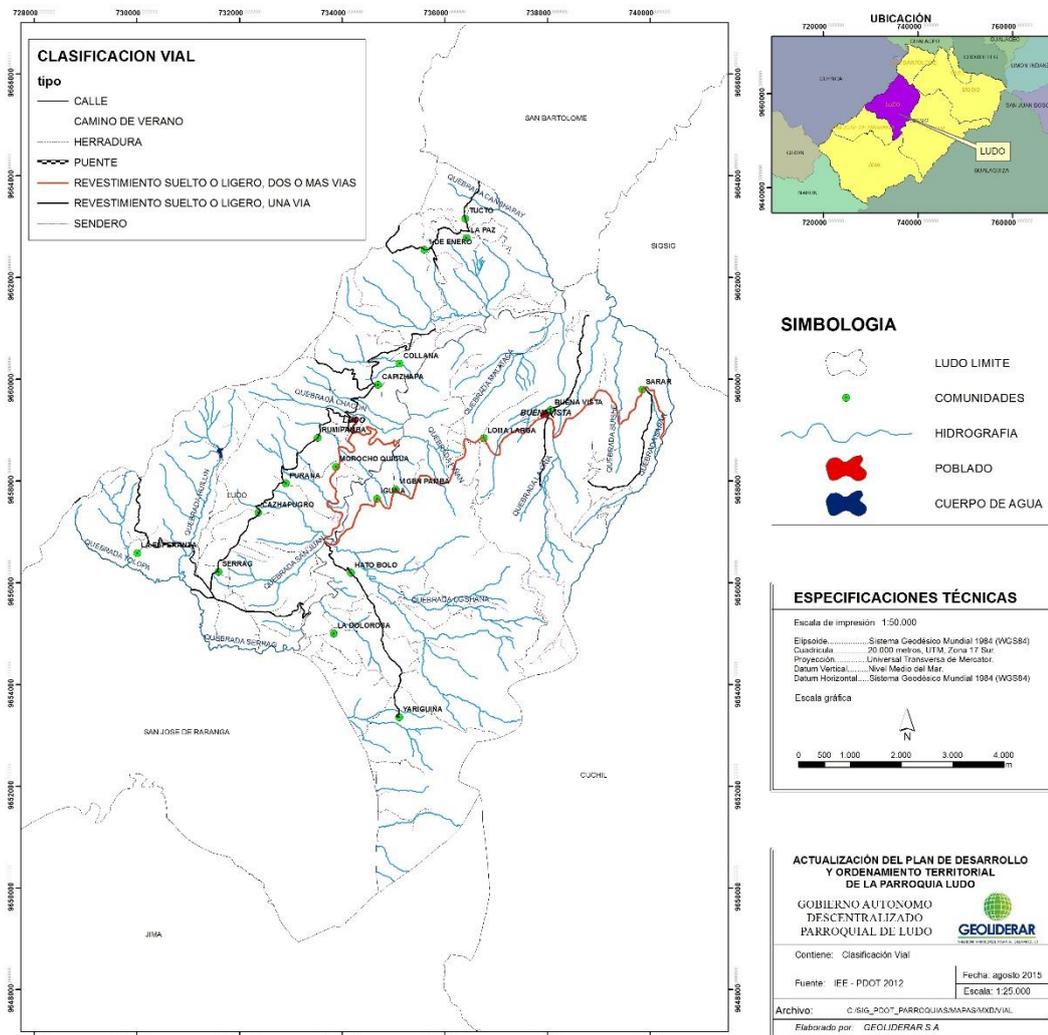


Figura 1.4: Mapa vial de la parroquia Ludo.

Fuente: (GEOLIDERAR, 2015)

1.1.3. Hidrología

El mapeo de la zona realizado por el Instituto Especial Ecuatoriano (2013), dio a conocer la precipitación del cantón Sígsig, utilizando tres estaciones meteorológicas con datos de resolución mensual. La geolocalización de las estaciones en WGS84 UTM 17 SUR, se detallan a continuación:

Tabla 1.5: Geolocalización de estaciones meteorológicas.

Código	Nombre	N (m)	E (m)	Intensidad (mm/mes)
M424	SÍGSIG INAMHI	9662443	745825	728,37
M664	SÍGSIG INECEL	9662474	745856	557,70
M669	GIMA	9646504	727354	673,04

Fuente: Autores

Los resultados proporcionados por los mapas de isoyetas presentan cambios en sus niveles de precipitación, donde la zona de mayor precipitación varía entre los rangos de 700 a 900 mm y está ubicada en los límites con Jima, San José de Raranga y Cuchil (700 – 800 mm). La mayor parte del territorio de la parroquia (800 – 900 mm).

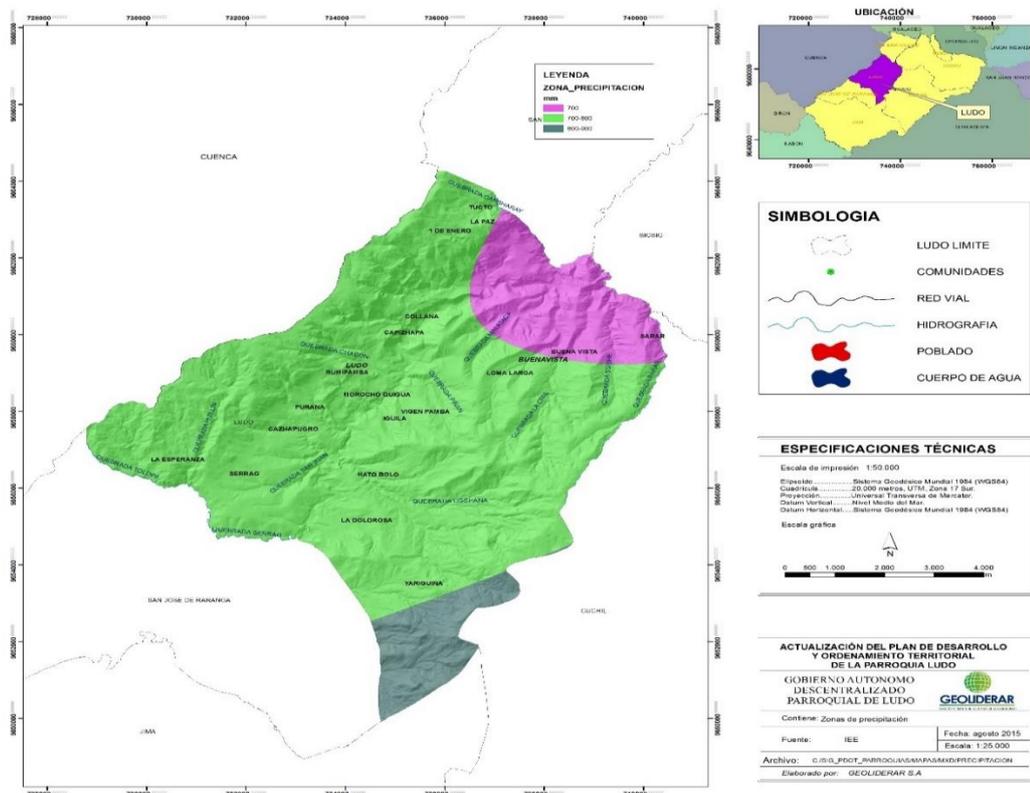


Figura 1.5: Zonas de precipitación de la parroquia Ludo.

Fuente: (GEOLIDERAR, 2015)

Las bajas precipitaciones provocan un problema de productividad a la parroquia, debido a la dificultad de almacenamiento de agua para las plantaciones ahí presentes durante los periodos secos (GEOLIDERAR, 2015).

1.2. Topografía de la zona

Para la realización del mapa de pendientes se utilizó el Modelo Digital de Elevación (MDE) generado por MAG-SIG TIERRAS (2014).

Con los datos obtenidos de la reclasificación de las pendientes, se puede observar que las de mayor presencia en el territorio están comprendidas en los rangos 25% – 50%, representando el 45,73% (3510 ha) del territorio de la parroquia, y limitando las actividades antrópicas en la zona debido a la estructura topográfica. Los rangos de pendiente 0% - 2%, 2% - 5%, 5% - 12%, suman apenas el 5,92% del territorio y abarcan una superficie de 454,42 ha, estando estos en condiciones para realizar actividades agro-productivas sin limitaciones.

Se visualiza también otro dato importante con respecto a las pendientes fuerte y muy fuerte, las cuales abarcan el 27,82% del territorio, siendo estas zonas de estricta conservación. Podemos constatar también que muchos asentamientos humanos se encuentran cercanos a estas pendientes abruptas, limitando así su capacidad de extensión y consolidación (GEOLIDERAR, 2015).

Tabla 1.6: Tipo, porcentaje y extensión de pendientes de la parroquia Ludo.

Descripción	Pendiente %	Área ha	Porcentaje %
Muy suave	0 – 2	15,02	0,20
Muy suave	2 – 5	62,28	0,81
Suave	5 – 12	377,12	4,91
Media	12 – 25	1576,36	20,53
Media a fuerte	25 – 50	3510,90	45,73
Fuerte	50 – 70	1362,66	17,75
Muy fuerte	Mayor a 70	772,89	10,07
Total		7677,23	100

Fuente: (GEOLIDERAR, 2015)

El Ministerio del Ambiente (MAE) en el estudio realizado por la empresa GEOLIDERAR S.A (2015), presenta recomendaciones y limitaciones para el

adecuado uso del territorio, con referencia a sus pendientes. Lo mencionado es ilustrado en la siguiente (Tabla 1.7) (GEOLIDERAR, 2015).

Tabla 1.7: Limitaciones y uso recomendado de pendientes.

Pendiente	Limitaciones	Uso recomendado
Pendiente débil del 0 al 5%.	Ninguna. Buena para todas las operaciones de mecanización, suelos sin piedras y muy adecuado para riego.	Agricultura sin limitaciones para todo tipo de cultivo.
Pendiente suave del 5 al 12% con micro relieve con ondulaciones irregulares.	La mecanización es posible pero no para todas las operaciones o todos los tipos de máquinas, hay algunas restricciones para regar.	Agricultura sin limitaciones para todo tipo de cultivo.
Pendiente regular del 12 al 25%, o irregular con micro relieve.	La mecanización es posible pero solamente para algunos tipos de maquinaria, restricciones y dificultades para riego.	Cultivos con obras de conservación, terrazas de formación lenta (hortícola, papas maíz, frutales).
Pendiente fuerte 25% y de menos del 50 %.	Posible mecanizar en algunos lugares, pero dificultad para la mayoría, hay enormes dificultades para regar, hay peligro de erosión y cultivos con obras de conservación de alto costo.	Cultivos con obras de conservación de terrazas de banco (frutales maíz, hortalizas) sistemas agroforestales.
Pendiente muy fuerte de 50 a 70%.	Mecanización imposible para todas las operaciones de cultivo, hay peligro de erosión y deslizamiento, son suelos mezclados de materiales varios sobre las pendientes, mejor reforestar y conservar.	Solo potreros naturales con sistemas silbo pasturas y plantaciones forestales.

