UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA EN CONSTRUCCIONES

Diseño de redes de alcantarillado sanitario y evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales existente de la comunidad de Malpad, parroquia San Sebastián de Sígsig, cantón Sígsig, provincia del Azuay

Trabajo de grado previo a la obtención del título de:

INGENIERO CIVIL CON ÉNFASIS EN GERENCIA DE CONSTRUCCIONES

Autores:

MIGUEL ANDRÉS SARMIENTO MOLINA

WILSON ISMAEL TENEZACA ATIENCIA

Directora:

MARÍA BELÉN ARÉVALO DURAZNO

CUENCA-ECUADOR

2017

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado se lo dedico a mis padres Marcos Sarmiento y Lucia Molina por apoyarme con amor, paciencia y sacrificio, además de haberme educado con valores y principios; a mis hermanos Ismael y Paola Sarmiento por ser mi motivación e incentivo para cumplir el objetivo de culminar mi carrera.

A mis demás familiares y amigos por brindarme su apoyo sincero y aliento para alcanzar esta meta.

Miguel Andrés Sarmiento Molina

Quiero dedicar este trabajo de graduación a mis padres Wilson Tenezaca y Marianela Atiencia, que sin su ayuda, paciencia y amor este logro no hubiera sido posible alcanzar, yo sé que esta meta es tanto de ellos como de mí; a mi hermano Jostyn Tenezaca que es un pilar fundamental en mi vida y tengo en claro que mis pasos en la vida es una guía para su vida, a mi esposa Vanessa Campoverde por siempre estar a mi lado, a mi hijo Daron Sebastián que con su llegada fue la fuente de energía para luchar cada momento por él.

A toda mi familia y amigos que siempre confiaron en mí y siempre me apoyaron, sé que estarán orgullosos de esta meta cumplida, a mi abuelita que la vida no le dio la oportunidad de acompañarme pero sé que desde el cielo siempre guiara mis pasos y festejara esta meta.

Wilson Ismael Tenezaca Atiencia

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer:

Primeramente a Dios, por guiarnos y darnos fuerzas para enfrentar todas las dificultades presentadas durante nuestras vidas.

A nuestros padres, hermanos y familiares por la confianza y el apoyo incondicional brindado todo momento.

A nuestra directora de tesis la Ing. María Belén Arévalo por su guía, conocimiento y apoyo en el avance de este trabajo de grado; así también a nuestro tribunal al Ing. Josué Larriva quien brindo su tiempo y dedicación para orientar esta tesis y al Ing. Fabián Cazar; al director de la escuela de Ingeniería Civil el Ing. José Vázquez por su apoyo y a la Universidad del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología, Escuela de Ingeniería Civil y Gerencia de Construcciones por darnos la oportunidad de formarnos como profesionales.

Al Municipio del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Sígsig por haber confiado y darnos la oportunidad de ser parte del proyecto para contribuir con el avance de obras sanitarias en el cantón.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA ii

AGRADECIMIENTOS iii

ÍNDICE DE CONTENIDOS iv

ÍNDICE DE FIGURAS viii

ÍNDICE DE TABLAS ix

ÍNDICE DE ANEXOS xi

RESUMEN xii

ABSTRACT xiii

INTRODUCCIÓN 1

Antecedentes 2

Justificación 2

Objetivos 2

Objetivo general 2

Objetivos específicos 3

CAPÍTULO 1: RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DEL PROYECTO 4

1.1 Descripción general de la zona 4

1.1.1 Ubicación geográfica 6

1.1.2 Área del proyecto 7

1.1.3 Vías de acceso 8

1.1.4Clima 9

1.1.5 Suelos 10

1.1.6 Geología 12

1.1.7 Topografía y pendientes 13

1.1.8 Hidrografía 16

1.1.9 Precipitación 17

1.1.10 Aspectos socio-económicos 19

1.1.10.1 Necesidades básicas insatisfechas 19
1.1.10.2 Identidad cultural 19
1.1.10.3 Movimientos migratorios 20
1.1.11 Salud 20
1.1.11.1 Cobertura de salud 20
1.1.11.2 Perfil epidemiológico 20
1.1.12 Aspectos demográficos 21
1.1.12.1 Población total 21
1.1.12.2 Tasa de crecimiento poblacional inter-censal 22
1.1.12.3 Densidad poblacional 23
1.1.13 Estado sanitario actual 25
1.1.13.1 Agua 25
1.1.13.2 Evacuación de aguas servidas y lluvias 25
1.1.13.3 Vialidad 26
1.1.13.4 Energía eléctrica 27

