



**Evaluación y rediseño del sistema de alcantarillado combinado y tratamiento de las
aguas servidas para el barrio La Florida, parroquia Sangolquí, cantón Rumiñahui,
provincia Pichincha**

Peñañiel Flores, Mario Ricardo

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. Bolaños Guerrón, Darío Roberto PhD.

14 de enero del 2022

COPYLEAKS

Tesis Mario Peñafiel Copyleaks 06-01-2022.pdf

Scanned on: 20:16 January 6, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

| | |
|--------------------------|-----|
| Identical Words | 462 |
| Words with Minor Changes | 68 |
| Paraphrased Words | 222 |
| Ommited Words | 0 |



Firmado electrónicamente por:
DARIO ROBERTO
BOLANOS GUERRON



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“Evaluación y rediseño del sistema de alcantarillado combinado y tratamiento de las aguas servidas para el barrio La Florida, parroquia Sangolquí, cantón Rumiñahui, provincia Pichincha”** fue realizado por señor Mario Ricardo Peñafiel Flores, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 14 de enero de 2022.

Firma:



Firmado electrónicamente por:
**DARIO ROBERTO
BOLANOS GUERRON**

.....
Ing. Bolaños Guerrón, Darío Roberto PhD.

C. C. 1715206593



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Peñañiel Flores, Mario Ricardo**, con cédula de ciudadanía N° 1726116823 declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **"Evaluación y rediseño del sistema de alcantarillado combinado y tratamiento de las aguas servidas para el barrio La Florida, parroquia Sangolquí, cantón Rumiñahui, provincia Pichincha"** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 14 de enero del 2022



Firmado electrónicamente por:
**MARIO RICARDO
PENAFIEL
FLORES**

.....
Peñañiel Flores, Mario Ricardo

C.C.: 1726116823



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo Peñafiel Flores, Mario Ricardo, con cédula de ciudadanía N° 1726116823, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Evaluación y rediseño del sistema de alcantarillado combinado y tratamiento de las aguas servidas para el barrio La Florida, parroquia Sangolquí, cantón Rumiñahui, provincia Pichincha**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 14 de enero del 2022



Firmado electrónicamente por:
MARIO RICARDO
PENAFIEL
FLORES

Peñafiel Flores, Mario Ricardo

C.C: 1726116823

Dedicatoria

A Dios, por darme la fuerza necesaria, para salir adelante y nunca rendirme. Con su infinita bondad, agradezco la vida, la sabiduría, las bendiciones que pone en mi camino para protegerme.

A mis Padres, Mario Francisco Peñafiel Moya y Janeth Adalipsa Flores Ramírez por ser el apoyo, cimiento, crecimiento de toda mi vida. Por la paciencia de quererme y cuidarme durante los buenos y malos momentos de mi juventud. Por el apoyo económico y moral para poder realizar mis estudios y poder culminar mi carrera como Ingeniero Civil.

A mi abuela Celia María Ramírez, por el apoyo a mis padres para poder cumplir mi objetivo en la Universidad, por su amor y bendiciones que mantienen unida a mi familia, a mi hermana Brenda Carolina Peñafiel Flores, por llenarme de alegría mis días, y llenar mi corazón de amor, poner fuerza en mi voluntad para superar todos los obstáculos que tiene la vida.

A mis amigos Antonio Guevara, Kevin Martínez, Isaac Romero, Jorge Toledo, Esteban Amaya, que han llenado de alegría mi tiempo en la universidad, por compartir triunfos y derrotas con su apoyo incondicional.

Mario R. Peñafiel F.

Agradecimiento

A la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, por darme los mejores años de mi juventud, formándome con buenos valores y enseñarme el valor del sacrificio. A la carrera de Ingeniería Civil, por todos sus años de trayectoria, que siguen aportando con profesionales de excelente calidad al Ecuador. A mis maestros, por la paciencia y dedicación de enseñar y brindar su conocimiento con excelencia. A mi tutor Ing. Darío Bolaños PhD, quien ha guiado mi camino durante el presente proyecto

Al Departamento de Agua Potable y Alcantarillado del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Rumiñahui, por darme la facilidad de realizar el estudio y diseño de este proyecto.

Al Ing. Nelson Pedraza por la entrega y buena voluntad de ayudar al estudiante con su amplia experiencia, en el ámbito de agua potable, aguas residuales y tratamiento de aguas servidas. Por motivarme a nunca dejar de aprender y siempre hacer las cosas con amor y precisión.

Mario R. Peñafiel F.

Índice

| | |
|--|----|
| Reporte de verificación de similitud..... | 2 |
| Certificado del director del proyecto..... | 3 |
| Responsabilidad de autoría | 4 |
| Autorización de publicación | 5 |
| Dedicatoria..... | 6 |
| Agradecimiento..... | 7 |
| Índice | 8 |
| Índice de Tablas | 12 |
| Índice de Figuras | 16 |
| Resumen | 19 |
| Abstract | 20 |
| Capítulo 1 | 21 |
| Introducción | 21 |
| Planteamiento del problema..... | 21 |
| Macro..... | 21 |
| Meso..... | 21 |
| Micro..... | 22 |
| Antecedentes | 23 |
| Justificación e Importancia | 25 |
| Objetivos..... | 26 |

| | |
|---|----|
| Objetivo General..... | 26 |
| Objetivos Específicos..... | 27 |
| Capítulo 2 | 28 |
| Material y métodos..... | 28 |
| Metodología | 28 |
| Topografía | 28 |
| Censo Sanitario | 28 |
| Evaluación del Sistema de Alcantarillado..... | 29 |
| Diseño de la red de Alcantarillado y Planta de Tratamiento | 29 |
| Planos, especificaciones técnicas y presupuesto..... | 30 |
| Diagnóstico del sistema sanitario | 31 |
| Uso del suelo | 31 |
| Características del clima | 32 |
| Temperatura de la zona de estudio..... | 33 |
| Precipitación | 34 |
| Estudio Topográfico | 34 |
| Tipo de suelo | 36 |
| Ensayos de laboratorio | 40 |
| Catastro del sistema de alcantarillado actual del Barrio “La Florida” | 41 |
| Evaluación hidráulica del sistema de alcantarillado actual | 59 |
| Parámetros de diseño | 62 |

| | |
|---|-----|
| | 10 |
| Análisis Poblacional | 62 |
| Niveles de servicio | 68 |
| Dotación | 68 |
| Áreas tributarias..... | 75 |
| Caudales de diseño de aguas residuales..... | 76 |
| Método racional | 79 |
| Sistema de tuberías y colectores. | 81 |
| Cálculos hidráulicos por tramos de tubería | 85 |
| Datos Iniciales | 85 |
| Aguas Servidas..... | 86 |
| Aguas no contabilizadas | 94 |
| Aguas Pluviales | 98 |
| Propiedades físicas..... | 106 |
| Análisis hidráulico | 110 |
| Tratamiento de aguas residuales | 114 |
| Marco normativo para el diseño de planta de tratamiento | 114 |
| Características del lugar | 114 |
| Cálculo del caudal y caracterización del agua residual | 115 |
| Propuesta de tratamiento..... | 118 |
| Capítulo 3 | 147 |
| Resultados y discusión | 147 |

| | |
|--|-----|
| Resultado hidráulico sistema de alcantarillado combinado..... | 147 |
| Resultado hidráulico sistema de alcantarillado sanitario | 148 |
| Resultado hidráulico sistema de alcantarillado pluvial..... | 148 |
| Comparativa de los sistemas de alcantarillado separado y combinado | 149 |
| Comparativa Técnica | 149 |
| Prueba T de Student..... | 149 |
| Comparativa Económica | 155 |
| Presupuesto y especificaciones técnicas | 155 |
| Presupuesto alcantarillado combinado..... | 155 |
| Presupuesto alcantarillado sanitario | 156 |
| Presupuesto alcantarillado pluvial..... | 157 |
| Presupuesto de planta de tratamiento..... | 158 |
| Especificaciones técnicas | 159 |
| Capítulo 4 | 160 |
| Conclusiones | 160 |
| Recomendaciones | 162 |
| Bibliografía..... | 163 |

Índice de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1: <i>Superficie de Cobertura Vegetal del Cantón Rumiñahui</i> | 32 |
| Tabla 2: <i>Información de estación meteorológica Izobamba (INAMHI)</i> | 33 |
| Tabla 3: <i>Datos de anuario de estación Izobamba</i> | 33 |
| Tabla 4: <i>Valores de Precipitación de la estación Izobamba</i> | 34 |
| Tabla 5 <i>Coordenadas de las muestras extraídas en el barrio “La Florida”</i> | 37 |
| Tabla 6: <i>Resultados de humedad de las muestras del barrio “La Florida”</i> | 37 |
| Tabla 7: <i>Resumen de resultados de granulometría de muestras del barrio “La Florida”</i> | 38 |
| Tabla 8 <i>Límites de Atterberg de las muestras del barrio “La Florida”</i> | 39 |
| Tabla 9: <i>Clasificación por el índice de plasticidad</i> | 40 |
| Tabla 10 <i>Clasificación del suelo del barrio “La Florida”</i> | 40 |
| Tabla 11 <i>Cálculo hidráulico de sistema actual de barrio “La Florida”</i> | 59 |
| Tabla 12 <i>Número de habitantes y tasa de crecimiento anual en la parroquia de Sangolquí en 1990, 2001, 2010</i> | 63 |
| Tabla 13 <i>Crecimiento poblacional anual con tres diferentes métodos del barrio “La Florida”</i> | 66 |
| Tabla 14 <i>Resumen de utilización de métodos para estimación de población futura.</i> | 67 |
| Tabla 15 <i>Niveles de servicios existentes en el Ecuador.</i> | 68 |
| Tabla 16: <i>Dotación media futura (Secretaría del Agua, 1992, pág. 65).</i> | 69 |
| Tabla 17 <i>Consumos desde enero del 2018 a agosto del 2019 en el barrio “La Florida”</i> | 71 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 18: <i>Categorización de la infiltración en alta, media y baja dependiendo de características topográficas, de suelos, niveles freáticos y precipitación (EMAAP-Q, 2009).</i> | 78 |
| Tabla 19 <i>Recomendación de tiempo de entrada</i> | 80 |
| Tabla 20 <i>Velocidades máximas a tubo lleno</i> | 83 |
| Tabla 21: <i>Distancia máxima entre pozos de revisión</i> | 84 |
| Tabla 22 <i>Diámetros recomendados de pozos de revisión.</i> | 84 |
| Tabla 23 <i>Valores del factor de infiltración por el nivel de complejidad del sistema.</i> | 95 |
| Tabla 24: <i>Aportes por conexiones erradas en función de la tenencia de sistema pluvial</i> | 96 |
| Tabla 25: <i>Determinación de Coeficiente de escurrimiento</i> | 102 |
| Tabla 26: <i>Comparación fórmula DAPAC-R vs INAMHI</i> | 104 |
| Tabla 27: <i>Parámetros máximos permitidos para descarga a un cuerpo de agua dulce</i> | 116 |
| Tabla 28 <i>Características de las aguas residuales urbanas.</i> | 117 |
| Tabla 29 <i>Resultado de calidad de agua de toma de muestra en barrio “La Florida”</i> ... | 117 |
| Tabla 30 <i>Resultado de recuento de coliformes en muestra de agua en barrio “La Florida”</i> | 117 |
| Tabla 31: <i>Biodegradabilidad de agua residual</i> | 118 |
| Tabla 32 <i>Resultado de diseño de canal de entrada de planta de tratamiento.</i> | 121 |
| Tabla 33: <i>Parámetros iniciales para el diseño de rejilla</i> | 122 |
| Tabla 34: <i>Resultado de diseño de rejilla de planta de tratamiento</i> | 125 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 35: <i>Velocidad ascensional para la densidad de los aceites y grasas, con área de superficie</i> | 126 |
| Tabla 36: <i>Resultado de diseño de trampa de grasa</i> | 127 |
| Tabla 37: <i>Resultados de diseño de tanque homogenizador</i> | 129 |
| Tabla 38: <i>Propiedades geométricas de vertedero triangular</i> | 130 |
| Tabla 39: <i>Resultados de diseño de vertedero triangular</i> | 131 |
| Tabla 40: <i>Resultado de diseño de sedimentador de tanque Imhoff</i> | 133 |
| Tabla 41: <i>Factor de capacidad relativa de acuerdo a la temperatura</i> | 134 |
| Tabla 42: <i>Resultado de diseño digestor de tanque Imhoff</i> | 135 |
| Tabla 43: <i>Valores de constantes empíricas</i> | 136 |
| Tabla 44: <i>Resultado de diseño de filtro biológico</i> | 138 |
| Tabla 45: <i>Resultado de diseño de tanque de desinfección</i> | 140 |
| Tabla 46: <i>Velocidad de acuerdo a material de construcción</i> | 142 |
| Tabla 47: <i>Resultado de diseño de descarga aireada</i> | 143 |
| Tabla 48: <i>Resultado de diseño de lecho de secado</i> | 145 |
| Tabla 49: <i>Parámetros iniciales de sistema de alcantarillado combinado</i> | 147 |
| Tabla 51 <i>Parámetros iniciales de alcantarillado sanitario</i> | 148 |
| Tabla 53 <i>Parámetros principales para diseño hidráulico de alcantarillado pluvial</i> | 149 |
| Tabla 55 <i>Resumen estadístico de diámetro interno</i> | 152 |
| Tabla 56 <i>Resultado de comparación T de Student de diámetro interno</i> | 152 |
| Tabla 57 <i>Resumen estadístico de velocidades</i> | 153 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 58 <i>Resultado de comparación de T student de velocidades</i> | 153 |
| Tabla 59 <i>Resumen estadístico de altura de buzón</i> | 154 |
| Tabla 60 <i>Resultado de comparación T de Student de altura de buzón</i> | 155 |
| Tabla 61: <i>Presupuesto de sistema de alcantarillado combinado</i> | 156 |
| Tabla 62: <i>Presupuesto de sistema de alcantarillado sanitario</i> | 157 |
| Tabla 63: <i>Presupuesto de sistema de alcantarillado pluvial</i> | 158 |
| Tabla 64: <i>Presupuesto de planta de tratamiento del barrio “La Florida”</i> | 159 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1: <i>Imagen satelital de barrio “La Florida”</i> | 24 |
| Figura 2: <i>Topografía del Barrio la Florida</i> | 35 |
| Figura 3: <i>Estación Total</i> | 36 |
| Figura 4: <i>Toma correcta de las muestras.</i> | 41 |
| Figura 5: <i>Ficha catastral</i> | 44 |
| Figura 6: <i>Realización de catastro en barrio “La Florida”</i> | 45 |
| Figura 7: <i>Alcantarillado separado, Conjunto San Carlos Olmedo Andrade barrio “La Florida”</i> | 46 |
| Figura 8: <i>Sistema de alcantarillado, en la Urbanización “Los Jardines”</i> | 47 |
| Figura 9: <i>Sistema de alcantarillado en la Urbanización Enkador II, en el barrio “La Florida”</i> | 48 |
| Figura 10: <i>Alcantarillado actual del barrio “La Florida” en 06 de marzo del 2020</i> | 49 |
| Figura 11: <i>Tramo con tres tuberías en el barrio “La Florida”</i> | 50 |
| Figura 12: <i>Tipo de alcantarillado en el barrio “La Florida”</i> | 51 |
| Figura 13: <i>Tipo de pared en el barrio “La Florida”</i> | 52 |
| Figura 14: <i>Pozo con pared de hormigón en el barrio “La Florida”</i> | 52 |
| Figura 15: <i>Pozo con pared de ladrillo en el barrio “La Florida”</i> | 53 |
| Figura 16: <i>Pozo con pared de adoquín en el barrio “La Florida”</i> | 53 |
| Figura 17: <i>Estado de pared de alcantarillado combinado en barrio “La Florida”</i> | 54 |
| Figura 18: <i>Paredes con categoría bueno, regular, malo respectivamente</i> | 55 |