Fuente: (GEOLIDERAR, 2015)

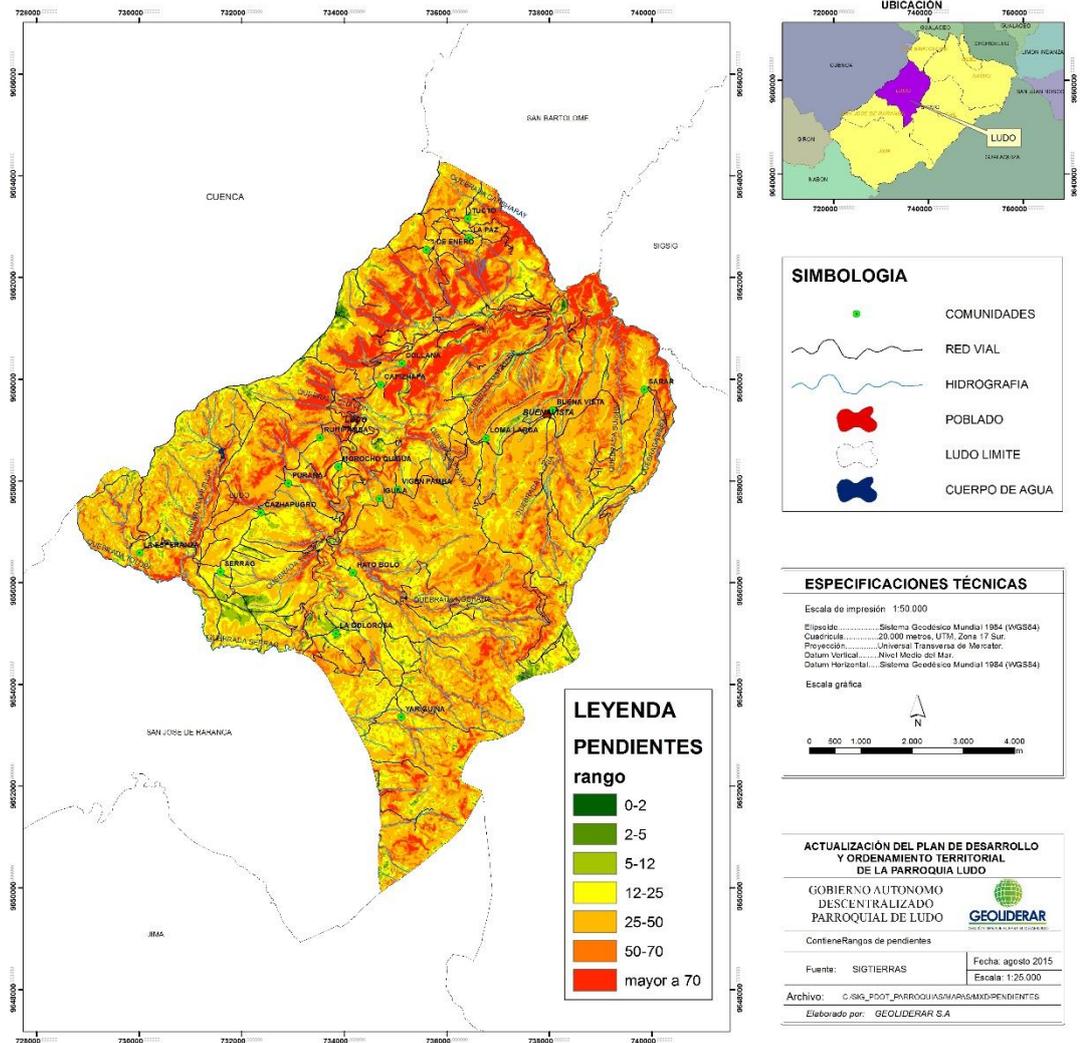


Figura 1.6: Rango de pendientes de la parroquia Ludo.

Fuente: (GEOLIDERAR, 2015)

1.3. Temperatura

Es una magnitud relacionada con la rapidez del movimiento de las partículas que constituyen la materia. Según el mapa relacionado a las isotermas de la parroquia Ludo realizado por el Instituto de Estudios Ecuatorianos (IEE 2013), las temperaturas oscilan entre los 9°C en zonas de temperaturas muy bajas y 17°C para temperaturas altas, en promedios anuales.

Las zonas con temperaturas más bajas, entre los 9 y 10°C en promedios anuales, se ubican en la zona de los límites con el cantón Cuenca y la parroquia Cuchil. La temperatura empieza ascender conforme se avanza a las zonas centrales del territorio. Las temperaturas más altas se registran en las riberas del río Bolo Pamar, alcanzando los 16 y 17°C en promedios anuales. Es de mucha importancia recalcar que la mayoría

de las comunidades se encuentran en las zonas más cálidas de la parroquia. Por otra parte, las comunidades Tucto, La Paz y Primero de Enero se localizan en las zonas de menor temperatura (GEOLIDERAR, 2015).

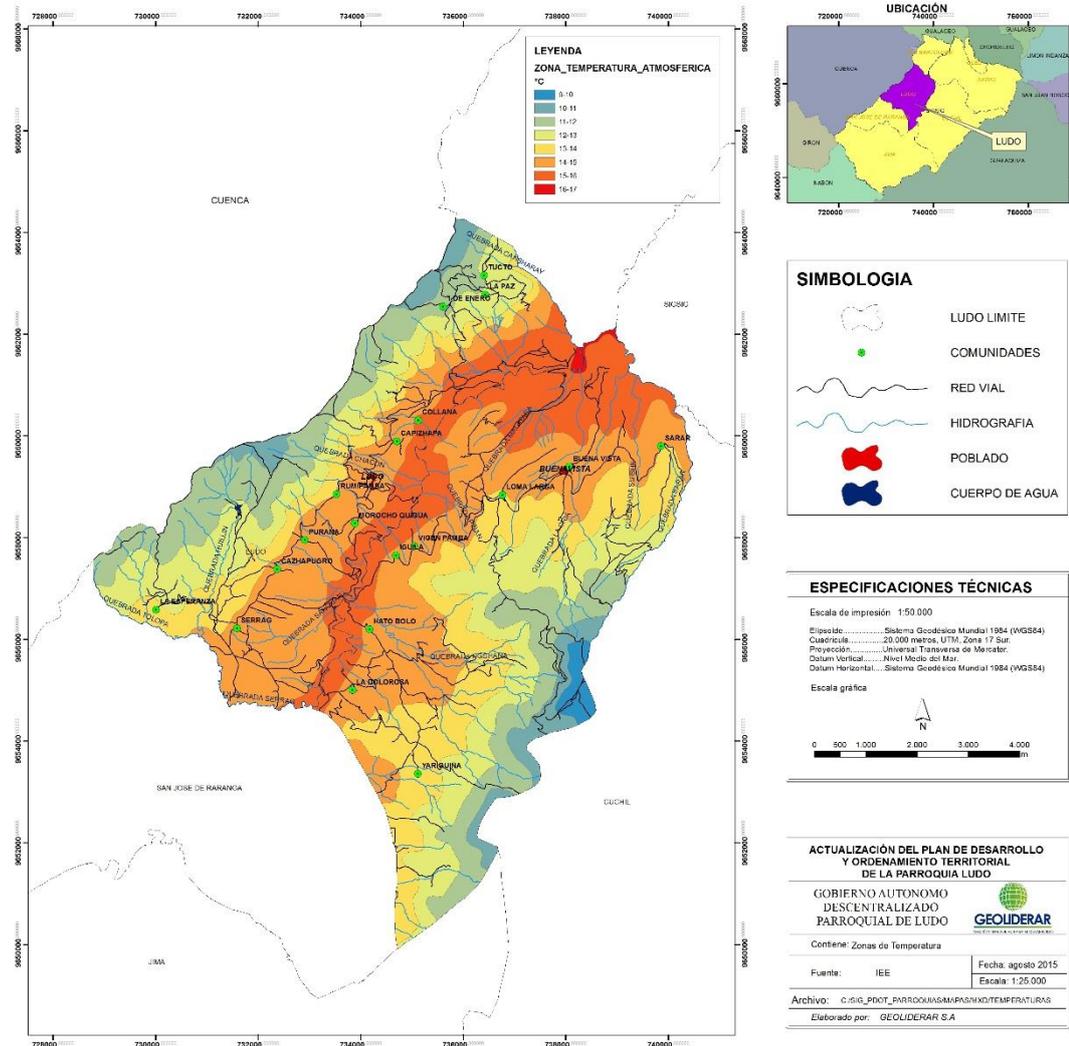


Figura 1.7: Zonas de temperatura de la parroquia Ludo.

Fuente: (GEOLIDERAR, 2015)

1.4. Uso de suelo

La parroquia Ludo cuenta con 7677,20 ha de superficie total, de la cual el 39,66% posee una cobertura vegetal natural. Las agro-actividades de la zona están representadas por cultivos de maíz, frejol, cultivos de ciclo corto, papa, explotaciones pecuarias y plantaciones forestales de pino. La superficie restante de la parroquia está comprendida por zonas pobladas e improductivas.

Tabla 1.8: Superficie de cobertura de suelo de la parroquia Ludo.

Superficie de cobertura y uso de la parroquia Ludo				
Símbolo	Cobertura	Uso	Área (ha)	Porcentaje (%)
TDb	Barbecho	Agrícola	1,71	0,02
Catp	Papa		8,41	0,11
CACm-Calf	Maíz-frejol	Agropecuario mixto	285,57	3,72
MXb	Misceláneo indiferenciado		11,26	0,15
Mpa	Pasto cultivado con presencia de árboles		30,27	0,39
MPz	Pasto cultivado con presencia de maíz		1862,18	24,26
ANg	Lago/Laguna	Agua	1,57	0,02
ANr	Río doble		16,04	0,21
IUp	Centro poblado	Antrópico	2,12	0,03
BHm	Bosque húmedo medianamente alterado	Conservación y protección	194,53	2,53
BHma	Bosque húmedo muy alterado		43,54	0,57
MHm	Matorral húmedo medianamente alterado		890,48	11,60
MHp	Matorral húmedo poco alterado		158,68	2,07
PHp	Páramo herbáceo medianamente alterado		0,59	0,01
MHma	Matorral húmedo muy alterado		1589,75	20,71
PHp	Páramo herbáceo poco alterado		167,11	2,18
VHma	Vegetación herbácea húmeda muy alterada		Conservación y producción	1059,88
PC	Pasto cultivado	Pecuario	1191,02	15,51
TBP9	Eucalipto	Protección o producción	23,20	0,30
TBP20	Pino		25,25	0,33
OSr	Área en proceso de erosión	Tierras improductivas	106,95	1,39
OSl	Área erosionada		7,10	0,09
Total			7677,20	100

Fuente: (GEOLIDERAR, 2015)

Cobertura natural

La mayor parte de la superficie de la parroquia Ludo está comprendida por cobertura vegetal natural, es decir por páramo, bosque, matorral y vegetaciones herbáceas.



Figura 1.8: Cobertura natural vegetal.

Fuente: (GEOLIDERAR, 2015)

Pasto Cultivado

La falta de manejo del pasto cultivado es una característica primordial del mismo. La actividad principal en Ludo es la ganadería de producción de leche, y en un porcentaje menor la producción de carne. Ray – Grass (*Lolium multiflorum*) es el pasto principal encontrado en el cantón, cuenta con 1,19 ha, ocupadas en el territorio parroquial y redistribuido en las comunidades La Esperanza, Sarar y La Dolorosa primordialmente.

