



**Evaluación y diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la parroquia rural Cotogchoa,
cantón Rumiñahui, provincia Pichincha**

García Sánchez, Ricardo David y Tasipanta Caiza, Geoconda Estefania

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

Ing. Masabanda Caisaguano, Marco Vinicio, PhD.

14 de diciembre del 2020

Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS_GARCIA_TASIPANTA_Urkund.docx (D87976976)
Submitted: 12/5/2020 5:05:00 AM
Submitted By: getasipanta@espe.edu.ec
Significance: 9 %



Firmado por
**MARCO VINICIO
MASABANDA CAISAGUANO
EC**



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“Evaluación y diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la parroquia rural Cotogchoa, cantón Rumiñahui, provincia Pichincha”** fue realizado por el señor **García Sánchez, Ricardo David** y la señorita **Tasipanta Caiza, Geoconda Estefania**, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 17 de diciembre del 2020

Firmado por
MARCO VINICIO MASABANDA
CAISAGUANO
EC

Ing. Masabanda Caisaguano, Marco Vinicio Ph.D

C.C. 1802179190



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotros, **García Sánchez, Ricardo David** con CI. 1719728774 y **Tasipanta Caiza, Geoconda Estefania** con CI. 1726133877, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: "Evaluación y diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la parroquia rural **Cotogchoa, cantón Rumiñahui, provincia Pichincha**" es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 17 de diciembre del 2020

García Sánchez Ricardo David

C.C.: 1719728774

Tasipanta Caiza Geoconda Estefania

C.C.: 1726133877



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros, **García Sánchez, Ricardo David** con Cl. 1719728774 y **Tasipanta Caiza, Geoconda Estefania** con Cl. 1726133877, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: "Evaluación y diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la parroquia rural Cotogchoa, cantón Rumiñahui, provincia Pichincha" en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Sangolquí, 17 de diciembre del 2020

García Sánchez Ricardo David

C.C.: 1719728774

Tasipanta Caiza Geoconda Estefania

C.C.: 1726133877

Dedicatoria

A dios, que me lleva de la mano para cumplir con este objetivo, y darme fuerzas para terminar de la mejor manera mis estudios universitarios.

A mis padres, Nancy Sánchez y Ricardo García, que han sido mi guía y mi apoyo en mi diario vivir, por ser las personas claves en el cumplimiento de mis objetivos, un apoyo incondicional y un amor que me fortalece día a día para enfrentar cualquier obstáculo.

A mi familia, que es el complemento y advierte de cada uno de mis pasos, con su sustento y consejos poder culminar con enorme felicidad esta maravillosa carrera de Ingeniería Civil.

Ricardo David García Sánchez.

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico a Dios, por ser aquella fuerza que me ha cuidado a lo largo de este camino.

A mis padres por siempre apoyarme y ser un pilar fundamental en mi vida.

A mis hermanos, quienes siempre han creído en mí de manera incondicional.

A mi primo por siempre estar a mi lado ayudándome.

A mi tío, por haberme inspirado a estudiar ingeniería civil.

A mi gran amigo, por su amor incondicional.

Y a mis amigos por sus ocurrencias que han alegrado mi vida.

Agradecimiento

A Dios y a la Virgencita María, por habernos llenado de todas sus bendiciones en nuestras vidas.

A nuestras Familias, por todo el amor, la paciencia, y apoyo incondicional, ya que constituyeron en el soporte fundamental para alcanzar nuestro gran objetivo.

A la Dirección de Agua Potable, Alcantarillado y Comercialización de Rumiñahui (DAPAC – R), Universidad de Fuerzas Armadas “ESPE”, instituciones que nos brindaron las facilidades tanto académicas, e instalaciones para la realización de este proyecto.

A nuestro director de tesis Ing. Marco Masabanda, Ph.D., y al Ing. Nelson Pedraza por constituirse las personas claves en el asesoramiento y dirección técnica para el desarrollo de este proyecto de investigación.

A todos aquellos amigos y compañeros que con sus buenos deseos y motivaciones se constituyeron parte de la obtención de este objetivo.

Ricardo David García Sánchez.

Geoconda Estefania Tasipanta Caiza.

Tabla de contenidos

Certificado del director	3
Responsabilidad de autoría	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	8
Tabla de contenidos	9
Índice de tablas	16
Índice de figuras	19
Resumen	22
Abstract	23
Capítulo I	24
Generalidades	24
Introducción	24
Planteamiento del problema	24
Definición del problema	25
Objetivos del proyecto	25
<i>Objetivo general</i>	25
<i>Objetivos específicos</i>	25
Justificación e Importancia	26
Antecedentes	27

	10
Metodología	27
Definición del área de estudio	28
<i>Ubicación geográfica</i>	28
<i>Área de Estudio</i>	30
Alcance del proyecto	32
Capítulo II	33
Marco teórico	33
El agua	33
<i>Importancia</i>	33
<i>Uso del Agua</i>	33
<i>Clasificación del agua</i>	33
Análisis demográfico y dotación	34
Sistema de alcantarillado	34
<i>Origen de los sistemas de alcantarillado</i>	35
<i>Tipos de sistemas de alcantarillado</i>	35
<i>Elementos de un sistema de alcantarillado</i>	36
Sistema de alcantarillado sanitario	39
<i>Evaluación del sistema de alcantarillado sanitario existente</i>	39
Levantamiento topográfico	40
Población	41
<i>Requisitos básicos</i>	41
<i>Área de influencia</i>	42
Contribuciones de aguas residuales	42

	11
<i>Domésticas (Qd)</i> _____	42
<i>Industriales (QI)</i> _____	43
<i>Comerciales (Qc)</i> _____	44
<i>Institucional (QIN)</i> _____	44
<i>Conexiones erradas (Qce)</i> _____	45
<i>Infiltración (Qinf)</i> _____	45
Diseño de la red de alcantarillado sanitario _____	46
<i>Selección del tipo de alcantarillado</i> _____	46
<i>Criterios de diseño</i> _____	47
<i>Periodo de diseño</i> _____	48
<i>Caudal de diseño</i> _____	49
<i>Pendiente</i> _____	49
<i>Velocidad mínima y máxima</i> _____	50
<i>Diámetros mínimos</i> _____	51
<i>Estudio de Suelos</i> _____	52
<i>Movimientos de tierra</i> _____	52
<i>Profundidad máxima y mínima</i> _____	52
Sistemas de tratamiento _____	53
<i>Filtros biológicos</i> _____	53
<i>Filtro biológico horizontal</i> _____	53
<i>Filtro biológico vertical</i> _____	54
<i>Filtro Biológico TIPO MEL</i> _____	55
Velocidades en los conductos _____	55

	12
Relaciones hidráulicas _____	56
<i>Radio hidráulico</i> _____	57
<i>Calculo hidráulico de canales de sección cerrada</i> _____	58
Cálculo de la fuerza tractiva _____	59
Capítulo III _____	63
Metodología _____	63
Modalidad Básica de la investigación _____	63
<i>Enfoque</i> _____	63
<i>Modalidad</i> _____	63
Nivel o tipo de la investigación _____	64
Población y muestra _____	64
<i>Población</i> _____	64
<i>Muestra</i> _____	65
Operacionalización de variables _____	66
Recolección de información _____	69
<i>Plan para la recolección de información</i> _____	69
Técnicas e instrumentos de investigación _____	70
<i>Técnicas de investigación</i> _____	70
<i>Instrumentos de investigación</i> _____	70
Procesamiento _____	70
Capítulo IV _____	71
Trabajos de campo – Catastro _____	71

	13
Encuesta socioeconómica _____	71
<i>Itinerario de la encuesta</i> _____	71
<i>Formato de encuesta</i> _____	75
<i>Análisis de resultados</i> _____	77
Análisis poblacional _____	84
<i>Población de diseño</i> _____	85
<i>Población actual</i> _____	85
<i>Población futura</i> _____	86
<i>Densidad poblacional</i> _____	89
Identificación del tipo de suelo _____	90
<i>Ubicación y profundidad de las muestras</i> _____	91
<i>Humedad Natural</i> _____	92
<i>Granulometría</i> _____	93
<i>Límites de Atterberg</i> _____	93
<i>Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)</i> _____	94
Dotación _____	95
<i>Nivel de servicio</i> _____	95
<i>Consumo de usuarios</i> _____	97
<i>Dotación neta</i> _____	99
Topografía _____	100
<i>Estación total (Leica TC – 305)</i> _____	101
<i>Reconocimiento topográfico de la zona</i> _____	101
<i>Levantamiento topográfico</i> _____	102

	14
Catastro del sistema de alcantarillado sanitario. _____	103
<i>Procedimiento y parámetros del catastro del sistema de alcantarillado sanitaria</i>	<i>103</i>
<i>Ficha catastral del sistema de alcantarillado sanitario.</i> _____	<i>104</i>
<i>Tabla de resumen del catastro</i> _____	<i>109</i>
<i>Observaciones del sistema de alcantarillado sanitario</i> _____	<i>110</i>
Capítulo V _____	113
Evaluación y rediseño _____	113
Evaluación hidráulica _____	113
Evaluación de tuberías y pozos _____	115
<i>Distancia entre pozos de revisión</i> _____	<i>115</i>
<i>Material de la tubería</i> _____	<i>115</i>
<i>Estado general de los pozos</i> _____	<i>116</i>
Rediseño del sistema de alcantarillado sanitario _____	116
<i>Parámetros de diseño</i> _____	<i>117</i>
<i>Cambios para el rediseño del sistema de alcantarillado sanitario</i> _____	<i>117</i>
<i>Resultados del rediseño del sistema de alcantarillado sanitario</i> _____	<i>120</i>
Capítulo VI _____	121
Diseño _____	121
Bases de diseño _____	121
<i>Parámetros de diseño</i> _____	<i>121</i>
Cálculo del caudal de diseño _____	122
<i>Caudal de aguas residuales domésticas</i> _____	<i>122</i>

	15
<i>Caudal de infiltraciones</i> _____	123
<i>Caudal de aguas ilícitas</i> _____	123
<i>Resultado de caudal de diseño</i> _____	123
<i>Resumen hidráulico Calle 11</i> _____	124
Capítulo VII _____	125
Presupuesto referencial _____	125
Presupuesto referencial para el diseño del alcantarillado sanitario. _____	125
<i>Descripción de parámetros</i> _____	125
<i>Valor del proyecto</i> _____	126
Capítulo VII _____	127
Conclusiones, recomendaciones y bibliografía _____	127
Conclusiones _____	127
Recomendaciones _____	127
Referencias bibliográficas _____	129

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Distancia máxima entre pozos</i>	37
Tabla 2 <i>Diámetros recomendados para pozos de revisión</i>	38
Tabla 3 <i>Especificaciones de las tapas</i>	38
Tabla 4 <i>Coefficientes de retorno de aguas servidas domésticas</i>	43
Tabla 5 <i>Contribución industrial</i>	44
Tabla 6 <i>Contribución comercial</i>	44
Tabla 7 <i>Contribución industrial mínima en zonas residenciales</i>	45
Tabla 8 <i>Conexiones erradas (Qce)</i>	45
Tabla 9 <i>Infiltraciones Qinf</i>	46
Tabla 10 <i>Velocidad del líquido en colectores</i>	50
Tabla 11 <i>Velocidades máximas a tubo lleno y coeficientes de rugosidad recomendados</i>	51
Tabla 12 <i>Diámetro mínimo</i>	51
Tabla 13 <i>Distribución de muestra</i>	66
Tabla 14 <i>Operacionalización de la variable independiente</i>	67
Tabla 15 <i>Operacionalización de la variable dependiente</i>	68
Tabla 16 <i>Tendencia de la vivienda</i>	77
Tabla 17 <i>Tipo de la vivienda</i>	78
Tabla 18 <i>Uso del inmueble</i>	79
Tabla 19 <i>Material de la vivienda</i>	80

	17
Tabla 20 <i>Servicios básicos</i>	81
Tabla 21 <i>Alcantarillado sanitario</i>	82
Tabla 22 <i>Alcantarillado pluvial</i>	82
Tabla 23 <i>Ingreso promedio mensual</i>	83
Tabla 24 <i>Población según el censo del año 2010</i>	85
Tabla 25 <i>Tasa de crecimiento 2001 – 2010</i>	86
Tabla 26 <i>Vida útil sugerida para los elementos hidráulicos</i>	87
Tabla 27 <i>Proyección de la población futura</i>	88
Tabla 28 <i>Cuadro de resumen de la población futura</i>	89
Tabla 29 <i>Densidad poblacional</i>	90
Tabla 30 <i>Ubicación del muestreo</i>	91
Tabla 31 <i>Resumen contenido de humedad</i>	92
Tabla 32 <i>Resumen de la granulometría de las muestras</i>	93
Tabla 33 <i>Límites de Atterberg</i>	94
Tabla 34 <i>Simbología SUCS</i>	95
Tabla 35 <i>Nivel de servicio</i>	96
Tabla 36 <i>Dotación de agua para los diferentes servicios</i>	97
Tabla 37 <i>Consumo m³/mes de agua potable</i>	97
Tabla 38 <i>Dotación neta Cotogchoa</i>	100

	18
Tabla 39 <i>Resumen ficha catastral</i>	109
Tabla 40 <i>Parámetros – Evaluación hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario</i>	113
Tabla 41 <i>Evaluación hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario existente</i>	114
Tabla 42 <i>Distancia entre pozos</i>	115
Tabla 43 <i>Material de tubería</i>	116
Tabla 44 <i>Estado general de los pozos de revisión</i>	116
Tabla 45 <i>Parámetros para el rediseño del sistema de alcantarillado sanitario</i>	117
Tabla 46 <i>Rediseño del sistema de alcantarillado sanitario</i>	118
Tabla 47 <i>Cambio de altura en pozos de revisión</i>	118
Tabla 48 <i>Cambio en el diámetro de la tubería</i>	119
Tabla 49 <i>Cambio adicional del diámetro de la tubería</i>	119
Tabla 50 <i>Rediseño de los tramos con problemas hidráulicos</i>	120
Tabla 51 <i>Parámetros de diseño</i>	121
Tabla 52 <i>Resumen Calle 11</i>	124

Índice de figuras

Figura 1 Zona de estudio	29
Figura 2 Área de la zona de estudio	29
Figura 3 Área de estudio	30
Figura 4 Área de estudio (Diseño Alcantarillado Sanitario)	31
Figura 5 Área de estudio (Evaluación Alcantarillado Sanitario)	31
Figura 6 Filtro biológico horizontal.....	53
Figura 7 Filtro biológico vertical.....	54
Figura 8 Filtro biológico TIPO MEL	55
Figura 9 Curvas de caudal y velocidad para canales circulares	58
Figura 10 Angulo interior \emptyset en grado sexagesimal.....	60
Figura 11 Evolución poblacional Cotogchoa.....	65
Figura 12 Recorrido barrio El Manzano.....	72
Figura 13 Recorrido barrio La Libertad.....	72
Figura 14 Recorrido barrio El Pino.....	73
Figura 15 Recorrido barrio Central	74
Figura 16 Tesistas el día que realizó la encuesta.....	75
Figura 17 Encuesta socioeconómica.....	76
Figura 18 Resultado porcentual de tendencia de la vivienda	77
Figura 19 Resultado porcentual del tipo de la vivienda.....	78

	20
Figura 20 <i>Resultado porcentual de uso del inmueble</i>	79
Figura 21 <i>Resultado porcentual de material de la vivienda</i>	80
Figura 22 <i>Resultado porcentual de servicios básicos</i>	81
Figura 23 <i>Resultado porcentual de alcantarillado sanitario</i>	82
Figura 24 <i>Resultado porcentual de alcantarillado pluvial</i>	83
Figura 25 <i>Resultado porcentual ingreso promedio mensual</i>	84
Figura 26 <i>Muestreo en campo</i>	91
Figura 27 <i>Ubicación del muestreo</i>	92
Figura 28 <i>Consumo máximo mensual</i>	98
Figura 29 <i>Consumo mensual promedio</i>	99
Figura 30 <i>Consumo promedio mensual vs usuarios</i>	100
Figura 31 <i>Estación total (Leica TC – 305)</i>	101
Figura 32 <i>Reconocimiento topográfico de la zona</i>	102
Figura 33 <i>Levantamiento topográfico de la zona</i>	102
Figura 34 <i>Ficha catastral</i>	105
Figura 35 <i>Estado de pozo</i>	106
Figura 36 <i>Estado tapa de pozo</i>	107
Figura 37 <i>Estado de la calzada</i>	107
Figura 38 <i>Diagrama del flujo</i>	108

	21
Figura 39 <i>Ubicación de pozos de revisión – AutoCAD</i>	109
Figura 40 <i>Descarga vivienda – quebradas</i>	110
Figura 41 <i>Descarga sistema – quebradas</i>	111
Figura 42 <i>Cajas de revisión</i>	112

Resumen

El presente proyecto de titulación plantea dos fases, la primera es la revisión y evaluación del sistema de alcantarillado sanitario existente en la parroquia rural Cotogchoa y de ser necesario el rediseño del mismo, la segunda fase efectuará el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario en los sectores que carezcan del mismo, para satisfacer las necesidades de la población. El proyecto fue requerido por la Dirección de Agua Potable, Alcantarillado y Comercialización del cantón Rumiñahui (DAPAC – R). En la ejecución del presente proyecto se realizarán algunas actividades de campo como un levantamiento topográfico de altimetría y planimetría, el catastro de los pozos, revisión del estado del sistema de alcantarillado sanitario existente, revisión de los lotes que aportarán al nuevo sistema de alcantarillado sanitario. Se determinarán los parámetros de diseño para la red de alcantarillado sanitario cumpliendo con los requisitos mínimos establecidos en la normativa vigente, posteriormente si es necesario se realizará un rediseño del sistema de alcantarillado sanitario existente, finalizando con el diseño del sistema de alcantarillado sanitario de los sectores que carecen del mismo, finalizando con las conclusiones y recomendaciones de dicho proyecto.

PALABRAS CLAVE

- **ALCANTARRILLADO**
- **SANITARIO**
- **LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO**

Abstract

The present project proposes two phases, the first is the review and evaluation of the existing sanitary sewer system in the rural Cotogchoa parish and, if necessary, its redesign, the second phase will carry out the design of a sanitary sewer system in the sectors that lack it, to meet the needs of the population. The project was requested by the Directorate of Drinking Water, Sewerage and Marketing of Rumiñahui (DAPAC - R). In the execution of this project, some field activities will be carried out such as a topographic survey of altimetry and planimetry, the cadastre of the wells, review of the state of the existing sanitary sewer system, review of the lots that will contribute to the new sanitary sewer system. The design parameters for the sanitary sewer network will be determined complying with the minimum requirements established in the current regulations, later if it is necessary to carry out a redesign of the existing sanitary sewer system, ending with the design of the sanitary sewer system of the sectors that lack it, ending with the conclusions and recommendations of already said project.

KEYWORDS

- **SEWERAGE**
- **SANITARY**
- **TOPOGRAPHIC SURVEY**

Capítulo I

Generalidades

Introducción

La parroquia rural Cotogchoa, cantón Rumiñahui, Provincia de Pichincha fue creada el 31 de mayo de 1938, su clima es frío-templado con una temperatura que varía entre 5°C – 25°C, cuenta con 4 cauces principales, siendo éstos: Rio San Nicolás, Rio Santa Clara, Quebrada Suruhuayco, Quebrada Santa Ana. (PDOT, Agosto 2012)

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad mejorar las condiciones de saneamiento ambiental de la parroquia, mediante un análisis de campo, revisión del estado de la red de alcantarillado sanitario existente, valoración hidráulica inicial, rediseño de la red de alcantarillado sanitario actual, diseño del sistema de alcantarillado sanitario en los sectores que carecen del mismo, presentación de un presupuesto referencial, conclusiones y recomendaciones. (GADMUR Rumiñahui, 2012)

La parroquia cuenta con 14 barrios, de ellos, el barrio Central, El Milagro, Libertas y San Juan Obrero, tienen un servicio de alcantarillado del 100%. Los barrios que cuentan con una cobertura del 50% al 90%, son El Pino y El Manzano, una realidad muy diferente viven los barrios: Cuendina Albornoz, El Bosque, Miraflores, San Carlos Conejeros, Leticia, Patagua, El Taxo y Runahuarco, debido a que en estos la cobertura del servicio es cero. (GADMUR Rumiñahui, 2012)

Planteamiento del problema

El Gobierno Municipal de Rumiñahui es una organización al servicio público local, que promueve el desarrollo integral de la comunidad, buscando un cantón moderno, sustentable, respetuoso de la naturaleza, planificado, con una nueva centralidad con ciudadanos de carácter participativo e incluyente. (Gobierno Municipal de Rumiñahui, 2019)

Actualmente la red de alcantarillado de la parroquia rural Cotogchoa, cantón Rumiñahui no satisface a toda su población o su capacidad se ha visto disminuida por el deterioro en varios tramos ya existentes.

Para sectores de la parroquia que aún no cuenten con alcantarillado sanitario, se ha realizado el planteamiento por parte del DAPAC-R (Dirección de Agua potable, alcantarillado y comercialización del cantón de Rumiñahui) para la evaluación y el diseño del sistema de alcantarillado sanitario.

Definición del problema

Un diseño del sistema de alcantarillado sanitario que satisfaga las necesidades de la población, mejorar la calidad de vida de la población de la parroquia rural Cotogchoa.

Objetivos del proyecto

Objetivo general

Revisar, evaluar y rediseñar el sistema de alcantarillado existente y diseñar el alcantarillado sanitario para los sectores que carecen de este sistema en la parroquia rural Cotogchoa, cantón Rumiñahui.

Objetivos específicos

- Analizar la topografía existente en el municipio y realizar la topografía de la zona inexistentes y necesarias para el diseño hidráulico.
- Hacer el levantamiento catastral de los usuarios existentes.
- Ejecutar un modelamiento de la alternativa de rehabilitación del sistema de alcantarillado existente en caso de ser necesario.
- Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario para las zonas que se requieran.

- Revisar el estado de los pozos existentes.
- Realizar un presupuesto referencial.