CAPITULO 2: CRITERIOS DE DISEÑO 28

2.1 Tipo de sistema 28
2.2 Parámetros de diseño 29
2.2.1 Análisis poblacional 29
2.2.1.1 Población actual 29
2.2.1.2 Población futura 29
2.2.2 Área de aportación 31
2.2.3 Densidad 31
2.2.4 Dotación 32
2.2.5 Profundidades 33
2.2.6 Velocidades 33
2.2.7 Pendientes 34
2.2.8 Diámetros de tubería 34
2.2.9 Materiales de tuberías 34
2.2.10 Caudales de diseño 35
2.2.10.1 Caudal sanitario 35

2.2.10.1.1 Caudal medio diario 35
2.2.10.1.2 Caudal máximo horario 36
2.2.10.1.3 Factor de retorno 36
2.2.10.1.4 Factor de mayoración 36
2.2.10.2 Caudal de aguas ilícitas 37
2.2.10.3 Caudal de infiltración 37
2.2.11 Periodo de diseño 38
2.2.12 Hidráulica de alcantarillas 38
2.2.12.1 Flujo de tuberías a sección llena 38
2.2.12.2 Flujo de tuberías parcialmente llena 39
2.2.13 Obras complementarias 44
2.2.13.1 Pozos de revisión 44
2.2.13.2 Pozo de salto 45
2.2.13.3 Conexiones domiciliarias 45

CAPÍTULO 3: DISEÑO DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO 46

3.1 Generalidades 46
3.2 Sistema de alcantarillado sanitario y ramal condominial. 46

CAPÍTULO 4: EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE 49

4.1 Generalidades 49
4.1.1 Tratamiento primario 49
4.1.2 Tratamiento secundario 49
4.1.3 Características físicas 50
4.1.4 Características químicas 50
4.1.5 Características biológicas 51
4.1.6 Evacuación de efluentes 51
4.2 Caracterización de aguas residuales 53
4.3 Características del sistema de tratamiento existente. 55

4.4 Comportamiento del sistema de tratamiento existente con la incorporación de la nueva red de alcantarillado. 61

CAPÍTULO 5: PRESUPUESTO DEL PROYECTO 66

5.1 Cuantificación de cantidades de obra 66
5.2 Análisis de precios unitario 66
5.3 Presupuesto 66
5.4 Formula de reajuste de precios 67
5.5 Cronograma valorado 68
5.6 Especificaciones técnicas 68

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 69

BIBLIOGRAFÍA 72

ANEXOS 74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Límites del cantón Sígsig 14
Figura 1.2 Parroquias del cantón Sígsig..... 6
Figura 1.3 Mapa de ubicación geográfica. 7
Figura 1.4 Área del proyecto..... 8
Figura 1.5 Mapa de vías de acceso..... 9
Figura 1.6 Zonas de temperatura..... 10
Figura 1.7 Mapa de uso de suelo..... 11
Figura 1.8 Mapa de geología..... 13
Figura 1.9 Rango de pendientes de la parroquia Sígsig 15
Figura 1.10 Microcuencas hidrográficas de la parroquia Sígsig..... 17
Figura 1.11 Zonas de precipitación de la parroquia Sígsig..... 18
Figura 1.12 Ingresos económicos de la comunidad de Malpad 19
Figura 1.13 Estructura de la población de la parroquia Sígsig, por sexo y edad del año 2010..... 22
Figura 1.14 Número de miembros de la comunidad de Malpad..... 22
Figura 1.15 Abastecimiento de agua de la comunidad de Malpad 25
Figura 1.16 Tipo de agua que utiliza la comunidad de Malpad..... 25
Figura 1.17 Evacuación de aguas servidas de la comunidad de Malpad 26
Figura 1.18 Evacuación de aguas lluvia de la comunidad de Malpad 26
Figura 1.19 Tipo de vía en la comunidad de Malpad..... 27
Figura 1.20 Servicio de energía eléctrica en la comunidad de Malpad 27
Figura 2.1 Altura de agua (H) en conductor circular 40
Figura 2.2 Elementos hidráulicos proporcionales en una sección circular 43
Figura 4.1 Planos de la fosa séptica en planta y perfil de la comunidad de Zhimbrug 58
Figura 4.2 Planos del filtro anaerobio de flujo ascendente en perfil de la comunidad de Zhimbrug..... 60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Tipo, porcentaje y extensión de pendientes de la parroquia Sígsig. 14
Tabla 1.2 Limitaciones y uso recomendado de pendientes 16
Tabla 1.3 Perfil epidemiológico. 21
Tabla 1.4 Evolución de la población 1990-2010. 23
Tabla 1.5 Densidad poblacional 24
Tabla 2.1 Fórmula método geométrico. 29
Tabla 2.2 Índices de crecimiento geométrico 30
Tabla 2.3 Población y tasa de crecimiento intercensal de 2010-2001 por sexo, según parroquias 30
Tabla 2.4 Calculo de la proyección futura de la comunidad de Malpad 31
Tabla 2.5 Niveles de servicio 32
Tabla 2.6 Niveles de servicio para diferentes tipos de clima 33
Tabla 2.7 Velocidad máxima según el tipo de material. 34
Tabla 2.8 Coeficientes de retorno de aguas servidas domesticas 36
Tabla 2.9 Variación del caudal en una sección circular 44
Tabla 2.10 Diámetros recomendados de pozos de revisión 45
Tabla 3.1 Parámetros y criterios de diseño definitivos utilizando tuberías de PVC. 48
Tabla 4.1 Aportes per cápita para aguas residuales domésticas 52
Tabla 4.2 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. 52
Tabla 4.3 Procesos de tratamiento y grados de remoción. 53
Tabla 4.4 Resultados de laboratorio del análisis de muestras compuestas, provenientes de las descargas del sistema de alcantarillado de Sígsig 54
Tabla 4.5 Composición típica del agua residual domestica bruta 55
Tabla 4.6 Datos de diseño 56
Tabla 4.7 Parámetros medios de calidad del agua residual de la fosa séptica 57
Tabla 4.8 Datos de diseño. 59
Tabla 4.9 Parámetros medios de calidad del agua residual del filtro anaerobio 60
Tabla 4.10 Datos de diseño. 61
Tabla 4.11 Parámetros medios de calidad del agua residual de la fosa séptica. 62
Tabla 4.12 Comparación de los datos obtenidos entre la fosa séptica ya diseñada y la fosa séptica con la incorporación de la nueva red 63
Tabla 4.13 Datos de diseño. 63