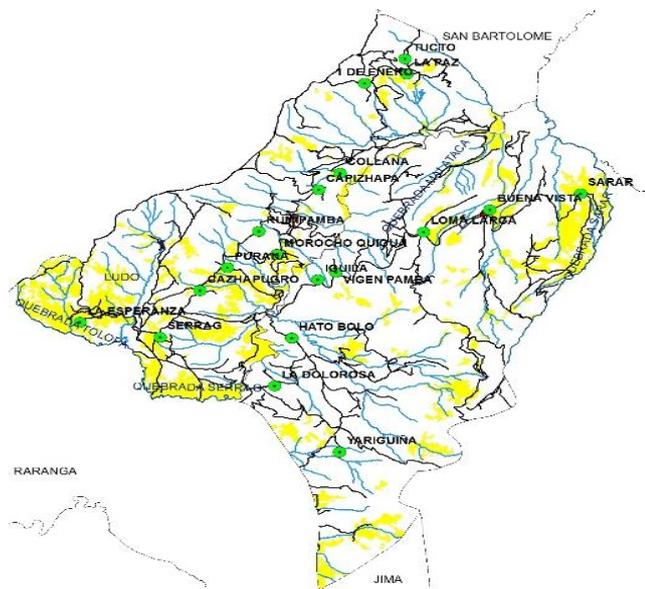


Figura 1.9: Pasto cultivado en la parroquia Ludo.

Fuente: (GEOLIDERAR, 2015)

Cultivos

Maíz y frejol son los principales productos de cultivo destinados para el autoconsumo, y alimentación de animales menores en su mayor parte. Cabe recalcar que el maíz en la mayoría de los casos es cosechado seco y en mote.

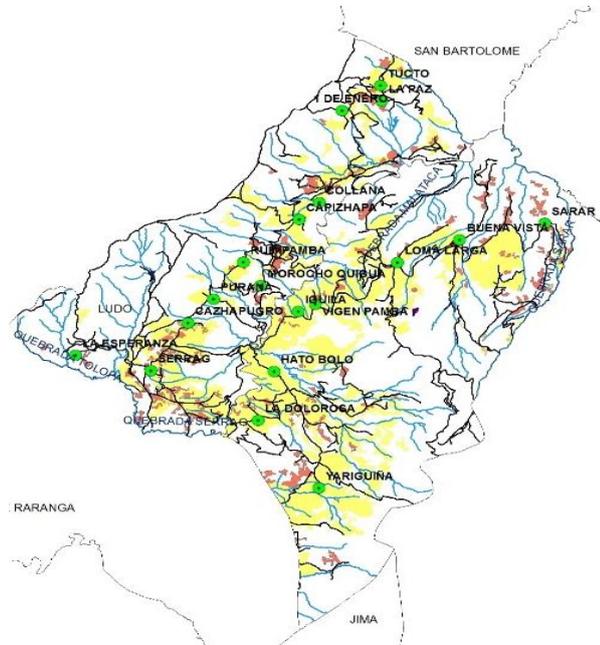


Figura 1.10: Cultivos en la parroquia Ludo.

Fuente: (GEOLIDERAR, 2015)

El pasto cultivado con presencia de árboles y maíz prevalece por toda la parroquia. Tiempos lluviosos son esenciales para el cultivo del maíz y fréjol, que se establecen en los primeros meses del año. Los cultivos en su gran mayoría no poseen agua de riego, dependiendo del agua de lluvia para su crecimiento.

Plantaciones Forestales

Ubicados en zonas con alta pendiente y zonas con páramo, con alturas superiores a los 3000 m.s.n.m., ocupan una superficie de 48,45 ha. Predominan en su totalidad plantaciones de pino y eucalipto, equitativamente distribuido por toda la parroquia.

El ex CREA mediante su programa de reforestación en los años 70's potenció las plantaciones forestales con pino (*Pinus Patula*), con fines de explotación maderera. Estas plantaciones se ubican generalmente en paramos y zonas altas. Adicionalmente, se considera que actualmente la gente se siente motivada a reforestar ciertas zonas en el Cantón Sígsig con plantas nativas, sustituyendo a ciertas especies introducidas.

Caracterización del uso de la tierra

La superficie total de la parroquia es de 7677,20 ha. Una gran parte de ella, el 39,66% (3044 ha), está destinada para uso de protección y conservación. Cuenta con extensiones cubiertas por cobertura vegetal natural, donde se encuentran presentes remanentes de páramo herbáceo, bosque húmedo y matorral húmedo.

El uso agropecuario mixto se da en 2189,29 ha. Es decir, el 28,25% de la parroquia, se encuentra ocupado por asociaciones de cultivos de maíz, fréjol y los semipermanentes de pasto cultivado con presencia de maíz, entre los principales. El uso pecuario ocupa 1191,01 ha, representando el 15,51% de la superficie.

El Ray – Grass (*Lolium multiflorum*) es el pasto cultivado en su mayoría. Posee una extensión de 1059,88 ha. La vegetación herbácea húmeda, conservación y producción, pertenecen al 13,10% de la superficie total del territorio.

El pino (*Pinus Patula*) y el eucalipto (*Eucalyptus Globulus*) representan el 0,63% de la superficie del Cantón (48.44 ha), siendo utilizados para protección o producción.

La agricultura (10,12 ha), ocupa el 0,13% del territorio, su principal cultivo es el maíz.

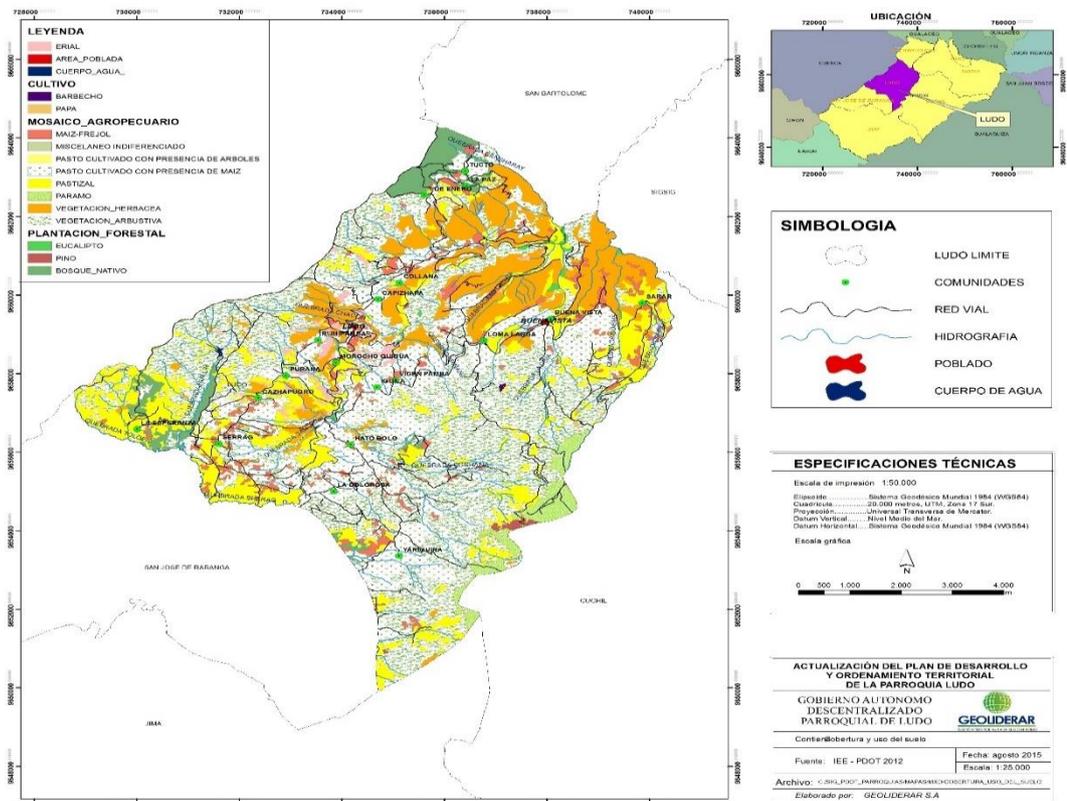


Figura 1.11: Cobertura vegetal y uso actual de la tierra de la parroquia Ludo.

Fuente: (GEOLIDERAR, 2015)

1.5. Tipo de sistema

Los diversos servicios presentes como internet, electricidad, alcantarillado, vialidad, etc., ya sea en una zona urbana o rural, van a depender de las necesidades de su población, la economía o la importancia de la zona. El alcantarillado sanitario permite conducir las aguas residuales ya sean estas domésticas o industriales, generadas por una población hacia su disposición final.

Existen diversos métodos para la recolección de las aguas residuales mediante sistemas de alcantarillado sanitario. Estos pueden ser separados, combinados o mixtos.

El sistema de recolección separado consiste en dos redes diferentes de tuberías, una para el manejo de las aguas residuales y otra para las aguas lluvia. Un sistema de recolección combinado transporta las aguas residuales y lluvias en una misma tubería. Por otra parte, un sistema de recolección mixto abarca tanto el sistema separado como combinado, dentro de una misma área.

Complementario a la evacuación de las aguas residuales es necesario recolectar y transportar la escorrentía superficial generada por la precipitación mediante un sistema de alcantarillado pluvial, el cual transporta estas aguas lluvia hacia un cauce natural o hacia una planta de tratamiento para que sean tratadas y aprovechadas de la mejor forma.

Existen varios factores para determinar el sistema adecuado para una zona, el cual, dependiendo de las necesidades de la población, su tamaño, su economía, y la topografía del sector. Debido a que en Sérrag la población no es muy elevada, y la topografía es accidentada, se realizará el diseño de la red de alcantarillado sanitario separado, de uso doméstico para la comunidad.

1.6. Áreas de aportación

Se calculará a partir de los levantamientos topográficos de los terrenos, dividiendo en varias superficies el área original del sector, trazando diagonales o bisectrices en la misma. Estas áreas determinarán la distribución equivalente de los caudales sanitarios en cada tramo de las redes de alcantarillado. Así mismo, resulta imprescindible conocer el número de personas por vivienda que resultarán favorecidas con el proyecto.

1.7. Aspectos socio-económicos

A través de encuestas realizadas en la comunidad de Sérrag, especialmente a las personas encargadas del hogar, se conoció diferentes aspectos socioeconómicos y la carencia de un servicio básico como es el alcantarillado sanitario. La gran mayoría de sus habitantes destina las aguas servidas de sus hogares a pozos sépticos, los cuales se encuentran al límite de su capacidad. Es por esto que es necesario implementar un sistema de alcantarillado sanitario.

Conforme a las encuestas realizadas en la comunidad de Sérrag, las principales fuentes de ingresos económicos son la agricultura y la ganadería, especialmente la elaboración de productos lácteos.

1.7.1. Encuestas realizadas en la comunidad de Sérrag

El objetivo principal de la encuesta realizada en el mes de abril del 2019 en la comunidad de Sérrag, parroquia de Ludo del cantón Sígsig, provincia del Azuay, es conocer el número de habitantes. Del análisis se obtuvo que actualmente existen 680 habitantes, en su mayoría adultos, mayores de 18 años (Figura 1.12).



Figura 1.12: Número de miembros del grupo familiar.

Fuente: Autores

Los ingresos económicos de la comunidad provienen principalmente de la ganadería y la agricultura, siendo en su gran mayoría un trabajo permanente (Figura 1.13). Esto ha impulsado a la comunidad a querer formar su propia línea de productos lácteos a partir de la leche. Por otra parte, también existen ingresos económicos por medio de la migración, pero mínimamente (Figura 1.14).