Justificación e Importancia

El Ecuador, según (SENPLADES, 2017) con respecto al ambiente manifiesta, que asumirá plenamente su protección y la garantía de los derechos de la naturaleza. Esto incluye: el manejo responsable de los recursos naturales para beneficio colectivo de la sociedad, la protección de la diversidad biológica, la prevención de la degradación del suelo y la implementación de una respuesta adecuada al cambio climático, que promueva la resiliencia de las comunidades. (SENPLADES, 2017)

El crecimiento poblacional de la Parroquia de Cotogchoa, ha generado el aumento de las descargas en el sistema de alcantarillado ya existente, a esto hay que sumarle que fue diseñado y construido mediante una red combinada y con el pasar de los años e implementación de nuevas tecnologías, se ha determinado que este tipo de sistemas generan problemas de salud, así como de operación y mantenimiento. Mientras que otras zonas carecen de un sistema de alcantarillado sanitario generando problemas de salud y malestar en los habitantes. (SENPLADES, 2017)

Las personas que viven dentro del área que no cuenta con alcantarillado sanitario, realizan las descargas de aguas residuales en pozos sépticos, generando malos olores y contaminación al medio ambiente. Adicionalmente algunos hogares han optado por botar el agua ocupada de los quehaceres domésticos a la calle o incluso en su patio, debido a que esto evita el llenado rápido del pozo séptico, prolongando así la vida útil. (SENPLADES, 2017)

Ante esto, las autoridades del GAD Municipal del cantón Rumiñahui, han considerado pertinente, la evaluación y rediseño de la red de alcantarillado sanitario existe y su diseño en las

zonas que no cuentan con este servicio, con el fin de evitar problemas de contaminación y de tal manera contar con una red que se ajuste a las necesidades de la población.

Antecedentes

El cantón Rumiñahui cuenta con 12 vertientes y 6 pozos que producen 511,31 l/s, para consumo humano. Ante esto se puede decir que es uno de los cantones con mayor cobertura del servicio de agua potable en el país. Actualmente alcanza al 96% del Cantón tanto en las zonas urbanas como en las rurales. (GADMUR Rumiñahui, 2012)

El crecimiento poblacional de la parroquia de Sangolquí, pasó de 62.562 habitantes en el 2001 a 81.140 habitantes en el 2010 según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Por lo cual una red de alcantarillado es una necesidad básica para una zona poblacional, debido a que esta disminuye problemas de saneamiento y enfermedades causada por estancamiento de la misma, ayuda al desarrollo de las sociedades dinamizando la economía entre dos o más lugares. (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos - INEC, 2010)

La Dirección de Agua potable, alcantarillado y comercialización del cantón de Rumiñahui, al tener a su cargo, la red de alcantarillado sanitario y pluvial, ha detectado indicadores que afectan directa e indirectamente en la evacuación de aguas residuales de las viviendas, para solucionar mencionada problemática, han solicitado la evaluación y diseño del alcantarillado sanitario de la parroquia rural Cotogchoa.

Metodología

El método de investigación que se usará en el presente proyecto es el deductivo, puesto que partiremos de lo general hacia lo particular, al emplear normas y conceptos de diseño generales y aplicarlos a un caso en particular. Se establecerán 3 fases de ejecución.

La primera fase es la recolección de toda la información existente, la Dirección de Agua Potable, Alcantarillado y Comercialización del cantón Rumiñahui proporcionará el plano topográfico del área de estudio, en base a esto se ejecutará el catastro de la red de alcantarillado, y levantamiento topografía tomando una serie de puntos (coordenadas x, y, z) obtenidos en campo, posteriormente determinar la geometría, altimetría, calcular las áreas, longitudes y desniveles de los componentes hidráulicos de la red. (Becerra, 2009)

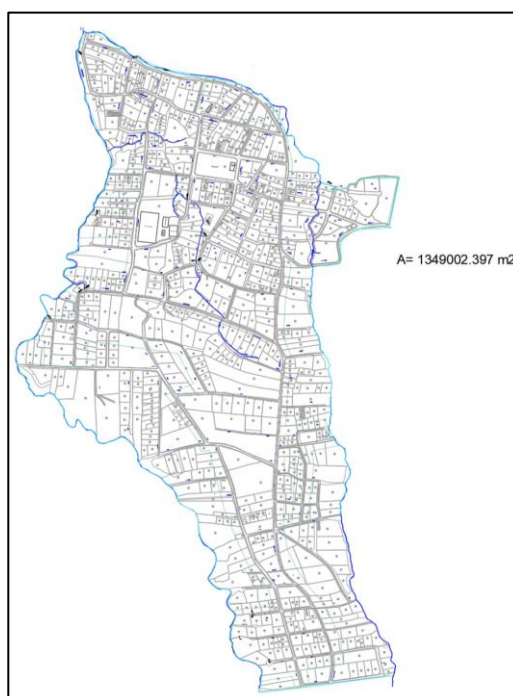
La segunda fase consiste en el análisis e interpretación de resultados. Se determinan las condiciones iniciales con las que fueron realizadas la red actual, lo cual aprovecha de base para analizar y plantear las alternativas del nuevo rediseño del sistema de ser necesario. Sumada a esto el diseño de una nueva red de alcantarillado sanitario en los sectores que carecen del mismo en base a la topografía obtenida en campo y cumpliendo con la normativa vigente. (Becerra, 2009)

En la tercera fase de la investigación se presentan los resultados propuestos de la red de alcantarillado sanitario para la parroquia rural Cotogchoa, cantón Rumiñahui, Provincia de pichincha, que satisfaga las necesidades de la población, estableciendo así las conclusiones y recomendaciones productos de la investigación. (Becerra, 2009)

Definición del área de estudio

Ubicación geográfica

Se encuentra ubicado en la parroquia rural Cotogchoa, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha con un área de estudio de 134.85 hectáreas como se muestra en las figuras 1 y 2.

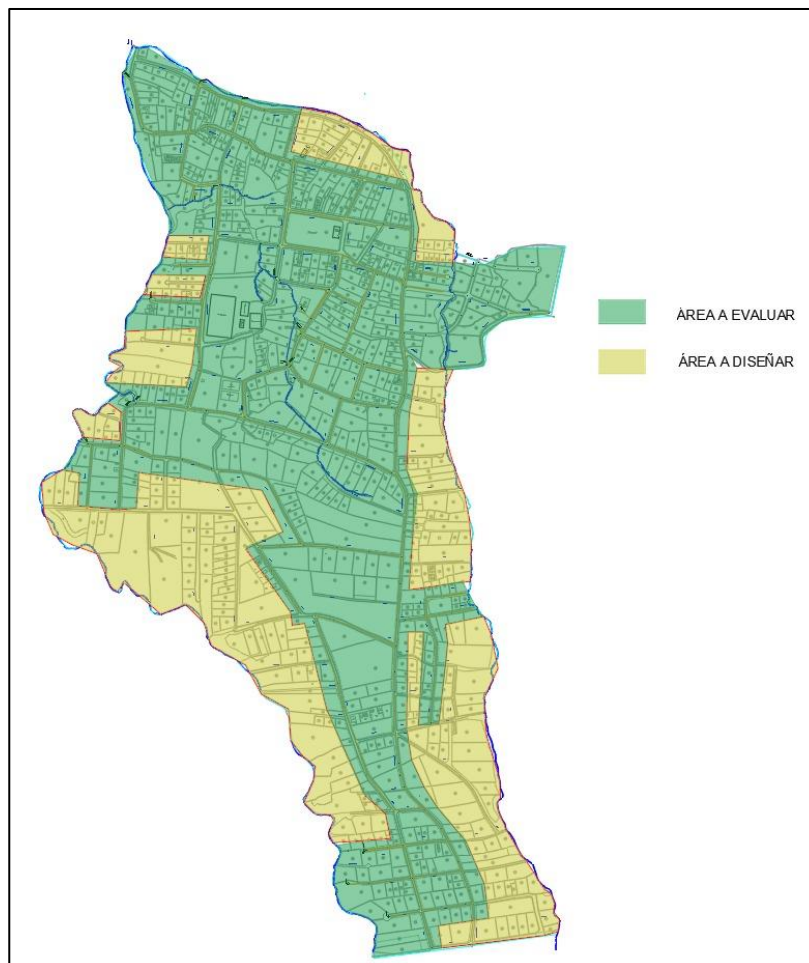
Figura 1*Zona de estudio**Recuperado de: Google EarthPro***Figura 2***Área de la zona de estudio*

Área de Estudio

En la figura 3 se observa el área de estudio, la misma que está delimitada por el polígono amarillo que cuenta con 134.85 hectáreas iniciales de la parroquia rural Cotogchoa, de las cuales 45,43 hectáreas (ver figura 4) no tienen cobertura de sistema de alcantarillado sanitario y 89,46 hectáreas (ver figura 5) requieren de una evaluación que determine si es necesario un rediseño, en caso de ser necesario un rediseño se procederá con el mismo.

Figura 3

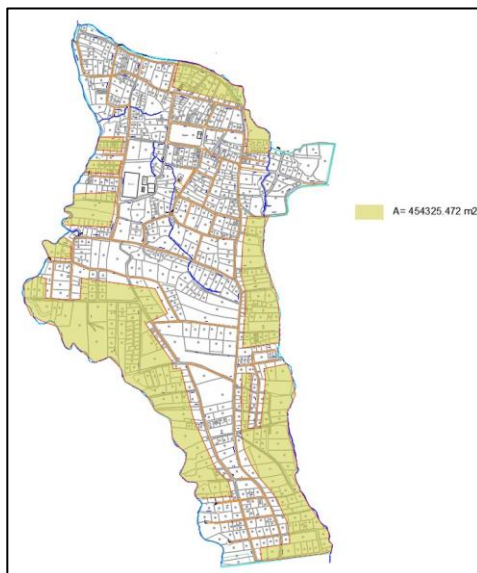
Área de estudio



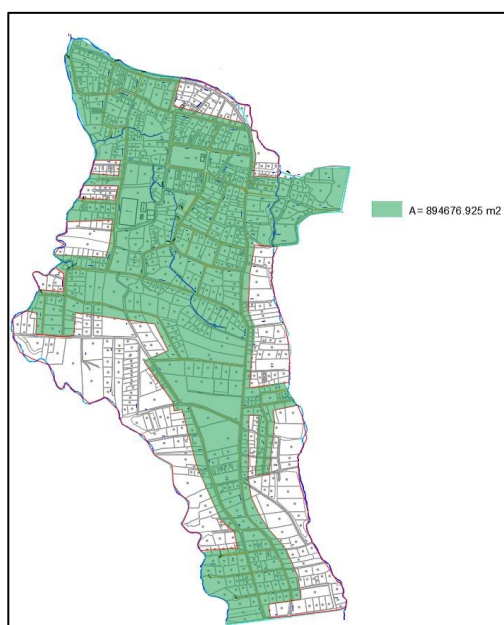
Latitud: 0°22'12.60"S. Longitud: 78°26'26.44"O

Figura 4

Área de estudio (Diseño Alcantarillado Sanitario)

**Figura 5**

Área de estudio (Evaluación Alcantarillado Sanitario)



Alcance del proyecto

Mediante el análisis del proyecto obtener la mejor alternativa para del sistema de alcantarillado sanitario, en base a los estudios técnicos y que sea viable económicamente, acompañado de una memoria técnica del proyecto.

Capítulo II

Marco teórico

El agua

El agua es un recurso natural finito y renovable, aproximadamente 505000 km³ de agua se evapora anualmente en los océanos, la mayor cantidad de la misma, llueve sobre los océanos por lo que no se puede utilizar en el consumo humano. El ciclo hidrológico permite la vida sobre la tierra. (Fernández Cirelli, 2012)

Importancia

El éxito del desarrollo de una población se basa en tener acceso al agua, para muchas personas a nivel mundial este recurso es escaso, por lo cual inician una lucha diaria por conseguirla, para su consumo y necesidades básicas. (Naciones Unidas, 2005).

Uso del Agua

El uso del agua se subdivide en dos grandes grupos, usos naturales y usos antrópicos. El primero hace referencia al mantenimiento de los ríos, reservas naturales, transporte de sedimentos, ecosistemas, etc. El uso antrópico va ligado a la actividad humana, como la provisión para uso doméstico, ganadería, agricultura, recreación, industria, minería, paisajismo, energía hidroeléctrica, etc. (Fernández Cirelli, 2012)

Clasificación del agua

Aguas crudas o estado natural

El agua es uno de los elementos vitales para formación de todo tipo de vida. El agua cruda que cuenta con una concentración de sales inferior a 1000 mg/L, se la conoce como agua dulce y la que tiene superior a 3000 mg/L, es agua salada. (Sánchez García & Figueroa Mariscal , 2009)

Aguas residuales

La procedencia de este tipo de agua puede ser de uso doméstico, industrial o aguas de escorrentía pluvial. Las aguas de origen doméstico, provienen de viviendas, generadas por el uso cotidiano de los humanos y las aguas de origen industrial son todas las aguas procedentes de cualquier actividad industrial. (Sánchez García & Figueroa Mariscal , 2009)

Agua tratada o potable

Después de un procedimiento de potabilización el agua podrá ser consumida, debido a que el agua ya cumple con la respectiva norma de calidad, por lo que no contendrá microorganismos, que afecten o alteren la salud. (Sánchez García & Figueroa Mariscal , 2009)

Análisis demográfico y dotación

Para el diseño de una red de alcantarillado se debe realizar un estudio demográfico en el cual se obtiene el número de habitantes de un área específica, en el Ecuador la entidad encargada de levantar datos poblaciones es el INEC, su último censo data del 2010. En base a estos datos se puede obtener, la cantidad de la muestra para realizar encuestas socioeconómicas, de igual manera se determina la proyección poblacional.

Dotación

Cantidad de agua potable que consume un individuo; la dotación que percibe una población está en función de la cantidad de habitantes y el clima en el que se encuentra, tomando en cuenta que en un clima frío el consumo será inferior al de un clima cálido, adicionalmente ésta depende de los hábitos, disponibilidad y costo. (Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias, 1992).

Sistema de alcantarillado

Sistema compuesto por tuberías que son diseñadas acorde a la topografía del terreno, cuyo objetivo es conducir las aguas residuales a un punto específico donde serán vertidas en un cauce

o almacenadas para su tratamiento si es el caso. El funcionamiento de este tipo de estructuras hidráulicas es a gravedad he ahí la importancia de un diseño adecuado. La mayoría de las mismas son de una sección circular. (Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias, 1992).

Origen de los sistemas de alcantarillado

Los orígenes de las obras de alcantarillado se datan desde épocas del imperio romano como estructuras de drenaje de aguas lluvias y de aguas sanitarias, estas estructuras a su vez son usadas para evitar la contaminación de las ciudades a través de transportación de aguas con materia orgánica y contenido de patógenos que son nocivos para la salud humana y de esta manera habilitan el desarrollo de un país. (Inca & Quispe, 2011)

Tipos de sistemas de alcantarillado

Sistemas separados

En este grupo existen dos redes, en la primera circulan las aguas provenientes de hogares y caudales tratados de industrias, la segunda red recolecta el agua producida por precipitaciones atmosféricas. (Inca & Quispe, 2011)

Sistemas combinados

Sistema que conduce simultáneamente por el mismo conducto todas las aguas residuales producidas por áreas urbanas y escorrentía pluvial. (Inca & Quispe, 2011)

Sistemas mixtos

En una zona existe de manera simultánea: alcantarillado combinado y alcantarillado separado, son una combinación de los dos anteriores dentro de una misma área. (Inca & Quispe, 2011)

Elementos de un sistema de alcantarillado

Tuberías

Conjunto de tubos de diferentes materiales, cumplen la función de transportar, líquidos, sólidos en suspensión y gases de manera eficiente, son elaboradas bajo normas estandarizadas, se las fabrican en base a las necesidades del trabajo que se va a efectuar. (Erazo Chido, 2016)

Colectores

Tuberías de diversos diámetros que se encuentran bajo las vías públicas, calles y veredas, su objetivo es recolectar las aguas servidas de los diversos hogares de un área determinada, se clasifican de la siguiente manera. (Taco Cando, 2012)

Colectores primarios: Su diámetro es grande, construidas en las zonas más bajas de las ciudades, transportan toda el agua servida producida por la comunidad, hasta un cauce, planta de tratamiento, etc. (Taco Cando, 2012)

Colectores secundarios: Se encuentran enterradas en la vía pública, conducen el agua desde el colector terciario al colector principal. (Taco Cando, 2012)

Colectores terciarios: El diámetro interior de estas tuberías es de 150 a 250 mm, se las puede ubicar bajo de las veredas, las mismas que ayudan a llevar el agua desde la acometida domiciliaria al colector secundario. (Taco Cando, 2012)

Pozos de Salto

El objetivo de esta estructura, es contrarrestar la erosión producida en las paredes de los pozos de inspección. Entre la tubería de llegada y la salida, existe una diferencia mayor a 60 centímetros. El máximo diámetro de la tubería de salto es 300 mm. (Méndez Flores, 2011)

Son construidos en el sitio generalmente de hormigón armado, para acceder al fondo, cuenta con escalones, adicional cuenta con una tapa de hierro fundido, para permitir el libre flujo vehicular y peatonal. (Méndez Flores, 2011)

Pozos de revisión

Los pozos de revisión no se encuentran ubicados en alcantarillas curvas y confluencia de colectores, pero si donde existe cambios de: dirección o pendiente. En la tabla 1 se detalla la distancia máxima entre pozos, la misma que está en función del diámetro de la tubería. (Secretaría Nacional del Agua - SENAGUA, 2012)

Tabla 1

Distancia máxima entre pozos

Diámetro de la tubería (mm)	distancia (m)
< 350	100
$400 \leq x \leq 800$	150
> 800	200

Nota. Recuperado de (Secretaría Nacional del Agua - SENAGUA, 2012)

Su ubicación será estratégica, de tal manera que el flujo pluvial no se dirija hacia ellos. Si no se puede cumplir esta disposición, se coloca tapas herméticas, que impidan el ingreso del caudal producido por precipitaciones. (Secretaría Nacional del Agua - SENAGUA, 2012)

El diámetro de la parte superior del pozo de revisión tiene un valor mínimo de 60 cm, mientras que el diámetro del cuerpo está en función de la tubería que llega al mismo. (Ver tabla 2)

Tabla 2*Diámetros recomendados para pozos de revisión*

Especificación	Diámetro
Abertura superior	mínimo 60 cm
Cuerpo del pozo	
Diámetro tubería: ≤ 550 mm	90 cm
Diámetro tubería: > 550 mm	Diseño especial

Nota. Recuperado de (Secretaría del Agua , 2012)

La norma del (Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias, 1992) menciona las siguientes especificaciones, referente a las tapas que serán ubicadas en los pozos de revisión. (Ver tabla 3)

Tabla 3*Especificaciones de las tapas*

Descripción	Característica
Forma	Circular
Material	Hierro fundido Otro, aprobado por SAPYSB
Asegurada	Pernos

Nota. Recuperado de (Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias, 1992)

Referente al uso de peldaños, no se los recomienda, debido que ahí se pueden concentrar elementos sólidos. Para poder acceder a la solera del pozo, es necesario utilizar escaleras portátiles. (Secretaría del Agua , 2012)

Conexiones domiciliarias

Cámaras de pequeño tamaño, construidas de ladrillo, plástico y hormigón, conectan el alcantarillado público (ubicado en las vías) con el privado (ubicado en las viviendas). (Viteri Salán, 2012)

Comprende una variedad de accesorios y tuberías, permitiendo transportar las aguas servidas a la red de alcantarillado. Comienza con una estructura llamada caja de revisión o caja domiciliaria, a la cual llegan todas las conexiones domiciliarias, para de ahí conectarse a la red principal de alcantarillado. Su objetivo principal es permitir el aseo de la conexión domiciliaria. La dimensión mínima de la caja de revisión será de 60 x 60 cm, la profundidad estará en función de las necesidades de cada caso. (Ramírez Flores, 2010)

Sistemas de tratamiento

Se clasifican en función de la calidad de agua de salida. Estaciones de tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario. (Viteri Salán, 2012)

Sistema de alcantarillado sanitario

El alcantarillado que debe servir a los hogares para que estén libres de toda contaminación de origen sanitario, constituido por un conjunto de tuberías cuya finalidad es recolectar, conducir y transportar el agua producida en los hogares y aguas tratadas de industrias de manera higiénica con el fin de preservar la salud de la población. (Belalcazar & Cushicondor, 2016)

Evaluación del sistema de alcantarillado sanitario existente

La evaluación de un sistema es importante debido a que permite conocer el estado en el que se encuentra, y así tomar las medidas necesarias para que esta no llegue a tener problemas como su colapso. Se realiza a través de inspecciones físicas en los pozos de revisión en donde se obtiene los catastros, adicionalmente es necesario tomar encuestas que den a conocer el grado de satisfacción de los usuarios.

Recopilación de datos generales

Consiste en una descripción resumida de aspectos históricos, sociales de la localidad o zona en estudio; centros educacionales, hospitalarios, industriales, etc. Recopilación de datos de posibles

sitios de descarga, uso actual y posibilidad de otros usos benéficos futuros. Y una descripción de aspectos urbanísticos, características locales que puedan interesar para la evacuación de los desagües, zonas de desarrollo, áreas comerciales e industriales, vías de tránsito y tipos de pavimentos y veredas. (Secretaría Nacional del Agua - SENAGUA, 2012)

Mediante una recopilación de datos en campo se tiene una descripción más clara de los aspectos que enmarca la zona de estudio para obtener parámetros reales en el diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la Parroquia Cotogchoa.