| | |
|--|-----|
| Figura 19: <i>Estado de zócalo de barrio “La Florida”</i> | 55 |
| Figura 20: <i>Estado de zócalo y fondo: bueno, regular y malo respectivamente</i> | 56 |
| Figura 21: <i>Estado del fondo de los pozos del barrio “La Florida”</i> | 56 |
| Figura 22: <i>Estado de escalera en el barrio “La Florida”</i> | 57 |
| Figura 23: <i>Pozo con escalera y pozo sin escalera</i> | 58 |
| Figura 24: <i>Estado general de los pozos del barrio “La Florida”</i> | 59 |
| Figura 25: <i>Consumo del mes de agosto del 2019 en m³ del barrio “La Florida”</i> | 70 |
| Figura 26: <i>Consumos mensuales máximos en el barrio “La Florida”</i> | 72 |
| Figura 27: <i>Consumos mensuales promedio en el barrio “La Florida”</i> | 73 |
| Figura 28: <i>Consumos mensuales mínimos en el barrio “La Florida”</i> | 74 |
| Figura 29: <i>Consumos realizados en el año 2018 por acometida</i> | 75 |
| Figura 30: <i>Columnas 1 a 5 de cálculo hidráulico</i> | 85 |
| Figura 31: <i>Columnas 6 a 10 de cálculo hidráulico</i> | 86 |
| Figura 32: <i>Columnas 11 a 16 de cálculo hidráulico</i> | 89 |
| Figura 33: <i>Columna 17 a 20 de cálculo hidráulico</i> | 92 |
| Figura 34: <i>Columna 21 a 26 de cálculo hidráulico</i> | 94 |
| Figura 35: <i>Columna 27 a 34 de cálculo hidráulico</i> | 98 |
| Figura 36: <i>Área de aportación tramo PZ5-PZ6</i> | 99 |
| Figura 37: <i>Áreas de aportación de barrio “La Florida”</i> | 100 |
| Figura 38: <i>Columna 35 a 40 de cálculo hidráulico</i> | 106 |
| Figura 39: <i>Columna 41 a 47 de cálculo hidráulico</i> | 108 |

| | |
|--|-----|
| Figura 40: <i>Columna 48 a 65 de cálculo hidráulico</i> | 110 |
| Figura 41 <i>Ubicación de planta de tratamiento</i> | 115 |
| Figura 42: <i>Esquema de planta de tratamiento</i> | 119 |
| Figura 43: <i>Detalle de canal de entrada</i> | 122 |
| Figura 44: <i>Perfil de trampa de grasas</i> | 128 |
| Figura 45: <i>Perfil de tanque de homogenización</i> | 129 |
| Figura 46: <i>Diagrama de vertedero</i> | 130 |
| Figura 47: <i>Perfil de tanque Imhoff</i> | 135 |
| Figura 48: <i>Perfil de filtro biológico</i> | 139 |
| Figura 49: <i>Esquema de tanque de desinfección</i> | 140 |
| Figura 50: <i>Tanque de desinfección</i> | 141 |
| Figura 51: <i>Descarga aireada</i> | 144 |
| Figura 52: <i>Planta lecho de secado</i> | 146 |

Resumen

El alcantarillado sanitario combinado del Barrio “La Florida” tiene un tiempo de funcionamiento de más de 40 años, sobrepasando su vida útil, y presenta varios problemas de funcionamiento. El alcantarillado combinado tiene su descarga al Río Sambache, provocando un daño al ecosistema hidrológico de este sector. Para la realización de este proyecto se realizaron diferentes estudios de campo, el estudio de dotación de agua potable para encontrar el porcentaje de retorno al alcantarillado sanitario, estudio topográfico para verificación de pendientes, catastro de condiciones actuales de alcantarillado para verificar su funcionamiento, identificación de tipo de suelo para costes de entibado y excavación de terreno, ensayos físico-químicos y bacteriológicos de aguas residuales para su tratamiento acorde a dichos parámetros.

El presente trabajo de titulación presenta dos propuestas de rediseño de alcantarillado, una a petición de DAPAC-R alcantarillado combinado, y un alcantarillado separado, el cual tiene alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial. Para el diseño se obtienen los parámetros de diseño requeridos por Normativa, la cual se muestra en los diferentes capítulos. Para evaluar su funcionamiento a nivel técnico y económico se realiza una comparativa entre estos dos tipos de alcantarillado. Para finalizar se realiza una propuesta de tratamiento de aguas servidas donde el objetivo es disminuir la carga bacteriológica y carga de demanda bioquímica de oxígeno, y se presenta los planos y especificaciones técnicas.

Palabras clave:

- **ALCANTARILLADO SANITARIO, PLUVIAL Y COMBINADO**
- **BARRIO “LA FLORIDA”**
- **CATASTRO**

Abstract

The combined sanitary sewer system of the “La Florida” neighborhood has been in operation for more than 40 years, has exceeded its useful life, and has various operating problems. The combined sewage has its discharge to the Sambache River, causing damage to the hydrological ecosystem of this sector. To carry out this project, different field studies were carried out, the study of the supply of drinking water to find the percentage of return to the sanitary sewer, a topographical study to verify slopes, a cadastre of current sewerage conditions to verify its operation, identification of type of soil for costs of shoring and excavation of land, physical-chemical and bacteriological tests of wastewater for its treatment according to said parameters.

This titling work presents two sewerage redesign proposals, a request for DAPAC-R combined sewerage, and a separate sewerage, which has a sanitary sewer and a storm sewer. For the design, the design parameters required by the Regulations are obtained, which are shown in the different chapters. To evaluate its operation at a technical and economic level, a comparison is made between these two types of sewerage. Finally, a wastewater treatment proposal is made where the objective is to reduce the bacteriological load and the load of biochemical oxygen demand, and the plans and technical specifications are presented.

Keywords:

- **SANITARY, PLUVIAL AND COMBINED SEWAGE**
- **“LA FLORIDA” NEIGHBORHOOD**
- **SEWAGE CATASTRO**

Capítulo 1

Introducción

Planteamiento del problema

Macro

En la actualidad unos de los graves problemas evidentes que se han generado debido al incremento poblacional son la falta de agua potable, alrededor de dos mil cien millones de personas no poseen este servicio básico, así como la saturación en los sistemas de saneamiento, más de cuatro mil quinientos millones de personas carecen de un sistema de saneamiento seguro, de esta última cifra dos mil trescientos millones no disponen de servicios básicos de saneamiento, lo cual ha generado que al menos seiscientos millones de personas compartan dichos servicios provocando saturaciones en los mismos. (Organización Mundial de la Salud, 2017).

Las consecuencias de estos problemas traen consigo la proliferación de enfermedades de transmisión por el agua contaminada como el cólera, la disentería, la hepatitis A y la fiebre tifoidea, como resultado trescientos mil niños menores de cinco años mueren cada año. (Organización Mundial de la Salud, 2017).

Meso

La Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo nos presentan los datos recolectados para Pichincha con una cobertura de agua por red pública 94,1% y cobertura por alcantarillado 93,6%, Rumiñahui con una cobertura de agua por red pública 93, 8% y alcantarillado 89,5%.

Rumiñahui por su ubicación favorecida al estar cerca de la capital ecuatoriana Quito, con respecto al agua potable y alcantarillado ha ido desarrollándose a la par, es

por ende que Quito y Rumiñahui tienen en común la edad de desarrollo, es por eso que varias de las redes de alcantarillado diseñadas en el cantón Rumiñahui han alcanzado su vida útil y es necesario su rediseño.

Un sistema de alcantarillado que no esté funcionando correctamente acarrea una serie de problemas, como el desbordamiento de aguas servidas o inundaciones, provocando un malestar en la ciudadanía que puede terminar en enfermedades, accidentes de tránsito y malos olores que afectan el convivir de los ciudadanos.

Micro

El barrio La Florida tiene una extensión de 26 hectáreas y cuenta con más de 300 viviendas, en la actualidad su sistema de alcantarillado ha cumplido su vida útil con la edad de 40 años, el Ing. Nelson Perlaza tiene la hipótesis que en algunos sectores ha desaparecido la red de alcantarillado.

La acumulación de basura, el deterioro con el pasar de los años, el hundimiento de tuberías por el peso de vehículos, son los problemas que presentan el sistema de alcantarillado del barrio La Florida, lo que ha provocado un déficit en el funcionamiento del alcantarillado generándose un canal natural de alcantarillado debido a la desaparición del canal de hormigón, creando filtración de aguas negras y malos olores en el sector.

Otro de los inconvenientes que posee la red de alcantarillado del barrio La Florida es que no tiene un sistema de tratamiento de sus aguas servidas, por ello realizan una descarga directa al río Sambache y debido a su extensión no cabe duda que es un alto impacto a la contaminación ambiental.

Antecedentes

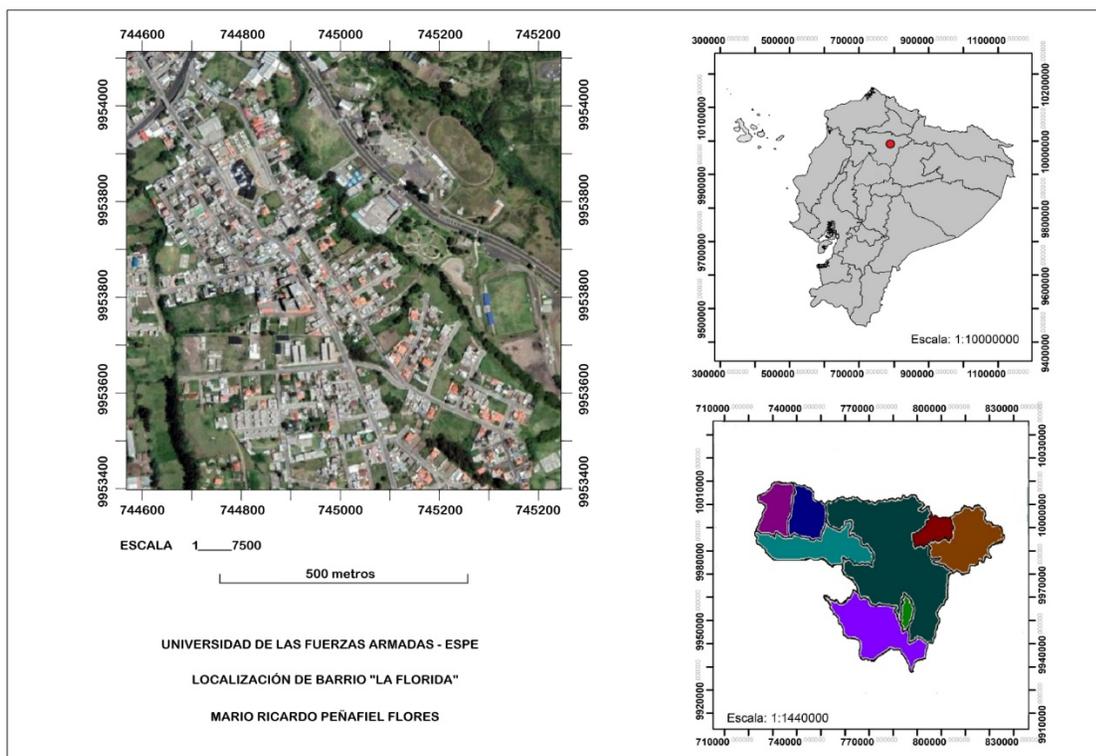
El municipio de Rumiñahui encargado de dar soluciones a los problemas y necesidades de la ciudadanía tiene como proyecto la evaluación y rediseño de la red de alcantarillado combinado del barrio “La Florida”, con una alternativa de planta de tratamiento, con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas que habitan en este sector. Por motivos económicos el municipio solicita que el rediseño tenga un sistema combinado.

La vida útil de la red de alcantarillado y agua potable bordea los 40 años sobrepasando su límite, presentándose problemas de taponamientos y filtración de aguas servidas que están afectando los habitantes del barrio La Florida.

La Florida es un barrio localizado en el centro de la parroquia de Sangolquí, cantón Rumiñahui con una extensión de 26 hectáreas y es lindante con los barrios Selva Alegre y El Oasis, ocupa el sector ubicado entre la calle Atahualpa y el Río Sambache como indica en la **Figura 1**.

Figura 1:

Imagen satelital de barrio "La Florida"



Dentro del barrio se puede ubicar diferentes elementos urbanos que son: Hospital del Día del IESS Sangolquí, Instituto Tecnológico Rumiñahui.

Micro negocios como: Ferretería El Choclo, Mecánica Automotriz Sangolquí, Bodegas, Micro centro comercial que se encuentra a lado del hospital del IESS y Conjuntos Residenciales como: Urbanización Los Jardines y Urbanización Carlos Olmedo Andrade.

Justificación e Importancia

Actualmente, el barrio La Florida posee una red de alcantarillado combinado el cual ya ha cumplido su vida útil, haciendo que la red no funcione eficientemente, generando problemas de infiltración de líquidos y malos olores. Se tiene edificios públicos donde no se ha definido la necesidad de descarga y tratamiento de aguas servidas. En la descarga al río Sambache, no se tiene un tratamiento de aguas residuales provocando una alta contaminación al medio ambiente.

El mejoramiento de la calidad de servicios en la zona urbana de la ciudad de Sangolquí es una de las prioridades del Municipio de Rumiñahui, esto conlleva a un impulso en el desarrollo de la ciudad y darle una mejor calidad de vida a su ciudadanía. Se intenta evitar problemas de infiltración de aguas negras e inundaciones que generan inconvenientes con el automovilista y el peatón.

La importancia de este proyecto recae directamente sobre los habitantes del barrio La Florida, que necesitan una red de alcantarillado funcional y que no contamine el ecosistema en donde habitan. Con la evaluación del sistema de alcantarillado se podrá conocer las áreas conflictivas para el rediseño de la red de alcantarillado y para prevenir la contaminación se propone una planta de tratamiento, que permitirá que el desalojo de las aguas servidas reduzca la carga de contaminación al río Sambache.

Es indispensable realizar una evaluación y un nuevo diseño de alcantarillado separado como alternativa, ya que en la actualidad en la mayoría de nuevos sistemas se trabaja de esta manera por los beneficios que conlleva, además que la ley lo exige en el tratamiento de aguas servidas como en el funcionamiento hidráulico.

Para ello se planteará el diseño tomando en consideración los criterios de diseño de las normas vigentes en base a las siguientes:

- Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes - Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias.
- Normas de diseño de sistemas de alcantarillado – Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito

Los sistemas de tratamiento de las aguas residuales serán por medio de sistemas aerobios, que consta de:

1- Pretratamiento:

a) Criba

b) Sedimentador

2- Homogeneización

3- Tratamiento primario

4- Filtración

5- Desinfección

Objetivos

Objetivo General

Diagnosticar el estado actual del sistema de alcantarillado combinado del Barrio La Florida en la ciudad de Sangolquí y rediseñar dos sistemas de alcantarillado con planta de tratamiento, con la finalidad de comparar y escoger la opción óptima entre un sistema

combinado y otro separado a nivel técnico, económico y ambiental, basado en las normas municipales y parámetros hidráulicos que lo contemplen, para mejorar la calidad de vida de los habitantes del barrio y evitar la contaminación en el Río Sambache.

Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento topográfico del sector con equipos del Municipio de Rumiñahui para el correcto diseño hidráulico de la red de alcantarillado.
- Hacer un censo sanitario de la población del Barrio La Florida por medio de las planillas de consumo, para determinar el número de habitantes, la dotación de agua de cada vivienda y pérdidas en aguas no contabilizadas, parámetros fundamentales a ser considerados en las bases de diseño para la red de alcantarillado combinado y separado.
- Evaluar el funcionamiento del servicio de alcantarillado combinado actual, simulando el comportamiento hidráulico a través de modelación digital y revisando elementos de visita, transporte y elementos especiales para justificar su rediseño.
- Diseñar y comparar a nivel técnico y económico las dos propuestas de alcantarillado, separado y combinado, con su respectiva planta de tratamiento basándose en parámetros hidráulicos y rubros, para poder escoger el diseño más viable para el Barrio la Florida.
- Elaborar planos, especificaciones técnicas y presupuesto de los dos sistemas de alcantarillado y la planta de tratamiento con lodos activos según los formatos establecidos por el “Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias”, siguiendo el formato de la Secretaría Nacional de Planificación para la elaboración de proyectos de interés público, para la recepción y aceptación del proyecto.