Tipo de trabajo

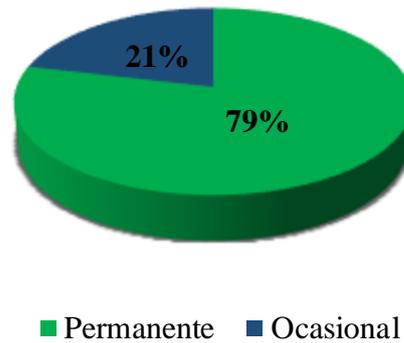


Figura 1.13: Tipo de trabajo.

Fuente: Autores

Ingresos económicos

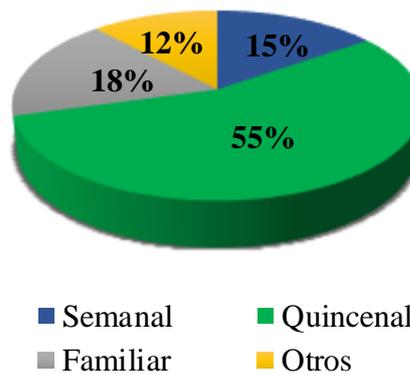


Figura 1.14: Ingresos económicos.

Fuente: Autores

La gran mayoría de edificaciones en la comunidad de Sérrag son destinadas para viviendas, y en un menor número para comercios, ya sea de tiendas, ferreterías o combinadas. En base a la inspección realizada, se pudo observar que las edificaciones cuentan solamente con una y dos plantas (Figuras 1.15 y 1.16).

La tenencia de las viviendas casi en su totalidad es propia, salvo seis domicilios que se les arrienda exclusivamente a profesoras que trabajan en el centro educativo de la comunidad (Figura 1.17).

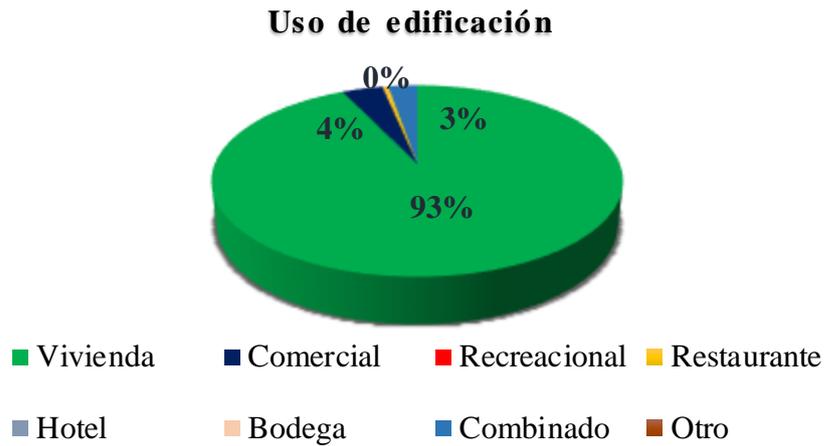


Figura 1.15: Uso de edificación.

Fuente: Autores



Figura 1.16: Tipo de edificación.

Fuente: Autores



Figura 1.17: Tenencia de vivienda.

Fuente: Autores

En Sérrag el 50% de sus habitantes cuenta con instrucción educativa primaria, 33% no la tiene, el 12% con instrucción secundaria y un 4% con superior (Figura 1.18). Se espera que las nuevas generaciones incrementen estos porcentajes de instrucción educativa y así poder mejorar la economía de la zona, ya que la educación es un factor indispensable para lograrlo.



Figura 1.18: Instrucción del jefe de hogar.

Fuente: Autores

La comunidad de Sérrag cuenta con abastecimiento de agua potable y energía eléctrica pública. La recolección de basura se realiza a través de su vía principal, la cual es de lastre al igual que sus ramificaciones. La comunidad no cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario ni pluvial, por lo que para la evacuación de sus aguas servidas utilizan en su gran mayoría fosas sépticas, encontrándose estas al borde de su capacidad. Es por ello que un servicio básico como el sistema de alcantarillado sanitario es primordial para la comunidad y su desarrollo.

1.8. Análisis poblacional

El alcance del sistema de alcantarillado depende de la población que resultará beneficiada por el mismo y de su distribución en el sector. Es por ello que es indispensable para el cálculo del caudal de diseño conocer el número de habitantes a los cuales se les brindara el servicio.

1.8.1. Población actual

Mediante la encuesta socioeconómica realizada en la comunidad de Sérrag, se determinaron 680 personas. Una vez realizada la tabulación pertinente de los datos y

al número de viviendas encuestadas (184 viviendas) se obtuvo un promedio de 3,70 habitantes por vivienda, por lo que se ha tomado un valor de 4 habitantes por vivienda.

1.8.2. Población futura

Se utilizará el método de proyección geométrica para calcular la población futura en función de la tasa de crecimiento. Para este caso se emplea el 1% para la región sierra, y un período de vida útil de 20 años para este tipo de proyectos (Normas de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el Área rural. (CO 10.7-602), 2014).

Según las proyecciones realizadas por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2010), la parroquia Ludo tiene una tendencia poblacional creciente pero para el período 2010-2020 esta ha disminuido. El período inicia con una tasa de crecimiento de 1% mientras que para el final disminuye a 0,66%. Se consideraron variables como: migración interna y externa, tasas de natalidad y mortalidad, tomando como año base el año 2014 para la realización de las proyecciones (SNI, 2010).

Tabla 1.9: Proyección poblacional de la parroquia Ludo al año 2020.

Año	Población estimada
2010	3508
2011	3543
2012	3578
2013	3612
2014	3644
2015	3676
2016	3706
2017	3735
2018	3764
2019	3791
2020	3816

Fuente: (SNI, 2010)

Con el fin de obtener un resultado confiable, se ha optado por aplicar la tasa de crecimiento poblacional del 1% recomendada por la (Normas de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el Área rural. (CO 10.7-602), 2014).

Tabla 1.10: Fórmula de proyección geométrica.

Método	Fórmula
Geométrico	$Pf = Pa * (1 + r)^n$

Fuente: (Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. (CO 10.7-601), 2014)

Pf= Población futura o de diseño (hab).

Pa= Población actual (hab).

r= Tasa de crecimiento poblacional (%).

n= Periodo de diseño.

A continuación, se muestra el cálculo de la población futura para la comunidad de Sérrag:

Tabla 1.11: Calculo de la población futura para la comunidad de Sérrag.

Población actual (Habitantes)	Año	Número de años (n)	Población futura Geométrico r=1%
680	2019	0	680
680	2020	1	687
680	2021	2	694
680	2022	3	701
680	2023	4	708
680	2024	5	715
680	2025	6	722
680	2026	7	729
680	2027	8	736
680	2028	9	744
680	2029	10	751
680	2030	11	759
680	2031	12	766
680	2032	13	774
680	2033	14	782
680	2034	15	789
680	2035	16	797
680	2036	17	805
680	2037	18	813
680	2038	19	822
680	2039	20	830

Fuente: Autores

Una vez que se determinó la población futura (830 habitantes) y el área de aportación (78,07 ha), se procede a encontrar la densidad poblacional que es de 11 hab/ha.

$$Dp = \frac{P}{A} \quad (\text{Ecu 1.1})$$

Donde:

Dp = Densidad poblacional (hab/ha)

P= Población (hab)

A= Área tributaria (ha)

CAPÍTULO 2

CRITERIOS DE DISEÑO

2.1. Parámetros de diseño

Para el dimensionamiento de las redes de alcantarillado sanitario de la comunidad de Sérrag, se basará en las Normas de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el Área rural (CO 10.7-602) (2014a). Y las Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes (CO 10.7-601) (2014b).

2.1.1. Dotación

Es la cantidad de agua usada en cada una de las actividades que se efectúan en una comunidad, comunmente expresada en litros por habitante por día (López-Cualla, 2003). En las (Tablas 2.1 y 2.2) se muestran los diferentes niveles de servicio aplicables para la selección de la dotación.

Tabla 2.1: Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.

Nivel	Sistema	Descripción
0	AP EE	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económica del usuario.
Ia	AP EE	Grifos públicos Letrinas sin arrastre de agua
Ib	AP EE	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño. Letrinas sin arrastre de agua
IIa	AP EE	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa Letrinas con o sin arrastre de agua
IIIb	AP ERL	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo/casa Sistema de alcantarillado sanitario
Simbología utilizada: AP: Agua potable EE: Eliminación de excretas ERL: Eliminación de residuos líquidos		

Fuente: (Normas de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el Área rural. (CO 10.7-602), 2014)

Tabla 2.2: Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.

Nivel de servicio	Clima frío (lt/hab*día)	Clima cálido (lt/hab*día)
Ia	25	30
Ib	50	65
IIa	60	85
IIb	75	100

Fuente: (Normas de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el Área rural. (CO 10.7-602), 2014)

La comunidad de Sérrag se encuentra en la región Sierra Sur del Ecuador, caracterizándose especialmente por sus elevaciones montañosas y su clima frío. Como ya se mencionó anteriormente, la temperatura de la comunidad oscila entre los 9 y 17°C. Además, de las visitas in-situ, se observó que los domicilios tienen más de un grifo.

Por lo tanto, se tiene que para la comunidad de Sérrag el nivel de servicio a utilizar es el IIb, es decir conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa y sistema de alcantarillado sanitario. Para la dotación, basándose en el nivel de servicio IIb y que la comunidad pertenece a un clima frío, se tiene una dotación de 75 (lt/hab*día).

2.1.2. Profundidades

La red de alcantarillado sanitario deberá estar situada por debajo de la red de agua potable, dejando una altura libre de 0,30 m cuando estas estén paralelas y de 0,20 m cuando se crucen. Se instalará a una profundidad mínima de 1,20 m con respecto a la rasante de la calzada para que garantice seguridad frente a cargas externas, y para que permita descargar libremente las conexiones domiciliarias. No obstante, en zonas verdes, vías peatonales o de tráfico liviano, la profundidad mínima podría reducirse hasta 0,75 m para terrenos planos (Normas de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el Área rural. (CO 10.7-602), 2014) (López-Cualla, 2003).

2.1.3. Velocidades

Por lo general cuando se trabaja con caudales menores al caudal de diseño, los sólidos transportados en las aguas residuales proceden a sedimentarse. Es por ello que para evitar dichos percances se diseñan las tuberías basándose en criterios de velocidad

mínima, la cual se recomienda no menor a 0,45 m/s. La velocidad máxima dependerá del material de la tubería.

En caso de que no se pueda diseñar las tuberías con características de auto limpieza y no se pueda cumplir con la velocidad mínima, se deberá ejecutar un plan de mantenimiento y operación para realizar la limpieza periódica de los tramos de la red (López-Cualla, 2003) (Normas de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el Área rural. (CO 10.7-602) (2014).

Es importante conocer para el diseño del alcantarillado los límites máximos de velocidad para evitar la abrasión de la tubería, para ello la velocidad máxima no deberá ser mayor a 5 m/s para cualquier tipo de material de la tubería, por lo que se ha tomado un valor de 4,50 m/s debido a que el material de la tubería es de PVC (López-Cualla, 2003).

Tabla 2.3: Velocidad máxima según el tipo de material de la tubería.