Recopilación de datos existentes

Consiste en la descripción de los sistemas existentes de alcantarillado, de sus condiciones de funcionamiento y de los problemas del servicio actual que deberán ser resueltos por el sistema a diseñar; sitios de descarga actuales; dimensiones, características y estados de los diferentes elementos que componen el sistema. (Secretaría Nacional del Agua - SENAGUA, 2012)

En conjunto con la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE y la Dirección de Agua potable, alcantarillado y comercialización del cantón de Rumiñahui (DAPAC – R), se tiene los planos existentes del área de estudio, así como también la topografía del centro de la Parroquia Cotogchoa, donde constan los nombres de calles y delimitación de terrenos del área de estudio. (Secretaría Nacional del Agua - SENAGUA, 2012)

Levantamiento topográfico

Es el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la Tierra, con sus formas y detalles; tanto naturales como artificiales. Para eso se utiliza un sistema de coordenadas tridimensional, siendo la X y la Y competencia de la planimetría, y la Z de la altimetría. (Alomoto Cauja, 2013)

Realizar un reconocimiento del área donde se va a efectuar el trabajo es primordial, al igual que un análisis completo de los planos ya existentes. Un levantamiento topográfico debe abarcar toda el área a realizar el proyecto, estos datos nos permitirán identificar y trazar las áreas tributarias a una red de alcantarillado. (Alomoto Cauja, 2013)

La topografía de la Parroquia rural de Cotogchoa debe ser cuidadosamente levantada ya que es fundamental e indispensable para el desarrollo del diseño. Se debe tener en cuenta el área de estudio y el crecimiento poblacional, también lugares donde se ubiquen los filtros o plantas de tratamiento de la red de alcantarillado sanitario para su posterior evacuación. (Alomoto Cauja, 2013)

Con la topografía realizada en campo, se debe verificar en los planos de catastros: el nombre correcto de las vías y el conteo exacto de terrenos para tener una mayor certeza en el diseño, de la mano con el trabajo de gabinete en donde se realiza el procesamiento de datos en Excel, AutoCAD y herramientas que permitan un claro entendimiento de la información. (Alomoto Cauja, 2013)

Población

La estimación de la población es un aspecto principal del planeamiento de un sistema de alcantarillado. Esta población debe corresponder a la proyectada al final del período de diseño. Adicionalmente, debe tener en cuenta que el diseño de la red requiere conocer la distribución poblacional e identificar los tipos de consumidores de servicios de alcantarillado. (Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito, 2009)

Requisitos básicos

Corresponde a los datos demográficos de la población, en especial los censos de población del INEC. A partir de la información de los censos de población y vivienda se puede calcular el número

promedio de habitantes por vivienda, información útil cuando se analizan las descargas por cliente o conexión. La información del número de viviendas debe ser complementada con la de establecimientos comerciales, industriales e institucionales existentes. (Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito, 2009)

Área de influencia

Se debe definir el área de influencia del proyecto determinando la zona de servicio de alcantarillado, delimitando en planos detallados y actualizados de las calles, las manzanas urbanizadas y los lotes o predios incluidos en el proyecto. De común acuerdo con la EMAAP-Q, y según las características del proyecto a diseñar, se debe definir las unidades o áreas de distribución para la aplicación de la distribución espacial de la demanda. (Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito, 2009)

Contribuciones de aguas residuales

El volumen de aguas residuales que aporta en un sistema de recolección y evacuación está integrado por:

Domésticas (Qd)

El aporte doméstico (Qd) está dado por las expresiones

$$Qd = dneta * D * Ard * R / 86.400$$

$$Qd = dneta * P * R / 86.400$$

Siendo:

dneta = dotación neta por habitante (l/ha-día)

Ard = área residencial bruta de drenaje sanitario (has)

D = densidad de población futura (hab/ha).

R = coeficiente de retorno (adimensional).

P = Población (hab)

La segunda alternativa de las ecuaciones arriba señaladas es recomendable para un nivel de complejidad bajo del sistema.

Estimación de R

El coeficiente de retorno es la fracción del agua de uso doméstico servida (dotación neta), cuando esta información resulte inexistente o muy pobre, pueden utilizarse como guía los rangos de valores de R descritos en la tabla 4, justificando apropiadamente el valor finalmente adoptado. (Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito, 2009)

Tabla 4

Coefficientes de retorno de aguas servidas domésticas

Nivel de complejidad del sistema	Coefficiente de retorno
Bajo y medio	0,7 – 0,8
Medio alto y alto	0,8 – 0,85

Nota. Recuperado de (Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito, 2009)

El coeficiente de retorno (**R**) se considerará constante durante todo el período de diseño.

Industriales (QI)

El consumo de agua industrial varía de acuerdo con el tipo y tamaño de la industria, y los aportes de aguas residuales varían con el grado de recirculación de aguas y los procesos de tratamiento. En consecuencia, los aportes de aguas residuales industriales QI deben ser determinados para cada caso en particular. Para cualquier nivel de complejidad del sistema, es necesario elaborar análisis específicos de aportes industriales de aguas residuales, en particular para zonas netamente industriales e industrias medianas y grandes, ubicadas en zonas residenciales y comerciales. (Ver tabla 5) (Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito, 2009)

Tabla 5*Contribución industrial*

Nivel de complejidad del sistema	Coefficiente industrial (l/s/ha-ind)
Bajo	0,4
Medio	0,6
Medio alto	0,8
Alto	1,0 – 1,5

Nota. Recuperado de (Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito, 2009)

Comerciales (Qc)

Para zonas netamente comerciales, el caudal de aguas residuales QC debe estar justificado con un estudio detallado, basado en consumos diarios por persona, densidades de población en estas áreas y coeficientes de retorno mayores que los de consumo doméstico. (Ver tabla 6) (Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito, 2009)

Tabla 6*Contribución comercial*

Nivel de complejidad del sistema	Coefficiente comercial (l/s/ha-ind)
Cualquiera	0,4 – 0,5

Nota. Recuperado de (Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito, 2009)

Institucional (QIN)

El consumo de agua de las diferentes instituciones varía de acuerdo con el tipo y tamaño de las mismas, dentro de las cuales pueden mencionarse escuelas, colegios y universidades, hospitales, hoteles, cárceles, etc. (Ver tabla 7) (Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito, 2009)

Tabla 7*Contribución industrial mínima en zonas residenciales*

Nivel de complejidad del sistema	Coefficiente institucional (l/s/ha-ind)
Cualquiera	0,4 – 0,5

Nota. Recuperado de (Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito, 2009)

Conexiones erradas (Qce)

Para esto se considera aportes de aguas lluvias al sistema de alcantarillado sanitario, proveniente de conexiones de bajantes de techos y patios, también de las medidas de control sobre la calidad de conexiones domiciliarias. Para niveles de complejidad del sistema bajo y medio es necesario establecer medidas de control para la reducir el aporte de conexiones erradas. (Ver tabla 8) (Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito, 2009)

Tabla 8*Conexiones erradas (Qce)*

Nivel de complejidad del sistema	Aporte (l/s/ha)
Bajo y medio	0,20 – 2,00
Medio alto y alto	0,10 – 1,00

Nota. Recuperado de (Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito, 2009)

Infiltración (Qinf)

Es inevitable la infiltración de aguas subsuperficiales a las redes de sistemas de alcantarillado sanitario, principalmente freáticas, a través de fisuras en las tuberías, en juntas ejecutadas deficientemente, en la unión de tuberías con pozos de inspección y demás estructuras, y en éstos cuando no son completamente impermeables. La categorización de la infiltración en alta, media y baja se relaciona con las características topográficas, de suelos, niveles freáticos y precipitación. (Ver tabla 9) (Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito, 2009)

Tabla 9*Infiltraciones Qinf*

Nivel de complejidad del sistema	Infiltración alta (l/s-ha)	Infiltración media (l/s-ha)	Infiltración baja (l/s-ha)
Bajo y medio	0,1 – 0,3	0,1 – 0,3	0,05 – 0,2
Medio alto y alto	0,15 – 0,4	0,1 – 0,3	0,05 – 0,2

Nota. Recuperado de (Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito, 2009)

Diseño de la red de alcantarillado sanitario***Selección del tipo de alcantarillado***

La selección depende del tipo de área urbana o rural a servirse, la selección del alcantarillado a diseñarse se hará primordialmente a base de la situación económica de la comunidad, la topografía y la densidad poblacional. Para lo cual tenemos 3 niveles, se debe aclarar que en una misma área de estudio se puede utilizar varios niveles, dependiendo de la zona. (Secretaría Nacional del Agua - SENAGUA, 2012)

Nivel 1

Se utiliza tanques sépticos o fosas húmedas (agua privies), para grupos de casas con sistemas de tuberías efluentes de PVC u otro material apropiado, que conduzcan las aguas servidas pre sedimentadas hacia un sistema central o zona de tratamiento. (Secretaría Nacional del Agua - SENAGUA, 2012)

Este sistema de alcantarillado puede diseñarse con superficie libre de líquido (esto es, como canales abiertos) o a presión, no se utiliza ni cajas ni pozos de revisión convencionales. El diámetro mínimo de las tuberías puede reducirse a 75 mm. El resto de tuberías se diseña para que tenga la capacidad hidráulica necesaria. Para el lavado periódico del sistema se instala bocas de admisión de agua en los puntos iniciales del sistema y a distancias no mayores de 200 m. (Secretaría Nacional del Agua - SENAGUA, 2012)

Nivel 2

Se utiliza tuberías de hormigón simple de diámetro mínimo de 100 mm instaladas en las aceras. No se utiliza pozos de revisión, sino cajas de mampostería de poca profundidad, con tapas provistas de cerraduras adecuadas. Sólo se utiliza las alcantarillas convencionales para las líneas matrices o emisarios finales. (Secretaria Nacional del Agua - SENAGUA, 2012)

Nivel 3

Se utiliza una red de tuberías y colectores. En ciertas zonas especialmente en aquellas en las que se inicia la producción de las aguas residuales, se puede utilizar el diseño del nivel 2 pero con diámetro mínimo de 150 mm, especialmente donde la topografía es plana, con lo que se evita la innecesaria profundización de las tuberías. (Secretaria Nacional del Agua - SENAGUA, 2012)

Crterios de diseño**Áreas de aportación**

Para conocer el área exacta de drenaje se debe tener los planos topográficos de la zona a estudiar. En base a la topografía, se zonificará la parroquia en áreas tributarias. Se tomará en cuenta el uso de suelo. Adicional se incluirá las futuras construcciones. (Orozco Daqui & Tapia Avila, 2017)

Caudales de aportación y diseño

Caudales sanitarios: Este caudal está en función de la densidad poblacional, así mismo la dotación de agua potable que perciben. El factor de retorno que se multiplicará con el caudal de aguas residuales domésticas, estará en el rango del (70%-80%). (Ramírez Flores, 2010)

Caudales por infiltración: El caudal por infiltración, no se puede evitar, debido a que siempre van a existir aguas subterráneas, las mismas que ingresan al sistema por fisuras existentes en la

tubería, imperfecciones en las juntas, etc. Este caudal depende de los siguientes factores: (Ramírez Flores, 2010)

- Nivel freático en el suelo a colocar la tubería.
- Precipitación anual y permeabilidad del suelo.
- Material del que está elaborada la tubería y el tipo de unión a ejecutarse.
- Dimensiones, tipo y estado en la que se encuentra el sistema de alcantarillado.

Caudales por conexiones erradas: Las redes de alcantarillado sanitario, no deben recibir caudales provenientes de aguas lluvias, pero eso no se cumple, debido a que siempre van a existir conexiones clandestinas de bajantes de cubiertas, jardines, patios o a través de las mismas tapas de pozos o de cajas de revisión. (Méndez Flores, 2011).

Las medidas de control por las autoridades correspondientes, alcantarillado pluvial y la disponibilidad de sistemas de recolección, son factores que influyen directamente en la existencia de un caudal alto o bajo, por conexiones erradas. (Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito, 2009)

Periodo de diseño

El periodo de diseño es el lapso durante el cual una obra o estructura puede funcionar sin necesidad de ampliaciones. Mientras que la vida útil es el lapso después del cual una obra o estructura puede ser reemplazada por inservible. (Secretaría Nacional del Agua - SENAGUA, 2012)

De acuerdo a lo mencionado anteriormente el periodo de diseño será de por lo menos 15 años, y se considera que la vida útil de los equipos es usualmente de 10 a 20 años, mientras que las estructuras pueden durar entre 40 y 50 años. (Secretaría Nacional del Agua - SENAGUA, 2012)

Como mínimo, los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales deben proyectarse para un período de 30 años. (Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito, 2009)

Caudal de diseño

El caudal a utilizarse para el diseño de los colectores de aguas residuales será el que resulte de la suma de los caudales de aguas residuales domésticas e industriales afectados de sus respectivos coeficientes de retorno y mayoración, más los caudales de infiltración y conexiones ilícitas. Las poblaciones y dotaciones serán las correspondientes al final del período de diseño. (Secretaría Nacional del Agua - SENAGUA, 2012)

Pendiente

La pendiente se determina de tal manera que la velocidad de escurrimiento no sea menos que la admisible, de manera general sigue la pendiente natural del terreno y se calcula tramo por tramo. (Becerra, 2009)

Pendientes mínimas

No existe un lineamiento específico que indique cual debe ser la pendiente mínima, por ende, se recomienda que las pendientes utilizadas para el diseño deben ser parecidas a la rasante del terreno, disminuyendo así el movimiento de tierras al instante de realizarse el proyecto. La velocidad del flujo está en función de la pendiente, por ello se requieren pendientes adecuadas para garantizar un buen diseño de alcantarillado. (Ordoñez Crespo, 2016)

De acuerdo a la norma, (Secretaría Nacional del Agua - SENAGUA, 2012) la velocidad mínima en redes de alcantarillado sanitario, deben cumplir lo siguiente:

- La solera de la tubería no debe formar gradas de manera ascendente, debido a que son obstrucciones que facilitan la acumulación de los sólidos. (Secretaría Nacional del Agua - SENAGUA, 2012)
- Debe ser descendente y continua la gradiente de energía, adicionalmente las pérdidas del caudal deberán estar consideradas en la gradiente de la energía. (Secretaría Nacional del Agua - SENAGUA, 2012)
- La tubería nunca debe de funcionar llena, la superficie del líquido, de acuerdo a los cálculos hidráulicos de: curvas de remanso, posibles saltos, etc. Siempre se encuentre inferior a la corona del tubo, dejando un espacio para la ventilación, e impidiendo la acumulación de gases tóxicos. (Secretaría Nacional del Agua - SENAGUA, 2012)

Velocidad mínima y máxima

La velocidad mínima del líquido en los colectores (Ver tabla 10), sean estos primarios, secundarios o terciarios no sean menores que 0,45 m/s y que preferiblemente sea mayor a 0,6 m/s, bajo condiciones de caudal máximo instantáneo, en cualquier año del periodo de diseño. (Secretaría Nacional del Agua - SENAGUA, 2012)

Tabla 10

Velocidad del líquido en colectores

Colector	No menor a	Preferiblemente mayor a
Primario	0.45 m/s	0.60 m/s
Secundario	0.45 m/s	0.60 m/s
Terciario	0.45 m/s	0.60 m/s

Nota. Recuperado de (Secretaría Nacional del Agua - SENAGUA, 2012)

En tuberías o colectores las velocidades máximas admisibles están en función del material del que son fabricadas. En la tabla 11, constan los valores recomendados y el coeficiente de rugosidad a usar. (Secretaría Nacional del Agua - SENAGUA, 2012)

Tabla 11

Velocidades máximas a tubo lleno y coeficientes de rugosidad recomendados

Material	Velocidad Máxima m/s	Coefficiente de rugosidad
Hormigón simple: Con uniones de mortero.	4	0.013
Hormigón simple: Con uniones de neopreno para nivel freático alto	3.5-4	0.013
Asbesto cemento	4.5-5	0.011
Plástico	4.5	0.011

Nota. Recuperado de (Secretaría Nacional del Agua - SENAGUA, 2012)

Diámetros mínimos

Los diámetros mínimos correspondientes para sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial están detallados a continuación. (Ver tabla 12)

Tabla 12

Diámetro mínimo

Tipo	Diámetro (m)
Alcantarillado sanitario	0.20
Alcantarillado pluvial	0.25
Conexiones domiciliarias Alcantarillado Sanitario	0.10
Conexiones domiciliarias Alcantarillado Pluvial	0.15

Nota. Recuperado de (Secretaría Nacional del Agua - SENAGUA, 2012)

Estudio de Suelos

El estudio de suelos ayuda a obtener las características que definen al tipo de suelo que se encuentra en la zona a realizarse el proyecto, esta información es de gran importancia debido al movimiento de tierras, selección del material óptimo a colocarse en la superficie sobre la cual van a ir las tuberías, en la cimentación de las diversas estructuras a construirse y para los rellenos respectivos. (Bravo Jácome & Solis García , 2018)

Movimientos de tierra

Primero se define el término tierras, que denomina a todos los materiales que se necesitan mover durante el proceso constructivo. Entonces el movimiento de tierras es el conjunto de operaciones que se realiza con los terrenos naturales a fin de modificar las formas de la naturaleza o de aportar materiales útiles a las obras civiles a desarrollar. (Guevara, 2015)

Profundidad máxima y mínima

La profundidad será la necesaria para realizar los empalmes de las tuberías.

Profundidad máxima

En general la máxima profundidad de las tuberías es del orden de 5 m, aunque puede ser mayor siempre y cuando se garanticen los requerimientos geotécnicos de las cimentaciones y estructurales de los materiales y tuberías durante (y después de) su construcción. (Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito, 2009)

Profundidad mínima

La altura mínima que tendrá el relleno, cuando la tubería deba soportar cargas vehiculares es de 1.20 metros, sobre la clave del tubo hasta el nivel de la vía. Su diseño siempre irá debajo de la de agua potable, teniendo una distancia de 30 cm al ser paralelas y de 20 cm al cruzarse, esto es

para evitar contaminación a la tubería de agua potable cuando exista filtraciones o fallas en la del alcantarillado. (Ordoñez Crespo, 2016)

Sistemas de tratamiento

Filtros biológicos

Los filtros biológicos se definen como sistemas de filtrado natural, su función fundamental es eliminar sustancias tóxicas y contaminantes, a través de la neutralización y transformación de las aguas residuales en sustancias no nocivas. (Quinton, 2018)

Características

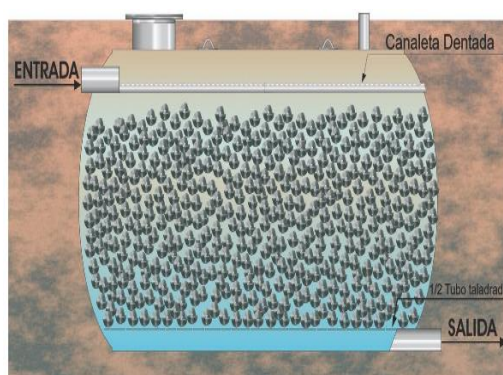
Los filtros biológicos se caracterizan por su fácil limpieza, resistencia a altas y bajas temperaturas, alta durabilidad, fácil reparación ante posibles roturas, aislante eléctrico, facilidad para su transporte y alta resistencia química. (BUPOLSA, 2019)

Filtro biológico horizontal

Tiene una disposición horizontal, su característica principal radica en que pueden instalarse bajo el suelo, teniendo menos movimiento de tierra, deben ir sobre una base en hormigón, como se muestra en la figura 6. (BUPOLSA, 2019)

Figura 6

Filtro biológico horizontal



Recuperado de: (BUPOLSA, 2019)

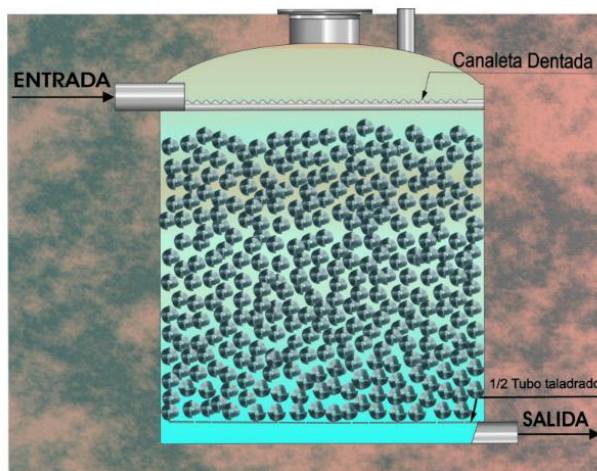
De acuerdo al número de personas al que se proporcionará el servicio, estos varían desde una capacidad de 3500 litros a 62000 litros. Su mantenimiento se efectuará anualmente, en el mismo que se realizará un vaciado de sus $\frac{3}{4}$ partes y llenándolo con agua limpia. (BUPOLSA, 2019)

Filtro biológico vertical

Tiene una disposición vertical, su característica principal radica en que pueden instalarse cuando no se cuente con mucha superficie, irá apoyada en una losa de hormigón, como se muestra en la figura 7. (BUPOLSA, 2019)

Figura 7

Filtro biológico vertical



Recuperado de: (BUPOLSA, 2019)

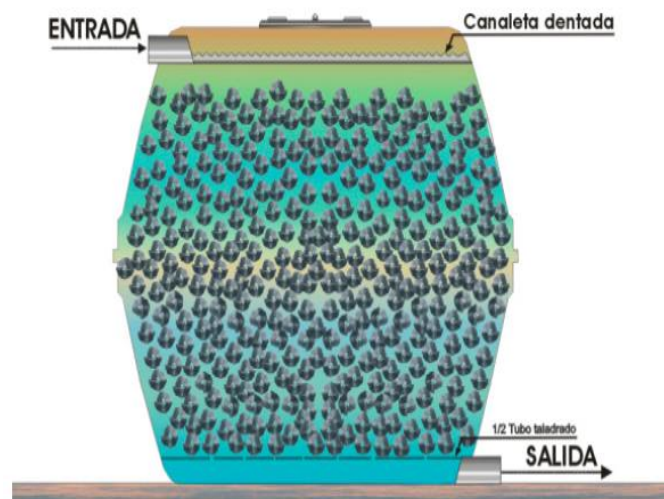
De acuerdo al número de personas al que se proporcionará el servicio, estos varían desde una capacidad de 1048 litros a 18562 litros. Su mantenimiento se efectuará anualmente, en el mismo que se realizará un vaciado de sus $\frac{3}{4}$ partes y llenándolo con agua limpia. (BUPOLSA, 2019)

Filtro Biológico TIPO MEL

Estos filtros son perfectos para trabajar con un número reducido de habitantes, esto se debe a su bajo costo y bajo capacidad. Pueden ir en instalaciones elevadas como subterráneas, siempre irán apoyadas en bases de hormigón, como se muestra en la figura 8. (BUPOLSA, 2019)

Figura 8

Filtro biológico TIPO MEL



Recuperado de: (BUPOLSA, 2019)

Velocidades en los conductos

El diseño hidráulico de las tuberías de alcantarillado puede realizarse utilizando la fórmula de Manning". (Secretaria Nacional del Agua - SENAGUA, 2012)

$$V = \frac{R^{2/3} * J^{1/2}}{n}$$

Dónde:

V= velocidad (m/s)

J= pendiente del conducto

R= radio hidráulico ($R= A/$)

n = coeficiente de Manning

Se recomienda las velocidades máximas reales y los coeficientes de rugosidad correspondientes a cada material.