Capítulo 2

Material y métodos

Metodología

El presente proyecto se constituye bajo una modalidad de investigación cuantitativa-cualitativa (Calderón Saldaña & Alzamora de los Godos Urcia, 2010). Se establece como una investigación cuantitativa porque recopila y analiza datos numéricos, en este caso corresponde a los datos que serán procesados en el diseño de la red de alcantarillado y planta de tratamiento, por otra parte, se establece cualitativa debido a que se analizarán los diámetros óptimos necesarios para un diseño eficiente en los sistemas de alcantarillado.

Topografía

Inicialmente, se realizará la topografía del sector con equipos del Municipio de Rumiñahui que son estación total y GPS de precisión. Con el GPS se extraerá las coordenadas con las que se trabajará, ya que no existe un punto de georreferenciación proporcionado por el IGM, después se proseguirá con la toma de puntos tomando en cuenta el eje vía, pozos y por dónde pasa la línea de conducción de aguas residuales y su descarga. Después los datos serán extraídos del equipo para poder hacer trabajo de gabinete y realizar los planos correspondientes.

Censo Sanitario

Con los datos facilitados de dotación en las planillas de consumo y con los datos estadísticos proporcionados por el INEC, se podrá obtener la densidad poblacional. Se determinará mediante cálculo hidráulico las presiones de entrada y salida de agua, para que sea de abastecimiento ininterrumpidamente a la población, y mediante esta

información se puede estimar el caudal para el sistema de alcantarillado sanitario que es entre el 70 a 80% del Agua Potable, es decir, se conocerá que porcentaje de aguas no contabilizadas se tiene.

Evaluación del Sistema de Alcantarillado

Después se obtendrá la información en la evaluación de sistema actual de alcantarillado, se examinará el estado actual de los pozos de revisión y se efectuará la medición de los diámetros de los canales de transporte de aguas procedentes de los habitantes del sector, posteriormente se realizará una simulación del comportamiento hidráulico a través de hojas de cálculo, esto se lo hace con la finalidad de verificar si el sistema está trabajando de forma correcta.

Diseño de la red de Alcantarillado y Planta de Tratamiento

Para el diseño de la red de alcantarillado pluvial y sanitario se debe tener en consideración los siguientes datos: período de diseño, población total actual, población total futura estimada, dotación actual y dotación futura para posteriormente realizar el diseño hidráulico de la red que cumpla con todos los parámetros exigidos por la norma y mediante la simulación hidráulica poder comprobar su funcionamiento.

Se realizará el estudio del cuerpo receptor previo al diseño de una planta de tratamiento, en la cual se efectuará el diagnóstico de la calidad de las aguas servidas. En el caso de ríos, el diagnóstico se ejecutará en términos de pH, oxígeno disuelto, DBO último, coliformes totales y fecales, sólidos disueltos y formas del nitrógeno; para el tratamiento de las aguas servidas se realizará el diseño de:

Pretratamiento, donde se remueve las arenas, partículas gruesas y sólidos suspendidos mediante rejillas, desarenadores y sedimentadores

Homogeneización que consiste en el amortiguamiento de las variaciones de caudal para obtener un caudal constante, que tiene como objetivo la reducción de problemas operacionales

Tratamiento primario, oxigenación, mezcla rápida donde la materia orgánica es disuelta por medio de un tratamiento biológico por lodos activados

Tratamiento Terciario, donde se remueve el nitrógeno, fósforo, materia coloidal por procesos de desnitrificación-nitrificación, remoción de fósforo y coagulación-floculación.

Clarificadores que consiste en un sistema de sedimentación con el objetivo de remover sólidos

Filtración, donde objetivo primario del diseño es obtener constantemente la calidad deseada del líquido filtrado

Desinfección, donde el objetivo primordial es la desactivación o destrucción de los microorganismos patógenos que puedan encontrarse en el agua residual municipal

Planos, especificaciones técnicas y presupuesto

Finalmente, se realizará los planos del sistema de alcantarillado combinado y separado con la finalidad de comparar el funcionamiento de ambos, al igual se realizará los planos correspondientes a la planta de tratamiento propuesta de acuerdo a la norma, seguido se realizará las especificaciones técnicas de la infraestructura y trabajos

constructivos para proseguir a realizar el presupuesto final con APU's y rubros correspondientes.

Diagnóstico del sistema sanitario

Uso del suelo

El Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Ecuador se encarga de organizar las actividades y recursos en el territorio de acuerdo a estrategias de desarrollo socioeconómico, donde la organización es obligatoria para todo nivel de gobierno en este caso corresponde al GAD del cantón Rumiñahui. En el 2010 se establece la obligatoriedad de la realización de los Planes de Desarrollo y Planes de Ordenamiento Territorial. El Gobierno Municipal del cantón inicia el proceso de elaboración y actualización de los "Planes de Desarrollo con la visión al 2025.

En el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cantón Rumiñahui 2012 – 2015 se presenta el uso de la tierra actual. En la siguiente tabla se puede observar la cantidad en hectáreas y el porcentaje que representa. El sector pecuario es el predominante con el 37,19%, le sigue el sector antrópico con 28,96%, le sigue el sector de conservación y protección, lo que quiere decir que de todo el porcentaje territorial el sector establecimiento humano es la tercera parte del total.

Tabla 1:*Superficie de Cobertura Vegetal del Cantón Rumiñahui*

| USO | SUPERFICIE (ha) | PORCENTAJE (%) |
|---------------------------|------------------------|-----------------------|
| Agrícola | 47,86 | 0,35% |
| Agropecuario mixto | 183,35 | 1,35% |
| Agua | 15,53 | 0,11% |
| Antrópico | 3932,13 | 28,96% |
| Conservación y protección | 3402,17 | 25,06% |
| Pecuario | 5049,46 | 37,19% |
| Protección o producción | 945,54 | 6,96% |
| Total | 13576,04 | 100% |

*Fuente: (IEE, 2013)***Características del clima**

De acuerdo con el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Rumiñahui, el cantón tiene tres tipos de clima: ecuatorial frío húmedo en un porcentaje de 10%, ecuatorial mesotérmico húmedo 75% y páramo un 10%. La temperatura del cantón oscila entre 16 a 23°C durante el día y la noche en 8°C siendo los meses más calurosos en julio y agosto. (GADMUR, 2014, pág. 37).

Se ha decidido trabajar con la estación meteorológica Izobamba, ya que esta estación es la que se encuentra mejor ubicada para el análisis. Los datos obtenidos como temperatura y precipitación se obtendrán del Instituto Meteorológico INAMHI. En la siguiente tabla se indica la información de la estación.

Tabla 2:*Información de estación meteorológica Izobamba (INAMHI)*

| CODIGO | ESTACIÓN | TIPO | ZONA Hid. | LATITUD | LONGITUD | ALTITUD (msnm) | PROVINCIA | PROPIETARIO |
|--------|----------|------|-----------|---------|----------|----------------|-----------|-------------|
| M0003 | Izobamba | AP | 80 | 0°22 | 78° | 3058 | Pichincha | INAMHI |

Temperatura de la zona de estudio

La información obtenida se presenta en la siguiente tabla de la estación meteorológica Izobamba. Los datos del anuario meteorológico fueron obtenidos del INAMHI en el 2017.

Tabla 3:*Datos de anuario de estación Izobamba*

| MES | ABSOLUTA | MEDIAS | |
|-------------|----------|--------|---------|
| | MÁXIMA | MÁXIMA | MENSUAL |
| Enero | 22,9 | 198 | 13,2 |
| Febrero | - | 17,8 | 11,8 |
| Marzo | 20,8 | 19 | 12,7 |
| Abril | 21,2 | 19,2 | 12,5 |
| Mayo | 20 | 18,2 | 12,1 |
| Junio | 23 | 19,7 | 12,7 |
| Julio | 21,6 | 19,8 | 12,4 |
| Agosto | 22,4 | 19,7 | 12,3 |
| Septiembre | - | 19,7 | 12,7 |
| Octubre | 21,8 | 19,1 | 12,3 |
| Noviembre | 22 | 18,7 | 11,9 |
| Diciembre | 21,2 | 18,9 | 12,3 |
| Valor anual | | 19,1 | 12,4 |

Fuente: (INAMHI, 2018)

Precipitación

El Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de cantón Rumiñahui dice que la precipitación anual del cantón es de 1000 mm, siendo en abril y octubre los meses más lluviosos, debido a esto el cantón tiene un ambiente verde y una zona muy fértil.

En la siguiente tabla se presenta los datos del anuario meteorológico donde consta el total de la precipitación mensual, milímetros (mm) máximos en 24 horas y en el día, y por último en número de días con precipitación.

Tabla 4:

Valores de Precipitación de la estación Izobamba

| MES | SUMA MENSUAL | MÁXIMA EN 24 hrs | DÍA | NUMERO DE DÍAS CON PRECIPITACIÓN |
|-------------|---------------------|-------------------------|------------|---|
| Enero | 43,70 | 14,90 | 12 | 11 |
| Febrero | 230,50 | 33,40 | 11 | 24 |
| Marzo | 128,10 | 20,60 | 22 | 20 |
| Abril | 101,90 | 15,30 | 19 | 19 |
| Mayo | 239,00 | 36,60 | 2 | 31 |
| Junio | 9,80 | 7,20 | 1 | 4 |
| Julio | 8,30 | 4,00 | 4 | 4 |
| Agosto | 43,50 | 11,30 | 24 | 10 |
| Septiembre | 38,90 | 10,80 | 3 | 12 |
| Octubre | 191,50 | 40,00 | 23 | 23 |
| Noviembre | 45,90 | 10,40 | 14 | 11 |
| Diciembre | 79,60 | 21,60 | 9 | 10 |
| Valor anual | 1160,70 | 40,00 | | |

Fuente:(INAMHI, 2018)

Estudio Topográfico

El estudio topográfico se comenzó basándose en la planimetría entregada por el Municipio de Rumiñahui, por el departamento DAPAC-R, donde se extrajo el barrio “La Florida” de la ZONA 2, clasificada por el plan de desarrollo y organización territorial.

A continuación, se realizó un levantamiento topográfico con equipos del Municipio Rumiñahui (Estación Total), que se enfatizó en tomar datos de la planimetría y altimetría, de pozos, eje vial y las calles.

En el levantamiento topográfico trabajaron tres personas del Municipio Rumiñahui, que constaban de un operador, dos cadeneros y un técnico en topografía, después de la extracción de puntos se procedió a realizar el trabajo de gabinete y la presentación de la topografía al DAPAC-R.

Figura 2:

Topografía del Barrio la Florida

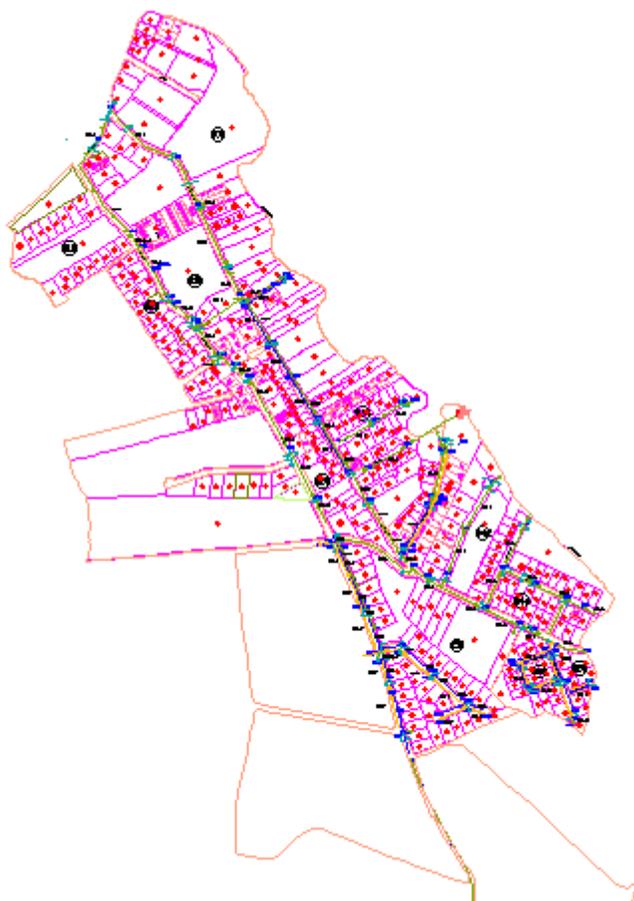


Figura 3:

Estación Total



Tipo de suelo

De acuerdo con los requerimientos del Departamento de Agua Potable y Alcantarillado, se decidió que se tomarán 4 muestras para la realización de los ensayos de suelos, las muestras fueron tomadas a una profundidad de 1,5 m.

Tabla 5

Coordenadas de las muestras extraídas en el barrio “La Florida”

| MUESTRA | NORTE | ESTE | PROFUNDIDAD |
|----------------|--------------|-------------|--------------------|
| M1 | 785062,7 | 9962317,4 | 1,5 |
| M2 | 784982,3 | 9962790,7 | 1,5 |
| M3 | 785143,2 | 9962557,1 | 1,5 |
| M4 | 785205 | 9962495,6 | 1,5 |

Humedad natural

Es la relación gravimétrica que existe entre el peso del agua con respecto al peso del sólido que este caso es la muestra de suelo del barrio “La Florida”, para esta obtención se procedió utilizando la norma ASTM D-2216.

En la **Tabla 6** se presenta un resumen de los resultados obtenidos en el ensayo de humedad natural. En la primera muestra M1 se obtuvo una humedad de 22%, en la segunda muestra M2 se presenta una humedad del 23%, en la muestra M3 humedad de 42%, y en la última humedad M4 se presenta una humedad de 27%

Tabla 6:

Resultados de humedad de las muestras del barrio “La Florida”

| MUESTRA | HUMEDAD |
|----------------|----------------|
| M1 | 22% |
| M2 | 23% |
| M3 | 42% |
| M4 | 27% |

Granulometría

El ensayo de granulometría se lo realiza para poder clasificar cuantitativamente los tamaños de las partículas de suelo gruesos (grava) y finos (arena y limos), que posee el suelo del barrio “La Florida”. El ensayo consiste en diferenciar los tamaños de los mismos, mediante el paso por tamices de abertura determinada y consecutiva.

El ensayo se determinó mediante la norma ASTM D-422 y se obtuvo los resultados que se muestran en la

Tabla 7:

Resumen de resultados de granulometría de muestras del barrio “La Florida”

| PARÁMETROS | M1 | M2 | M3 | M4 |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| %Grava | 24,74 | 5,13 | 0,85 | 1,44 |
| %Arena | 44,78 | 40,99 | 64,46 | 40,59 |
| %Finos | 30,48 | 53,88 | 34,69 | 57,97 |

Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg son ensayos de laboratorio que permiten obtener la cantidad de humedad, para que el suelo permanezca en un estado de plasticidad, esto quiere decir que sea manipulable. Con esto es posible clasificar al suelo en el SUCS.

Para obtener los límites es necesario manipular la muestra, destruyendo su estructura original, es por eso que se necesita una descripción de la muestra en sus condiciones iniciales. En los ensayos se trabaja con material menor a 0,42 mm (con una fracción de arena).

Se determinan tres límites que ayudan en la clasificación del suelo:

Límite líquido (W_L ó LL): Es el contenido de humedad exacto donde pasa del estado semilíquido a plástico.

Límite Plástico (W_p ó LP): Es el contenido de humedad exacto donde pasa del estado semisólido a plástico.

Límite de Plasticidad (IP): es la diferencia entre los dos estados, es decir el rango en donde nuestro suelo se encuentra en el estado plástico.