Tabla 4.14 Parámetros medios de calidad del agua residual del filtro anaerobio. 64
Tabla 4.15 Comparación de los datos obtenidos entre el filtro anaerobio ya diseñado y el filtro anaerobio con la incorporación de la nueva red 64
Tabla 4.16 Cálculo de los volúmenes por año de la fosa séptica y el filtro anaerobio. 65

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Encuestas realizadas en la comunidad de Malpad.

Anexo 2. Fotografías del levantamiento topográfico.

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

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

Anexo 5. Planos de pozos de revisión.

Anexo 6. Cuantificación de cantidades de obra.

Anexo 7. Presupuesto y análisis de precios unitarios

Anexo 8. Asignación de términos.

Anexo 9 Formula Polinómica.

Anexo 10. Cronograma uso de recursos.

Anexo 11. Cronograma valorado.

Anexo 12. Grafica inversión.

Anexo 13. Especificaciones técnicas.

DISEÑO DE REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE DE LA COMUNIDAD DE MALPAD, PARROQUIA SAN SEBASTIÁN DE SÍGSIG, CANTÓN SÍGSIG, PROVINCIA DEL AZUAY

RESUMEN

La comunidad de Malpad perteneciente al cantón Sígsig provincia del Azuay, no dispone de una infraestructura sanitaria para la evacuación de aguas servidas, esto ocasiona problemas de contaminación al medio y enfermedades infecciosas que afecta a los habitantes del sector, su calidad de vida y desarrollo. Con el fin de mejorar los servicios básicos de la comunidad y proteger el ecosistema, se realiza el diseño de redes de alcantarillado sanitario y evaluación de una planta de tratamiento existente, tomando en cuenta aspectos técnicos, económicos y ambientales. El gobierno local y la comunidad cuentan con una herramienta de gestión para ejecutar el proyecto.

Palabras Clave: Infraestructura, aguas servidas, alcantarillado.

Ing. María Belén Arévalo Durazno
Directora del Trabajo de Titulación

Ing. José Fernando Vázquez Calero
Director de Escuela

Miguel Andrés Sarmiento Molina

Wilson Ismael Tenezaca Atiencia

Autores

DESIGN OF SANITARY SEWAGE NETWORKS AND EVALUATION OF THE EXISTING WASTEWATER TREATMENT SYSTEM IN *MALPAD* COMMUNITY, *SAN SEBASTIAN IN THE PARISH OF SIGSIG*, *SIGSIG* CANTON, PROVINCE OF AZUAY

ABSTRACT

The community of *Malpad* located in the canton of Sigsig, province of Azuay does not have a sanitary infrastructure for the disposal of wastewater; situation that causes contamination problems to the environment and infectious diseases that affect its inhabitants, their quality of life and development. In order to improve the basic services of the community and protect the ecosystem, this paper carried out the design of sanitary sewage networks and evaluation of the existing treatment plant, taking into account technical, economic and environmental aspects. Therefore, the local government and the community can have a management tool for the implementation of the project.

Keywords: infrastructure, wastewater, sewage.