Relaciones hidráulicas

Es la condición hidráulica que se ejecuta para el diseño se utilizan este tipo de relaciones como una norma de seguridad para evitar que los conductos del sistema se desempeñen a presión. Las relaciones hidráulicas fundamentales se basan en la distinción para conductos que trabajen a toda su capacidad con conductos que trabajen parcialmente llenas. (Rodríguez & German, 2020)

De las ecuaciones primordiales de la parte hidráulica se tiene que:

$$Q = A * V$$

Dónde:

Q: Caudal (m^3/s)

V: Velocidad (m/s)

A: Área de la sección (m^2)

Para diferenciar entre las fórmulas para tubería llena y la tubería parcialmente llena, se escribe con letras mayúsculas cuando se trabaja con tuberías llenas y cuando se trabaja con tuberías parcialmente llenas se utiliza las letras minúsculas. (Rodríguez & German, 2020)

$$q = a * v$$

Dónde:

q: Caudal de la tubería parcialmente llena (m^3/s)

v: Velocidad de la tubería parcialmente llena (m/s)

a: Área de la sección de la tubería parcialmente llena (m^2)

Utilizando la ecuación de Manning reemplazamos para obtener la siguiente la fórmula para caudal en tubería parcialmente llena.

$$q = \frac{1}{n} * r_h^{2/3} * S^{1/2} * a$$

$$Q = \frac{1}{N} * R_h^{2/3} * S^{1/2} * A$$

Dónde:

Q: Caudal de la tubería llena (m^3/s)

N: Coeficiente de rugosidad de Manning

R (h): Radio hidráulico de la tubería llena (m)

I: Pendiente de gradiente hidráulico de la tubería llena (m/m)

A: Área de la sección de la tubería llena (m^2)

Las relaciones hidráulicas para lo cual la tubería no trabaje a presión son: (q / Q) y (v / V), si reemplazamos las ecuaciones se tiene lo siguiente:

$$\frac{q}{Q} = \frac{N}{n} * \frac{r_h^{2/3}}{R_h^{2/3}} * \frac{a}{A}$$

$$\frac{v}{V} = \frac{n}{N} * \frac{r_h^{2/3}}{R_h^{2/3}}$$

Radio hidráulico

El radio hidráulico no es una relación que representa la forma ni dimensión del flujo, este determina condiciones de flujo geoméricamente semejantes. (Sandoval, 2013)

$$R = \frac{\frac{\pi * D^2}{4}}{\pi * D} = \frac{D}{4}$$

Calculo hidráulico de canales de sección cerrada

Se utiliza la ecuación de Chezy, pero debido a la gran complejidad de las expresiones algebraicas para la determinación del área, el perímetro mojado y el radio hidráulico, se utilizan tablas o monogramas para simplificar el cálculo. (Sandoval, 2013)

Entre los métodos de mayor sencillez tenemos el gráfico, en el cual se utilizan las relaciones:

$$a = f_1 \left(\frac{K_h}{K_H} \right) = f \left(\frac{Q_h}{Q_H} \right)$$

$$b = f_2 \left(\frac{V_h}{V_H} \right)$$

donde:

a: Es la relación de llenado para el caudal dado.

Kh, Qh: Factor de gasto, y el caudal para el tirante h.

KH, QH: Factor de gasto y caudal para la sección llena.

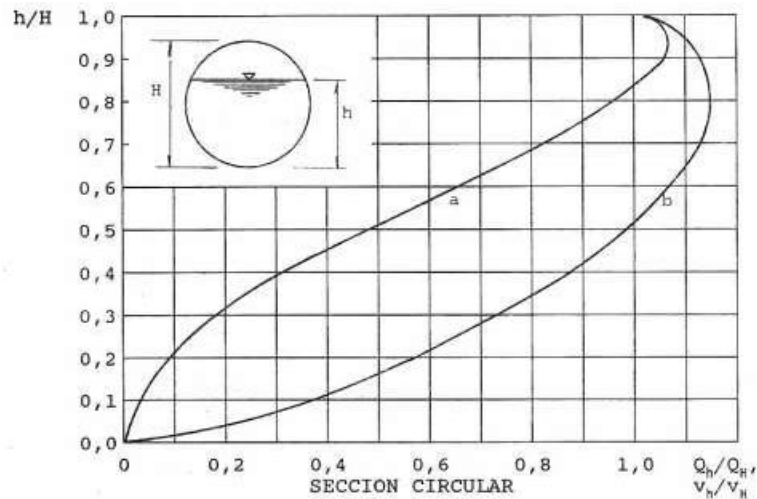
Vh: Velocidad del flujo con el tirante h.

VH: Velocidad del flujo para la sección llena.

En la figura 9 presentamos relaciones a y b para conductos de sección circular

Figura 9

Curvas de caudal y velocidad para canales circulares



Recuperado de: (Sandoval, 2013)

Para la relación de llenado 0,7 obtenemos:

$$a = 0,82 \quad \text{y} \quad b = 1,13$$

$$Q_h = a * Q_H$$

$$V_h = b * V_H$$

Cálculo de la fuerza tractiva

La fuerza tractiva o tensión de arrastre, es el esfuerzo tangencial unitario ejercido por el líquido sobre el colector y, en consecuencia, sobre el material depositado. La fuerza tractiva es función del líquido que escurre en la tubería (peso específico), del radio hidráulico y de la pendiente.

(Romero, 2007)

A continuación, se muestra la fórmula empleada:

$$\tau = \delta * R * S$$

Dónde:

τ : Fuerza tractiva kg/m^2

δ : Peso específico del líquido (kg/m^3)

R: Radio hidráulico (mm)

S: Pendiente (m/m)

Para evitar la sedimentación, la fuerza tractiva debe superar la resistencia del sedimento al movimiento, para cerciorarse de que esto pase, se aconseja un valor mínimo de fuerza tractiva de 1 Pa (0,1 kg/m²). (Romero, 2007)

La ecuación deducida para el cálculo del caudal a tubo lleno a partir de la fórmula de Manning es la siguiente:

$$Q_{ll} = \frac{0,312 * D^{8/3} S^{1/2}}{n}$$

Dónde:

Q_{ll}: Caudal a tubo lleno (m^3/s)

n: Coeficiente de rugosidad (adimensional)

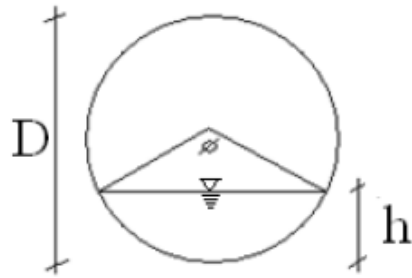
D: Diámetro (m)

S: Pendiente (m/m)

Las características geométricas para tuberías con sección parcialmente llena se muestran a continuación en la figura 10:

Figura 10

Angulo interior ϕ en grado sexagesimal



Recuperado de: (Romero, 2007)

Ángulo interior:

$$\theta = 2 \cos^{-1} \left(1 - \frac{2h}{D} \right)$$

Tirante:

$$h = \left(1 - \cos \frac{\theta}{2} \right) * \frac{D}{2}$$

Área mojada:

$$A = \frac{D^2}{8} \left(\frac{2\pi}{360} \theta - \sin \theta \right)$$

Perímetro mojado:

$$PM = \frac{\pi}{360} \theta D$$

Radio Hidráulico:

$$R = \frac{\text{Área mojada}}{\text{Perímetro mojado}}$$

$$R = \frac{D}{4} \left(1 - \frac{360 \sin \theta}{2\pi \theta} \right)$$

Una herramienta muy útil para el cálculo de la fuerza tractiva es generar una tabla de relaciones hidráulicas, con las ecuaciones de flujo que relacionan las características hidráulicas a sección parcialmente llena con la sección llena. (Romero, 2007)

Capítulo III

Metodología

Modalidad Básica de la investigación

Enfoque

La investigación a aplicarse en el desarrollo de este proyecto será cuanti-cualitativa, debido a que en un inicio se deberá observar el sector en el que se ejecutará el proyecto, el cual está dirigido al diseño del sistema de alcantarillado sanitario que satisfaga las necesidades de la población y así mejorar la calidad de vida de la población de la parroquia rural Cotogchoa.

Enfoque cualitativo: Esto ayudará a conocer y entender los problemas existentes en la parroquia, que afecten de manera directa e indirecta en la evaluación, rediseño y diseño del sistema de alcantarillado sanitario. Los datos cualitativos se obtendrán a través de entrevistas. (Quecedo & Castaña, 2002)

Enfoque cuantitativo: esta investigación se aplica para recoger información por medio de encuestas, las mismas que se procesan y sus resultados se presentan en tablas, gráficos, etc. Su enfoque es matemático y estadístico. (Quecedo & Castaña, 2002)

Modalidad

Investigación Bibliográfica: este estudio se apoya en la obtención de información de diversos informes y normas que estén vinculados con el tema. (Taco Cando, 2012)

Investigación de campo: esta modalidad permite vincularse con el lugar de estudio para obtener información que esté en función de los objetivos planteados en el proyecto, toma contacto en forma directa con la realidad, para obtener información de acuerdo con los objetivos del proyecto. (Taco Cando, 2012)

Nivel o tipo de la investigación

De acuerdo al tema, la investigación para el proyecto será descriptiva, porque se trabaja por medio de un análisis real que nos ayuda a obtener información del nivel socioeconómico de la población, de los problemas que tienen y han tenido referente al sistema de alcantarillado. (Taco Cando, 2012)

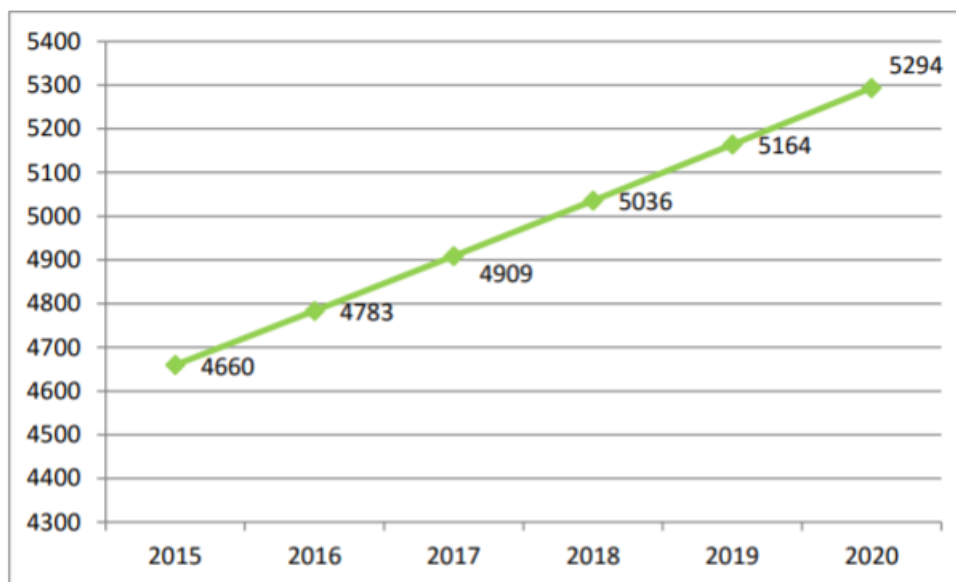
Población y muestra***Población***

Para este proyecto la población está limitada por los habitantes de la Parroquia Rural de Cotogchoa.

El crecimiento interanual parroquial será de 3.62%. Este crecimiento es razón de que la población quiere residir cerca de la capital, pero con un menor coste. Debido a este crecimiento la parroquia ha tenido que organizarse y planificar de una manera adecuada su territorio y así poder cubrir las demandas y necesidades de los habitantes. (GAD PICHINCHA, 2015)

Para el año 2020, de acuerdo al gobierno autónomo de Pichincha, la población de la Parroquia Rural de Cotogchoa será de 5294 habitantes. (GAD PICHINCHA, 2015)

A continuación, se muestra en la figura 11 la evolución o crecimiento poblacional de Cotogchoa:

Figura 11*Evolución poblacional Cotogchoa**Recuperado de: (GAD PICHINCHA, 2015)***Muestra**

En el Ecuador, el promedio de miembros por hogar es de 4, si Cotogchoa tiene una población proyectada para el año 2020 es de 5294 habitantes, el número de hogares en la parroquia sería de 1324. (GAD PICHINCHA, 2015).

Para obtener el tamaño de la muestra se utilizó la siguiente ecuación:

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

Donde:

e= Error de muestra (10%) = 0.10

N= Tamaño de la población =1324 Hogares

p= Probabilidad de ocurrencia (50%) = 0.50

q= Probabilidad de no ocurrencia (50%) = 0.50

Z= Nivel de confianza (95%) = 1.96

n = Muestra =90 encuestas

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5 * 1324}{0.1^2(1324 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = \frac{1271.57}{14.1904}$$

$$n = 90$$

Nuestra población fue de 1324 hogares, después de aplicar la fórmula, se obtuvo una muestra de 90 hogares a los cuales se realizará la encuesta.

Se escogieron 4 barrios de la parroquia, debido a su ubicación, consolidación estructural y actividades agrícolas. En la tabla 13 se observa los barrios y número de encuestas a ser aplicadas.

Tabla 13

Distribución de muestra

Barrio	Número de encuestas	%
La Libertad	23	25,56
El Manzano	22	24,44
El Pino	22	24,44
Central	23	25,56
	90	100,00

Operacionalización de variables

Variable independiente: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario

Variable dependiente: La red de alcantarillado cumple con los parámetros de calidad establecidos en la norma.

A continuación de muestra en la tabla 14 la variable independiente y en la tabla 15 la variable dependiente.

Tabla 14*Operacionalización de la variable independiente*

Variable	Concepto	Categoría	Indicadores	Técnica	Instrumento	Ítems
Diseño del sistema de alcantarillado sanitario	El diseño de un sistema de alcantarillado sanitario se basa en determinar secciones adecuadas y material óptimo del sistema con pendientes que permita la evacuación de aguas residuales	Caudales	Caudal doméstico Caudal de conexiones erradas Caudal de infiltración	Entrevista Abierta Observación		¿Cuáles son los valores de caudales que ingresarán al sistema?
		Elementos del Sistema	Tuberías Colectores Pozos de revisión Pozos de salto	Encuesta Observación	Cuestionario	¿Qué factores interviene en el correcto diseño de una red de alcantarillado sanitario?

Tabla 15*Operacionalización de la variable dependiente*

Variable	Concepto	Categoría	Indicadores	Técnica	Instrumento	Ítems
La red de alcantarillado cumpla con los parámetros de calidad establecidos en la norma.	Las obras sanitarias deben estar diseño en base a la norma, para que solucionen las deficiencias existentes en el lugar de estudio	Evaluación de la red existente	Alcantarillado Sanitario	Encuesta Observación	Cuestionario	¿La red de alcantarillado existente, debe ser rediseñada?
		Diseño	Alcantarillado Sanitario	Encuesta Observación	Cuestionario	¿Cuál es el Área que no cuenta con alcantarillado sanitario?

Recolección de información

La recolección de información se aplica mediante una encuesta a las habitantes de los 4 barrios mencionados anteriormente (ver tabla 12), a través de esta recolección de información nos permite obtener datos necesaria para realizar y sustentar el presente proyecto.

Plan para la recolección de información

¿Para qué?

Determinar la incidencia del sistema de alcantarillado sanitario en la parroquia rural Cotogchoa para el bienestar y satisfacción de los habitantes de esta zona. Estudiar la situación actual de la población con respecto al sistema sanitario.

¿De qué persona u objeto?

Del sistema de alcantarillado y habitantes de la parroquia rural Cotogchoa

¿Sobre qué aspectos?

Incidencia de las aguas servidas en el sector y afectaciones del mismo a la población y la zona.

¿Quién?

Los investigadores

¿Dónde?

En la parroquia rural Cotogchoa

¿Cómo?

Mediante la toma de datos con fichas técnicas (encuestas).

Técnicas e instrumentos de investigación

Técnicas de investigación

Se definen como un procedimiento típico, aprobado por la práctica, dirigido principalmente a obtener información y a su transformarla en útil para solucionar diversos problemas. Toda técnica usa un instrumento de aplicación. (Rojas Crotte, 2011)

Observación: Esta técnica nos permitirá observar de manera muy atenta la comunidad, consiste en describir y comprender lo que sucede en la parroquia. (Rojas Crotte, 2011)

Encuesta: Con la encuesta se procura plantear preguntas que están dirigidas al sujeto de estudio, que ayuden a conocer el nivel socioeconómico de las familias, de igual manera llegar a conocer necesidades y expectativas con el alcantarillado existente, etc. (Rojas Crotte, 2011)

Instrumentos de investigación

Encuesta: Será aplicada a la cabeza del hogar, lo cual nos ayudará a obtener información de manera eficaz y rápida. Se realizará a través de un cuestionario previamente realizado.

Entrevista abierta: Dirigida a la comunidad que se encuentre al momento de hacer el levantamiento catastral, esto dará a conocer la realidad que viven los ciudadanos.

Procesamiento

Para el procesamiento de la información recolectada, es importante seguir un procedimiento riguroso.

- ✓ Revisar toda la información obtenida.
- ✓ Tabular en cuadros y cuadros estadísticos.
- ✓ Obtener el porcentaje de cada respuesta, que sumadas de 100%.
- ✓ Interpretar los resultados en función de los objetivos e hipótesis.

Capítulo IV

Trabajos de campo – Catastro

Encuesta socioeconómica

El objetivo de esta encuesta es caracterizar la población, tanto económica como socialmente, la encuesta socioeconómica cuenta con preguntas tanto para el sistema de alcantarillado sanitario y pluvial como las condiciones del sistema y observaciones de los habitantes sobre estos sistemas.

Itinerario de la encuesta

Para proceder con esta actividad se presentó el itinerario de encuesta al presidente del GAD Parroquial, para que comunique a la comunidad y a su vez nos autorice su ejecución. Los datos se tomaron en cuatro zonas de la parroquia, estos se eligieron en función de su ubicación, y debido a que esto nos permite conocer la realidad de su población.

Barrio El Manzano y La Libertad

Este barrio se encuentra al Sur-Este de la parroquia, se caracteriza por que la mayoría de sus habitantes se dedican a la agricultura (arveja, maíz, etc.), y a la ganadería. En la Figura 12 y Figura 13, se presenta el recorrido realizado.

Figura 12

Recorrido barrio El Manzano

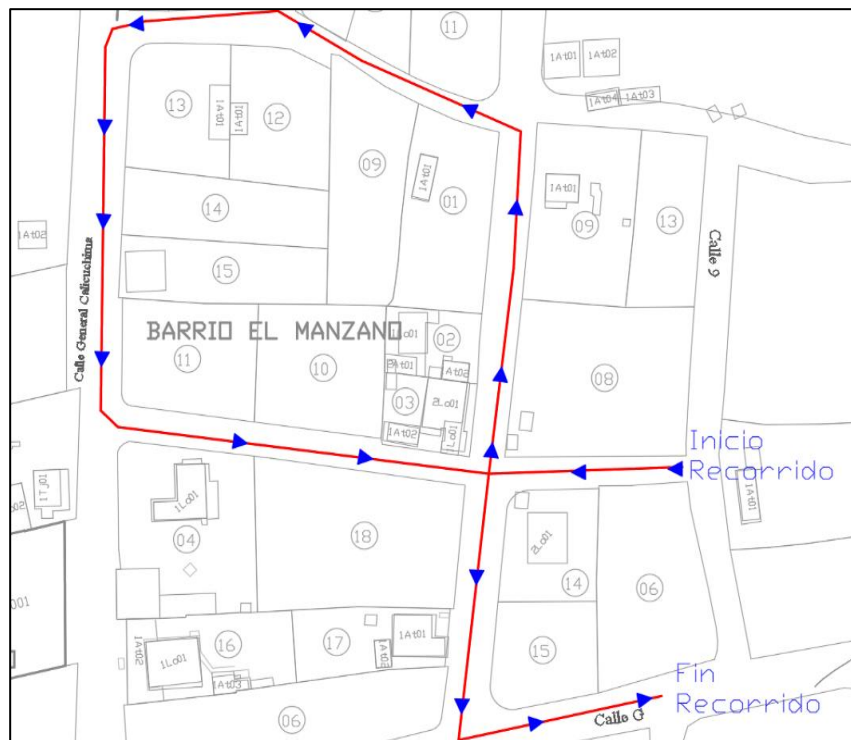
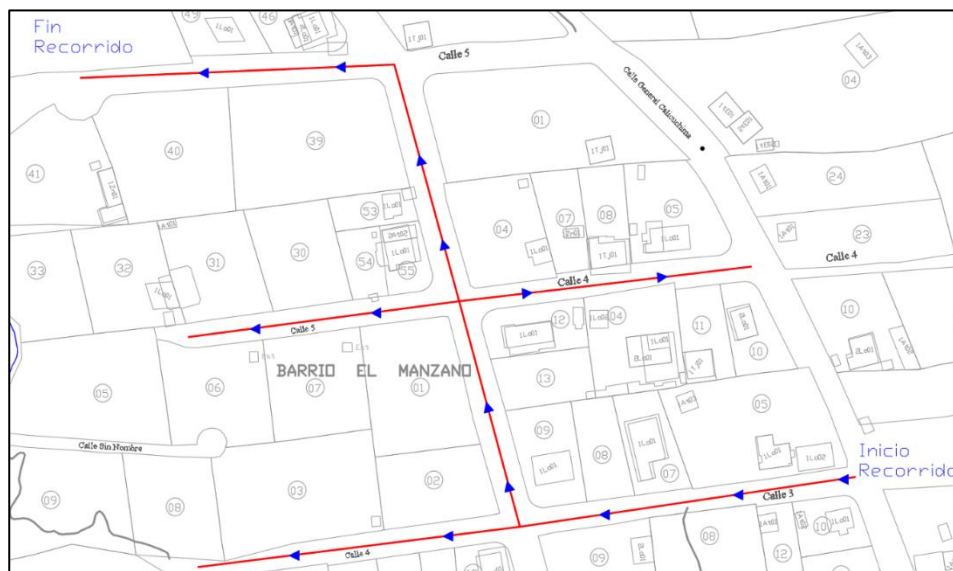


