



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 Sígfig 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: RECOPIACIÓN 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**

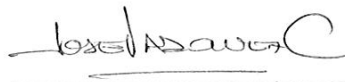
RESUMEN

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.



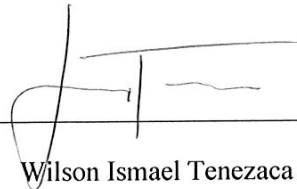
Ing. María Belén Arévalo Durazno
Directora del Trabajo de Titulación



Ing. José Fernando Vázquez Calero
Director de Escuela



Miguel Andrés Sarmiento Molina



Wilson Ismael Tenezaca Atiencia

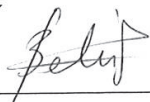
Autores

**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 Sigseg, 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.



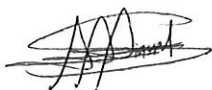
Ing. María Belén Arévalo Durazno

Thesis Director

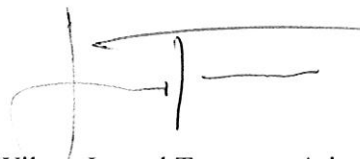


Ing. José Fernando Vázquez Calero

School Director

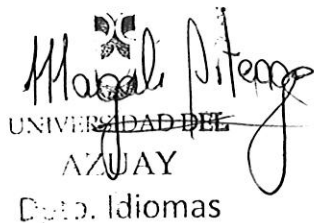


Miguel Andrés Sarmiento Molina

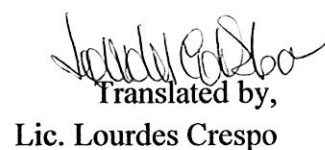


Wilson Ismael Tenezaca Atiencia

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 Síg sig, cantón Síg sig, 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

RECOPIACIÓN 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).