Material	Velocidad máxima m/s	Coefficiente de rugosidad
Hormigón simple:		
Con uniones de mortero.	4	0,013
Con uniones de neopreno para nivel freático alto	3,50 – 4	0,013
Asbesto cemento	4,50 – 5	0,011
Plástico	4,50	0,011

Fuente: (Normas de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el Área rural. (CO 10.7-602), 2014)

2.1.4. Pendientes

Para la elección de las pendientes de las tuberías es recomendable que la misma se encuentre en función de la topografía del terreno; sin embargo, cuando se presentan velocidades mínimas se procede a tener en cuenta pendientes mayores para evitar el arrastre de sedimentos. Las pendientes muy pronunciadas podrían incrementar el costo del proyecto generando un mayor gasto de excavación, a más de ocasionar altas velocidades que generarían un problema de abrasión en las tuberías. Lo más

recomendable es tratar de lograr diseños que se adapten en lo posible a la superficie del terreno.

2.1.5. Diámetros de tubería

El diámetro mínimo de las tuberías de la red de alcantarillado será de 200 mm, según las Normas de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el Área rural (CO 10.7-602) (2014). En alcantarillado simplificado o poblaciones pequeñas, puede justificarse la reducción a 150 mm, tomando este como un diámetro mínimo (López-Cualla, 2003).

2.1.6. Tipos de tubería

Para la disposición referente al material a utilizarse en un alcantarillado se consideran factores como las características fisicoquímicas de las aguas y su septicidad, la agresividad, características del terreno, las cargas externas, la abrasión y otros factores que puedan afectar la integridad del conducto.

Tabla 2.4: Materiales de tuberías.

Material	Velocidad máxima (m/s)	Coefficiente de rugosidad
Hormigón simple con uniones de mortero	4	0,013
Con uniones de neopreno para nivel freático alto.	3,50 – 4	0,013
Asbesto cemento	4,50 – 5	0,011
Plástico	4,50	0,011

Fuente: (Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. (CO 10.7-601), 2014)

2.1.7. Aguas de infiltración.

El caudal de infiltración o aguas de infiltración se produce por la entrada del flujo que se encuentra por debajo del nivel freático del suelo, a través de las uniones entre tramos de tuberías, de fisuras en el tubo y en la unión con las estructuras de conexión como pozos de inspección.

Puede expresarse por metro lineal de tubería o por su equivalente en hectáreas de área drenada. La (Tabla 2.5) a continuación, expresa algunos valores que pueden ser utilizados siempre y cuando no se disponga de información de campo (López-Cualla, 2003).

Tabla 2.5: Aporte de infiltración por longitud de tubería.

Condiciones	Infiltración (Lt/s*km)		
	Alta	Media	Baja
Tuberías existentes	4	3	2
Tuberías nuevas con unión de:			
- Cemento	3	2	1
- Caucho	1,50	1	0,50

Fuente: (López-Cualla, 2003)

Tabla 2.6: Aporte de infiltración por área drenada.

Infiltración (Lt/s*km)		
Alta	Media	Baja
0,15 – 0,40	0,10 – 0,30	0,05 – 0,20

Fuente: (López-Cualla, 2003)

El GAD Municipal de Sígsig (2013), señala un caudal de infiltración de 1 lt/s*km, mismo que se utilizará debido a que la infiltración en la zona es baja y se emplearán tuberías nuevas.

2.1.8. Aguas Ilícitas

Nace principalmente de aquellas conexiones que equivocadamente se hacen de las aguas lluvias domiciliarias y de aquellas conexiones que son adjuntadas clandestinamente. La empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá estima un valor correspondiente al 20% del caudal máximo horario. Otra opción de criterio para las aguas ilícitas es adoptar un caudal entre 1 y 3 lt/s*ha (López-Cualla, 2003).

El GAD Municipal de Sígsig (2013), señala un caudal de aguas ilícitas de 80 lt/ha/día, pero según diseños de alcantarillado sanitario realizados últimamente en las comunidades aledañas a Sérrag, se aplica un caudal de 115 lt/ha/día, valor que es utilizado en los proyectos de alcantarillado sanitario de la provincia del Azuay, por lo tanto se adoptará el mismo valor.

2.1.9. Periodo de diseño

Las obras civiles para alcantarillado y saneamiento, según indica las Normas de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el Área Rural (CO 10.7-602) (2014), se deben tomar en consideración para

un periodo de vida útil de 20 años, cumpliendo con los requerimientos exigidos, ya sean estos hidráulicos, ambientales, sanitarios o económicos en un tiempo óptimo, en este caso, el antes mencionado.

2.2. Caudales de diseño

Consiste en el caudal máximo horario de aportación de aguas residuales, más los caudales anexos por conexiones erradas e infiltración. Se calcula para la etapa inicial y final de periodo de diseño, como se señala en la siguiente ecuación. Cabe recalcar que el caudal sanitario mayorado de diseño no tendrá que ser menor de 1,50 lt/s y si así fuese el caso se tomará este valor, debido a que corresponde a la descarga de un inodoro sanitario (Ministerio del Agua, 2007) (López-Cualla, 2003).

$$Q_d = Q_{\max} + Q_i + Q_e \quad (\text{Ecu. 2.1})$$

Donde:

Q_d = Caudal de diseño (lt/s)

Q_{\max} = Caudal máximo horario

Q_i = Caudal por infiltración

Q_e = Caudal por conexiones erradas

2.2.1. Caudal medio diario

El caudal medio diario será el producto de la población aportante y de las dotaciones de agua potable, calculado al principio y al final del período de diseño (Normas de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el Área rural. (CO 10.7-602), 2014).

El factor de retorno, según las Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes (CO 10.7-601) (2014), señala que para comunidades que no disponen de sistemas de alcantarillado se podrá utilizar valores obtenidos para otras ciudades y/o de la literatura técnica, por lo que ETAPA (2016) define para zonas urbanas un valor de 0,80 y para zonas rurales un valor de 0,90, siendo este último el valor que se utilizará.

$$Q_m = f * \frac{P * D}{86400} \quad (\text{Ecu. 2.2})$$

En donde:

Q_m = Caudal medio (lt/s)

f = Factor de retorno

P = Población al final del período de diseño (habitantes)

D = Dotación futura (lt/hab*día)

2.2.2. Factor de mayoración

El factor de mayoración se obtiene a través del coeficiente de Harmon (1918), mediante la siguiente ecuación:

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}} \quad (\text{Ecu. 2.3})$$

En donde:

M = Factor de mayoración

P = Población en miles de habitantes. (Butler & Davies, 2011)

2.2.3. Caudal máximo horario

Ya que el consumo de agua no es constante durante las 24 horas del día en la comunidad, se considerará una variación, a través de la siguiente ecuación.

$$Q_{max} = Q_m * M \quad (\text{Ecu. 2.4})$$

En donde:

Q_{max} = Caudal máximo horario (lt/s)

Q_m = Caudal medio diario (lt/s)

M = Factor de mayoración

2.3. Necesidades de tratamiento

Al no contar con la infraestructura sanitaria adecuada para la evacuación de aguas residuales, la comunidad de Sérrag se ve afectada en términos de contaminación y afecciones a la salud. Sus fosas sépticas que actualmente son el destino para sus aguas servidas se encuentran saturadas, por lo que es preciso dotar de un sistema de alcantarillado sanitario a la comunidad y así prevenir un mayor grado de contaminación ambiental y cuidar del futuro de sus habitantes.

Para mejorar la calidad de vida de sus habitantes y convivir saludablemente con el medio ambiente se debe contar con los servicios básicos correspondientes, y así impulsar el desarrollo de una comunidad.

2.4. Sistema de tratamiento propuesto

Para el sistema de alcantarillado sanitario propuesto, el diámetro mínimo a utilizarse en las tuberías de la red de alcantarillado sanitario será de 200 mm y los pozos tendrán una profundidad mínima de 1,50 m (C.E.C., 1997).

Por otra parte, se realizará una evaluación de la capacidad hidráulica de una planta de tratamiento diseñada en la zona, con el objetivo de saber si dicha planta tiene la capacidad suficiente para tratar el caudal adicional de la comunidad de Sérrag. Caso contrario se recomendará el rediseño de la misma.

2.5. Pozos y conexiones domiciliarias

Los pozos de revisión, como su nombre lo indica, sirven para la inspección o limpieza de instalaciones subterráneas, permitiendo el acceso desde la superficie. Deberán ser colocados cuando exista algún cambio de pendiente, cambio de dirección o en las uniones de los colectores. Para las distancias máximas entre pozos de revisión las Normas de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el Área rural (CO 10.7-602) (2014), recomienda en la (Tabla 2.7) los siguientes valores:

Tabla 2.7: Distancias máximas entre pozos de revisión.

Diámetro de la tubería (mm)	Distancia máxima entre pozos (m)
Menor a 350	100
400 – 800	150

Fuente: (Normas de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el Área rural. (CO 10.7-602), 2014)

El colector de salida en todo pozo de revisión deberá tener un diámetro igual o superior al de los colectores de entrada, y el ancho de la tapa del pozo deberá tener como mínimo 0,60 m. La (Tabla 2.8) indica el diámetro del cuerpo del pozo, el cual está en función del diámetro mayor de la tubería conectada.

Tabla 2.8: Diámetros recomendados para pozos de revisión.

Diámetro de la tubería (mm)	Diámetro del pozo (m)
≤ 550	0,90
> 550	Diseño especial

Fuente: (Normas de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el Área rural. (CO 10.7-602), 2014)

Las conexiones domiciliarias radican en una serie de elementos que permiten enlazar el agua desde la red ubicada en la calle hasta el respectivo domicilio mediante una tubería denominada acometida (López-Cualla, 2003)

Las conexiones domiciliarias se las realizarán con tuberías de 100 mm de diámetro y con una pendiente mínima del 1%. Esta partirá desde una caja de revisión provista de sello hidráulico, la utilización de cualquier accesorio o dispositivo deberá ser plenamente justificado y aprobado por la fiscalización (Normas de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el Área rural. (CO 10.7-602), 2014).

CAPÍTULO 3

DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO

3.1. Generalidades

La red de alcantarillado sanitario se ha diseñado para que su descarga se la realice en la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en la comunidad aledaña a la comunidad de Sérrag, La Dolorosa; donde desembocan los caudales sanitarios de las dos comunidades ya mencionadas más la comunidad de Hatabolo.

Debido a la optimización de recursos, el GAD Municipal del Sígsig ha sugerido que el alcantarillado sanitario de la comunidad de Sérrag desemboque en el pozo número 94 de la red que da servicio a las comunidades de La Dolorosa y Hatabolo, consiguiendo así que una sola red desemboque en la planta de tratamiento.



Figura 3.1: Zonas beneficiarias del servicio.

Fuente: Autores

3.2. Sistema de red de alcantarillado sanitario

La red de alcantarillado sanitario para la comunidad de Sérrag, tendrá como objetivo el recolectar, transportar y tratar las aguas residuales de uso doméstico. Debido a la topografía accidentada del sector, se optó por una sola red de alcantarillado ramificada, trabajando solamente a gravedad y cumpliendo con los criterios y parámetros de diseño especificados en el capítulo anterior.

Tabla 3.1: Parámetros y criterios de diseño para el alcantarillado sanitario.