Figura 13

Recorrido barrio La Libertad

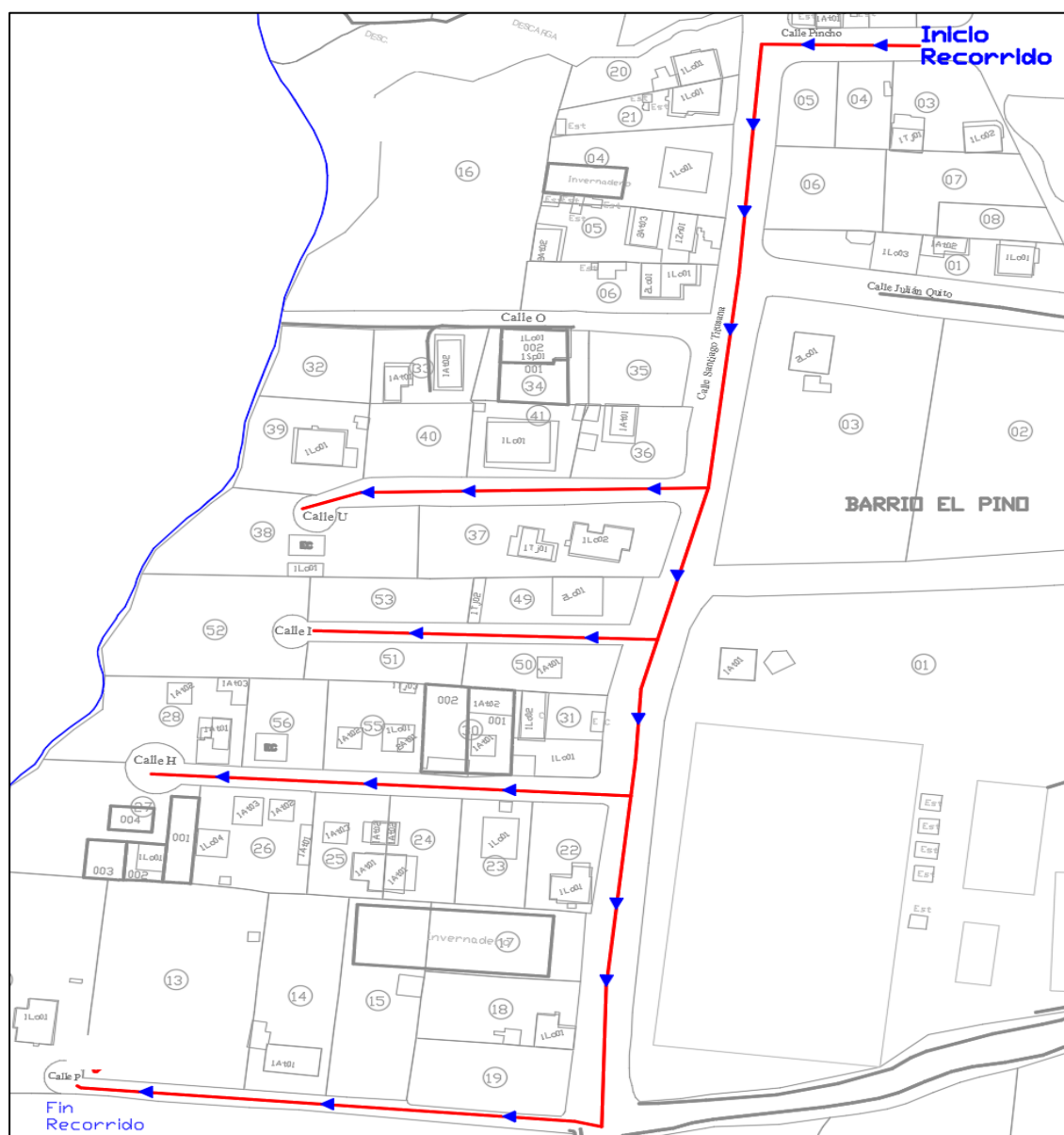


Barrio El Pino

Este Barrio se Ubica al Sur-Oeste de la parroquia, sus habitantes, se dedican a la agricultura, en menor porcentaje al barrio El Manzano, adicionalmente las construcciones no se encuentran muy alejadas. A continuación, se muestra el recorrido en a figura 14.

Figura 14

Recorrido barrio El Pino



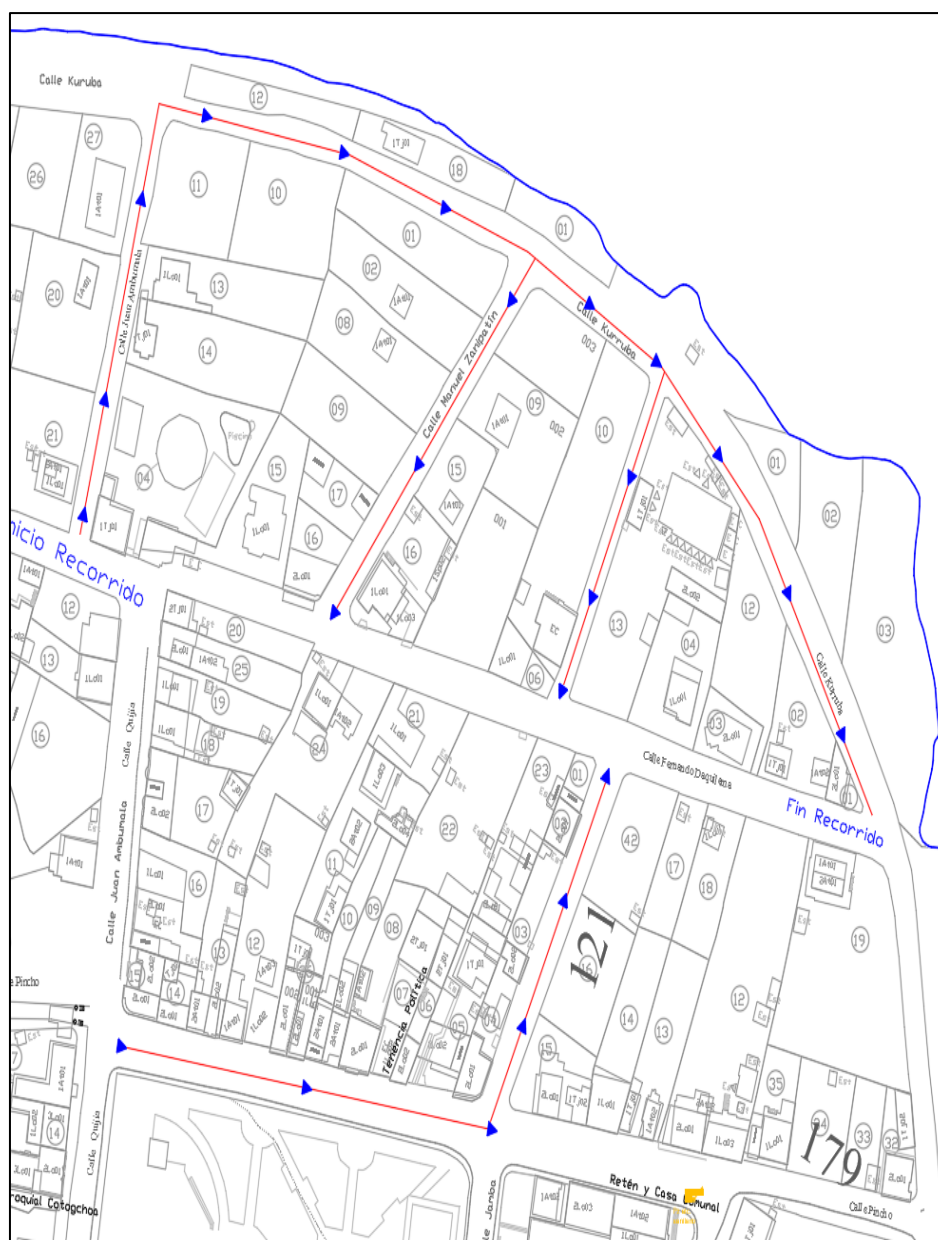
Barrio Central

En este barrio las personas se dedican a la actividad comercial, dejando de lado la agricultura.

En el Sector del Barrio Central, las construcciones ya se encuentran adosadas. (Ver figura 15)

Figura 15

Recorrido barrio Central



Estos barrios se escogieron para conocer la realidad que vive la comunidad, en función a la actividad comercial y agricultura. Esta encuesta fue dirigida al jefe de hogar, se realizó el día sábado 18 de julio del 2020 (ANEXO A) desde las 8 am, con todas las medidas de bioseguridad debido al COVID 19 e instrumentos necesarios se realizó las encuestas (ver figura 16).

Figura 16

Tesistas el día que realizó la encuesta



Formato de encuesta

La encuesta realizada contiene 11 preguntas (Ver figura 17), las cuales nos permite obtener información referente al alcantarillado sanitario y pluvial, adicionalmente nos da a conocer el nivel socioeconómico de las familias.

Análisis de resultados

Tendencia de la vivienda

En la parroquia rural Cotogchoa, se puede afirmar que en su mayoría son viviendas propias (Figura 18), debido a que representan el 63%, mientras el 24% son arrendadas y un 12% familiares. Como se muestra porcentualmente en la tabla 16.

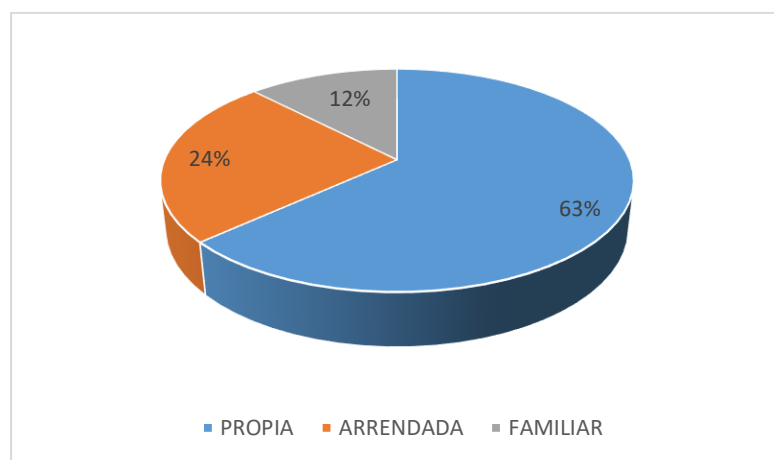
Tabla 16

Tendencia de la vivienda

Tendencia de vivienda	Número de viviendas	Porcentaje
Vivienda propia	62	63%
Vivienda arrendada	24	24%
Vivienda Familiar	12	12%
Total, de viviendas	98	100,0%

Figura 18

Resultado porcentual de tendencia de la vivienda



Tipo de la vivienda

En la parroquia rural Cotogchoa, en su mayoría son casas unifamiliares, en la tabla 17 y figura 19 se observa que el 54% son unifamiliares, 19% departamentos, 9% cuartos de inquilinato y el

17% mediagua que son viviendas sin terminar de personas de bajos recursos, adicionalmente el 97% son viviendas de 1 o 2 pisos y solo el 3% corresponde a viviendas de 3 pisos.

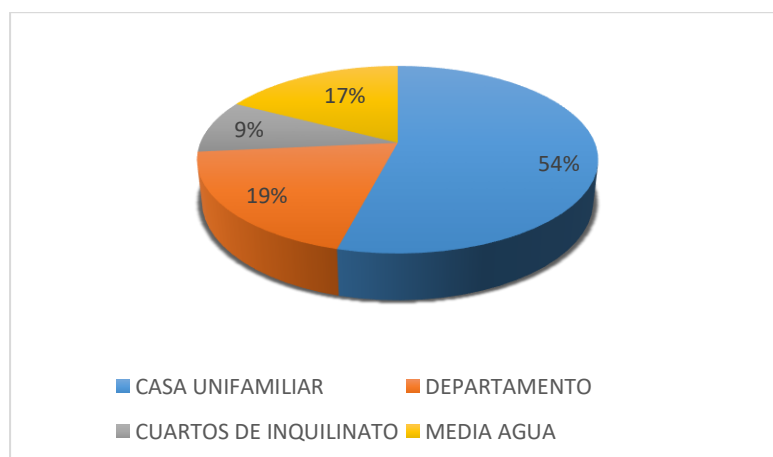
Tabla 17

Tipo de la vivienda

Tipos de vivienda	Número de viviendas	Porcentaje
Casa unifamiliar	53	54%
Departamento	19	19%
Cuarto de inquilinato	9	9%
Media agua	17	17%
Total	98	100%

Figura 19

Resultado porcentual del tipo de la vivienda

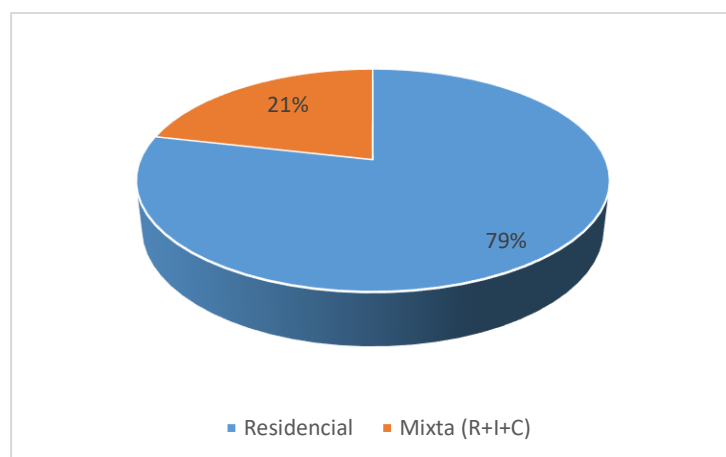


Uso del inmueble

Referente al uso del inmueble (Tabla 18) el 79% son de uso residencial, mientras que el 21% de viviendas son una combinación de uso residencial con pequeños locales comerciales como tiendas, ferreterías, venta de frutas, productos agrícolas, farmacias, etc.

Tabla 18*Uso del inmueble*

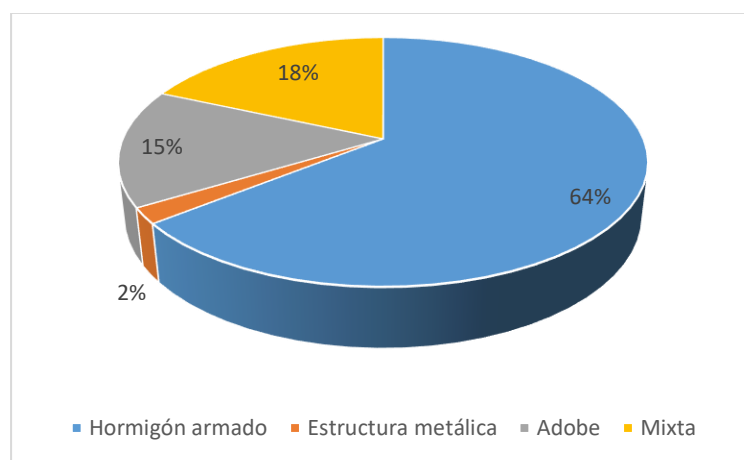
Uso del inmueble	Número de viviendas	Porcentaje
Residencial	77	79%
Industrial	0	0%
Comercial	0	0%
Mixta (R+I+C)	21	21%
Total	98	100%

Figura 20*Resultado porcentual de uso del inmueble****Sistema constructivo***

De acuerdo al sistema constructivo de las viviendas, en la tabla 19 tenemos que el 64% son viviendas de hormigón armado, un 2% corresponde a estructura metálica, un 15% a viviendas de adobe (sistema constructivo antiguo), por último, el 18% son viviendas mixtas, estructuras por lo general de hormigón armado y/o estructura metálica y/o madera. Gráficamente podemos ver los resultados porcentuales en la figura 21.

Tabla 19*Material de la vivienda*

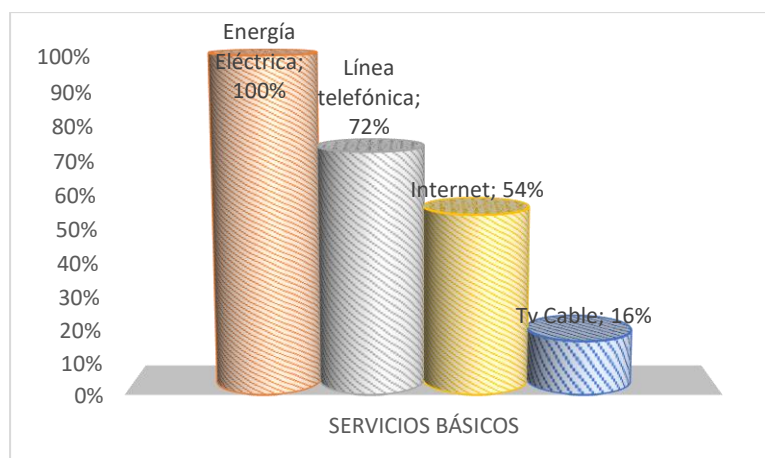
Material de la vivienda	Número de viviendas	Porcentaje
Hormigón armado	63	64%
Estructura metálica	2	2%
Adobe	15	15%
Mixta	18	18%
Total	98	100%

Figura 21*Resultado porcentual de material de la vivienda****Servicios básicos***

De acuerdo a los servicios básicos con los que cuenta la población (tabla 20), el 100% tiene el servicio de energía eléctrica, el 72 % línea telefónica, el 54% de la muestra poblacional cuenta con internet fijo en sus domicilios y tan solo el 16% de las familias han contratado el servicio de Tv cable. Los resultados porcentuales se evidencian en la figura 22.

Tabla 20*Servicios básicos*

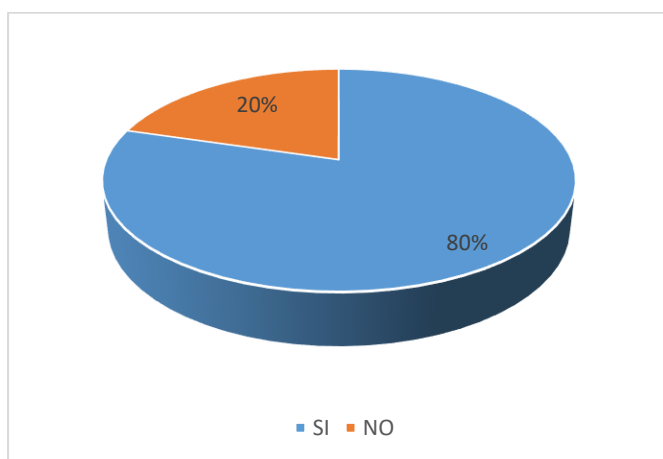
Servicios básicos	Número de viviendas	Porcentaje
Energía eléctrica	98	100%
Línea telefónica	71	72%
Internet	53	54%
Tv cable	16	16%

Figura 22*Resultado porcentual de servicios básicos***Alcantarillado sanitario**

En la parroquia rural de Cotogchoa, muestra que la cobertura del sistema de alcantarillado sanitario (Tabla 21) cubre el 80% en las zonas donde se realizó la encuesta y el 20% carece de este servicio por lo cual es de gran importancia este estudio técnico, para lograr cubrir todas las zonas que requieren de este servicio. En la figura 23 se observa porcentualmente los resultados del sistema de alcantarillado sanitario. Sin embargo, el 20% que no cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario, realizan sus descargas; en pozos sépticos, directamente a la quebrada más cercana y otros se conectan a su vecino para después descargar en el alcantarillado sanitario.

Tabla 21*Alcantarillado sanitario*

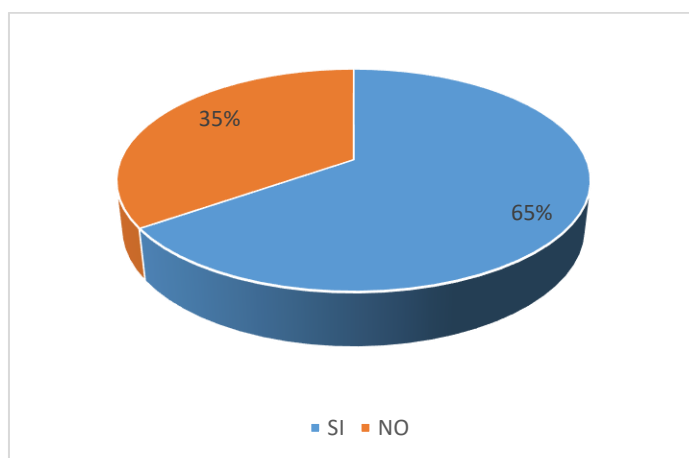
Alcantarillado sanitario	Número de viviendas	Porcentaje
Si	78	80%
No	20	20%
Total	98	100%

Figura 23*Resultado porcentual de alcantarillado sanitario****Alcantarillado pluvial***

De las 98 encuestas realizadas la cobertura del alcantarillado pluvial llega a 64 viviendas y 34 viviendas carecen de este servicio como se muestra en la tabla 22. Adicionalmente se puede observar porcentualmente estos resultados en la figura 24.

Tabla 22*Alcantarillado pluvial*

Alcantarillado pluvial	Número de viviendas	Porcentaje
Si	64	65%
No	34	35%
Total	98	100%

Figura 24*Resultado porcentual de alcantarillado pluvial****Ingresos mensuales***

Con los resultados obtenidos (Tabla 23) se puede observar que en su mayor parte tienen ingresos inferiores a 400 dólares por mes que equivalen al 67% del total de encuestados, un 29% tienen un ingreso entre 400 y 750 dólares al mes, mientras que solo el 4% corresponde a ingresos superiores a 750 dólares.