Los equipos utilizados en estos procedimientos son máquina de Casagrande, acanalador, balanza de sensibilidad, espátula de acero, cápsulas de porcelana, placa de vidrio y horno.

Después de haber realizado los ensayos para la determinación del límite líquido y límite plástico, en la **Tabla 8** se presenta los resultados obtenidos de las muestras del barrio “La Florida”.

Tabla 8

Límites de Atterberg de las muestras del barrio “La Florida”

| PARÁMETROS | M1 | M2 | M3 | M4 |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Límite líquido (LL)% | 33,98 | N/D | N/D | 45,44 |
| Límite plástico (PL)% | 27,79 | N/D | N/D | 30,15 |
| Índice de plasticidad (IP)% | 6,19 | N/D | N/D | 15,29 |

La clasificación de los suelos de acuerdo a su plasticidad la podemos observar en la **Tabla 9**.

Tabla 9:*Clasificación por el índice de plasticidad*

| CLASIFICACIÓN | ÍNDICE DE PLASTICIDAD |
|------------------------|------------------------------|
| Poco plásticos | 1 a 7 |
| Medianamente plásticos | 7 a 15 |
| Altamente plásticos | mayor a 15 |

SUCS

Para la clasificación del suelo del barrio “La Florida” se utilizó la norma ASTM-2487.

Tabla 10*Clasificación del suelo del barrio “La Florida”*

| MUESTRA | SÍMBOLO | GRUPO |
|----------------|----------------|-------------------------|
| M1 | A-2-4 | Grava y arena arcillosa |
| M2 | A-4 | Suelo Limoso |
| M3 | A-2-4 | Grava y arena arcillosa |
| M4 | A-7-5 | Suelo arcilloso |

Ensayos de laboratorio

Para el análisis de compuestos físicos del agua servida del barrio “La Florida”, se tomó una muestra compuesta (formada por un conjunto de muestras tomadas a lo largo de un periodo), las muestras se tomaron en la calle Abetos el día 24 de septiembre de 2020 en las coordenadas ESTE:784997,8 NORTE: 9962677, para posteriormente analizarlas en el laboratorio

Figura 4:

Toma correcta de las muestras.



Catastro del sistema de alcantarillado actual del Barrio “La Florida”

El catastro de un sistema de alcantarillado es un inventario que recopila la información de los elementos que conforman el sistema. Los elementos principales para la recolección de información son: pozos de revisión, tuberías y sumideros.

Para conocer el comportamiento hidráulico del sistema de alcantarillado del barrio “La Florida” es necesario conocer las características físicas y de funcionamiento de los elementos que lo conforman.

Pozos de revisión

Los parámetros a obtener de los pozos de revisión son los siguientes:

- Cota superficial: Es la cota de la tapa que se midió en el levantamiento topográfico.
- Tapa: Geometría y material del que está constituido.
- Altura de pozo: La altura del pozo se la mide desde la superficie hasta el fondo del pozo.

- Geometría de pozo: Se toma en cuenta el diámetro superior y diámetro inferior,
- Material del pozo: El material del cual fue construido el pozo, puede ser ladrillo, hormigón, adobe, etc.
- Cota de fondo: Es la cota del fondo del pozo, se la obtiene restando la altura del pozo a la cota superficial.
- Código: Se define un código para cada tipo de pozo.

Tuberías

Los parámetros a obtener de las tuberías son los siguientes:

- Sección Transversal: Es la medida interior de la tubería, este es el parámetro más importante, ya que con este se mide la capacidad hidráulica.
- Material de tubería: Es el tipo de material de la tubería, puede ser hormigón, PVC, etc.
- Altura de salida: Es la altura de la cual el agua sale del pozo de visita, se lo mide desde la superficie hasta el borde inferior de la tubería.
- Altura de llegada: Es la altura de la tubería de la cual el agua llega al pozo de visita, se lo mide de igual manera hasta el fondo de la tubería.
- Cota salida: Se obtiene restando la altura de salida a la cota superficial.
- Cota llegada: Se obtiene restando la altura de llegada a la cota superficial.
- Subtipo: Es la función que realiza la tubería, puede ser interceptor, colector, tubería de red secundaria, etc.

- Pozo de entrada y pozo de salida: Se registra el pozo donde comienza su flujo y el pozo donde termina su flujo.

Sumideros

Los parámetros a obtener de los sumideros son los siguientes:

- Tipo de sumidero: Se determina el tipo puede ser longitudinal o de calzada.
- Diámetro: El diámetro de la tubería donde llega al pozo de revisión, por lo general es 200 mm.
- Altura de llegada: La altura desde la superficie hasta el fondo de la tubería.

Metodología para levantamiento de información en campo

La metodología para la realización del catastro consistió en visitas de campo al lugar de estudio, las cuales fueron realizadas el día 3 de marzo del 2020 al 6 de marzo del 2020.

Previo al desarrollo del catastro, se realizó el levantamiento topográfico, con equipos y personal de Municipio Rumiñahui. Finalizado el trabajo de gabinete se prosiguió a elaborar hojas para el trabajo de campo, que ayudaban para ubicar de manera eficiente los pozos a estudiar.

El DEPAC-R, designó a dos ayudantes para la realización de esta tarea, que se encargaban de levantar la tapa de los pozos y su respectiva medición, se estudiaron 100 pozos y 80 sumideros del sistema de alcantarillado del barrio “La Florida”,

Por requerimiento del DEPA-C-R, se llenó una ficha catastral la cual contiene la información mencionada en la sección anterior, a continuación, en la **Figura 5** se muestra la ficha del Pozo 114.

Figura 5:

Ficha catastral

PROYECTO: ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLOVIAL, BARRIO LA FLORIDA, CANTON RUMAHUJI.

| ANEXO C | | FOTOGRAFÍAS | | UBICACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|---|---------|-------------------------|----------|-----|-------|--------|---|-----------|----------|--------|---|------|--|--|--|------|--|--|---------|---------|----|----|---|---|----|---|---|---|----|---|-------|-----|------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|-------|-----|------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| FORMULARIO No. 58 Cota tapa: metros 1.53 m Preparado por: Ing. Nelson Pedraza Hoja No. 36 de 58 Archivo: ANEXO C Fecha: abr-18 Elaborado Por: Abner Pacheco Flores | | 114 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pozo No. 114 SI NO LAD. HA. B. S. M. Tipo: 4" x 37" Paredes: X X Ducto: X Fuelle: X Escalera: X Estado General: X Diámetro Pozo B (m): 1.00 | | | | DETALLE POZO NF 114 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ALCANTARILLADO | | SUMINEROS SI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sanitario Pluvial Combiado | | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">No.</th> <th rowspan="2">DESC.</th> <th colspan="2">TIPO</th> <th rowspan="2">UBICACION</th> <th rowspan="2">MATERIAL</th> <th colspan="6">ESTADO</th> <th colspan="3">AREA</th> </tr> <tr> <th>Carbido</th> <th>Vitrado</th> <th>CS</th> <th>HA</th> <th>B</th> <th>H</th> <th>SA</th> <th>Q</th> <th>B</th> <th>A</th> <th>SA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>CON P</td> <td>750</td> <td>1.53</td> <td>H.S.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>CON P</td> <td>750</td> <td>1.53</td> <td>H.S.</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | | | | No. | DESC. | TIPO | | UBICACION | MATERIAL | ESTADO | | | | | | AREA | | | Carbido | Vitrado | CS | HA | B | H | SA | Q | B | A | SA | 1 | CON P | 750 | 1.53 | H.S. | | | | | | | | | | | | 2 | CON P | 750 | 1.53 | H.S. | | | | | | | | | | | |
| No. | DESC. | TIPO | | UBICACION | MATERIAL | | | ESTADO | | | | | | AREA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Carbido | Vitrado | | | CS | HA | B | H | SA | Q | B | A | SA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | CON P | 750 | 1.53 | H.S. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | CON P | 750 | 1.53 | H.S. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ALCANTARILLADO BARRIO LA FLORIDA LEVANTAMIENTO DEL SISTEMA EXISTENTE CALLE: FLORIDA ZONA: SINGELCUM TIPO DE CALZADA: ASFALTA VEREDA: 14.100000 OBSERVACIONES: FAMILIAR | | REVISÓ _____ APLICÓ _____ Ing. Nelson Pedraza | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 6:

Realización de catastro en barrio “La Florida”

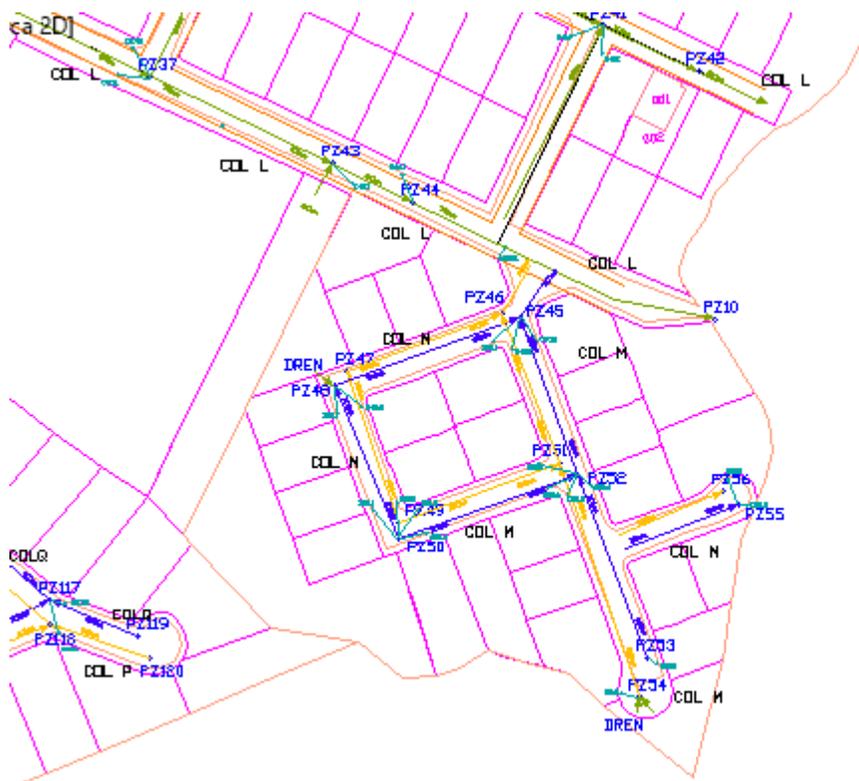


Estado actual del sistema de alcantarillado

El sistema de alcantarillado consta de diferentes tipos de alcantarillado. En unos sectores existe alcantarillado separado, y en otros sectores alcantarillado combinado. Como se puede observar en la **Figura 7**, en la urbanización San Carlos Olmedo Andrade se tiene alcantarillado separado que descargan a un alcantarillado combinado.

Figura 7:

Alcantarillado separado, Conjunto San Carlos Olmedo Andrade barrio “La Florida”

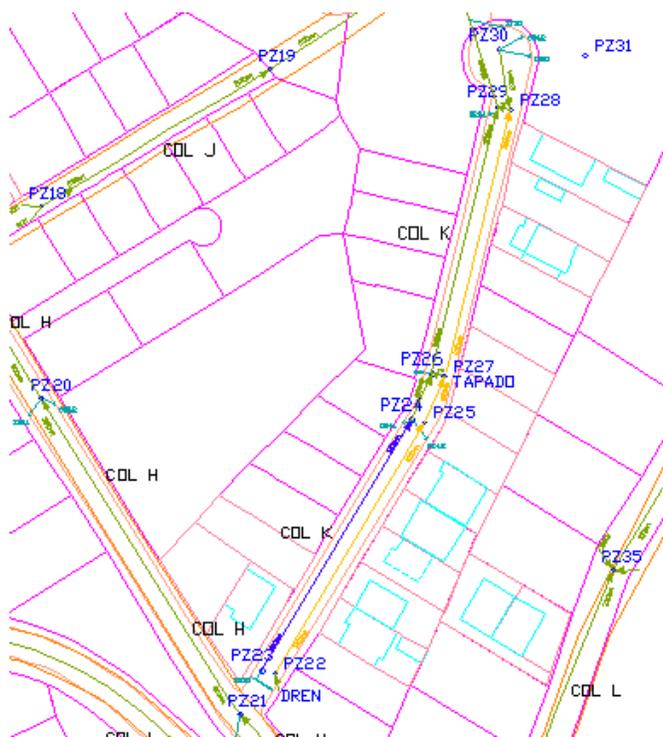


En la **Figura 8**, se muestra la Urbanización los Jardines que tiene su propio sistema de alcantarillado que descarga al río directamente.

Además de esto se observó que el sistema no está funcionando como alcantarillado separado, ya que en el pozo número 27 del alcantarillado sanitario, se encuentra tapado su salida, y descarga al alcantarillado pluvial al pozo número 26.

Figura 8:

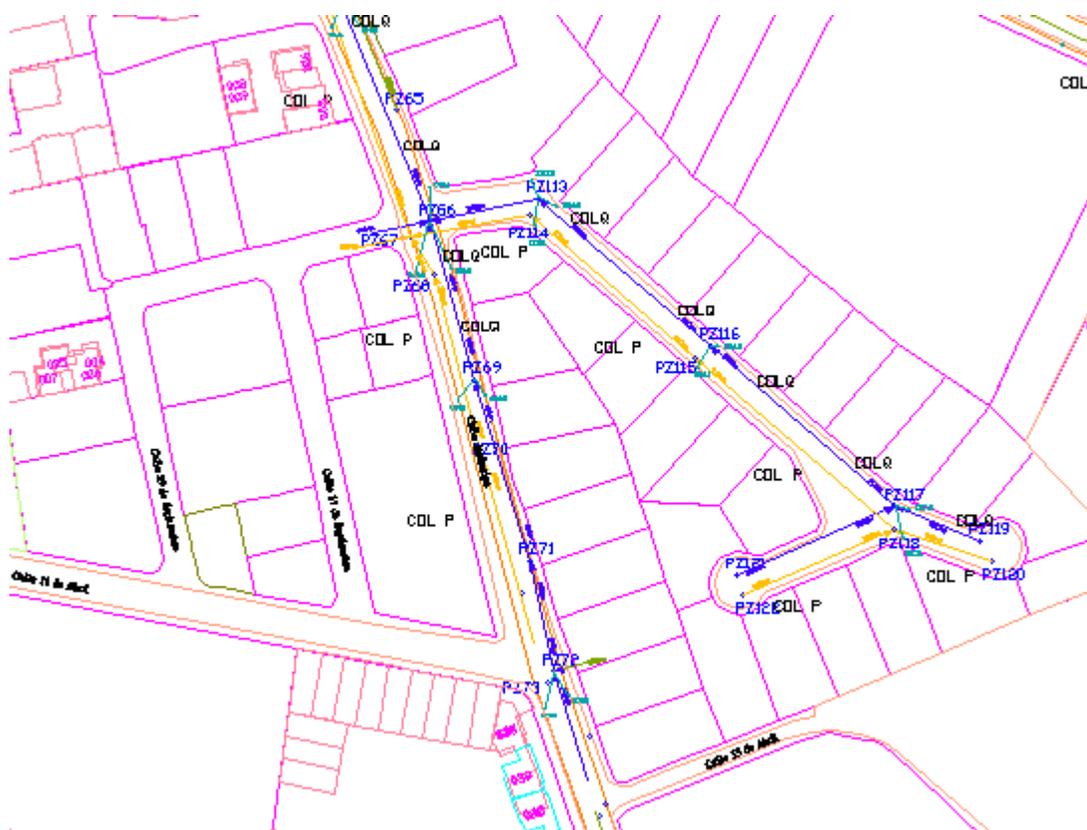
Sistema de alcantarillado, en la Urbanización “Los Jardines”



En la Urbanización Enkador II, se tiene un sistema de alcantarillado separado y su descarga es a un sistema separado de igual forma, que se encuentra en la calle Atahualpa y se desvía en la calle 27 de Febrero.