Ing. María Belén Arévalo Durazno
Thesis Director

Ing. José Fernando Vázquez Calero
School Director

Miguel Andrés Sarmiento Molina
Wilson Ismael Tenezaca Atiencia
Authors

UNIVERSIDAD DEL AZUAY
Dpto. Idiomas

Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Miguel Andrés Sarmiento Molina
Wilson Ismael Tenezaca Atiencia
Trabajo de graduación
Ing. María Belén Arévalo Durazno, M.SC.

DISEÑO DE REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EXISTENTE DE LA COMUNIDAD DE MALPAD, PARROQUIA SAN SEBASTIÁN DE SÍGSIG, CANTÓN SÍGSIG, PROVINCIA DEL AZUAY

INTRODUCCIÓN

El Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Sígsig, con el fin de satisfacer los servicios básicos y así mejorar las condiciones de vida de sus habitantes, tanto en las comunidades urbanas como rurales, ha realizado el convenio con la Escuela de Ingeniería Civil y Gerencia en Construcciones de la Universidad del Azuay para realizar el estudio de diseño de las redes de alcantarillado sanitario para la comunidad de Malpad, parroquia San Sebastián de Sígsig, cantón Sígsig, provincia del Azuay.

La comunidad de Malpad no cuenta con la infraestructura de saneamiento adecuada (recolección, conducción y tratamiento de aguas residuales), lo que ha generado diferentes impactos negativos en la población y sus alrededores, incluyendo los riesgos a la salud de sus habitantes.

Un sistema de alcantarillado sanitario está destinado a recolectar y transportar las aguas servidas. Se encuentra conformado por una red de colectores que receptan las aguas residuales de las viviendas y se encuentran conectados por una serie de pozos de inspección. Las aguas recolectadas son conducidas hacia un cuerpo receptor o a una planta de tratamiento.

Antecedentes

Dentro del Plan de Desarrollo Nacional, específicamente en lo adjunto a la "Promoción de un medio ambiente sano y sustentable garantizando el acceso seguro al agua, aire y suelo", la Municipalidad de Sígsig ha empezado un plan de saneamiento básico para algunas de las comunidades pertenecientes al área de su autoridad. Dentro de estas, la comunidad de Malpad ubicada en la parroquia San Sebastián de Sígsig, cantón Sígsig, provincia del Azuay, requiere de forma inmediata del proyecto de diseño de redes de alcantarillado sanitario siendo viable desde el punto de vista técnico, económico y ambiental en un periodo de diseño de 20 años.

El diseño de las redes de alcantarillado permitirá que el GAD Municipal de Sígsig cuente con los informes técnicos para acceder a financiamientos para su construcción y mantenimiento dentro del periodo de su vida útil.

Justificación

Uno de los problemas más urgentes que tiene el sector rural del cantón Sígsig es el inapropiado sistema de eliminación de aguas residuales en sus comunidades.

En la actualidad los habitantes de la comunidad de Malpad utilizan fosas sépticas, razón por la cual ocasiona una serie de enfermedades de origen hídrico y un deterioro continuo del medio ambiente que los rodea.

Por lo tanto el GAD Municipal de Sígsig colectivamente con los estudiantes de la Universidad del Azuay ejecuta el diseño de las redes de alcantarillado sanitario y evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales existente de la comunidad de Malpad, lo que en un futuro generará mejores condiciones de vida y desarrollo en la comunidad.

Objetivos

Objetivo General

Realizar el diseño, planos y especificaciones técnicas del sistema de alcantarillado sanitario y evaluar el sistema de tratamiento de aguas residuales existente en la

comunidad de Malpad, de la parroquia San Sebastián de Sígsig, cantón Sígsig, provincia del Azuay.

Objetivos específicos

- Levantar y recopilar información topográfica, encuestas y datos existentes de la zona necesarios para el diseño correspondiente.
- Revisar la normativa existente y definir los parámetros de diseño.
- Diseñar los elementos de las redes de alcantarillado sanitario.
- Evaluar el sistema de tratamiento de aguas residuales existente.
- Elaborar planos, memorias técnicas y presupuesto de las redes de alcantarillado sanitario.

CAPÍTULO 1

RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DEL PROYECTO

1.1 Descripción general de la zona

El proyecto del diseño de redes de alcantarillado sanitario y evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales de la comunidad de Malpad se encuentra en el cantón Sígsig, ubicado al sureste de la provincia del Azuay.

El cantón Sígsig está limitado:

- Al Norte: cantones Gualaceo, Chordeleg y Cuenca (Provincia del Azuay).
- Al Sur: cantones Nabón (Provincia del Azuay) y Gualaquiza (Provincia de Morona Santiago).
- Al Este: cantón Gualaquiza (Provincia de Morona Santiago).
- Al Oeste: cantones Cuenca y Girón (Provincia del Azuay), como se muestra en la figura 1.1 (PDOT parroquia Sígsig, 2015).

Fig. 1.1 Limites del cantón Sígsig.
Fuente: (INEC, 2013)