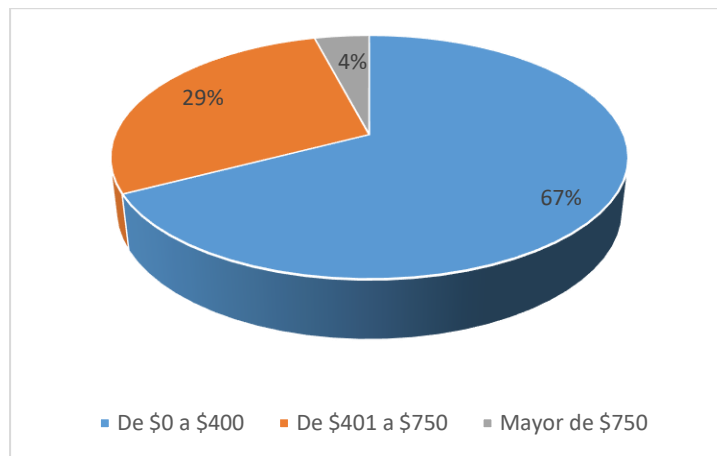
Tabla 23*Ingreso promedio mensual*

Ingreso promedio mensual	Número de viviendas	Porcentaje
De \$0 a \$400	66	67%
De \$401 a \$750	28	29%
Mayor de \$750	4	4%
Total	98	100%

El 66% de los encuestados tiene un ingreso promedio mensual menor al salario básico unificado (SBU) establecido por el ministerio del trabajo del Ecuador en 400 dólares para el año 2020. (Ver figura 25)

Figura 25

Resultado porcentual ingreso promedio mensual



Resumen de la encuesta socioeconómica

De acuerdo a la zona residencial, el 21% son mixtas, es decir, viviendas residenciales que se utilizan tanto para vivir en ellas como para el funcionamiento de tiendas, ferreterías, florerías, carpinterías, talleres mecánicos, fruterías, etc. Se observa que el 20% carece de alcantarillado sanitario y un 35% de alcantarillado pluvial que ayude a satisfacer las necesidades de la población.

El servicio de alcantarillado tiene una cobertura parcial, del 50% al 90% en los barrios: El Manzano y El Pino. Mientras que el servicio de energía eléctrica tiene una cobertura del 100%, en la parroquia. (PDOT, Agosto 2012)

El ingreso promedio mensual de las familias encuestadas es de 404,9 dólares, es decir, que los ingresos familiares mensuales son apenas superiores al salario básico unificado de 400 dólares por mes. Por lo cual los habitantes de la parroquia son de escasos recursos económicos.

Análisis poblacional

El análisis poblacional en la Parroquia rural Cotogchoa, ayudará a conocer el crecimiento o decrecimiento poblacional en la zona de estudio, es de gran importancia para evaluar el sistema

de alcantarillado sanitario y para determinar si satisface las necesidades de la Parroquia rural Cotogchoa. (Sánchez, 2013)

Población de diseño

Para los sistemas de alcantarillado y agua potable, la población de diseño es fundamental debido a que parte desde una demanda insatisfecha de servicios básicos. A través de estudios demográficos, se obtiene la población a ser servida. (Becerra, 2009)

Para la tasa de crecimiento poblacional se utilizará los datos del último censo realizado en el año 2010 por el (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos - INEC, 2010) en el cantón Rumiñahui.

Población actual

Mediante las cifras publicadas por el INEC en el año 2010 se determinó que la población de la parroquia Rural Cotogchoa era de 3937 habitantes como se muestra en la tabla 24.

Tabla 24

Población según el censo del año 2010

	Población según censos						
	1950	1962	1974	1982	1990	2001	2010
Pichincha	381982	553665	885078	1244330	1516902	2388817	2576287
Rumiñahui	9604	11877	17727	24076	46215	65882	85852
Cotogchoa	781	824	1284	1644	2389	2843	3937

Nota. Recuperado de (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos - INEC, 2010)

De acuerdo a las proyecciones para el año 2020, de acuerdo al (GAD PICHINCHA, 2015), la población de la Parroquia Rural de Cotogchoa será de 5294 habitantes, con se muestra en la figura 11. (GAD PICHINCHA, 2015)

Población futura

La población futura es el número de habitantes que se tendrán al final del periodo o etapa de diseño. (Secretaría Nacional del Agua - SENAGUA, 2012)

Tasa de crecimiento

Para la tasa de crecimiento se tomó de los datos publicados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), para el cantón Rumiñahui, en la tabla 25 se muestra la tasa de crecimiento 2001 – 2010

Tabla 25

Tasa de crecimiento 2001 – 2010

Crecimiento poblacional	
Tasa de crecimiento 2001-2010	
Pichincha	5,06%
Rumiñahui	4,14%
Cotogchoa	3,62%

Nota. Recuperado de (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos - INEC, 2010)

Periodo de diseño

El período de diseño en un sistema de alcantarillado tiene como objetivo garantizar la rentabilidad de todas las obras del sistema durante el periodo de diseño escogido. (Secretaría Nacional del Agua - SENAGUA, 2012)

La vida útil de los diferentes elementos que constituyen un sistema, establece los años de vida útil sistema en general (Tabla 26).

Tabla 26*Vida útil sugerida para los elementos hidráulicos*

Componente	Vida útil (años)
Diques grandes y túneles	50 a 100
Obras de captación	25 a 50
Pozos	10 a 25
Conducciones de hierro dúctil	40 a 50
Conducciones de asbesto cemento o PVC	20 a 30
Planta de tratamiento	30 a 40
Tanques de almacenamiento	30 a 40
Redes de distribución de acero o hierro dúctil	40 a 50
Redes de distribución de asbesto cemento o PVC	20 a 25
Otros materiales y equipos según especificaciones de fabricante	variable

Nota. Recuperado de (Secretaría Nacional del Agua - SENAGUA, 2012)

Para el mejoramiento del sistema de alcantarillado sanitario se tomará un tiempo de retorno de 25 años con el cual se realizó el rediseño del sistema de alcantarillado sanitario existente de ser necesario y para el diseño también se considero 25 años

Proyección poblacional

La población futura se determinará por medio de proyecciones de crecimiento utilizando tres métodos conocidos; proyección geométrica, proyección aritmética, proyección exponencial.

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

Donde;
$$r = \frac{Pf - Pa}{Pa * n}$$

- Método Aritmético $Pf = Pa(1 + i * n)$
- Método Exponencial $Pf = Pa(e)^{i * n}$

Dónde:

Población futura (hab) =Pf

Población actual (hab) = Pa

Tasa anual de crecimiento (%) = i

Período de diseño (años) = n

Radio de crecimiento = r

A continuación, en la tabla 27 se muestra la proyección detallada de la población futura mediante los 3 métodos mencionados anteriormente.

Tabla 27

Proyección de la población futura

Período	Año	Población futura (hab)		
		Geométrico	Aritmético	Exponencial
0	2020	5622	5613	5616
1	2021	5822	5816	5819
2	2022	6029	6026	6030
3	2023	6243	6244	6248
4	2024	6464	6470	6474
5	2025	6692	6704	6708
6	2026	6928	6946	6951
7	2027	7172	7197	7202
8	2028	7424	7457	7462
9	2029	7684	7726	7731
10	2030	7953	8005	8010
11	2031	8231	8294	8300
12	2032	8518	8594	8599
13	2033	8815	8905	8910
14	2034	9122	9227	9233
15	2035	9439	9561	9567
16	2036	9767	9907	9913
17	2037	10106	10265	10272
18	2038	10456	10636	10643
19	2039	10818	11021	11028
20	2040	11192	11419	11427
21	2041	11578	11832	11839
22	2042	11977	12260	12268
23	2043	12389	12703	12711
24	2044	12815	13162	13171
25	2045	13255	13638	13647

En la tabla 28 se puede observar la proyección de la población futura por los métodos: geométrico, aritmético y exponencial son 13255, 13638 y 13647 habitantes respectivamente, al tener el promedio por los tres métodos (Ver tabla 26) se tiene un resultado de 13514 habitantes como población futura en la parroquia rural Cotogchoa.

Tabla 28

Cuadro de resumen de la población futura

Método	Habitantes
Geométrico	13255
Aritmético	13638
Exponencial	13647
Promedio	13514

Densidad poblacional

La densidad poblacional es el número de personas en relación a la superficie que habitan, esto indica la concentración de habitantes que existe en un territorio. (Sánchez, 2013)

Para el cálculo de la densidad poblacional se utiliza la siguiente formula:

$$D = \frac{Pa}{A}$$

Donde:

Población actual (Habitantes) = Pa

Área de estudio (Hectáreas) = A

Densidad poblacional (Habitantes / Hectáreas) = D

La densidad poblacional del cantón Rumiñahui (ver tabla 29) es de 362 habitantes por km^2 , para la parroquia rural de Cotogchoa tenemos una densidad promedio de 108 Ha/km². (GADMUR Rumiñahui, 2012)

Tabla 29*Densidad poblacional*

	Rumiñahui	Cotogchoa	Unidades
Pf	85852	3937	Hab
A	135,91	36,55	Km2
D	632	108	Hab/Km2

Nota. Recuperado de (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos - INEC, 2010)

Identificación del tipo de suelo

Se refiere al estudio de los suelos, están destinados a proveer al ingeniero los datos necesarios para la concepción y construcción de las obras. (Secretaría Nacional del Agua - SENAGUA, 2012)

Para este proyecto se decidió junto con el personal técnico de la Dirección de Agua Potable, Alcantarillado y Comercialización de Rumiñahui (DAPAC – R) extraer 2 muestras en diferentes puntos de la parroquia rural Cotogchoa, a los cuales se realizó los siguientes ensayos:

- Humedad natural
- Granulometría
- Límites de Atterberg

La extracción de las muestras se llevó a cabo el día viernes 14 de agosto del 2020 (Figura 26) con asistencia del personal técnico del DAPAC – R y la ayuda de un trabajador debido a que era necesario tomar muestras de 2 y 3 metros de profundidad, las muestras fueron perfectamente embaladas y transportadas para conservar sus características para posteriormente realizar los ensayos anteriormente mencionados, dados por la norma ASTM D 2487, para los resultados detallados de las muestras ver anexo B.

Figura 26*Muestreo en campo****Ubicación y profundidad de las muestras***

En la tabla 30, se muestra la localización exacta de la toma de muestras, el barrio y la profundidad que se tomó las muestras. Todas ellas dentro de la parroquia rural Cotogchoa.

Tabla 30*Ubicación del muestreo*

Muestra	Barrio	Latitud	Longitud	Altimetría (msnm)	Profundidad (m)
M1	Central	0°22'0.85"S	78°27'9.16"O	2571	0,00 - 2,00
M2	El Manzano	0°22'17.19"S	78°27'12.27"O	2583	0,00 - 3,00

A continuación, en la figura 27 se ilustra gráficamente la ubicación de los 2 puntos de muestreo de la parroquia rural Cotogchoa.

Figura 27*Ubicación del muestreo**Recuperado de: Google EarthPro****Humedad Natural***

El ensayo tiene como objetivo determinar el contenido de humedad del suelo analizado. Para realizar el ensayo se utilizó la norma ASTM D 2487. En la tabla 31 se muestra el contenido de humedad natural de las muestras, adicionalmente si se desea conocer de manera detallada los datos del ensayo (Ver anexo B).

Tabla 31*Resumen contenido de humedad*

Profundidad (m) Muestra 1	Humedad natural	Profundidad (m) Muestra 2	Humedad natural
0,50 - 1,00	14%	1,00 - 2,00	23%
1,00 - 1,50	26%	2,00 - 2,50	24%
1,50 - 2,00	23%	2,50 - 3,00	26%

Granulometría

La clasificación del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) fija los límites de los diferentes tipos de materiales, para lo cual es importante conocer la proporción de gravas, arenas, limos y arcillas contenidas en la muestra. (Secretaría Nacional del Agua - SENAGUA, 2012)

En la tabla 32 se muestra el porcentaje de grava, arena y finas de las muestras, adicionalmente si se desea conocer de una manera más detallada el proceso de cálculo de cada muestra ver el anexo B.

Tabla 32

Resumen de la granulometría de las muestras

Parámetros	Profundidad (m) Muestra 1			Profundidad (m) Muestra 2		
	0,50 - 1,00	1,00 - 1,50	1,50 - 2,00	1,00 - 2,00	2,00 - 2,50	2,50 - 3,00
% Grava	0	3	3	1	0	0
% Arena	36	24	46	46	27	35
% Finos	63	73	51	53	72	65

Límites de Atterberg

Se define como los límites de los contenidos de humedad que caracterizan los cuatro estados de consistencia de un suelo de grano fino: estado sólido, estado semisólido, estado plástico y estado semilíquido o viscoso. (ASTM D4318, 2005)

Limite liquido (LL) Contenido de humedad abajo del cual el suelo se comporta como un material plástico (contenido de humedad en el cual el suelo pasa de un estado plástico a un estado líquido). (ASTM D4318, 2005)

Limite plástico (PL) Contenido de humedad abajo del cual el suelo es no plástico (contenido de humedad en el cual el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido). (ASTM D4318, 2005)

Índice de plasticidad (IP) Es la diferencia numérica entre límite líquido y límite plástico. $IP = LL - PL$. (ASTM D4318, 2005)

En la tabla 33 se puede apreciar los resultados obtenidos de los límites de Atterberg.

Tabla 33

Límites de Atterberg

Parámetros	Profundidad (m) Muestra 1			Profundidad (m) Muestra 2		
	0,50 - 1,00	1,00 - 1,50	1,50 - 2,00	1,00 - 2,00	2,00 - 2,50	2,50 - 3,00
Límite líquido (LL) %	35	42	37	44	43	47
Límite plástico (PL) %	26	28	25	33	28	29
Índice de plasticidad (IP) %	9	14	12	11	15	18

Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)

El sistema está basado en la clasificación desarrollado por Casagrande, con algunas modificaciones el mismo que fue aprobado en los EE.UU. en 1952. Algunas modificaciones adicionales fueron hechas y actualmente se ha estandarizado como la norma ASTM D 2487. (Borselli, 2019-2020)

Los suelos SUCS se designan por un símbolo de dos letras: el primero considera el principal componente de la tierra, y el segundo lleva la información de la curva granulométrica o características de plasticidad. (Borselli, 2019-2020)

En la tabla 34 se puede observar la simbología SUCS utilizada.

Tabla 34*Simbología SUCS*

Primero letra		Segunda letra	
Símbolo	Descripción	Símbolo	Descripción
G	Grava (Gravel)	H	Alta plasticidad
S	Arena (Sand)	L	Baja plasticidad
M	Limo (Silt)	W	Bien graduado
C	Arcilla (Clay)	P	Mal graduado
O	Orgánico (Organic)		

Nota. Recuperado de (Borselli, 2019-2020)

Con todos los resultados obtenidos de los ensayos en laboratorio se procede a caracterizar el tipo de suelo de la parroquia rural Cotogchoa, mediante el sistema SUCS que utiliza la norma ASTM D -2487. Se observa que la muestra de suelo M1, M2 pertenece al grupo de limos de baja plasticidad ML.

Dotación

La dotación es el volumen de agua potable que consume diariamente, en promedio, una persona. La dotación incluye el consumo doméstico, comercial, industrial y público. (Secretaría Nacional del Agua - SENAGUA, 2012)

Nivel de servicio

Los niveles de servicio están dados por la secretaria del agua, donde establece los siguientes niveles de servicio (Ver tabla 35) para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos. (Secretaría del Agua , 2012)

Tabla 35*Nivel de servicio*

Nivel	Sistema	Descripción
0	AP	Sistemas individuales.
	EE	Diseñar de acuerdo con las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económica del usuario.
Ia	AP	Grifos públicos.
	EE	Letrinas sin arrastre de agua.
Ib	AP	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño.
	EE	Letrinas sin arrastre de agua
IIa	AP	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa.
	EE	Letrinas con o sin arrastre de agua.
IIb	AP	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa.
	ERL	Sistema de alcantarillado sanitario

Nota. Recuperado de (Secretaria del Agua , 2012)

Simbología utilizada:

AP: Agua potable

EE: Eliminación de excretas

ERL: Eliminación de residuos líquidos

Nuestro sistema funciona como un nivel IIb que son conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa y sistema de alcantarillado sanitario. En la tabla 36 se muestra que para un nivel de servicio IIb la dotación de agua potable recomendada en un clima frío es de 75 l/hab*día, este valor es bajo por lo cual se utilizará la dotación calculada mediante el consumo mensual de los usuarios en la parroquia rural de Cotogchoa.

Tabla 36*Dotación de agua para los diferentes servicios*

Nivel de servicio	Clima Frio (l/hab*día)	Clima Calido (l/hab*día)
Ia	25	30
Ib	50	65
IIa	60	85
IIb	75	100

Nota. Recuperado de (Secretaria del Agua , 2012)

Como se mencionó anteriormente, se tomó la dotación de todo el año 2019 de la parroquia rural Cotogchoa (Anexo C) se decidió usar las planillas mensuales de consumo de agua potable de cada uno de los usuarios de la parroquia, entregadas por el DAPAC- R para el desarrollo del proyecto.

Consumo de usuarios

En la tabla 37 se muestran los valores máximos, mínimos y promedio de consumo de agua potable en m3 por mes, tomados de una base de 353 usuarios, adicionalmente si se desea conocer de una manera detallada el proceso de cálculo ver anexo C.

Tabla 37*Consumo m3/mes de agua potable*

MES	MAXIMO	MINIMO	PROMEDIO
ENERO 2019	191	1	26,53
FEBRERO 2019	81	1	16,74
MARZO 2019	121	1	23,23
ABRIL 2019	172	1	20,11
MAYO 2019	266	1	22,47
JUNIO 2019	249	1	24,81
JULIO 2019	87	1	20,43
AGOSTO 2019	148	1	24,98
SEPTIEMBRE 2019	102	1	21,68
OCTUBRE 2019	208	1	19,44

MES	MAXIMO	MINIMO	PROMEDIO
NOVIEMBRE 2019	192	1	23,76
DICIEMBRE 2019	132	1	16,05

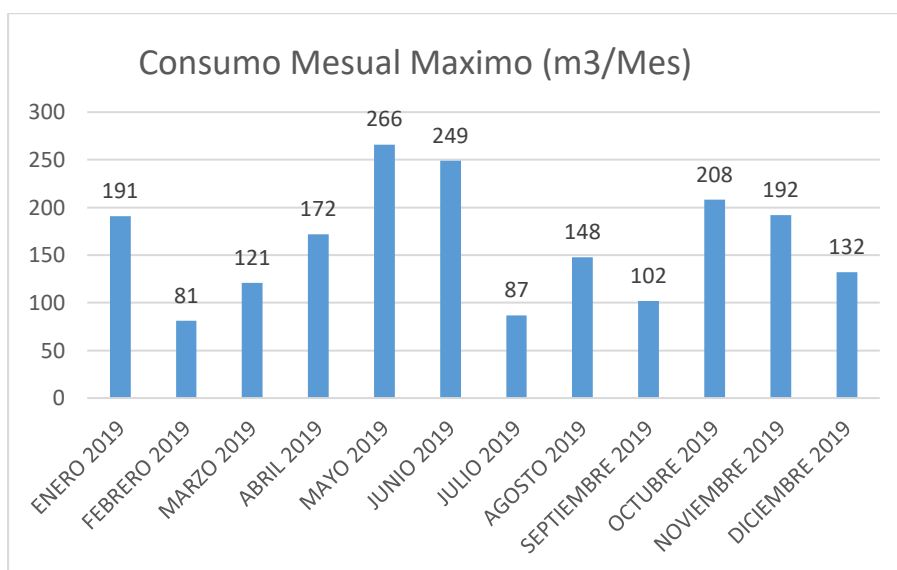
Cabe remarcar que los valores mínimos de la tabla 36, corresponden a lotes baldíos o terrenos en los cuales no tienen ningún uso.

Consumo mensual máximo (m3/mes)

En la figura 28 se presenta el consumo mensual máximo en la parroquia rural Cotogchoa, en el mes de mayo se registró el mayor consumo con 266 m3.

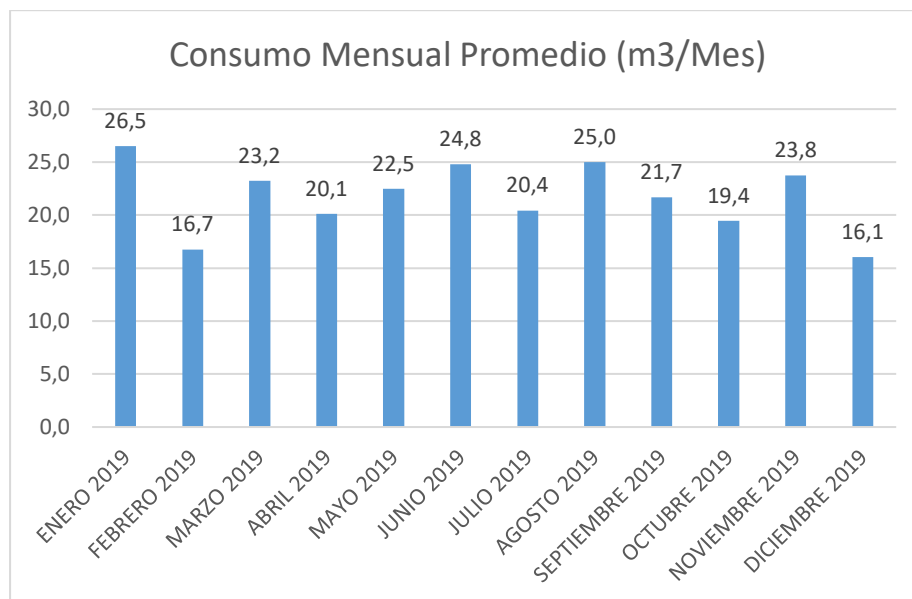
Figura 28

Consumo máximo mensual



Consumo mensual promedio (m3/mes)

En la figura 29 se presenta el consumo mensual promedio de la parroquia rural Cotogchoa, donde se muestra el mes de enero con el mayor consumo de 26,5 m3 en dicho mes.