Figura 9:

Sistema de alcantarillado en la Urbanización Enkador II, en el barrio “La Florida”



Con excepción de los tres sectores mencionados, el resto del sistema de alcantarillado del barrio “La Florida” es combinado. A continuación, en la **Figura 10** se muestra el sistema de alcantarillado actual.

Figura 10:

Alcantarillado actual del barrio "La Florida" en 06 de marzo del 2020

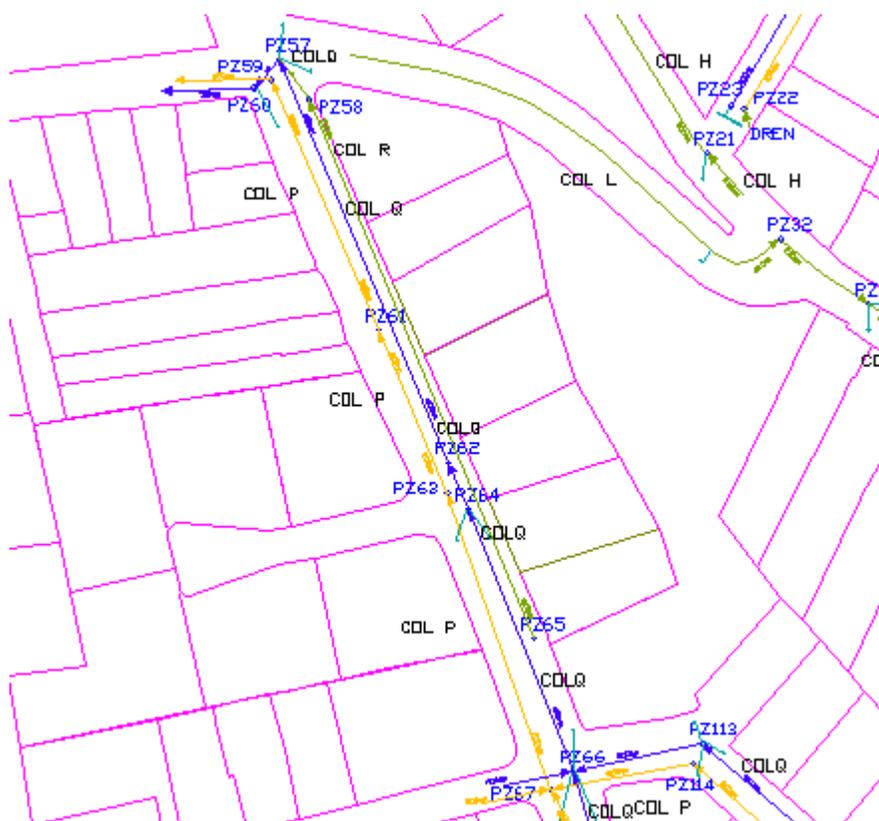


Existe un tramo comprendido entre las calles 27 de Septiembre y 29 Septiembre en las cuales se tienen 3 tipos tuberías, que comprenden de dos, de un sistema de alcantarillado separado y un alcantarillado combinado. En la

Figura 11 se muestra las tres tuberías de este tramo.

Figura 11:

Tramo con tres tuberías en el barrio “La Florida”

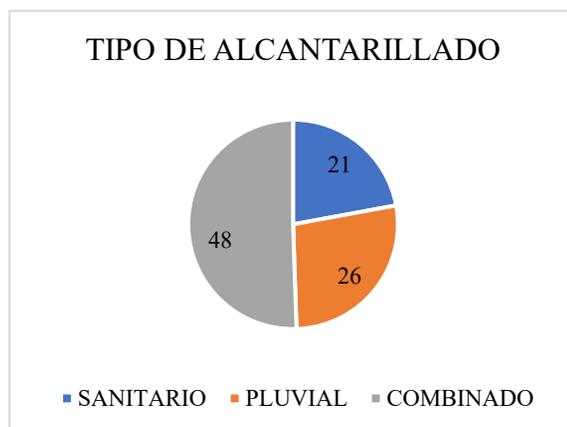


Descripción de Pozos

En el barrio “La Florida” se tiene tres tipos de pozos que son el sanitario, pluvial y el combinado, de los cuales 21 pozos son sanitarios, 26 son pluviales y 48 combinados, como indica en la **Figura 12**.

Figura 12:

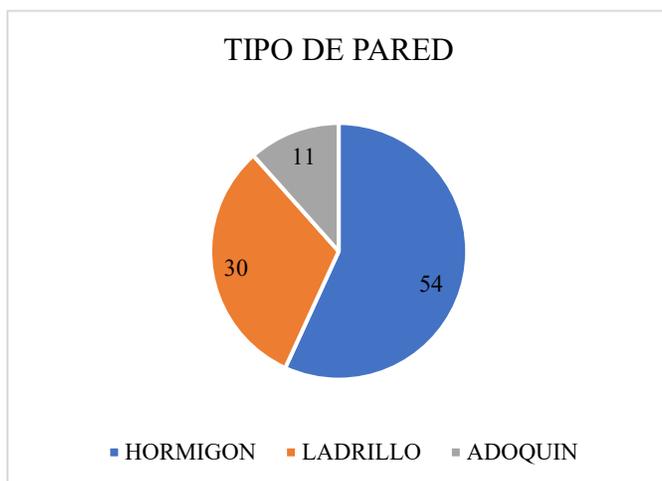
Tipo de alcantarillado en el barrio "La Florida"



En la construcción de los pozos del barrio "La Florida" tomando en cuenta el tipo de pared se tiene tres tipos: hormigón, ladrillo, adoquín. La mayoría de los pozos tiene la pared cubierta por hormigón con 54 pozos como se muestra en la **Figura 14**, le sigue los pozos construidos con pared de ladrillo con 29 como se muestra en la **Figura 15**, los pozos construidos con adoquín son 10 que se puede observar en **Figura 16**.

Figura 13:

Tipo de pared en el barrio "La Florida"

**Figura 14:**

Pozo con pared de hormigón en el barrio "La Florida"



Figura 15:

Pozo con pared de ladrillo en el barrio "La Florida"



Figura 16:

Pozo con pared de adoquín en el barrio "La Florida"



A continuación, se muestra el estado de los diferentes elementos que conforman un pozo, tomando en cuenta tres tipos de categorías, bueno, regular, y malo.

Se detalla el estado de paredes donde 62 pozos se encuentran en buen estado y representa un 65% del total de pozos, 31 pozos son de regular estado y representa el 31%, mientras que 4 pozos tienen sus paredes en mal estado y representa el 4%. El mayor porcentaje de pozos en buen estado es debido a que existe un gran porcentaje de pozos con la pared de hormigón.

Figura 17:
Estado de pared de alcantarillado combinado en barrio "La Florida"

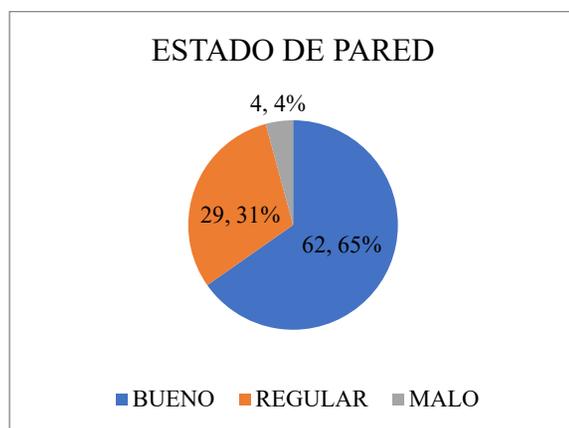


Figura 18:

Paredes con categoría bueno, regular, malo respectivamente



De igual manera se analiza el estado del zócalo con 61 pozos en buen estado, 23 pozos en estado regular y 11 pozos en mal estado, los pozos en buen estado representan el 61%, el 24% y el 12%

Figura 19:

Estado de zócalo de barrio "La Florida"

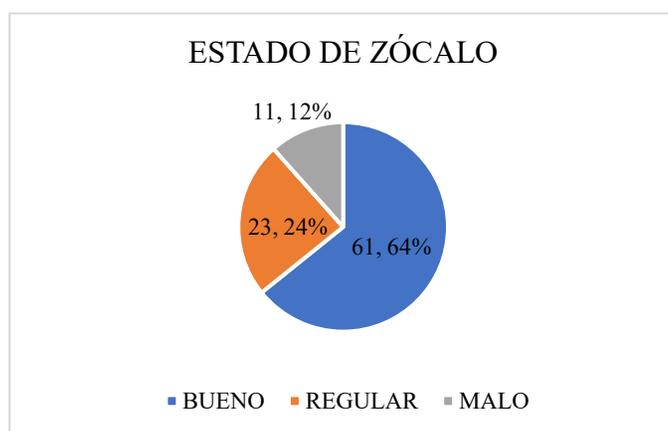


Figura 20:

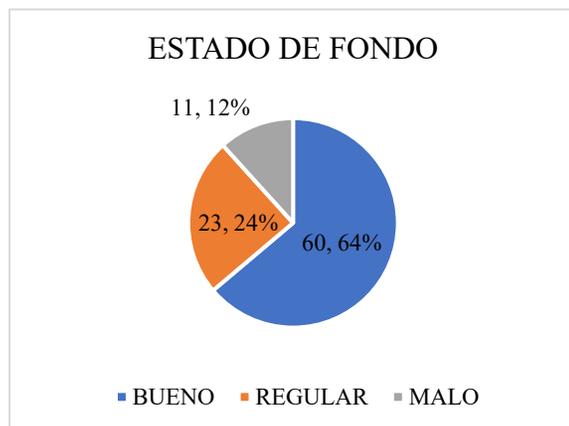
Estado de zócalo y fondo: bueno, regular y malo respectivamente



El estado del fondo de los pozos también se analiza por bueno, regular y malo y se tiene que 60 están en buen estado, 23 en regular estado y 11 en mal estado que representan el 64%, 24% y 12% respectivamente. En la **Figura 21**, también se puede apreciar el estado del fondo de los pozos.

Figura 21:

Estado del fondo de los pozos del barrio "La Florida"



Por último, se obtiene el estado de la escalera de los pozos, aunque en la norma se establece que no se tendrá escaleras ya que los trabajadores deben llevar una portátil, es por eso que en diferentes sectores no se tiene una escalera, y en otras porque la altura del pozo es baja, 50 pozos en el barrio “La Florida” tienen una escalera, de los cuales 33 se encuentran en buen estado, 13 regular y 4 en mal estado, que representan el 66%, el 26% y el 8% del total de pozos con escalera respectivamente.

Figura 22:

Estado de escalera en el barrio “La Florida”

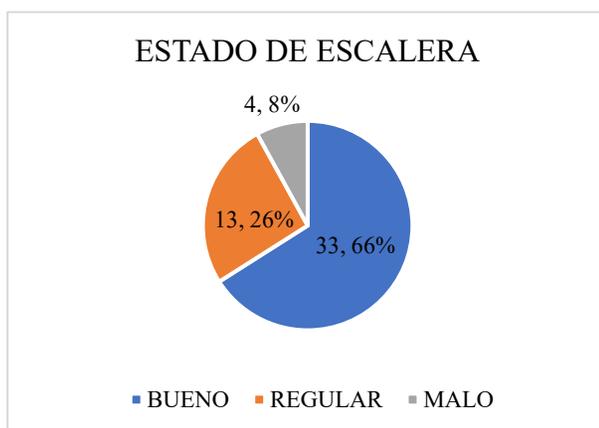


Figura 23:

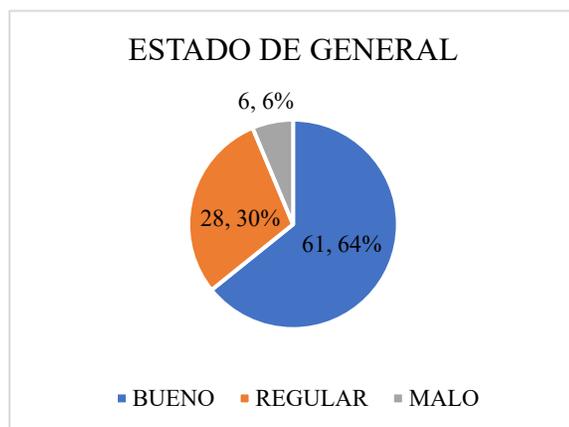
Pozo con escalera y pozo sin escalera



El estado general de los pozos del barrio “La Florida”, se tiene que 61 pozos están en buen estado representando el 64%, 28 pozos en estado regular que es el 30% y 6 pozos en mal estado siendo el 6%. La razón por el que el sistema del barrio “La Florida” se encuentra en buen estado es porque la mayoría de pozos fueron construidos con hormigón, lo que provoca que el estado del pozo no se deteriore.

Figura 24:

Estado general de los pozos del barrio “La Florida”



Evaluación hidráulica del sistema de alcantarillado actual

Los resultados de la evaluación hidráulica se muestran en la **Tabla 11**, la cual se realizó con una hoja de cálculo, como se muestra en la sección 0

Tabla 11

Cálculo hidráulico de sistema actual de barrio “La Florida”

| Calle | Inicial | Final | Longitud | Pendiente | Diámetro | Q diseño | Velocidad (m/s) | Q (l/s) | V min (m/s) | V max. (m/s) | V mayor | y/d min. | y/d máx. |
|------------|---------|-------|----------|-----------|----------|----------|-----------------|---------|-------------|--------------|---------|----------|----------|
| Razo | 400 | 401 | 35,82 | 1,90% | 250 | 56,34 | 1,67 | 81,94 | 0,64 | 1,80 | 1,80 | 0,09 | 0,61 |
| Razo | 401 | 402 | 50,63 | 4,07% | 250 | 132,89 | 2,44 | 119,95 | 0,84 | 2,27 | 2,27 | 0,08 | 0,75 |
| Razo | 402 | 403 | 29,65 | 2,23% | 250 | 187,37 | 1,81 | 88,72 | 0,68 | 1,74 | 1,74 | 0,09 | 0,25 |
| Atahualpa | 0104 | 101 | 65,58 | 1,88% | 250 | 81,59 | 1,66 | 81,44 | 0,64 | 1,89 | 1,89 | 0,09 | 0,82 |
| Atahualpa | 101 | 0105 | 53,75 | 1,92% | 250 | 154,96 | 1,68 | 82,32 | 0,65 | 1,77 | 1,77 | 0,09 | 0,26 |
| Atahualpa | 0105 | 0106 | 68,80 | 1,16% | 250 | 208,26 | 1,31 | 64,13 | 0,54 | 1,28 | 1,28 | 0,11 | 0,65 |
| Pacaya | 0106 | 1 | 43,94 | 5,08% | 250 | 244,21 | 2,73 | 133,97 | 0,91 | 2,86 | 2,86 | 0,07 | 0,30 |
| Pacaya | 1 | 2 | 48,01 | 10,64% | 250 | 244,21 | 3,95 | 194,01 | 1,17 | 3,78 | 3,78 | 0,06 | 0,65 |
| La Florida | 2 | 01 | 68,88 | 4,43% | 250 | 324,49 | 2,55 | 125,14 | 0,86 | 2,57 | 2,57 | 0,08 | 0,55 |