Parámetros y criterios de diseño (PVC)			
Datos de diseño	Símbolo	Unidad	Valor
Población actual	Pa	hab	680
Tasa de crecimiento poblacional	r	%	1
Periodo de diseño	n	años	20
Población futura	Pf	hab	830
Área de aportación	A	ha	78,07
Densidad poblacional	Dp	hab/ha	11
Dotación	Dot	lt/hab*día	75
Profundidad mínima de las tuberías	h	m	1,20
Velocidad mínima	Vmin	m/s	0,45
Velocidad máxima	Vmax	m/s	4,50
Coefficiente de rugosidad	n	adim.	0,011
Pendiente mínima	S	%	0,50
Diámetro mínimo	D min	mm	200
Caudal diseño mínimo	Qd min	lt/s	1,50
Factor de retorno	f	adim.	0,90
Caudal de aguas ilícitas	Qil	lt/hab*día	115
Caudal de infiltración	Qinf	lt/s*km	1
Máxima altura/diámetro	y/D	adim.	0,75

Fuente: Autores

Como se puede observar en la (Tabla 3.1), en base a los criterios mencionados en el capítulo anterior, se realizará el diseño del alcantarillado sanitario para la comunidad de Sérrag, con las siguientes apreciaciones:

- La red de alcantarillado sanitario se encuentra conformada por un colector ubicado en la vía principal de la comunidad, al igual que dos colectores más, a la izquierda y derecha de la misma, uniéndose a su vez con el colector principal.
- Se dotará del servicio de alcantarillado a una población servida de 648 habitantes, que representa el 95,29% de la población total.
- El diámetro de las tuberías a ocupar es 200 mm, el mínimo, debido a que la comunidad no cuenta con una población numerosa. La velocidad mínima es de 0,60 m/s y se encuentra en las tub 14, 16, 31, 40, 41, 44, 58, 60, 69, mientras que la velocidad máxima es de 3,101 m/s y se encuentra en la tub 96.
- La distancia máxima entre pozos de revisión es de 100 m y la profundidad mínima y máxima a la que se encuentran enterrados los pozos es de 1,50 m y 8,95 m respectivamente.

- El material usado para el diseño de la red de alcantarillado es de PVC, debido a su fácil instalación y manipulación.
- El valor de las pendientes con las que se trabajó son valores mayores a 0,50%, siendo este el valor de la pendiente mínima y de 22,40% el de la pendiente máxima.
- La longitud de la red diseñada es de 6,563 km, la cual se conectará al pozo número 94 de la red de alcantarillado sanitario de las comunidades de La Dolorosa y Hatabolo, y número 103 de la red de Sérrag, donde se espera un caudal máximo de 12,812 lt/sg.

CAPÍTULO 4

EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

4.1. Generalidades

En toda comunidad se generan residuos sólidos y líquidos. La parte líquida llamada agua residual es el resultado del agua utilizada para diversos usos domésticos, tales como: lavado de ropa, fregado, aseo personal y usos sanitarios. Estos últimos suelen contener material sólido como: excrementos, jabones, grasas, restos alimenticios, papeles y trapos; generando un cambio nocivo y perjudicial a la calidad del agua potable (Arocha, 1983) (Metalcaf & Eddy, 1995).

En la mayoría de comunidades la eliminación de aguas residuales se las realiza en pozos sépticos, que por lo general cuando ya no abastecen se las deposita en quebradas y ríos, generando parásitos y enfermedades debido al estancamiento y acumulación de las aguas residuales. Para ello a través de una planta de tratamiento se evacua el agua residual de sus fuentes de generación (agrícolas, domésticas, comerciales, instituciones públicas) para posteriormente ser tratadas y eliminadas correctamente.

Tratamiento primario

El tratamiento primario consiste en la eliminación de sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables. Existen varios tipos de tratamiento primario, tales como cribado, sedimentación, floculación y homogenización. El uso de estos dependen del origen del agua residual cruda y los requerimientos de uso o disposición del efluente (Sette-Ramalho, 2003).

Tratamiento secundario

Cuando se habla de tratamiento secundario se refiere a todos los tratamientos biológicos de las aguas residuales tanto aerobios como anaerobios para la remoción de la materia orgánica presente en el agua residual.

Las Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes (CO 10.7-601) (2014), considera aplicar tratamientos secundarios para los siguientes casos:

- Para aguas residuales domésticas se considerarán como tratamientos secundarios los procesos biológicos con una eficiencia de remoción de DBO

por encima del 82%, por: lagunas de estabilización, lodos activados, filtros biológicos, módulos rotatorios de contacto y lechos anaeróbicos.

- Para el caso de desechos de algunas industrias se considerarán como secundarios los procesos físico-químicos que se diseñen sin tratamiento biológico.

En el Ecuador los tratamientos secundarios a emplearse serán preferentemente de tipo biológico. Se podrá optar por aquellos que utilicen biomasa en suspensión como los sistemas de lagunas de estabilización y las zanjas de oxidación de operación intermitente y continua. También se podrá utilizar tratamientos biológicos con biomasa adherida como los filtros percoladores, los reactores con módulos rotatorios y los lechos anaeróbicos de contacto (Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. (CO 10.7-601), 2014).

Características físicas

Dentro de las características más significativas del agua residual se tiene el contenido de sólidos, mismo que a su vez comprende: la materia sedimentable, la materia en suspensión, la materia disuelta y la materia coloidal. De igual forma se tienen otras características importantes como: el olor, la densidad, el color, la temperatura y la turbiedad (Metalcaf & Eddy, 1995).

Características químicas

Para el análisis de las características químicas del agua residual se tiene: la materia orgánica e inorgánica, la medición del contenido orgánico y los gases presentes en el agua residual. Debido a la importancia de la calidad del agua y al diseño de las instalaciones de tratamiento, la medición del contenido en materia orgánica se lo realiza por separado (Metalcaf & Eddy, 1995).

Características biológicas

Los siguientes apartados hacen referencia a las características biológicas del agua residual: principales grupos de microorganismos biológicos presentes en aguas residuales y superficiales, organismos patógenos; organismos manejados como indicadores de contaminación, métodos utilizados para establecer los organismos

indicadores, y métodos utilizados para establecer la toxicidad de las aguas tratadas (Metalcaf & Eddy, 1995).

Evacuación de efluentes

Para que el agua residual tratada pueda desembocarse en alguna fuente hídrica o reutilizarse, deberá cumplir con ciertos límites permisibles dentro de los parámetros contaminantes. Las Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes (CO 10.7-601) (2014), da a conocer los siguientes parámetros mínimos para la obtención de las respectivas muestras:

- DBO 5 días y 20°C.
- Demanda química de oxígeno.
- Coliformes totales y fecales.
- Parásitos (principalmente nematodos intestinales).
- Sólidos totales y en suspensión incluyendo el componente volátil.
- Nitrógeno amoniacal y orgánico.

Se debe calcular las masas de los parámetros más importantes mediante los aportes per cápita para las aguas residuales domésticas. La (Tabla 4.1) señala a continuación:

Tabla 4.1: Aportes per cápita para aguas residuales domésticas.

Parámetros	Intervalo	Valor sugerido
DBO 5 días, 20 °C, g/(hab*día)	36 – 78	50
Sólidos en suspensión, g/(hab*día)	60 – 115	90
NH ₃ -N como N, g/(hab*día)	7,40 – 11	8,40
N Kjeldahl total como N, g/(hab*día)	9,30 – 13,70	12
Coliformes totales, NMP/(hab*día)	2x10 ⁸ – 2x10 ¹¹	2x10 ¹¹
Salmonella Sp., #/(hab*día)		10 ⁸
Nematodos intestinales, #/(hab*día)		4x10 ¹¹

Fuente: (Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. (CO 10.7-601), 2014)

En caso que se desconozcan los estudios del cuerpo receptor, se recomienda utilizar los datos de la (Tabla 4.2), donde se indican los límites de descarga a un cuerpo receptor de agua dulce. Las concentraciones corresponden a valores medios diarios.

Tabla 4.2: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	2000
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	100
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	200
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30
Nitrógeno Total	N	mg/l	50
Potencial de hidrogeno	pH		6 – 9
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos Totales	ST	mg/l	1600

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2015)

Para identificar el adecuado proceso de tratamiento para las aguas residuales, se dará prioridad a procesos de fácil construcción y mantenimiento, así como también reducir al mínimo la mecanización y automatización de las unidades y evitar al máximo la importación de partes y equipos (Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. (CO 10.7-601), 2014). A continuación, se dará a conocer una guía de valores para la selección de los procesos de tratamiento:

Tabla 4.3: Procesos de tratamiento y grados de remoción.

Proceso de tratamiento	Remoción, %		REM., ciclos log 10	
	DBO	Sólidos Suspendidos	Bacteria	Helminto
Sedimentación primaria	25 – 40	40 – 70	0 – 1	0 – 1
Lodos activados (a)	55 – 95	55 – 95	0 – 2	0 – 1
Filtros percoladores (a)	50 – 95	50 – 92	0 – 2	0 – 1
Lagunas aireadas (b)	80 – 90	(c)	1 – 2	0 – 1
Zanjas de oxidación (d)	90 – 98	80 – 95	1 – 2	0 – 1
Lagunas de estabilización (e)	70 – 85	(c)	1 – 6	1 – 4

Fuente: (Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. (CO 10.7-601), 2014)

- (a) Precedidos y seguidos de sedimentación.
- (b) Incluye laguna secundaria.
- (c) Dependiente del tipo de lagunas.
- (d) Seguidas de sedimentación.

- (e) Dependiendo del número de lagunas y otros factores como: temperatura, período de retención y formas (Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. (CO 10.7-601), 2014).

4.2. Características del agua residual de Sérrag

Debido a la falta de estudios en la zona, el GAD del Sígsig ha recomendado utilizar los estudios realizados en La Dolorosa y Hatabolo, comunidades aledañas a la comunidad de Sérrag, debido a que las tres comunidades poseen características similares y se conectarán en la misma planta de tratamiento.

En la (Tabla 4.4) se muestran los valores principales de los parámetros de calidad de las aguas residuales, obtenidos del estudio realizado en las comunidades de La Dolorosa y Hatabolo.

Tabla 4.4: Resultados de caracterización de aguas residuales en las comunidades de La Dolorosa y Hatabolo.

Parámetro	Método	Fecha de realización	Unidades	Agua residual 320/01/17
DBO5	PEE/LS/FQ/01	28/07/2017	mg/lt	380
		02/08/2017		
DQO	PEE/LS/FQ/06	28/07/2017	mg/lt	1066
Sólidos totales	PEE/LS/FQ/05	28/07/2017	mg/lt	1325
Coliformes totales	SM 9221 E	28/07/2017	NMP/100 ml	2.30E + 07
		30/07/2017		

Fuente: (Guerrero & Castro, 2017)

4.3. Comparación de la carga actual con la de diseño

La planta de tratamiento diseñada, cuenta con una fosa séptica de doble cámara, un lecho de secado y un filtro anaerobio de flujo ascendente, en la cual se añadirán los valores de las aguas residuales de la comunidad de Sérrag para comprobar si con la carga de diseño se puede trabajar correctamente con la carga actual, de lo contrario se sugerirá el rediseño de la misma.

A continuación, se comparará los resultados de la planta de tratamiento de aguas residuales ya diseñada para las comunidades de La Dolorosa y Hatabolo más los valores obtenidos con la incorporación de la nueva red de la comunidad de Sérrag.

4.3.1 Tratamiento primario: decantación primaria mediante fosa séptica.

Las fosas sépticas tienen como principal objetivo retener las aguas residuales domésticas por un periodo específico de tiempo, permitiendo así la decantación de los sólidos, es decir la separación de los componentes sólidos depositados en un líquido. De igual forma la retención de material graso presente en la superficie de las aguas residuales para transformarlos en sustancias o compuestos simples y estables (Guerrero & Castro, 2017).