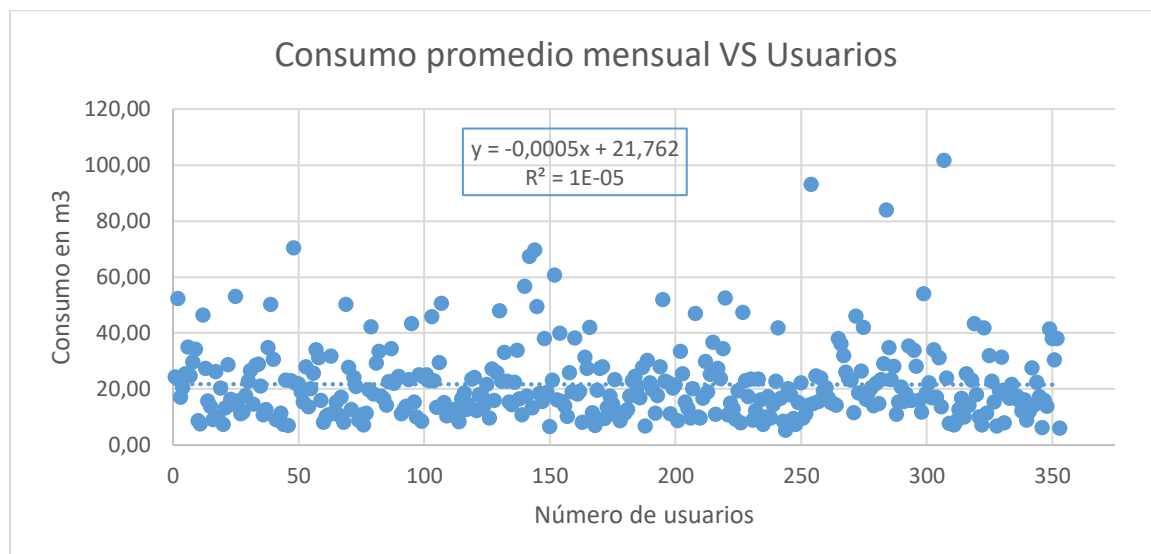
Figura 29*Consumo mensual promedio****Dotación neta***

Para la dotación neta se determina el consumo mensual promedio de los 353 usuarios de la parroquia rural Cotogchoa durante el año 2019, se realiza un análisis del consumo de agua potable durante el año y el número de habitantes por vivienda. El número de habitantes por vivienda tomamos de 4,22 (Ver anexo A), valor obtenido de la encuesta realizada.

A continuación, en la figura 30 se presenta el consumo promedio mensual de los 353 usuarios durante el año 2019. Adicionalmente si se desea conocer de una manera detallada el proceso de cálculo ver anexo C.

Figura 30

Consumo promedio mensual vs usuarios



La dotación de agua potable sirve para los cálculos hidráulicos del presente proyecto, que fue determinado mediante la facturación del año 2019 de los 353 usuarios y el número de habitantes por vivienda dando como dotación 168,18 l/hab*día (ver tabla 38).

Tabla 38

Dotación neta Cotogchoa

Dotación neta		
Consumo Promedio por día	709,752	lt/día
Habitantes (Densidad)	4,22	hab
Dotación	168,18	l/hab*día

Topografía

Para el desarrollo topográfico se utilizó una estación total (Leica TC - 305) y por parte de la municipalidad de Rumiñahui nos ayudó con el personal capacitado en topografía para el levantamiento topográfico de las zonas faltantes en la parroquia rural de Cotogchoa.

Estación total (Leica TC – 305)

Los taquímetros electrónicos TC(R)303/305/307 pertenecen a una nueva generación de instrumentos topográficos. Los instrumentos son muy adecuados para trabajos de topografía catastral y de ingeniería, construcción subterránea o de edificios, especialmente en replanteos y levantamientos taquimétricos. (Leica, Version 2.1)

Como se mencionó anteriormente el equipo topográfico utilizado es Leica TC – 305, se puede observar en la figura 31.

Figura 31

Estación total (Leica TC – 305)



Reconocimiento topográfico de la zona

Se realiza un reconocimiento topográfico de las zonas en las que existe topografía proporcionada por el DAPAC – R y así darnos cuenta de las zonas que necesitan topografía para posteriormente realizar el diseño del sistema de alcantarillado, como se puede observar en la figura 32 el análisis y reconocimiento de la zona de estudio.

Figura 32

Reconocimiento topográfico de la zona

**Levantamiento topográfico**

El levantamiento topográfico empezó con la ubicación de una cota conocida (Mojón) en la zona de estudio para posteriormente colocar la estación total, levantar dicho punto, guardarlo y continuar con el levantamiento de los puntos necesarios para realizar una topografía clara que nos permita hacer el diseño del alcantarillado sanitario en el futuro. (Ver figura 33)

Figura 33

Levantamiento topográfico de la zona



Catastro del sistema de alcantarillado sanitario.

La inspección sanitaria radica en realizar un examen y evaluación sobre el sistema existente, tiene como función identificar todos los elementos que conforman el sistema actual de alcantarillado, lo cual permite establecer si cada elemento del sistema sigue dentro del rango de su vida útil o requieren un cambio inmediato. (Secretaría Nacional del Agua - SENAGUA, 2012)

El levantamiento del catastro del sistema de alcantarillado sanitario existente fue realizado en colaboración con personal del DAPAC-R los días 2, 9, 16, 23 y 30 de julio del 2020 en la parroquia rural de Cotogchoa, cantón Rumiñahui. Cabe recalcar que en el área de estudio cuenta con sistemas de alcantarillado sanitario, pluvial y en algunos tramos alcantarillado combinado.

Procedimiento y parámetros del catastro del sistema de alcantarillado sanitaria

Se realizó el levantamiento de 200 pozos correspondiente al alcantarillado sanitario para realizar la evaluación física del actual sistema de alcantarillado sanitario.

A continuación, se detalla el procedimiento y parámetros evaluados para el catastro del sistema de alcantarillado sanitario, mediante el uso de fichas catastrales.

- Se comprueba la información de topografía (planimetría y altimetría) entregada por el personal técnico del DAPAC-R sea la correcta, ya que se necesita cotas, ubicación (Calles, avenidas, pasajes), coordenadas y distancia entre pozos de revisión, los cuales son necesarias para la evaluación hidráulica de cada uno de los elementos.
- Con la ayuda de personal del DAPAC – R se levanta la tapa de todos los pozos de revisión sanitario, para medir su profundidad con la ayuda de un distanciómetro.
- Se toma una fotografía de cada pozo para tener un respaldo fotográfico, se anota la ubicación (calle, avenida o pasaje) y se toma las coordenadas del pozo para posteriormente ubicarlo en el plano de AutoCAD.

- En la ficha catastral de cada pozo se realiza una revisión visualmente del estado del pozo y se anota: su identificación (número de pozo), fotografía, estado de las paredes del pozo, estado de escaleras, estado en general, estado del zócalo y fondo, material de la tubería, material del pozo en general, diámetro de la tubería.
- Se añade a la ficha catastral un diagrama del flujo, es decir, la dirección del flujo y conexiones a cajas de revisión o alguna conexión equivocada a sumideros con sus respectivos diámetros y alturas
- Con la información de las fichas catastrales del actual sistema de alcantarillado sanitario de la parroquia rural Cotogchoa se procede a la evaluación hidráulica y los planos del actual sistema de alcantarillado sanitario mediante una hoja electrónica en Excel de cada uno de los elementos de la red, en el cual se verificará la capacidad hidráulica.
- Una vez analizado todo el sistema actual de alcantarillado sanitario se analiza posibles alternativas para el mejoramiento del sistema de alcantarillado de la parroquia rural Cotogchoa de ser necesario.

Ficha catastral del sistema de alcantarillado sanitario.

El sistema de alcantarillado sanitario actual consta de 200 pozos de revisión levantados en campo, a continuación, en la figura 34 se presenta la ficha catastral para la toma de datos mencionados anteriormente.

Estado general.

El estado general del pozo se realiza visualmente de cada componente del pozo: tapa del pozo, paredes, fondo, escaleras, zócalo y su estado en general. En la figura 35 se muestra un pozo sin escalera, el estado de sus paredes es regulares y el fondo está deteriorado

Figura 35

Estado de pozo

**Estado tapa de pozo de revisión**

En algunos pozos de revisión del sistema de alcantarillado sanitario, las tapas están rotas y algunos tapados por material pétreo o escombros. En la figura 36 se muestra una tapa que está rota y en pésimo estado.

Figura 36

Estado tapa de pozo



Estado de la calzada

El estado de la calzada en la parroquia rural Cotogchoa, consta de diferentes calzadas: asfalto, adoquinado, piedra y en tierra como se muestra en la figura 37.

Figura 37

Estado de la calzada

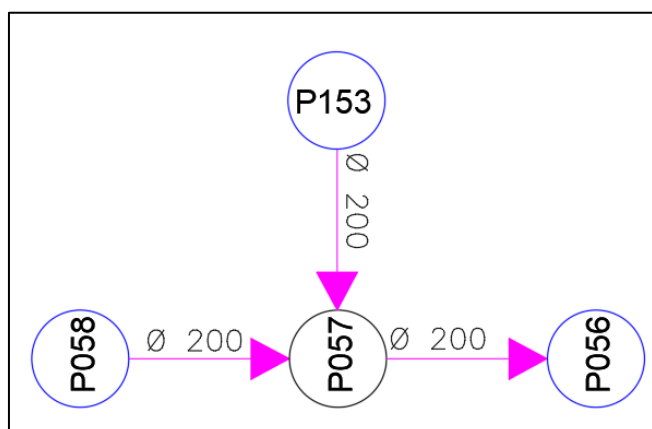


Diagrama del flujo

El diagrama de flujo es un detalle que nos ayuda a entender en sistema de alcantarillado para su posterior evaluación, en donde se anota el número del pozo, el diámetro de la tubería y el sentido del flujo como se muestra en la figura 38.

Figura 38

Diagrama del flujo



Ubicación del pozo de revisión

La ubicación del pozo de revisión se toma el nombre de la calle y las coordenadas del pozo de revisión para posteriormente con trabajo de gabinete agregar la ubicación extraída de los planos de AutoCAD como se muestra en la figura 39.

Figura 39

Ubicación de pozos de revisión – AutoCAD

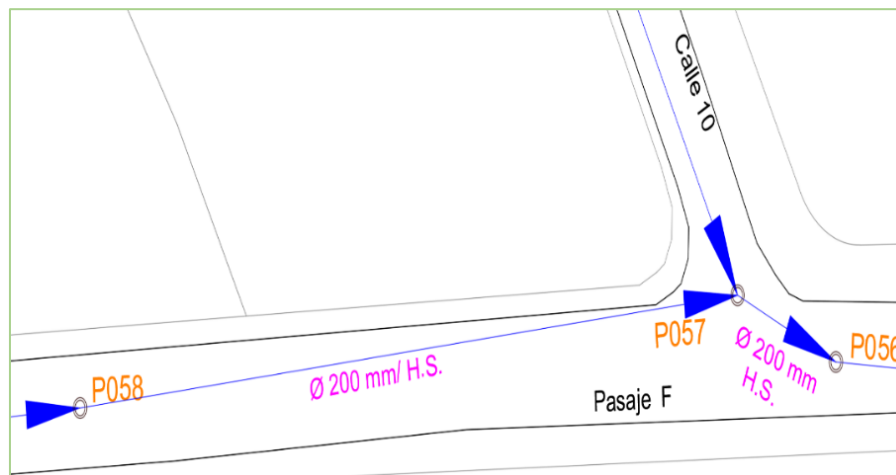


Tabla de resumen del catastro

A continuación, se muestra un resumen de los 200 pozos. Se observa los parámetros y características del sistema de alcantarillado sanitario (ver tabla 39) como son tipo de alcantarillado, área de influencia, número de pozos de revisión, estado de pozos de revisión, longitud total de tuberías, diámetros de tuberías, material de tuberías, descargas y observaciones. Adicionalmente si se desea conocer de una manera detallada los datos de la ficha catastral de los 200 pozos. (VER ANEXO D)

Tabla 39

Resumen ficha catastral

Parámetro	Características
Tipo de alcantarillado	Alcantarillado sanitario
Área de influencia	134,85 hectáreas
Numero de pozos de revisión	200
Longitud total de Tuberías	11353,6 metros
Material de la tubería	Conste de tubería de hormigón simple y PVC

Estados de los pozos de revisión	El estado general de los pozos de revisión es regular, y en algunas zonas se encuentran en pésimas condiciones, debido a la falta de mantenimiento.
Diámetros de tuberías	El diámetro de la tubería va desde los 200mm hasta 300mm.
Descargas	Biodigestor, Quebrada Suruhuaycu, Quebrada San Agustín
Observaciones	Algunos pozos se encuentran con tapas dañadas que son un peligro para la revisión de los pozos y el paso de vehículos, también la falta de mantenimiento de pozos tapados o con escombros en ellos.

Observaciones del sistema de alcantarillado sanitario

Descarga vivienda – quebradas

Algunos usuarios no cuentan con el sistema de alcantarillado sanitario y por facilidad realizan la descarga a la quebrada más cercana como se puede observar en la figura 40.

Figura 40

Descarga vivienda – quebradas



Descarga sistema – quebradas

Algunas descargas del sistema de alcantarillado sanitario se realizan directamente a la quebrada más cercana y no cuenta con ningún sistema de tratamiento de aguas residuales. En la figura 41 se puede observar la contaminación por la descarga directa a la quebrada.

Figura 41

Descarga sistema – quebradas



Cajas de revisión

Algunas cajas de revisión se encuentran en mal estado con la conexión domiciliar a la intemperie y filtración de aguas lluvias en la caja de revisión al estar en pésimo estado como se muestra en la figura 42.

Figura 42

Cajas de revisión



Capítulo V

Evaluación y rediseño

Evaluación hidráulica

Para la evaluación hidráulica se realiza con los datos obtenidos anteriormente en el catastro (Capítulo IV), se muestra en la tabla 40 los parámetros utilizados en la evaluación como son: áreas de estudio, población, dotación real de agua potable, coeficiente de retorno, valores para conexiones ilícitas e infiltraciones para posteriormente analizar si cumple con la velocidad mínima o máxima dependiendo el caso y el material usado, la pendiente recomendada, las relaciones hidráulicas y relación tractiva mediante una hoja de cálculo en Excel se realiza, si se desea ver detalladamente los resultados se encuentra en el ANEXO E.

Tabla 40

Parámetros – Evaluación hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario

Parámetros	Cantidad	Referencia
Área de estudio	89,467 hectáreas	Dato
Población	3937 hab	Dato
Dotación de agua potable	168,18 lt*hab/día	Dato
coeficiente de retorno	0,70	EMMAP 2009
Caudal de infiltración	0,10 lt/s - hab	EMMAP 2009
Caudal de aguas ilícitas	0,50 lt/s - hab	EMMAP 2009
Pendiente recomendada	1%	EMMAP 2009
Coeficiente de rugosidad PVC.	0,011	EMMAP 2009
Coeficiente de rugosidad H.S.	0,013	EMMAP 2009
Velocidad máxima para PVC.	4,50 m/s	SENAGUA 2012
Velocidad máxima para H.S.	4,00 m/s	SENAGUA 2012
Velocidad mínima H.S y PVC	0,45 m/s	SENAGUA 2012
Relación Hidráulica	$v/D \leq 0,70$	Sandoval 2013
Tensión Tractiva	$d \geq 1$	Romero 2007

A continuación, se presenta la tabla 41 el resumen de la evaluación hidráulica de los tramos que generan un problema en el sistema de alcantarillado sanitario.

Tabla 41*Evaluación hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario existente*

Calles	Tramo de revisión	L (m)	Diámetro (mm)	J [‰]	V Diseño [m/s]	Condición Hidráulica	Tensión Tractiva
JULIAN QUITO	PZ 1 - PZ 2	36,31	200	11,29	0,278	Ok	x
CALLE 3	PZ 501 - PZ 5	57,90	200	12,09	0,321	Ok	x
CALLE 4	PZ 502 - PZ 7	50,03	200	27,58	0,357	Ok	ok
CALLE JUAN AMBULAMA	PZ 180 - PZ 179	53,96	200	15,57	0,374	Ok	ok
CALLE KURRUBA	PZ 530 - PZ 87	27,60	200	34,78	0,206	Ok	x
CALLE KURRUBA	PZ 87 - PZ 88	9,52	200	181,72	0,381	Ok	ok
CALLE KURRUBA	PZ 530 - PZ 91	21,49	200	16,29	0,190	Ok	x
CALLE JAMBA RED 1	PZ 531 - PZ 167	99,00	200	18,28	0,380	Ok	ok
CALLE JAMBA RED 1	PZ 119 - PZ 117	71,13	200	20,95	0,315	Ok	x
PASAJE N	PZ 152 - PZ 506	57,58	200	20,67	0,366	Ok	ok
CALLE MATRO SARAGOSÍN	PZ 140 - PZ 142	83,32	200	29,16	0,413	OK	ok
CALLE JAMBA TRAMO 2	PZ 532 - PZ 118	79,43	250	20,02	0,182	Ok	x
CALLE JAMBA TRAMO 2	PZ 118 - PZ 116	39,40	250	64,47	0,426	OK	ok
CALLE JAMBA TRAMO 2	PZ 527 - PZ 115	55,36	200	21,68	0,316	Ok	ok
CALLE S	PZ 111 - PZ107	89,80	250	11,25	0,398	Ok	ok
CALLE SANTIAGO TITUSANA	PZ 515 - PZ 95	12,41	200	41,10	0,294	Ok	x
CALLE SANTIAGO TITUSANA	PZ 190 - PZ 191	67,46	200	25,20	0,383	Ok	ok
CALLE H	PZ 133 - PZ 132	36,59	200	42,63	0,437	Ok	ok
CALLE H	PZ 133 - PZ 134	39,75	200	35,22	0,413	Ok	ok
PASAJE S_N_2	PZ 105 - PZ 104	82,32	200	2,79	0,225	Ok	x
PASAJE S_N_1	PZ 89 - PZ 90	83,09	200	24,91	0,416	Ok	ok
CALLE T	PZ 86 - PZ 505	87,04	200	17,69	0,379	Ok	ok

Se observa en la tabla 41 que las velocidades son inferiores a la mínima ($V_{min} = 0,45m/s$) lo cual generan problemas en dicho tramo y no cumple con la normativa, también se muestra la tensión tractiva que alrededor de la mitad no cumple ese parámetro de evaluación esto no permite una autolimpieza del tramo, esto genera estancamiento en la tubería o pozos de revisión y produce malos olores, problemas de salud para sus habitantes y genera un mantenimiento continuo por parte del municipio.

Evaluación de tuberías y pozos

Distancia entre pozos de revisión

Se encontraron tramos (ver table 42) que no cumple con los parámetros mínimos de distanciamiento entre pozos de revisión con respecto al diámetro de la tubería. Es importante mencionar que hidráulicamente trabajan bien estos tramos, pero la longitud entre pozos no cumple con la normativa y hace difícil la reparación, inspección o mantenimiento en estos tramos.

Tabla 42

Distancia entre pozos

Calles	Tramo de revisión	L (m)	Diámetro (mm)
QUIJIA	PZ 165 - PZ 173	109,34	200
CALLE 16	PZ 17 - PZ 16	106,35	200
CALLE Y	PZ 124 - PZ 112	109,23	250
PASAJE S_N_2	PZ 106 - PZ 104	115,00	200
CALLE 14	PZ 112 - PZ 523	104,71	250

Material de la tubería

En la tabla 43 se resume que en el sistema de alcantarillado cuenta con 213 tramos de tuberías, donde tenemos 48 tramos con tuberías de PVC y 165 tramos con tuberías de hormigón simple.

Tabla 43*Material de tubería*

Material	# Tramos	%
Plástico (PVC)	48	23
Hormigón Simple	165	77
Total	213	100

Para un mejor funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario debe contar con un solo material de tubería por facilidad en el momento de reparaciones, inspecciones o mantenimiento.

Estado general de los pozos

El estado general de los pozos de revisión se clasifica en bueno, regular y malo. Para determinar su estado se realizó una inspección de cada uno de los pozos de revisión en el cual se anotó y evidencio el estado de tapa, paredes, zócalo, fondo, escaleras y concluir con un estado general del pozo.

En la tabla 44 se observa el estado general de los pozos de revisión, con 72 pozos en buen estado, 73 pozos en estado regular y 29 pozos en mal estado. Adicionalmente si se desea ver detalladamente los datos de cada pozo de revisión se encuentra en el ANEXO D.

Tabla 44*Estado general de los pozos de revisión*

Estado	# Pozos
Bueno	72
Regular	73
Malo	29

Rediseño del sistema de alcantarillado sanitario

Luego de la evaluación del sistema de alcantarillado sanitario existente, se decide realizar el rediseño del sistema de alcantarillado sanitario para mejorar su funcionalidad y principalmente corregir los tramos que presentar problemas hidráulicos, distancia entre pozos superiores a la norma y el

cambio de material en la tubería de hormigón simple a PVC, todo esto se lo menciono anteriormente en la evaluación.

Parámetros de diseño

Los principales parámetros que se tomó en cuenta se muestran en la tabla 45.

Tabla 45

Parámetros para el rediseño del sistema de alcantarillado sanitario

Parámetros	Cantidad	Referencia
Periodo de diseño	25 años	SENAGUA 2012
Área de estudio	89,467 hectáreas	Dato
Población	13514 habitantes	Dato
Dotación de agua potable	168,18 lt*hab/dia	Dato
coeficiente de retorno	0,70	EMMAP 2009
Caudal de infiltración	0,10 lt/s - hab	EMMAP 2009
Caudal de aguas ilícitas	0,50 lt/s - hab	EMMAP 2009
Pendiente recomendada	1%	EMMAP 2009
Coeficiente de rugosidad PVC.	0,011	EMMAP 2009
Velocidad máxima para PVC.	4,50 m/s	SENAGUA 2012
Velocidad mínima H.S y PVC	0,45 m/s	SENAGUA 2012
Relación Hidráulica	$v/D \leq 0,70$	Sandoval 2013
Tensión Tractiva	$d \geq 1$	Romero 2007

Cambios para el rediseño del sistema de alcantarillado sanitario

Posterior a la evaluación del sistema de alcantarillado sanitario existente y poder notar los tramos con problemas hidráulicos (Ver tabla 40), se tomó la decisión de dar una solución técnica a los problemas presentados en dichos tramos.

Mediante una hoja de cálculo en Excel se realiza los cambios y respectivos cálculos, si se desea ver detalladamente los resultados se encuentra en el ANEXO F.