| Calle | Inicial | Final | Longitud | Pendiente | Diámetro | Q diseño | Velocidad (m/s) | Q (l/s) | V min (m/s) | V max. (m/s) | V mayor | y/d min. | y/d máx. |
|------------------|---------|-------|----------|-----------|----------|----------|-----------------|---------|-------------|--------------|---------|----------|----------|
| La Florida | 01 | 3 | 48,32 | 2,81% | 250 | 393,31 | 2,03 | 99,77 | 0,74 | 2,09 | 2,09 | 0,09 | 0,22 |
| La Florida | 3 | 4 | 78,59 | 0,71% | 400 | 511,53 | 1,40 | 175,80 | 0,43 | 1,45 | 1,45 | 0,07 | 0,76 |
| La Florida | 5 | 4 | 97,96 | 1,31% | 250 | 194,46 | 1,39 | 68,06 | 0,57 | 1,43 | 1,43 | 0,10 | 0,72 |
| Descarga Florida | 4 | 0103 | 70,05 | 7,00% | 400 | 727,79 | 4,38 | 550,80 | 0,97 | 4,25 | 4,25 | 0,04 | 0,61 |
| La Florida | 5 | 6 | 45,53 | 2,36% | 250 | 55,72 | 1,86 | 91,29 | 0,69 | 1,95 | 1,95 | 0,09 | 0,56 |
| La Florida | 6 | 7 | 10,65 | 1,41% | 250 | 75,14 | 1,44 | 70,57 | 0,58 | 1,33 | 1,33 | 0,10 | 0,79 |
| La Florida | 21 | 20 | 89,18 | 2,95% | 300 | 73,09 | 2,35 | 166,06 | 0,73 | 2,27 | 2,27 | 0,07 | 0,46 |
| La Florida | 20 | 17 | 48,50 | 3,05% | 300 | 73,09 | 2,39 | 168,92 | 0,74 | 2,30 | 2,30 | 0,07 | 0,46 |
| La Florida | 17 | 16 | 88,82 | 0,42% | 300 | 73,09 | 0,88 | 62,41 | 0,37 | 0,83 | 0,83 | 0,11 | 0,71 |
| La Florida | 16 | 15 | 68,50 | 1,72% | 300 | 114,10 | 1,80 | 126,92 | 0,61 | 2,03 | 2,03 | 0,08 | 0,74 |
| La Florida | 15 | 7 | 123,95 | 1,55% | 300 | 159,38 | 1,70 | 120,35 | 0,58 | 1,70 | 1,70 | 0,08 | 0,00 |
| Abetos | 7 | 9 | 29,65 | 3,37% | 400 | 250,51 | 3,04 | 382,46 | 0,74 | 3,25 | 3,25 | 0,05 | 0,59 |
| Abetos | 9 | 12 | 38,55 | 8,92% | 400 | 280,27 | 4,95 | 622,11 | 1,03 | 4,82 | 4,82 | 0,04 | 0,47 |
| La Florida | 017 | 14 | 159,36 | 1,00% | 250 | 136,60 | 1,21 | 59,59 | 0,52 | 1,22 | 1,22 | 0,11 | 1,00 |
| La Florida | 14 | 13 | 56,72 | 0,79% | 250 | 195,77 | 1,08 | 52,97 | 0,47 | 1,09 | 1,09 | 0,12 | 0,38 |
| La Florida | 13 | 8 | 66,05 | 0,74% | 250 | 265,79 | 1,04 | 51,22 | 0,46 | 1,05 | 1,05 | 0,12 | 0,00 |
| Abetos | 8 | 10 | 46,73 | 5,16% | 250 | 265,79 | 2,75 | 135,05 | 0,91 | 2,71 | 2,71 | 0,07 | 0,01 |
| Abetos | 10 | 11 | 21,27 | 6,25% | 250 | 265,79 | 3,03 | 148,70 | 0,98 | 3,16 | 3,16 | 0,07 | 0,33 |
| Urb. El Jardín | 300 | 301 | 57,51 | 5,83% | 200 | 68,46 | 2,52 | 79,16 | 0,98 | 2,84 | 2,84 | 0,10 | 0,72 |
| Urb. El Jardín | 301 | 302 | 45,22 | 2,63% | 200 | 116,57 | 1,69 | 53,21 | 0,74 | 1,64 | 1,64 | 0,12 | 0,31 |
| Urb. El Jardín | 302 | 303 | 17,70 | 2,60% | 200 | 134,59 | 1,68 | 52,87 | 0,74 | 1,69 | 1,69 | 0,12 | 0,53 |
| Alborada | 18 | 19 | 63,88 | 4,98% | 200 | 97,92 | 2,33 | 73,18 | 0,93 | 2,26 | 2,26 | 0,10 | 0,60 |
| Alborada | 19 | 019 | 85,32 | 0,55% | 250 | 131,70 | 0,90 | 44,14 | 0,42 | 0,93 | 0,93 | 0,13 | 0,82 |
| Los Jardines | 23 | 24 | 69,83 | 8,13% | 200 | 76,80 | 2,98 | 93,54 | 1,10 | 3,32 | 3,32 | 0,09 | 0,69 |
| Los Jardines | 24 | 26 | 12,02 | 0,42% | 250 | 90,65 | 0,78 | 38,35 | 0,38 | 0,77 | 0,77 | 0,14 | 0,42 |
| Los Jardines | 26 | 29 | 65,69 | 1,67% | 300 | 153,46 | 1,77 | 125,13 | 0,60 | 1,68 | 1,68 | 0,08 | 0,67 |
| Los Jardines | 22 | 25 | 69,83 | 7,72% | 200 | 1,30 | 2,90 | 91,12 | 1,08 | 1,04 | 1,08 | 0,09 | 0,08 |
| Los Jardines | 25 | 27 | 12,02 | 3,08% | 200 | 1,54 | 1,83 | 57,54 | 0,79 | 0,79 | 0,79 | 0,11 | 0,11 |
| Los Jardines | 27 | 28 | 65,59 | 1,30% | 200 | 2,64 | 1,19 | 37,34 | 0,58 | 0,69 | 0,69 | 0,14 | 0,18 |
| Los Jardines | 30 | 28 | 14,59 | 0,21% | 200 | 34,48 | 0,47 | 14,87 | 0,30 | 0,46 | 0,46 | 0,21 | 0,39 |

| Calle | Inicial | Final | Longitud | Pendiente | Diámetro | Q diseño | Velocidad (m/s) | Q (l/s) | V min (m/s) | V max. (m/s) | V mayor | y/d min. | y/d máx. |
|----------------|---------|-------|----------|-----------|----------|----------|-----------------|---------|-------------|--------------|---------|----------|----------|
| Calle SN | 34 | 35 | 69,51 | 4,57% | 250 | 77,59 | 2,59 | 127,19 | 0,87 | 2,72 | 2,72 | 0,08 | 0,56 |
| Calle SN | 35 | 36 | 78,40 | 3,44% | 250 | 190,40 | 2,25 | 110,36 | 0,79 | 2,33 | 2,33 | 0,08 | 0,37 |
| La Florida | 32 | 33 | 24,16 | 1,74% | 200 | 85,70 | 1,38 | 43,24 | 0,64 | 1,46 | 1,46 | 0,13 | 0,19 |
| La Florida | 33 | 37 | 93,65 | 2,47% | 300 | 235,77 | 2,15 | 151,87 | 0,69 | 2,17 | 2,17 | 0,07 | 0,47 |
| La Florida | 43 | 37 | 51,58 | 0,76% | 300 | 128,15 | 1,19 | 84,09 | 0,46 | 1,19 | 1,19 | 0,09 | 0,49 |
| Intersección D | 40 | 38 | 50,12 | 0,68% | 300 | 41,94 | 1,13 | 79,65 | 0,44 | 1,14 | 1,14 | 0,10 | 0,52 |
| Albornoz | 37 | 38 | 61,58 | 3,38% | 300 | 399,65 | 2,51 | 177,72 | 0,77 | 2,53 | 2,53 | 0,07 | 0,55 |
| Albornoz | 38 | 39 | 68,64 | 2,20% | 300 | 511,57 | 2,03 | 143,43 | 0,66 | 2,04 | 2,04 | 0,07 | 0,46 |
| Los Esteros | O40 | 41 | 55,50 | 0,94% | 300 | 14,64 | 1,32 | 93,60 | 0,49 | 0,96 | 0,96 | 0,09 | 0,27 |
| Intersección D | 42 | 41 | 27,14 | 3,13% | 300 | 45,16 | 2,42 | 171,13 | 0,75 | 2,04 | 2,04 | 0,07 | 0,35 |
| Intersección D | 40 | 41 | 48,79 | 1,07% | 300 | 43,07 | 1,41 | 99,83 | 0,51 | 1,36 | 1,36 | 0,09 | 0,46 |
| La Florida | 43 | 44 | 22,93 | 0,83% | 300 | 8,85 | 1,25 | 88,02 | 0,47 | 0,80 | 0,80 | 0,09 | 0,21 |
| La Florida | 44 | O45 | 37,30 | 1,96% | 300 | 42,68 | 1,91 | 135,28 | 0,63 | 1,70 | 1,70 | 0,07 | 0,39 |
| La Florida | O45 | O46 | 42,40 | 1,51% | 300 | 80,32 | 1,68 | 118,81 | 0,58 | 1,80 | 1,80 | 0,08 | 0,60 |
| Asunción | 49 | 51 | 43,76 | 10,72 % | 250 | 0,46 | 3,97 | 194,68 | 1,18 | 0,82 | 1,18 | 0,06 | 0,04 |
| Asunción | 49 | 47 | 40,94 | 8,52% | 250 | 0,38 | 3,54 | 173,63 | 1,09 | 0,71 | 1,09 | 0,07 | 0,03 |
| Asunción | 47 | 46 | 42,27 | 5,87% | 250 | 0,84 | 2,93 | 144,04 | 0,95 | 0,80 | 0,95 | 0,07 | 0,05 |
| Montevideo | 54 | 51 | 59,96 | 2,82% | 250 | 0,44 | 2,03 | 99,84 | 0,74 | 0,51 | 0,74 | 0,09 | 0,05 |
| Montevideo | 51 | 46 | 41,25 | 3,10% | 250 | 1,35 | 2,13 | 104,75 | 0,76 | 0,74 | 0,76 | 0,08 | 0,08 |
| Asunción | 50 | 52 | 50,40 | 10,85 % | 300 | 27,00 | 4,51 | 318,57 | 1,15 | 2,75 | 2,75 | 0,05 | 0,20 |
| Asunción | 50 | 48 | 42,16 | 7,87% | 300 | 22,09 | 3,84 | 271,36 | 1,03 | 2,31 | 2,31 | 0,05 | 0,19 |
| Asunción | 48 | 45 | 50,60 | 6,09% | 300 | 49,16 | 3,38 | 238,58 | 0,94 | 2,66 | 2,66 | 0,06 | 0,31 |
| Asunción | 53 | 52 | 50,32 | 3,93% | 300 | 25,57 | 2,71 | 191,82 | 0,81 | 1,89 | 1,89 | 0,06 | 0,25 |
| Montevideo | 52 | 45 | 42,96 | 2,16% | 300 | 78,78 | 2,01 | 142,28 | 0,66 | 2,06 | 2,06 | 0,07 | 0,53 |
| Brasilla | O56 | 56 | 28,95 | 9,43% | 250 | 0,41 | 3,72 | 182,62 | 1,13 | 0,76 | 1,13 | 0,06 | 0,03 |
| Brasilla | O55 | 55 | 30,94 | 6,56% | 300 | 23,54 | 3,50 | 247,70 | 0,97 | 2,21 | 2,21 | 0,06 | 0,21 |

Los resultados de la evaluación hidráulica señalan que, 47 tramos de tubería no abastecen el caudal requerido para los servicios de agua residual y aguas pluviales, presentándose problemas de presurización, superando su capacidad a tubo lleno,

además, 5 tramos no tienen la velocidad mínima requerida para la autolimpieza y 2 tramos exceden la velocidad máxima indicada en la Norma del Código Ecuatoriano de la Construcción, que es de 4 m/s para tubería de hormigón.

Parámetros de diseño

Análisis Poblacional

Población de Diseño

De acuerdo con el último censo realizado en el 2010 por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), se podrá analizar la población futura, para la población actual se utilizará los datos obtenidos en el censo de consumo por planilla, donde se podrá analizar la población de diseño del barrio “La Florida”.

Población actual

Según el análisis ejecutado desde enero del 2018 a agosto del 2019 después de realizar la respectiva tabulación de datos se encontró que el barrio “La Florida” tiene un total de 1050 habitantes.

Población futura

La Secretaría del Agua en la Norma Urbana para estudios y diseños de más de 1000 habitantes en la página 64 nos dice que: “Los métodos más conocidos para las proyecciones de crecimiento poblacional son proyección aritmética, geométrica, incrementos diferenciales y comparativo, de las cuales se debe realizar tres comparativas para un mejor resultado”.

Además, con el recuento que realiza el proyectista en su estudio, también se debe establecer en base a la información del INEC (Secretaría del Agua, 1992, pág. 64).

Periodo de diseño

El periodo de diseño se lo debe realizar en conformidad de las necesidades a quien se lo realiza, es por eso que en este caso se realiza con un periodo de diseño para 25 años.

El tratamiento de agua diario, costes de operación anuales, plazos y etapas de construcción, costos por metro cúbico, construcción, son parámetros de costos que también se debe estimar (Secretaría del Agua)

Tasa de crecimiento

Tabla 12

Número de habitantes y tasa de crecimiento anual en la parroquia de Sangolquí en 1990, 2001, 2010

| CÓDIGO | NOMBRE PARROQUIA | H/M | 1990 | 2001 | 2010 |
|---------------|-------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| 170550 | Sangolquí | Hombre | 21312 | 30611 | 39569 |
| | | Mujer | 22085 | 31951 | 41571 |
| | | TOTAL | 43397 | 62562 | 81140 |

La tasa de crecimiento anual, para la determinación de la población futura del barrio “La Florida”, se utilizará los datos obtenidos en el último censo realizado en el 2010 (81140) y se relaciona con el censo obtenido en el 2001 (62562) con una tasa de 2,93% anual.

Estimación de Población Futura

A continuación, se realiza la estimación de la población futura mediante los tres métodos solicitados por la Secretaría del Agua, SENAGUA. Se utiliza la tasa de crecimiento del 2,93%.

- *Pa: Población actual (hab)*
- *Pf: Población actual (hab)*
- *I: Tasa anual de crecimiento (%)*
- *n: Período de diseño (años)*

- **Datos iniciales**

- *Pa: 1050 habitantes*
- *I: 2,93%*
- *n: 25 años*

- **Método Geométrico**

$$Pf = Pa * (1 + i)^n$$

$$Pf = 1050 * (1 + 0,0293)^{25}$$

$$Pf = 2161 \text{ hab}$$

- **Método Aritmético**

$$Pf = Pa * (1 + i * n)$$

$$Pf = 1050 * (1 + 0,0293 * 25)$$

$$Pf = 1819 \text{ hab}$$

- **Método Aritmético**

$$Pf = Pa * (e)^{i*n}$$

$$Pf = 1050 * (e)^{0,0293*25}$$

$$Pf = 2184 \text{ hab}$$

A continuación, en la siguiente tabla se detalla el crecimiento por año, con los métodos especificados anteriormente.

Tabla 13

Crecimiento poblacional anual con tres diferentes métodos del barrio “La Florida”

| PERIODO | AÑO | TASA DE CRECIMIENTO $i=2,93\%$ | | |
|---------|------|--------------------------------|------------|-------------|
| | | GEOMÉTRICO | ARITMÉTICO | EXPONENCIAL |
| 0 | 2020 | 1050 | 1050 | 1050 |
| 1 | 2021 | 1081 | 1081 | 1081 |
| 2 | 2022 | 1112 | 1112 | 1113 |
| 3 | 2023 | 1145 | 1142 | 1146 |
| 4 | 2024 | 1179 | 1173 | 1181 |
| 5 | 2025 | 1213 | 1204 | 1216 |
| 6 | 2026 | 1249 | 1235 | 1252 |
| 7 | 2027 | 1285 | 1265 | 1289 |
| 8 | 2028 | 1323 | 1296 | 1327 |
| 9 | 2029 | 1362 | 1327 | 1367 |
| 10 | 2030 | 1402 | 1358 | 1407 |
| 11 | 2031 | 1443 | 1388 | 1449 |
| 12 | 2032 | 1485 | 1419 | 1492 |
| 13 | 2033 | 1528 | 1450 | 1537 |
| 14 | 2034 | 1573 | 1481 | 1582 |
| 15 | 2035 | 1619 | 1511 | 1630 |
| 16 | 2036 | 1667 | 1542 | 1678 |
| 17 | 2037 | 1716 | 1573 | 1728 |
| 18 | 2038 | 1766 | 1604 | 1779 |
| 19 | 2039 | 1818 | 1635 | 1832 |
| 20 | 2040 | 1871 | 1665 | 1887 |
| 21 | 2041 | 1926 | 1696 | 1943 |
| 22 | 2042 | 1982 | 1727 | 2000 |
| 23 | 2043 | 2040 | 1758 | 2060 |
| 24 | 2044 | 2100 | 1788 | 2121 |
| 25 | 2045 | 2161 | 1819 | 2184 |

Se observa un desbalance en el método aritmético con relación al método exponencial y al geométrico. En la siguiente tabla se indica un resumen de los habitantes en 25 años en el barrio “La Florida” por los diferentes métodos obtenidos.