El tanque séptico construido consta de doble cámara rectangular dispuesto secuencialmente en la dirección del flujo del líquido, en el que se consideró la Norma Brasileña NB – 41/81 la cual establece un volumen útil en función del periodo de retención, a partir de la siguiente ecuación:

$$V = 1.30 * N * (C * T + 100 * Lf) \quad (\text{Ecu. 4.1})$$

Parámetros de diseño para las comunidades de La Dolorosa y Hatabolo.

Tabla 4.5: Parámetros de diseño para fosa séptica de doble cámara para las comunidades de La Dolorosa y Hatabolo.

Datos de diseño	Símbolo	Unidad	Valor
Número de habitantes servidos	N	hab.	506
Contribución de aguas residuales	C	lt/hab*día	67,50
Período de retención	T	Días	0,50
Contribución de lodos	L _f	lt/hab*día	1
Relación largo/ancho	L/b	adim.	3
Profundidad de la fosa	h	m	2,20
Altura libre	h _s	m	0,30
Remoción de DBO5	DBO5	mg/lt	30%

Fuente: (Guerrero & Castro, 2017)

Las dimensiones de la fosa séptica de doble cámara utilizadas para la planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades de La Dolorosa y Hatabolo son las siguientes:

- Ancho: 3,70 m
- Largo: 11,10 m
- Profundidad: 2,20 m

- Volumen: 90,35 m³

Longitudes de las cámaras:

- $L1 = 2/3 * L = 7,40 \text{ m}$
- $L2 = 2/3 * L = 3,70 \text{ m}$

Orificio para el paso de las dos cámaras:

- $2/3 * h = 1,40 \text{ m}$

Área de la sección transversal del orificio (10%):

- $A_t: 0,814 \text{ m}^2$
- $a: 0,30 \text{ m}$
- $b: 2,71 \text{ m}$

Fuente: (Guerrero & Castro, 2017)

Parámetros de diseño para las comunidades de Sérrag, La Dolorosa y Hatabolo.

Para poder comprobar si la planta de tratamiento diseñada puede soportar la incorporación de la nueva red de alcantarillado sanitario de la comunidad de Sérrag, se debe analizar el comportamiento de la fosa séptica, debido a que se le añade 830 habitantes más de la nueva red.

Tabla 4.6: Parámetros de diseño para fosa séptica de doble cámara de las comunidades de Sérrag, La Dolorosa y Hatabolo.

Datos de diseño	Símbolo	Unidad	Valor
Número de habitantes	N	hab.	1336
Producción aguas residuales por persona	C	lt/hab*día	67,50
Producción aguas residuales TOTAL	C _T	lt/día	90180
Tiempo de retención adoptado	T	días	0,50
Contribución de lodos frescos	L _f	lt/hab*día	1
Relación Largo/ancho	L/b	adim.	3
Profundidad del tanque	h	m	2,20
Altura libre	h _s	m	0,30

Fuente: Autores

Las dimensiones de la fosa séptica de doble cámara requeridas para la planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades de Sérrag, La Dolorosa y Hatabolo son las siguientes:

- Ancho: 5,90 m
- Largo: 17,70 m
- Profundidad: 2,20 m
- Volumen: 229,75 m³

Al estar la fosa séptica ya construida, y considerando que se requeriría un incremento en las dimensiones de la fosa séptica de doble cámara, se produce una reducción en el tiempo de retención a 0,20 días. Este periodo de tiempo no es apropiado, se aconseja generalmente un tiempo de retención de 0,50 a 3 días para obtener una sedimentación efectiva y un correcto periodo de desenlode.

Longitudes de las cámaras:

- $L1 = 2/3 * L = 11,80$ m
- $L2 = 2/3 * L = 5,90$ m

Orificio para el paso de las dos cámaras:

- $2/3 * h = 1,40$ m

Área de la sección transversal del orificio (10%):

- $A_t: 1,298$ m²
- $a: 0,30$ m
- $b: 4,40$ m

Eficiencia de remoción

Al no contar con los valores de los parámetros medios de la calidad del agua residual de la fosa séptica de doble cámara diseñada, sino solamente con el porcentaje de remoción de la DBO adoptada, se utiliza este valor y se señala la siguiente eficiencia de remoción teórica en la (Tabla 4.7):

- Reducción del 30 al 50% de la DBO, se asume 30% de remoción de la DBO y CF en los parámetros.

Tabla 4.7: Parámetros medios de la calidad del agua residual de la fosa séptica de doble cámara para las comunidades de Sérrag, La Dolorosa y Hatabolo.

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor afluente	Valor efluente
Carga orgánica por habitante	CO_h	grDBO/(hab.día)	45,00	31,50
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO	mg/lt	380,00	266
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/lt	1325,00	927,50
Coliformes Fecales	CF	cf/100ml	1,30E+07	9,10E+06

Fuente: Autores

Al analizar los resultados conseguidos de la fosa séptica al implementar la nueva red de alcantarillado, junto con el aumento de la población, se obtiene como resultado dimensiones mucho mayores a la fosa séptica ya diseñada, como se puede observar en la (Tabla 4.8).

Tabla 4.8: Comparación entre fosa séptica diseñada y fosa séptica con la incorporación de la nueva red de alcantarillado sanitario de la comunidad de Sérrag.

	Volumen	Ancho	Largo	Profundidad	Volumen
	m³	m	m	m	real (m³)
Fosa séptica ya diseñada	87,98	3,70	11,10	2,20	90,35
Fosa séptica con la nueva red	229,04	5,90	17,70	2,20	229,75

Fuente: Autores

Resultando como conclusión que la fosa séptica diseñada para las comunidades de La Dolorosa y Hatabolo, no cuenta con el dimensionamiento adecuado para soportar la nueva red de alcantarillado sanitario de la comunidad de Sérrag por lo que se sugiere se adicione una fosa séptica paralela a la ya diseñada que cubra las necesidades de la misma, o a su vez se realice un rediseño total de la fosa séptica para incrementar su capacidad y obtener una mejor separación de flotantes.

4.3.2 Filtro anaerobio de flujo ascendente

El filtro anaerobio consiste en poner en contacto aguas residuales con biomasa adherida a un medio de soporte fijo, es decir un medio filtrante donde prevalezcan condiciones anaerobias para que la materia orgánica presente en el agua residual sea absorbida y descompuesta. Su principal objetivo es el de reducir la carga orgánica existente en las aguas residuales domésticas.

Se encuentra formado por un tanque construido de ferrocemento, en el cual, el fondo está compuesto por un medio de soporte de crecimiento biológico anaerobio. Estos pueden ser anillos de plástico o piedras, donde el agua residual es puesta en contacto con el crecimiento bacteriano y por ende las bacterias se mantienen en el medio y salen en el efluente (GAD Municipal del Sígsig, 2013).

Parámetros de diseño para las comunidades de La Dolorosa y Hatabolo.

Tabla 4.9: Parámetros de diseño filtro anaerobio de flujo ascendente de las comunidades de La Dolorosa y Hatabolo.

Datos de diseño	Símbolo	Unidad	Valor
Número de habitantes servidos	N	hab.	506
Carga orgánica por habitante	Co	grDBO/día	31,50
Carga orgánica volumétrica	Lv	kgDBO/m ³ *día	0,30
Altura del medio filtrante	h_m	m	1,25
Porosidad del lecho filtrante	e	%	35
Remoción de DBO ₅	DBO₅	mg/lt	70%

Fuente: (Guerrero & Castro, 2017)

La carga orgánica del afluente es: 15,94 kgDBO/día

Las dimensiones del filtro anaerobio de flujo ascendente utilizadas para la planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades de La Dolorosa y Hatabolo son las siguientes:

- Volumen necesario: 53,13 m³
- Profundidad: 1,25 m
- Área: 42,50 m²

Se utiliza un tanque de ferrocemento de 180 m³ de volumen con las siguientes características:

Tanque:

- Diámetro: 8,90 m
- Altura: 3 m

Cúpula:

- Flecha: 1,37 m
- Radio: 7,93 m
- Espesor: 3 cm

Pared:

- Espesor: 6 cm

Fuente: (Guerrero & Castro, 2017)

Eficiencia de remoción

A continuación, en la (Tabla 4.10) se muestran los valores adoptados para los parámetros de eficiencia de remoción del filtro anaerobio de flujo ascendente, donde se ocuparon los valores más bajos recomendados para la planta de tratamiento diseñada en las comunidades de La Dolorosa y Hatabolo.

Tabla 4.10: Parámetros de remoción para filtro anaerobio de flujo ascendente de las comunidades de La Dolorosa y Hatabolo

Parámetro	Unidad	Afluente	%Remoción fosa	%Remoción filtro	Efluente
Carga Orgánica/Habitante (COh)	grDBO/h ab.día	45	30		31,50
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO5)	mg/lt	380	30	70	79,80
Sólidos suspendidos totales	mg/lt	201	16	64	60,78
Coliformes fecales (CF)	cf/100ml	2,30E+07	30	70	4,83E+06

Fuente: (Guerrero & Castro, 2017)

Parámetros de diseño para las comunidades de Sérrag, La Dolorosa y Hatabolo.

Para analizar el comportamiento del filtro anaerobio al adicionar la nueva red de alcantarillado, se muestra a continuación los parámetros de diseño adoptados.

Tabla 4.11: Parámetros de diseño filtro anaerobio de flujo ascendente de las comunidades de Sérrag, La Dolorosa y Hatabolo.

Datos de diseño	Símbolo	Unidad	Valor
Numero de aportantes	N	hab.	1336
Carga orgánica/habitante inicial	Co	grDBO/día	45
Carga orgánica/habitante fosa séptica	Co	grDBO/día	31,50
Carga orgánica volumétrica	Lv	kgDBO/m ³ *día	0,30
Altura del medio filtrante	h_m	m	1,25
Porosidad del lecho filtrante	e	%	0,35

Fuente: Autores

La carga orgánica del afluente es: 42,08 kgDBO/día

Las dimensiones del filtro anaerobio de flujo ascendente utilizadas para la planta de tratamiento de aguas residuales de las comunidades de Sérrag, La Dolorosa y Hatabolo son las siguientes:

- Volumen necesario: 140,27 m³
- Profundidad: 1,25 m
- Área: 112,22 m²
- Área estándar: 115 m²

Eficiencia de remoción

Según el tratamiento de aguas residuales: teoría y principios de diseño (2008), señala que los filtros de flujo ascendente pueden lograr una remoción del 80% con un tiempo de retención mayor a 50 días y una disminución de DQO del 88% en condiciones favorables. Sin embargo, se utilizará el porcentaje del filtro anaerobio ya diseñado que es del 70%, porcentaje que se ha tomado para obtener los siguientes valores de efluente que se muestran a continuación.

Tabla 4.12: Parámetros de remoción para filtro anaerobio de flujo ascendente de las comunidades de Sérrag, La Dolorosa y Hatabolo.

Parámetros	Símbolo	Unidad	V. Afluente	V. Efluente
Demanda Bioquímica Oxígeno	DBO	mg/lt	266	79,80
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/lt	927,50	278,25
Coliformes Fecales	CF	cf/100ml	9,10E+06	2,73E+06

Fuente: Autores

Una vez obtenidos los datos con la nueva red de alcantarillo se puede observar valores mucho más altos en comparación con el filtro anaerobio ya diseñado, como se muestra en la siguiente tabla 4.13.