Empezamos con el cambio de material en las tuberías para que todo el sistema de alcantarillado sanitario a PVC y un periodo de diseño de 25 años (2045). Esto provoco que algunos tramos se presurizaran y otros tramos tengan velocidades bajas que no permitan la autolimpieza. (ver table 46)

Tabla 46*Rediseño del sistema de alcantarillado sanitario*

Calles	Tramo de revisión	J [‰]	V Diseño [m/s]	Condición Hidráulica	Tensión Tractiva
JULIAN QUITO	PZ 176 - PZ 175	22,66	2,103	Presurización	OK
JULIAN QUITO	PZ 175 - PZ 164	23,63	2,127	Presurización	OK
CALLE QUIJIA	PZ 164 - PZ 165	9,20	----	Presurización	----
CALLE QUIJIA	PZ 165 - PZ 173	4,85	----	Presurización	----
CALLE KURRUBA	PZ 530 - PZ 87	34,78	0,335	Ok	x
CALLE KURRUBA	PZ 530 - PZ 91	16,29	0,310	Ok	x
CALLE FRANCISCO ZAMORA	PZ 187 - PZ 194	2,71	----	Presurización	----
CALLE JAMBA TRAMO 2	PZ 532 - PZ 118	20,02	0,296	Ok	x
CALLE SANTIAGO TITUSANA	PZ 515 - PZ 95	41,10	0,426	Ok	OK
PASAJE S_N_2	PZ 105 - PZ 104	2,79	0,326	Ok	x

4.1.1.1 Cambio de altura en pozos de revisión

Para mejorar las velocidades mínimas y tener la autolimpieza suficiente se realizó el cambio de altura en 5 pozos de revisión que ayudaron a mejorar el sistema, en la table 47 se muestra la altura actual de los pozos (Evaluación) y la altura en el rediseño para un funcionamiento correcto.

Tabla 47*Cambio de altura en pozos de revisión*

Calles	# Pozo	Profundidad	
		Evaluación (m)	Rediseño (m)
CALLE KURRUBA	PZ 87	1,34	2,34
CALLE KURRUBA	PZ 91	1,14	2,14
CALLE JAMBA TRAMO 2	PZ 118	1,84	3,50
CALLE SANTIAGO TITUSANA	PZ 515	1,40	1,20
PASAJE S_N_2 Y CALLE 15	PZ 104	2,47	2,85

4.1.1.2 Cambio en diámetro de la tubería

Se considera presurizado cuando la relación hidráulica es mayor a 0,70 como se mencionó anteriormente, por lo cual para un correcto funcionamiento de los tramos que se encuentran presurizados se aumentó el diámetro de la tubería donde era necesario. (Ver tabla 48)

Tabla 48*Cambio en el diámetro de la tubería*

Calles	Tramo de revisión	Diámetro (mm)		Observaciones
		Evaluación	Rediseño	
JULIAN QUITO	PZ 176 - PZ 175	200	250	Presurización
JULIAN QUITO	PZ 175 - PZ 164	200	250	Presurización
CALLE QUIJIA	PZ 164 - PZ 165	200	250	Presurización
CALLE QUIJIA	PZ 165 - PZ 173	200	300	Presurización
CALLE FRANCISCO ZAMORA	PZ 187 - PZ 194	250	400	Presurización

Adicionalmente se cambió el diámetro de tubería por 2 razones como se muestra en la table 49, por el sobredimensionamiento en líneas de conducción (flujo) de un solo tramo en las cuales no llega o afecta la disminución de dicho tramo, y por continuidad del flujo en la línea de conducción se aumentó el diámetro.

Tabla 49*Cambio adicional del diámetro de la tubería*

Calles	Tramo de revisión	Diámetro (mm)		Observaciones
		Evaluación	Rediseño	
CALLE LUJIAN QUITO	PZ 93 - PZ 94	300	250	Sobredimensionado
CALLE FERNANDO DAQUILEMA	PZ 173 - PZ 182	250	300	Continuidad del flujo
CALLE FERNANDO DAQUILEMA	PZ 182 - PZ 183	250	300	Continuidad del flujo
CALLE FERNANDO DAQUILEMA	PZ 183 - PZ 184	250	300	Continuidad del flujo
CALLE FERNANDO DAQUILEMA	PZ 184 - PZ 185	250	300	Continuidad del flujo
CALLE FERNANDO DAQUILEMA	PZ 185 - PZ 186	250	300	Continuidad del flujo
CALLE FERNANDO DAQUILEMA	PZ 186 - PZ 187	250	300	Continuidad del flujo
CALLE FRANCISCO ZAMORA	PZ 194 - PZ 193	250	400	Continuidad del flujo
PASAJE S_N_6	PZ 151 - PZ 150	250	200	Sobredimensionado
CALLE Y	PZ 124 - PZ 112	250	200	Sobredimensionado
CALLE S	PZ 111 - PZ 107	250	200	Sobredimensionado

Resultados del rediseño del sistema de alcantarillado sanitario

Para concluir con el rediseño de los tramos con problemas hidráulicos y mejoramiento del sistema de alcantarillado se muestra en la tabla 50, en donde podemos observar que los problemas principales de velocidad mínima de diseño y presurización (condición hidráulica) cumple con los parámetros mínimos de la norma.

Tabla 50

Rediseño de los tramos con problemas hidráulicos

Calles	Tramo de revisión	Diámetro (mm)	V Diseño [m/s]	Condición Hidráulica	Tensión Tractiva
JULIAN QUITO	PZ 176 - PZ 175	250	2,153	Ok	OK
JULIAN QUITO	PZ 175 - PZ 164	250	2,174	Ok	OK
CALLE QUIJIA	PZ 164 - PZ 165	250	1,591	Ok	OK
CALLE QUIJIA	PZ 165 - PZ 173	300	1,298	Ok	OK
CALLE KURRUBA	PZ 530 - PZ 87	200	0,430	Ok	OK
CALLE KURRUBA	PZ 530 - PZ 91	200	0,496	Ok	OK
CALLE FRANCISCO ZAMORA	PZ 187 - PZ 194	400	1,064	Ok	OK
CALLE JAMBA TRAMO 2	PZ 532 - PZ 118	250	0,380	Ok	OK
CALLE SANTIAGO TITUSANA	PZ 515 - PZ 95	200	0,478	Ok	OK
PASAJE S_N_2	PZ 105 - PZ 104	200	0,459	Ok	OK

Cabe mencionar que en La tabla 50 se observan 2 valores de velocidades que no cumple con la velocidad mínima ($V_{min} = 0,45 \text{ m/s}$) por motivos de topografía de la zona o problemas constructivos no es posible cumplir con este parámetro, pero nos basamos en la tensión tractiva para decir que existe una autolimpieza suficiente en dichos tramos.

Capítulo VI

Diseño

Bases de diseño

Un sistema de alcantarillado sanitaria como toda obra de ingeniería, se planifica y proyecta para satisfacer las necesidades de la población. Se proyecta con la capacidad suficiente para el funcionamiento correcto y duradero en el periodo de diseño establecido. (Becerra, 2009)

Parámetros de diseño

Los parámetros de diseño nos permiten de una manera correcta proyectar un sistema de alcantarillado sanitario que satisfaga las necesidades de la población. A continuación, se muestra en la tabla 51 los principales parámetros de diseño.

Tabla 51

Parámetros de diseño

Parámetros	Cantidad	Referencia
Periodo de diseño	25 años	SENAGUA 2012
Área de Influencia	45,432 hectáreas	Dato
Población	13514 habitantes	Dato
Dotación de agua potable	168,18 lt*hab/dia	Dato
coeficiente de retorno	0,70	EMMAP 2009
Caudal de infiltración	0,10 lt/s - hab	EMMAP 2009
Caudal de aguas ilícitas	0,50 lt/s - hab	EMMAP 2009
Pendiente recomendada	1%	EMMAP 2009
Coefficiente de rugosidad PVC.	0,011	EMMAP 2009
Velocidad máxima para PVC.	4,50 m/s	SENAGUA 2012
Velocidad mínima H.S y PVC	0,45 m/s	SENAGUA 2012
Relación Hidráulica	$y/D \leq 0,70$	Sandoval 2013
Tensión Tractiva	$d \geq 1$	Romero 2007

Cálculo del caudal de diseño

Para determinar el caudal de diseño del sistema de alcantarillado sanitario se considera los aportes o contribuciones debidas a las aguas servidas domésticas, aguas de infiltración y aguas ilícitas o conexiones erradas. (Becerra, 2009)

Caudal de aguas residuales domésticas

“Los caudales de aguas residuales domésticas varían sensiblemente a lo largo del día por lo que, para efecto del dimensionamiento de las obras de alcantarillado, será necesario determinar el caudal máximo instantáneo”. (SENAGUA, 2012).

$$Q_m = \frac{c * (P * D)}{86400}$$

Donde:

Q_m: Caudal medio neto (l/s)

c: coeficiente de retorno (adimensional)

P: Población al final para el período de diseño (hab.)

D: Dotación neta por habitante (l/hab*día)

$$Q_m = \frac{0,70 * (13514 \text{ hab.} * (168,18 \frac{\text{lt}}{\text{hab}} * \text{día}))}{86400} = 18,4138 \text{ lt/s}$$

$$Q_m = 0,004224 \text{ lt/s}$$

Factor de mayoración

El coeficiente de mayoración, permite determinar las variaciones máximas y mínima que tiene el caudal de aguas servidas en relación con las variaciones de consumo de agua potable y permite tener un margen de seguridad. (Becerra, 2009)

$$M = 4,00$$

Caudal máximo diario

El caudal máximo diario, se calculará con la siguiente ecuación:

$$QMD = Qm * M$$

Donde:

QMD: Caudal máximo diario.

M: Factor de mayoración máximo diario (Adimensional)

$$QMD = 18,4138 \frac{lt}{s} * 4$$

$$QMD = 73,655 \frac{lt}{s}$$

Caudal de infiltraciones

Para esta investigación se consideró un nivel de complejidad bajo y medio, con una infiltración de 0,10 (lt/s-ha)

$$Q_{inf} = 0,10 \text{ lt/s} - ha$$

$$Q_{inf} = 0,10 \frac{lt}{s} - ha * 45,4325 ha = 4,54325 \text{ lt/s}$$

Caudal de aguas ilícitas

Para esta investigación se consideró un nivel de complejidad bajo y medio, con un aporte de 0,50 (lt/s-ha)

$$Q_{inf} = 0,50 \text{ lt/s} - ha$$

$$Q_{inf} = 0,50 \frac{lt}{s} - ha * 45,4325 ha = 22,7163 \text{ lt/s}$$

Resultado de caudal de diseño

$$QD = 73,655 \frac{lt}{s} + 4,54 \frac{lt}{s} + 22,716 \frac{lt}{s}$$

$$QD = 100,915 \frac{lt}{s}$$

Resumen hidráulico Calle 11

Se observa que las condiciones hidráulicas en la calle 11 cumple con los parámetros de un diseño adecuado. (Ver tabla 52)

Tabla 52

Resumen Calle 11

Calles	Tramo de revisión	L (m)	Diámetro (mm)	V Diseño [m/s]	Condición Hidráulica	Tensión Tractiva
CALLE 11	PZ 710 - PZ 672	54,36	200	1,371	Ok	Ok
CALLE 11	PZ 672 - PZ 673	53,31	200	1,423	Ok	Ok
CALLE 11	PZ 673 - PZ 674	99,80	200	1,943	Ok	Ok
CALLE 11	PZ 674 - PZ 675	99,76	200	2,209	Ok	Ok
CALLE 11	PZ 675 - PZ 676	96,88	200	1,934	Ok	Ok

Adicionalmente si se desea ver detalladamente los cálculos ver el anexo G.

Capítulo VII

Presupuesto referencial

Presupuesto referencial para el diseño del alcantarillado sanitario.

Para el análisis se utilizó la base de datos generados por el municipio de Rumiñahui, los que consideran mano de obra, herramienta, gastos administrativos, materiales, imprevistos, transporte, e instalación.

Para realizar el presupuesto referencial del nuevo sistema de alcantarillado sanitario (Diseño) se considera la mejor alternativa de diseño para solventar la falta de alcantarillado en la zona de estudio para su buen funcionamiento, manteniendo los parámetros de cálculo en base a la normativa, optimizando la cantidad de materiales para el sistema y minimizando el gasto.

Descripción de parámetros

El presupuesto está en basa a los rubros entregados por parte del municipio en el que describe los parámetros principales a usar, a continuación, se muestra los rubros considerados en el presupuesto referencial.

- LIMPIEZA Y DESALOJO
- REPLANTEO Y NIVELACION (CONDUCCIONES EJES DE PROYECTO) (R)
- DESEMPEDRADO MANUAL (R)
- DESADOQUINADO (ADOQUIN DE PIEDRA)
- EXCAVACION A MAQUINA 0 A 2 m (TIERRA) (R)
- EXCAVACION A MAQUINA CIELO ABIERTO (TIERRA) (R)
- EXCAVACION A MANO EN TIERRA (R)
- EXCAVACION A MANO POZO H=0.00 - 2.00 m (R)
- EXCAVACION A MANO POZO H=0.00 - 6.00 m (R)

- RELLENO COMPACTADO A MANO SUB-BASE, e=24 cm (R)
- REEMPEDRADO MANO DE OBRA (MAT. EXISTENTE) (R)
- READOQUINADO (MATERIAL EXISTENTE) (R)
- APUNTALAMIENTO DE PAREDES ALTURA 2m (R)
- RELLENO CON LASTRE, COMPACTADO MECANICAMENTE EN CAPAS, e=30 cm (R)
- TUBERIA PVC Ø 200 mm DESAGUE (MAT/TRANS/INST) (R)
- TUBERIA PVC U/E Ø 200 mm 0.63 MPa (MAT/TRANS/INST) (R)
- POZO REVISION H.S. $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, H = 2.00 M (TAPA CERCO PELDAÑOS GALVANIZADO)
- POZO REVISION H.S. $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, H = 3.00 M (TAPA CERCO PELDAÑOS) (R)
- POZO REVISION H.S. $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, H = 4.50 M (TAPA CERCO PELDAÑOS) (R)
- LIMPIEZA FINAL DE LA OBRA (R)

Valor del proyecto

El presupuesto referencial para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario es de \$486.307,82 adicionalmente si se desea conocer detalladamente el presupuesto referencial ver el anexo H.

Capítulo VII

Conclusiones, recomendaciones y bibliografía

Conclusiones

En el catastro a los usuarios se identificó su nivel socioeconómico de tal manera que conocimos de manera real la problemática e inconvenientes que se generan en la zona de estudio, como taponamiento y malos olores.

La evaluación y rediseño del sistema de alcantarillado sanitario van de la mano, por lo cual se realizó un rediseño que cumpla con la normativa y de una solución óptima a dicha problemática para satisfacer las necesidades de los habitantes en la zona de estudio.

El diseño del sistema de alcantarillado sanitario se tomó en consideración la normativa como son la utilización de tubería PVC, diámetros mínimos, pendiente de acuerdo a la topografía, velocidades mínimas y los parámetros necesarios para obtener un servicio de calidad.

En las visitas técnicas a la zona de estudio se comprobó el estado del sistema de alcantarillado sanitario para analizar y dar una solución óptima a la problemática generada por el mal estado de los pozos por su falta de mantenimiento y deterioro del mismo.

Con el presupuesto referencial para el diseño se busca tener una base de elementos a utilizar en la ejecución del proyecto con lo cual se propone realizar la construcción del nuevo sistema de alcantarillado sanitario en las zonas que carecen del mismo.

Recomendaciones

Tomar en cuenta los planos del sistema de alcantarillado sanitario entregados a la municipalidad para no tener problemas constructivos en la obra del sistema de alcantarillado pluvial en el futuro.

Se recomienda realizar un mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario porque en base al estudio se pudo observar basura, sedimentos, material pétreo, lo cual puede ocasionar taponamientos y un mal funcionamiento del sistema.

Realizar el cambio de la superficie de rodadura de las vías empedradas o lastradas, porque generan más escombros y suciedad a los pozos de revisión y se pudo observar un mayor deterioro en el sistema actual.

Construir las cunetas y sumideros en las vías que carecen del mismo y sean conectados al sistema de alcantarillado pluvial, puesto que crea mayor filtración de aguas lluvias al sistema sanitario aumentando el caudal para el que fue diseñado.

Referencias bibliográficas

- Alomoto Cauja, F. E. (2013). *“Levantamiento Topográfico y Catastral del Barrio San Francisco de Baños, de la Parroquia La Merced del Cantón Quito, Provincia de Pichincha”*. Quito: UNIVERCIDAD CENTRAL DEL ECUADOR .
- ASTM D4318. (2005). *Límite líquido, límite de plástico, y el índice de plasticidad de los suelos*.
- Becerra, D. (2009). *Diseño del nuevo sistema de alcantarillado sanitario para la parroquia El Altar, canton Penipe, provincia de Chimborazo*. Quito: Escuela Superior Politécnica del Ejército.
- Belalcazar, L., & Cushicondor, F. (2016). *Diseño del sistema de alcantarillado combinado para el barrio San Pedro de la Tola de la parroquia Checa del canton Quito, provincia de Pichincha*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Borselli, D. L. (2019-2020). *Geotecnia I*. Mexico : Fac. de Ingeniería UASLP.
- Bravo Jácome, D., & Solis García , E. (2018). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el barrio Los Laureles, comunidad de Nero, de la parroquia Baños, cantón Cuenca*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- BUPOLSA. (2019). *BUPOLSA*. Obtenido de <http://www.bupolsa.com/catalogo-general/filtros-biologicos/>
- Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito. (2009). *Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado para la EMAAP-Q*. Quito: EMPRESA METROPOLITANA DE ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE.
- Erazo Chido, L. J. (2016). *Tipos de tuberías*. Bogotá: Universidad de Colombia.
- Fernández Cirelli, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, 148-150.
- GAD PICHINCHA. (2015). *Plan de Desarrollo Estratégico y ordenamiento territorial Parroquia Cotogchoa 2015-2019*. Quito.
- GADMUR Rumiñahui. (2012). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial Cantón Rumiñahui 2012 - 2015*. Sangolqui.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Cotogchoa. (2012). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Cotogchoa 2012-2025*. Obtenido de http://sitp.pichincha.gob.ec/repositorio/disenio_paginas/archivos/PDOT%20COTOGCHOA%202012.pdf
- Gobierno Municipal de Rumiñahui. (2019). *Misión social - Rumiñahui*. Obtenido de <http://www.misionruminahui.gob.ec/quienes-somos/#:~:text=Ser%20una%20organizaci%C3%B3n%20l%C3%ADder%20y,discapacidad%20C%20prevenci%C3%B3n%20en%20salud%20integral%20>
- Guevara, F. (2015). *Análisis y Ejecución de movimientos de tierras en una obra empleando el diagrama de curva masa*. Lima: Universidad de Piura.

- Inca, F., & Quispe, E. (2011). *Simulación de los flujos permanente y no permanente en sistemas de alcantarillado utilizando el software HYDRA 6.4*. Quito: UNIVERSIDAD - ESCUELA POLITECNICA NACIONAL.
- Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias. (1992). *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES*.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos - INEC. (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010*. Obtenido de www.inec.gob.ec/tabulados_CPV/3_TCA_PARR_NAC_POBL_1990_2001_2010.xls
- Leica. (Version 2.1). *Manual de empleo TC(R)303/305/307*. Impreso en Suiza - Copyright Leica.
- Méndez Flores, S. A. (2011). *Diseño del Alcantarillado Sanitario y Pluvial y Tratamiento de Aguas Servidas de la Urbanización San Emilio*. Quito: UNIVERSIDAD "SAN FRANCISCO DE QUITO".
- Naciones Unidas. (2005). *El agua, Fuente de vida*. Nueva York: Secretaría de ONU-Agua.
- Nasimba Loya, H. A. (2017). *Evaluación y Rediseño del Sistema de Agua Potable entre el parque central de Cotogchoa y la Cooperativa Eloy Alfaro, Cantón Rumiñahui*. Quito: Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.
- Ordoñez Crespo, J. D. (2016). *Diseño de los interceptores de la quebradas en el área de influencia de la Universidad de Azuay*. Cuenca: Universidad del Azuay.
- Orozco Daqui, T. C., & Tapia Avila, J. P. (2017). *Diseño de un alcantarillado sanitario y pluvial para el centro parroquial "Quimiag"*. Riobamba: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO.
- PDOT. (Agosto 2012). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial - Cotogchoa*.
- Quecedo, R., & Castaña, C. (2002). Introducción a la metodología de investigación cualitativa. *Revista de Psicodidáctica*, #14, 5-39.
- Quinton, R. (14 de marzo de 2018). *Fundación René Quintana*. Obtenido de <https://www.fundacionrenequinton.org/blog/que-es-un-filtro-biologico/>
- Ramírez Flores, C. (2010). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el caserío Capulispamba y barrio Alegría del cantón Mocha provincia de Tungurahua*. Ambato: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
- Rodríguez, E., & German, J. (2020). *Evaluación y rediseño de un sistema de alcantarillado y planta de tratamiento de aguas residuales para la Escuela Superior Militar "Eloy Alfaro"*. Quito - Ecuador : Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.
- Rojas Crotte, I. (2011). *Elementos para el diseño de técnicas de investigación: Una propuesta de definiciones y procedimientos en la investigación científica*. Toluca: Tiempo de Educar.
- Romero, J. (2007). *Sistema de alcantarillado sanitario Macoti*.

- Sánchez García, R., & Figueroa Mariscal, M. A. (2009). *¿Qué debemos saber acerca del agua potable?* La Paz.
- Sánchez, R. L. (2013). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario proyectado a 30 años para la Parroquia de Malchinguí, Cantón Pedro Moncayo*. Quito: Universidad Internacional del Ecuador .
- Sandoval, W. (2013). *Principios de la hidráulica 2*. Quito: Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.
- Secretaría del Agua . (2012). *Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural*.
- Secretaría Nacional del Agua - SENAGUA. (2012). *Normas para el estudio y diseño de sistemas de Agua Potable y disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*. Obtenido de https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma_urbana_para_estudios_y_disenos.pdf
- SENPLADES. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021, Toda una Vida*. Obtenido de https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_OK.compressed1.pdf
- Taco Cando, F. A. (2012). *Las aguas servidas y su incidencia en la salubridad de los habitantes del barrio Pilacoto de la Parroquia Guaytacama cantón Latacunga provincia de Cotopaxi*. Ambato: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
- Viteri Salán, L. (2012). *Estudio del sistema de alcantarillado sanitario para la evacuación de las aguas residuales en el caserío El Placer de la parroquia de Tungurahua* . Ambato: Universidad Técnica de Ambato.