Tabla 14

Resumen de utilización de métodos para estimación de población futura.

| MÉTODO | POBLACIÓN FUTURA (hab) |
|---------------|-------------------------------|
| Geométrico | 2045 |
| Aritmético | 2161 |
| Saturación | 1819 |
| Promedio | 2184 |

Densidad Poblacional Actual

$$Densidad Actual = \frac{Población Actual}{Área de influencia directa}$$

$$Densidad Actual = \frac{1050 \text{ hab}}{26 \text{ ha}} = 17,40 \text{ hab/ha}$$

Densidad Poblacional Futura

La densidad poblacional futura del barrio “La Florida” la podemos obtener mediante el análisis realizado en la sección anterior, donde se obtuvo el número de habitantes en 25 años que son 2141, y en la misma área de influencia que es 25 ha.

$$Densidad futura = \frac{Población futura}{Área de influencia directa}$$

$$Densidad futura = \frac{2141 \text{ hab}}{26 \text{ ha}} = 25,40 \text{ hab/ha}$$

Niveles de servicio

En la siguiente tabla nos muestra los diferentes niveles de servicio, la cual va desde el 0 y avanza hasta el nivel IIb, en medida que incrementa la complejidad de su sistema.

Tabla 15

Niveles de servicios existentes en el Ecuador.

| NIVEL | SISTEMA | DESCRIPCIÓN |
|--------------|----------------|--|
| 0 | AP | Sistemas individuales |
| | EE | - |
| 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 |

Fuente: Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural

Dotación

La población y sus diferentes necesidades como protección contra incendios, riego de jardines, consumo, etc, son requerimientos que se debe cumplir a la hora de la producción de agua potable.

La Norma específica que se debe tomar en cuenta: clima, dotaciones para servicios públicos, agua potable industrial, protección contra incendios, lavado de sitios de concurrencia popular como mercados, plazas, piletas, riego de jardines, limpieza de sistemas de alcantarillado, etc.

Cuando no se tenga los datos suficientes se debe considerar los datos facilitados en la siguiente tabla.

Tabla 16:

Dotación media futura (Secretaría del Agua, 1992, pág. 65).

| POBLACIÓN | CLIMA | DOTACIÓN MEDIA FUTURA |
|------------------|--------------|------------------------------|
| Hasta 5000 | Frío | 120-150 |
| | Templado | 130-160 |
| | Cálido | 170-200 |
| 5000 a 50000 | Frío | 180-200 |
| | Templado | 190-220 |
| | Cálido | 200-230 |
| Más de 50000 | Frío | >200 |
| | Templado | >220 |
| | Cálido | >230 |

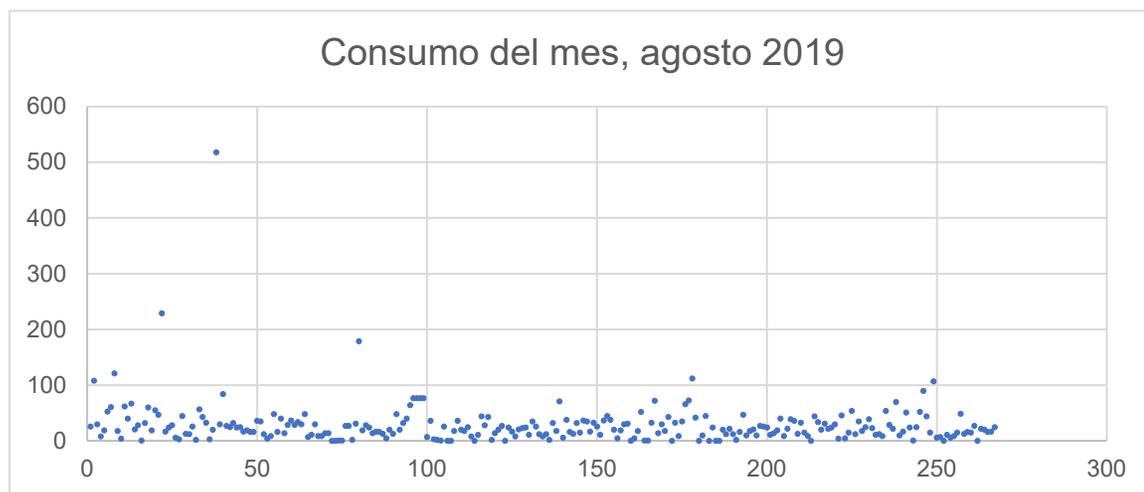
Dotación por planilla de consumo

Con el afán de analizar datos reales para el rediseño de la red de alcantarillado, el Departamento de agua potable y alcantarillado del municipio Rumiñahui, ha entregado los datos de consumo por acometida de agua potable del barrio “La Florida”.

En el barrio “La Florida” existen 267 acometidas, de las cuales se extrajo los datos del mes de enero del 2018 a agosto del 2019, a continuación, se presenta un gráfico de los consumos del mes de agosto del 2019.

Figura 25:

Consumo del mes de agosto del 2019 en m³ del barrio “La Florida”



En el anterior gráfico se puede observar que existe una tendencia en valores cercanos a 65 y 60 m³, y también existe una variación de 518, 229 y 179 m³, eso se debe a que existen urbanizaciones que comparten acometida, de igual manera se puede apreciar que existen valores de 0, estos valores son irreales para poder analizar el consumo por familia. Es por eso que se toma solo los valores entre 65 m³ y 5 m³.

En la **Tabla 17** se muestra los datos mencionados anteriormente, y se analiza los valores máximos, mínimo y promedio de los consumos en el barrio “La Florida”

Tabla 17

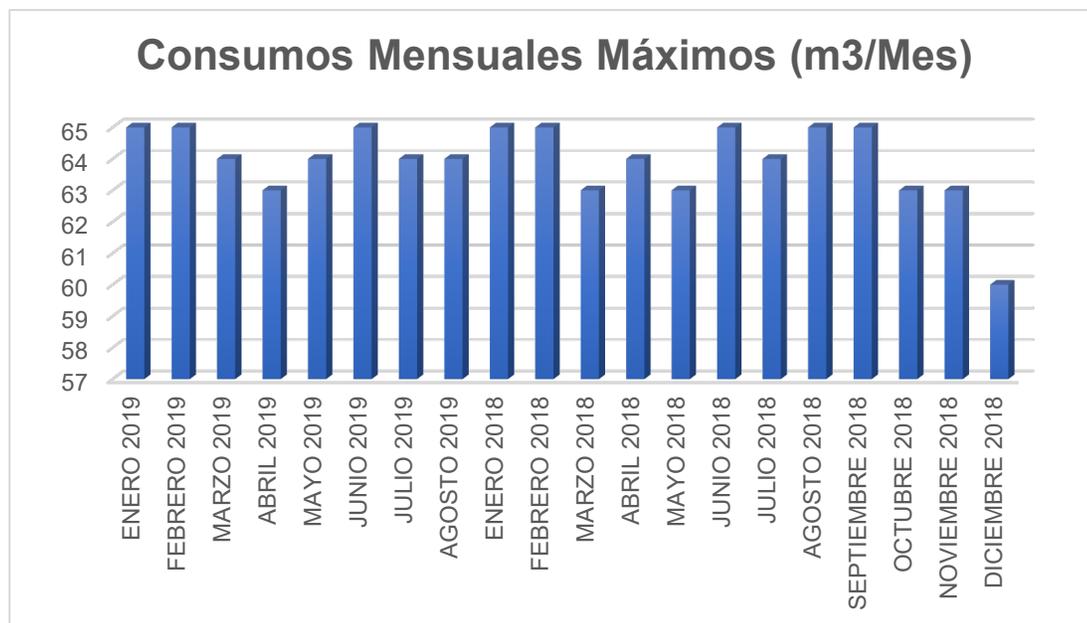
Consumos desde enero del 2018 a agosto del 2019 en el barrio “La Florida”

| CONSUMO EN M3/MES | | | |
|--------------------------|---------------|---------------|-----------------|
| MES | MÁXIMO | MÍNIMO | PROMEDIO |
| ENERO 2019 | 65 | 5 | 19,96 |
| FEBRERO 2019 | 65 | 5 | 18,58 |
| MARZO 2019 | 64 | 5 | 19,85 |
| ABRIL 2019 | 63 | 5 | 18,24 |
| MAYO 2019 | 64 | 5 | 20,36 |
| JUNIO 2019 | 65 | 5 | 18,39 |
| JULIO 2019 | 64 | 5 | 17,69 |
| AGOSTO 2019 | 64 | 5 | 19,28 |
| ENERO 2018 | 65 | 5 | 19,60 |
| FEBRERO 2018 | 65 | 5 | 17,52 |
| MARZO 2018 | 63 | 5 | 17,41 |
| ABRIL 2018 | 64 | 5 | 18,71 |
| MAYO 2018 | 63 | 5 | 19,39 |
| JUNIO 2018 | 65 | 5 | 20,41 |
| JULIO 2018 | 64 | 5 | 19,32 |
| AGOSTO 2018 | 65 | 5 | 19,48 |
| SEPTIEMBRE 2018 | 65 | 5 | 20,95 |
| OCTUBRE 2018 | 63 | 5 | 20,70 |
| NOVIEMBRE 2018 | 63 | 5 | 20,58 |
| DICIEMBRE 2018 | 60 | 5 | 18,14 |

A continuación, en la **Figura 26** se presenta los consumos mensuales máximos en el barrio “La Florida”, y se observa que hay una tendencia de 62 a 65 m³.

Figura 26:

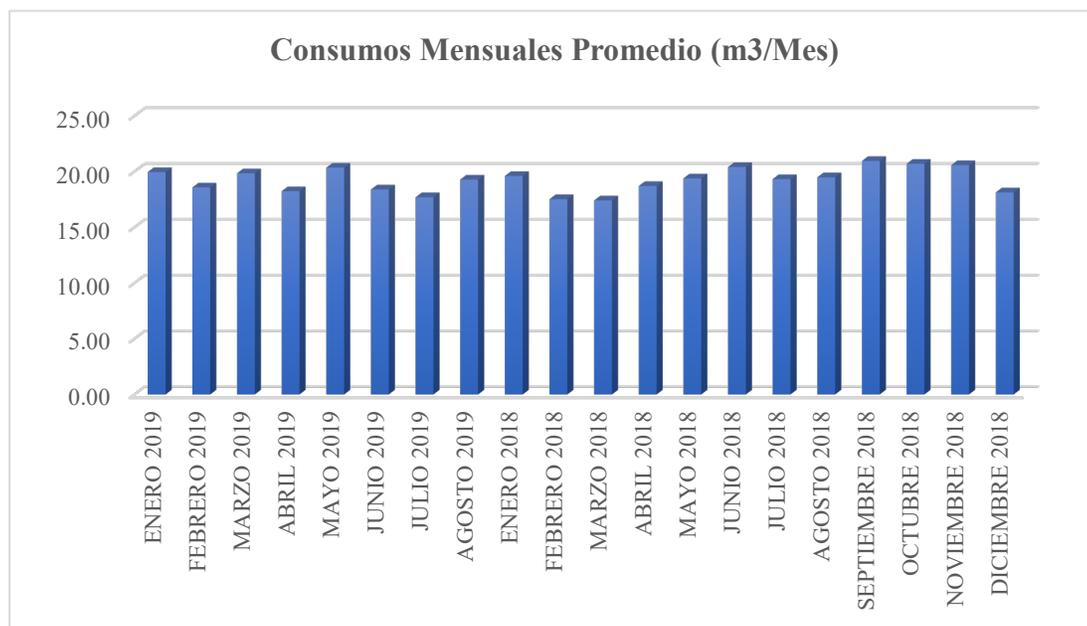
Consumos mensuales máximos en el barrio “La Florida”



A continuación, en la **Figura 27** se presenta los consumos mensuales promedio en el barrio “La Florida”, y se puede apreciar que varía entre 17 a 21 m³.

Figura 27:

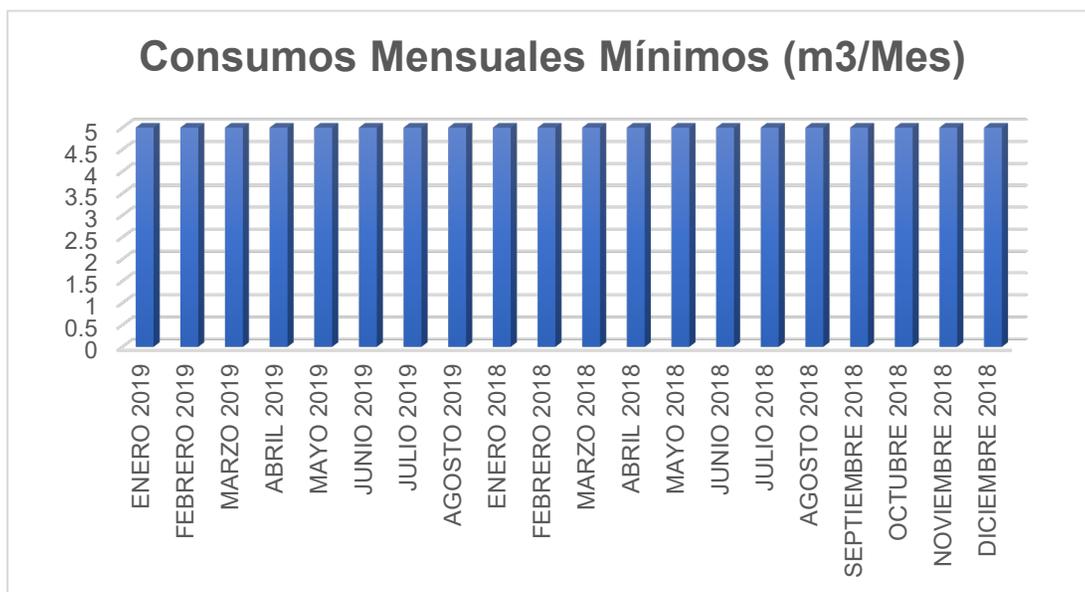
Consumos mensuales promedio en el barrio “La Florida”



En la **Figura 28**, se tiene los consumos mínimos por los usuarios del barrio “La Florida”, y ninguno disminuye de 5 por la selección que se realizó anteriormente, ya que en otro caso son lotes baldíos u hogares abandonados.