Tabla 4.13: Comparación entre filtro anaerobio de flujo ascendente con la incorporación de la nueva red de alcantarillado sanitario de la comunidad de Sérrag.

	Volumen necesario m³	Profundidad m	Área m	Área estándar m²
Filtro anaerobio diseñado	53,13	1,25	42,50	45
Filtro anaerobio con nueva red	140,27	1,25	112,22	115

Fuente: Autores

Como conclusión se puede decir que el filtro anaerobio diseñado con capacidad de 53,13 m³ no abastece para cubrir el volumen requerido de 140,27 m³, debido al incremento de la carga orgánica del afluente por lo tanto se podría optar por la incorporación de un módulo adicional, para poder cubrir dicho volumen.

El porcentaje de remoción para la fosa séptica es del 30% y para el filtro anaerobio es del 70%, mientras que los valores obtenidos del efluente para DBO es de 79,80 mg/lit cumpliendo con los límites máximos permisibles de descarga para un cuerpo de agua dulce que es de 100 mg/lit. Por otra parte los sólidos suspendidos totales de 278,25 mg/lit y la concentración de coliformes fecales de 2730 NMP/100ml, no cumplen con los límites permisibles, al ser estos de 130 mg/lit y 2000 NMP/100ml, según (TULSMA, 2017).

CAPÍTULO 5

PRESUPUESTO ECONÓMICO DEL PROYECTO

5.1. Análisis de precios unitarios

El análisis de precios unitarios se encuentra en función de los materiales, mano de obra y equipos que se utilizarán para la realización del proyecto, es decir los costos directos.

Por otro lado, se tiene que tomar en cuenta los costos indirectos, que considera los gastos técnicos y administrativos que se efectuaran durante el proceso productivo de la obra que no sean costos directos. Por lo general este porcentaje es variable y depende de la entidad encargada del proyecto, en este caso se consideró un porcentaje del 20% de los costos directos (Beltrán, 2011).

Para la elaboración del análisis de precios unitarios, se utilizó como referencia la base de datos del GAD municipal del cantón Sígsig, a través del programa informático INTERPRO.

5.2. Rubros y cantidades de obra

En la realización de un proyecto constructivo intervienen diversas actividades, materiales y operaciones, que en conjunto conforman los rubros, mismos que son necesarios para la elaboración del presupuesto de la obra y deben contar con sus respectivas especificaciones técnicas para fines de medición y pago. Entre los rubros que intervienen en el proyecto para la comunidad de Sérrag se tiene: obras preliminares, movimiento de tierras, suministro e instalación de tuberías de PVC, entre otros (ANEXO 6) (Beltrán, 2011).

Además, las cantidades de obra contemplan todas las cuantificaciones que se realiza en base a los planos, elementos o partes que conforman el proyecto con su respectiva unidad de medida. Las unidades de medida que se utilizaron principalmente son: para el transporte de material (metro cúbico por kilómetro), para volúmenes (metro cúbico), para superficies (metro cuadrado) y para longitudes (metros) (Beltrán, 2011).

La determinación de las cantidades de obra se detalla en el ANEXO 6

5.3. Presupuesto referencial

El presupuesto referencial, como su nombre lo indica, consiste en referenciar un valor estimado del costo final del proyecto, a través del análisis de precios unitarios.

El presupuesto referencial para la red de alcantarillado sanitario de la comunidad de Sérrag es de CUATROCIENTOS CUARENTA Y UN MIL TRESCIENTOS CON 25/100 DOLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA (\$ 441.300,25) más IVA.

5.4. Especificaciones técnicas

En el ANEXO 6, se describen las especificaciones técnicas que sirven de guía para la construcción del sistema de alcantarillado sanitario de la comunidad de Sérrag y se encuentran fundamentadas en función de las especificaciones técnicas proporcionadas por el GAD Municipal de Sígsig, utilizadas para la construcción del sistema de alcantarillado y saneamiento para la comunidad de Zhimbrug perteneciente al centro cantonal de Sígsig.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Con la ayuda de la información levantada a través de las encuestas realizadas se pudo conocer la problemática que afronta la comunidad de Sérrag, misma que al no contar con un sistema adecuado para el desalojo de aguas residuales, las fosas sépticas de varios hogares se encuentran al borde de su capacidad. Actualmente las aguas servidas son evacuadas a cauces naturales de la zona, provocando la contaminación del suelo y fuentes hídricas, que a su vez radica en la salud de sus moradores y medio ambiente.
- El proyecto realizado para la comunidad de Sérrag, abarca una red de alcantarillado sanitario ramificado, es decir recolecta el agua residual de las viviendas cercanas a la vía principal de la comunidad de Sérrag y diversas viviendas dispersas de la misma, para posteriormente conectarse desde el pozo 103 del presente proyecto, al pozo número 94 de la red de alcantarillado sanitario de las comunidades de La Dolorosa y Hatabolo, consiguiendo así que una sola red desemboque en la planta de tratamiento de aguas residuales, donde el aporte extra de caudal, se ve soportado adecuadamente debido a que cumple con los diámetros dimensionados.
- El diseño del sistema de alcantarillado sanitario y evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales se encuentra adoptado a las diferentes normativas y especificaciones técnicas del país y del GAD Municipal de Sígsig, justificando de esta manera los parámetros adoptados y los dimensionamientos obtenidos para conseguir un diseño adecuado.
- Se dotará del servicio de alcantarillado a una población servida de 648 habitantes, que representa el 95,29% de la población total. El diámetro de tubería de PVC utilizado es de 200 mm con una longitud de 6,563 km. La distancia máxima entre pozos de revisión es de 100 m y la profundidad mínima y máxima a la que se encuentran enterrados los pozos es de 1,50 m y 8,95 m respectivamente; por otra parte la velocidad mínima es de 0,60 m/s y se

encuentra en las tub 14, 16, 31, 40, 41, 44, 58, 60, 69, mientras que la velocidad máxima es de 3,101 m/s y se encuentra en la tub 96. El presupuesto final del costo total del proyecto es de \$ 441.300,25 más IVA.

- La fosa séptica diseñada para las comunidades de La Dolorosa y Hatabolo, no cuenta con el dimensionamiento adecuado para soportar la nueva red de alcantarillado sanitario de la comunidad de Sérrag por lo que se sugiere se adicione una fosa séptica paralela a la ya diseñada que cubra las necesidades de la misma, o a su vez se realice un rediseño total de la fosa séptica para incrementar su capacidad y beneficiar del servicio a las tres comunidades.
- El porcentaje de remoción para la fosa séptica es del 30% y para el filtro anaerobio es del 70%, mientras que los valores obtenidos del efluente para DBO es de 79,80 mg/lit cumpliendo con los límites máximos permisibles de descarga para un cuerpo de agua dulce, por otra parte los sólidos suspendidos totales de 278,25 mg/lit y la concentración de coliformes fecales de $2,73E+06$ cf/100ml, no cumplen con los límites permisibles. Finalmente, el filtro anaerobio diseñado no abastece para cubrir el volumen requerido, debido al incremento de la carga orgánica del afluente, por lo tanto, se podría optar por la incorporación de un módulo adicional, para poder cubrir dicho volumen.

Recomendaciones

- Para el proceso constructivo del proyecto se debe tener muy en cuenta los diferentes planos, especificaciones técnicas y anexos adjuntados a este documento, donde en caso de haber cambios en el proceso constructivo se debe contar con la respectiva autorización de las autoridades del GAD Municipal de Sígsig.
- Se recomienda realizar una correcta capacitación de operación a los pobladores sobre el uso exclusivo del alcantarillado sanitario para aguas residuales y no pluviales, del mismo modo que se efectuó un adecuado mantenimiento por lo menos dos veces al año para que el sistema de alcantarillado sanitario cumpla con su vida útil de 20 años, ya que las calles y la vía principal de la comunidad son de tierra y por lo general esto genera residuos de material que puede taponar los elementos hidráulicos de la red de alcantarillado.
- Se recomienda recolectar toda la información relacionada a obras adicionales que se realizarán en el sector, para evitar cambios posteriores e inconvenientes en el diseño, de igual forma actualizar los precios unitarios en caso de no se realice el proyecto en el presente año.

BIBLIOGRAFÍA

- Arocha, S. (1983). *Cloacas y drenajes*. Caracas, Venezuela.
- Beltrán, Á. (2011). *Costos y presupuestos*. Tepic, México.
- Butler, d., & Davies, J. (2011). *Urban drainage* (3ra ed.). (S. press, Ed.) New York, EE.UU.
- C.E.C. (1997). *Diseño de instalaciones sanitarias: Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural*. Quito, Ecuador.
- ETAPA. (2016). *Especificaciones técnicas de diseño de redes de alcantarillado*. Cuenca, Ecuador.
- GAD Municipal del Sígsig. (2013). *Estudios y diseños definitivos para la construcción del sistema de alcantarillado y saneamiento de la comunidad de Zhimbrug perteneciente al centro cantonal de Sígsig*. Sígsig, Ecuador.
- GEOLIDERAR. (2015). *Actualización del plan de desarrollo y ordenanza territorial de la parroquia Ludo, cantón Sígsig*. Sígsig, Ecuador.
- Guerrero, B., & Castro, G. (2017). *Diseño de redes de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales para las comunidades de La Dolorosa y Hatabolo, de la parroquia Ludo, cantón Sígsig, provincia del Azuay*. Universidad del Azuay, Tesis de Ingeniero Civil, Cuenca, Ecuador.
- INEC. (2010). *Instituto Nacional de Estadística y Censo/ Censo de Población y Vivienda (CPV-2010)*. Recuperado el 13 de Mayo de 2019, de <http://www.inec.gob.ec>
- López-Cualla, R. (2003). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de ingeniería.
- Metalcaf & Eddy, I. (1995). *Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización*. (Tercera ed., Vol. 1). Madrid, España: McGraw-Hill.
- Ministerio del Agua. (2007). *Instalaciones sanitarias-alcantarillado pluvial, sanitario y tratamiento de aguas residuales*. La Paz, Bolivia.
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Registro oficial. Edición especial No. 387*. Quito, Ecuador. Recuperado el 11 de Junio de 2019, de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>
- Normas de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el Área rural. (CO 10.7-602). (2014). *Subsecretaría de Saneamiento Ambiental y Obras Sanitarias & el Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS) (2014a)*. Obtenido de Código Ecuatoriano de la Construcción de Parte IX Obras Sanitarias.
- Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. (CO 10.7-601). (2014).

Subsecretaría de Saneamiento Ambiental y Obras Sanitarias & el Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS)(2014b). Obtenido de Código Ecuatoriano de la Construcción de Parte IX Obras Sanitarias.

Romero-Rojas, J. (2008). *Tratamiento de aguas residuales: teoría y principios de diseño*. Bogotá, Colombia.

Sette-Ramalho, R. (2003). *Tratamiento de aguas residuales*. Barcelona, España: REVERTÉ, S. A.

SNI. (2010). *Sistema Nacional de Información*. Recuperado el 18 de Abril de 2019, de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0160033870001_DIAGNOSTICO%20LUDO_09-06-2015_15-01-39.pdf

TULSMA. (2017). *Registro oficial suplemento 387 de 4 de noviembre de 2015*. Recuperado el 4 de Mayo de 2019, de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>