Figura 28:

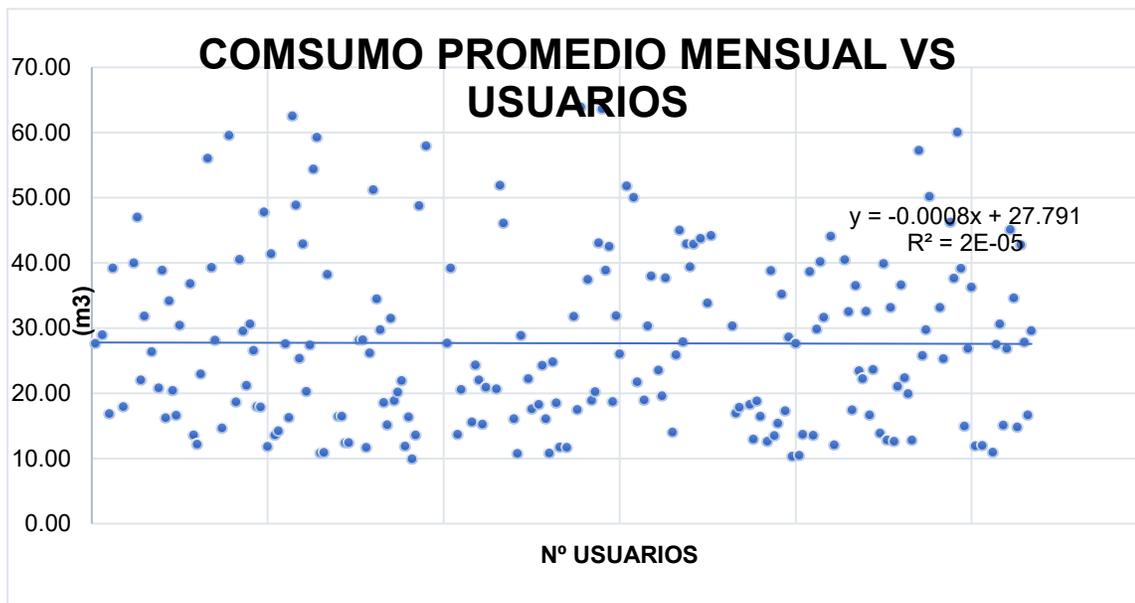
Consumos mensuales mínimos en el barrio "La Florida"



En la **Figura 29** se presenta los consumos realizados por acometida en el 2018 y hasta agosto del 2019, también se realizó una línea de tendencia de primer orden, y se puede apreciar que el valor tiende a 27,80 m³

Figura 29:

Consumos realizados en el año 2018 por acometida



Dotación por habitante

Para la determinación de la dotación por habitante en el barrio “La Florida”, se utilizó la población tomada en densidad poblacional 250 l/hab/día

Áreas tributarias

Las áreas de aporte para el sistema de alcantarillado se las ha dividido en subáreas de aportación como se muestra en la **Figura 36**.

“Considerando los aspectos urbanísticos de en un plan regulador se establecerá las zonas tributarias primordialmente, analizando zonas comerciales, industriales, residenciales, públicas, institucionales, o cualquier otro tipo de uso del suelo, donde se priorizará la topografía del sector”. (Norma CO 10.7-601 sección 5.1.3)

Caudales de diseño de aguas residuales

En los caudales para el diseño de aguas residuales, se toma en cuenta:

- Aguas servidas domésticas
- Aguas industriales residuales, pretratadas
- Infiltración en tubería
- Conexiones clandestinas

Caudal de aguas residuales domésticas

Para el comienzo y final del periodo de diseño, se especifica en la Norma CO.10.7-601 que el caudal medio diario de aguas residuales doméstica deberá ser calculado. El producto entre el coeficiente de retorno, población y dotación de agua potable, da como resultado el caudal medio diario.

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

$$Q_{MD} = Q_m * M$$

- Q_m : Caudal medio neto(l/s)
- c : Coeficiente de retorno
- P : Población final en 25 años (hab)
- D : Dotación neta por habitante (l/hab*día)
- Q_{MD} : Caudal máximo diario

- M : Factor de mayoración máximo diario

$$Q_m = \frac{0,75 * (2141 * 250)}{86400}$$

$$Q_m = 4,64 \frac{lt}{s} = 0,00464 m^3/s$$

$$Q_{MD} = Q_m * M$$

$$Q_{MD} = 4,64 * 2,3 = 10,65 \frac{lt}{s} = 0,011 m^3/s$$

Coeficiente de retorno

El coeficiente de retorno resulta ser 75% de la dotación consumida por los habitantes del barrio “La Florida”

Caudal máximo instantáneo

La Norma CO 10.7-601 sección 5.1.4.7 indica que para ciudades donde ya se tiene un alcantarillado existente, se debe realizar mediciones para cada sector, dependiendo del uso del suelo, la determinación del factor de mayoración será el cociente entre el valor del caudal máximo instantáneo y el caudal medio diario, y se establecerán funciones que relacionen el máximo instantáneo con el área o población servida.

Caudal de infiltración

La Norma CO 10.7-601 en la sección 5.1.4.9 indica que, para el diseño y construcción de sistemas de alcantarillado, el constructor tomará las medidas preventivas para evitar en lo máximo el caudal por infiltración.

El estado de preservación y los niveles freáticos son parámetros a tomar en cuenta con el objetivo de encontrar los caudales de infiltración, por ello, en diferentes sectores en sistemas actuales será imprescindible calcularlos. Los caudales de infiltración serán determinados por el proyectista con la debida justificación.

En la **Tabla 18** se muestra los valores del factor de infiltración dependiendo del nivel de complejidad del sistema, que indica la norma de diseño de sistemas de alcantarillado para EMAAP-Q. En este caso, se utiliza un nivel medio alto con una infiltración media, por lo tanto, se toma un valor de 0,10 para el caudal de infiltración.

Tabla 18:

Categorización de la infiltración en alta, media y baja dependiendo de características topográficas, de suelos, niveles freáticos y precipitación (EMAAP-Q, 2009).

| NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA | INFILTRACIÓN | | |
|-------------------------------------|---------------|----------------|---------------|
| | ALTA (l/s-ha) | MEDIA (l/s-ha) | 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 |

Caudal de aguas lícitas

Los ingresos de aguas lluvias hacia el sistema sanitario, son aportes que proceden de la falta de disposición, recolección y desalojo de aguas lluvias, donde la falta de control en acometidas de vivienda produce que se aumente el caudal sanitario. Estos valores deben ser tomados en consideración para el diseño de alcantarillado.

Caudal de aguas lluvia

Para la determinación del caudal de aguas lluvias del barrio “La Florida”, según la Norma CO 10.7-601 sección 5.1.5, especifica el método del hidrograma unitario sintético, el método racional que es uno de los más utilizados por su sencillez y el análisis estadístico, que se basa en el escurrimiento superficial recolectando datos, son los tres enfoques de base para la determinación del caudal de aguas lluvias.

Para el proyecto se decidió realizar la determinación de caudal de aguas lluvias por el método racional, que en la norma CO 10.7-601 sección 5.1.5.2 especifica que se podrá usar este sistema hasta 100 ha, y considerando que el barrio “La Florida” tiene 26 ha, se considera que está en los límites permisibles.

Método racional

Intensidad

Para la obtención del valor de intensidad de lluvia, se ha extraído información facilitada por el INAMHI. Las ecuaciones presentadas a continuación son con las que trabaja el DEPAC-R para el cantón Rumiñahui.

$$I = \frac{212 * T^{0,123}}{t^{0,47}}$$

- *I*: Intensidad en mm/h
- *t*: Tiempo de concentración en minutos
- *T*: Periodo de retorno

Periodo de retorno

El periodo de retorno, según los datos del INAMHI se escoge de 5 años, para los que no existe una diferencia significativa en el cálculo con respecto a años posteriores.

Tiempo de concentración

El tiempo de entrada que es el que va desde el sector más alejado hacia el primer sumidero y el tiempo de flujo que es el tiempo que recorre por los diferentes tramos de alcantarillado, son los dos parámetros a tomar en consideración para el cálculo del tiempo de concentración.

Tiempo de entrada

Para la estimación del tiempo de entrada nos podemos basar en la siguiente tabla:

Tabla 19

Recomendación de tiempo de entrada

| TIPO DE ZONA | TIEMPO CONCENTRACIÓN (min) |
|---|-----------------------------------|
| Densamente construidas, con descargas directas al sistema de alcantarillado | 5 |
| Desarrolladas con pendientes de 2%, sin necesidad de construir | 10 a 15 |
| Residenciales, casas aisladas con grandes espacios verdes | 20 a 30 |

Tiempo de flujo

El tiempo de flujo está en función de su velocidad, la cual podemos calcular haciendo uso de la fórmula de Manning:

$$T_f = \frac{l}{60 * V}$$

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

- T_f : Tiempo de flujo (min)
- l : Longitud del tramo (m)
- V : Velocidad del tramo (m/s)
- n : coeficiente de rugosidad
- R : Radio hidráulico (m)
- S : Pendiente (m)

Sistema de tuberías y colectores.

El Código Ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias en la Norma CO 10.7-601 sección 5.2 indica los criterios generales de diseño, que afirman que se seguirá las inclinaciones del terreno natural, para colectores y tuberías.

Las redes estarán diseñadas de manera que todas las acometidas puedan alcanzar su descarga sin tener que utilizar bombeo. Además, se debe considerar una profundidad mínima de 1,2 m para que soporte la carga de automóviles.

Diámetro mínimo

El Código Ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias en la Norma CO 10.7-601 sección 5.2.1.6 indica que el diámetro mínimo de alcantarillado sanitario será de veinte centímetros y veinte y cinco centímetros para el alcantarillado pluvial. Las conexiones domiciliarias tendrán un diámetro mínimo de diez centímetros para sistemas sanitarios y quince centímetros para sistemas pluviales.

Velocidad mínima

Continuando con la normativa CO 10.7-601 sección 5.2.1.10 indica que con el fin de que en el sistema de alcantarillado no se retenga gases tóxicos como gas sulfhídrico, el caudal máximo instantáneo no sea menor a 0,60 m/s, además que tenga una velocidad que permita su autolimpieza.

Para el alcantarillado pluvial la norma CO 10.7-601 en la sección 5.2.1.12 especifica “La velocidad mínima 0,9 metro por segundo, del caudal máximo instantáneo”. De igual manera se diseñará el sistema para que realice autolimpieza, en caso de no ser posible se implementará un programa de mantenimiento en la red, con el fin de no formar depósitos que interfieran con su mantenimiento.

Velocidad máxima

La norma CO 10.7-601 en la sección 5.2.1.11 recomienda las velocidades máximas en el sistema de alcantarillado, estos valores son independientemente de si es sanitario o pluvial, más bien se enfoca en el tipo del material del que está constituido.

Tabla 20*Velocidades máximas a tubo lleno*

| MATERIAL | VELOCIDAD MÁXIMA m/s |
|--|---------------------------------|
| Hormigón simple con uniones de mortero | 4 |
| Hormigón simple con uniones de neopreno para nivel freático alto | 3,5 - 4 |
| Asbesto cemento | 4,5 - 5 |
| Plástico | 4,5 |

Pozos y cajas de revisión

En cada cambio de dirección se tendrá que colocar un pozo de revisión, excepto cuando la geometría de la tubería se presente en manera de curva. La distancia mínima entre cajas de revisión se muestra en la **Tabla 21**.

Las tapas del alcantarillado sanitario deben colocarse de manera que no entre agua de procedencia pluvial, si no es posible deberán colocarse tapas que sellen herméticamente a pozos sanitarios.

La distancia máxima entre pozos dependerá del diámetro de la tubería como se muestra en la **Tabla 21**

Tabla 21:*Distancia máxima entre pozos de revisión*

| DIÁMETRO DE TUBERÍA | DISTANCIA MÁXIMA ENTRE POZOS DE REVISIÓN (m) |
|-----------------------|--|
| Menos de 350 mm | 100 |
| Entre 400 mm y 800 mm | 150 |
| Mayor a 800 mm | 200 |

Fuente: Norma CO 10.7-601

El diámetro superior de los pozos de revisión tiene una dimensión mínima de 0.60 m, el cual en función de su altura aumenta, con el fin de facilitar su descenso. La abertura inferior depende del diámetro de la tubería como se muestra en la **Tabla 22**.

Tabla 22*Diámetros recomendados de pozos de revisión.*

| DIÁMETRO DE TUBERÍA (mm) | DIÁMETRO DEL POZO (m) |
|--------------------------|-----------------------|
| Menor o igual a 550 | 0,9 |
| Mayor a 550 | Diseño especial |

Fuente: Norma CO 10.7-601

La conexión domiciliaria se iniciará con una caja de revisión que tendrá secciones de 60 x 60 cm con una profundidad de acuerdo a la necesidad de cada caso. Esto se realiza con el fin de poder limpiar las conexiones a la tubería del alcantarillado, la creación de cajas domiciliares debe realizarse con este propósito.

Sumideros

La pendiente de la calle y capacidad de conducción definirá la ubicación de los sumideros. La Norma CO 10.601 recomienda que los sumideros tendrán que ubicarse en los puntos más bajos donde se acumula el agua. Los sumideros se conectarán al pozo con una tubería de 200 mm.

Cálculos hidráulicos por tramos de tubería

Los cálculos hidráulicos se detallan a continuación, con la ayuda de una hoja de cálculo, con el objetivo de conocer el comportamiento hidráulico de cada tramo de tubería.

Figura 30:

Columnas 1 a 5 de cálculo hidráulico

| 1 | 3 | 4 | 5 |
|------------|------|---|--------------|
| CALLE | POZO | | Longitud (m) |
| | DE | A | |
| La Florida | 5 | 6 | 45,53 |

Datos Iniciales

Columna 1, Calle

En la primera columna se especifica la calle a la que pertenece el tramo de la tubería, en este proyecto se tiene quince calles las cuales son: Abetos, Alborada, Albornoz, Asunción, Atahualpa, Brasilla, Calle SN, Intersección D, La Florida, Los Esteros, Los Jardines, Montevideo, Pacaya, Razo, Urb. El Jardín.

Columna 2, Tramo

En esta columna se especifica el número de tramo, en este caso es número 14

Columna 3 y 4, Pozo inicial y pozo final

Se describe el pozo inicial del cual arranca la tubería, el cual comienza en el PZ5 y termina en el PZ6.

Columna 5, Longitud

En esta columna se especifica la longitud del tramo de tubería

Aguas Servidas

Columna 6, Área

Figura 31:

Columnas 6 a 10 de cálculo hidráulico

| 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------------|------------------|----------------------|--------------------|-----------------|
| POBLACIÓN | | | | |
| Área (ha) | Parcial (hab) | Tributarios (hab) | Acumulada (hab) | Q pobl (l/s) |
| 0,3169 | 96 | 0 | 96 | 0,21 |

Se define el área de aportación al tramo de tubería en hectáreas, que se obtuvo utilizando la herramienta Autocad

Columna 7, Población parcial

La población parcial se obtiene multiplicando el área de aportación por la densidad poblacional, cuyo dato fue proporcionado por el DAPAC-R

$$Pob_{parcial} = Densidad * \text{Área}_{apor}$$

$Pob_{parcial}$: Población que aporta de aguas servidas a tramo de tubería (hab)

$Densidad$: Población existente en una hectárea de terreno (hab/ha)

Área_{apor} : Área de terreno que aporta al tramo de tubería (ha)

$$Pob_{parcial} = 300 * 0,3169 = 96 \text{ hab}$$

Columna 8, Población Tributaria

Es el número de habitantes que aportan a la red de alcantarillado, por medio de tramos anteriores. En este caso al ser cabecera no tiene población tributaria.

Columna 9, Población acumulada

Se obtiene mediante la suma de la población parcial más la población tributaria.

$$Pob_{acum} = Pob_{parcial} + Pob_{trib}$$

Pob_{acum} : Población total de aportación hasta el tramo de tubería (hab)

$Pob_{parcial}$: Población que aporta de aguas servidas a tramo de tubería (hab)

Pob_{trib} : Población aportante en tramos de tubería anteriores (hab)

$$Pob_{acum} = 96 + 0 = 96 \text{ hab}$$

$$\text{columna 9} = \text{columna 7} + \text{columna 8}$$

Columna 10, Caudal de población

Es el caudal existente en el tramo de tubería, se calcula mediante la dotación de agua potable por habitante, de los cuales el 75% retorna a la red de alcantarillado, entonces:

$$Q_{pob} = \frac{Dotación * Pob_{acum} * \% Retorno}{86400}$$

Q_{pob} : Caudal de la población hasta el tramo de tubería (l/s)

Dotación: Litros diarios que consume un habitante (l/hab/día)

Pob_{acum} : Población total de aportación hasta el tramo de tubería (hab)

% Retorno: porcentaje de agua potable que retorna a la red de alcantarillado (%)

86400: número de segundos en un día.

La dotación poblacional se obtuvo mediante recolección de consumos de agua potable proporcionado por el DAPAC-R, que es 250 l/hab/día. El porcentaje de retorno es del 75%.

$$Q_{pob} = \frac{250 * 96 * 0,75}{86400} = 0,21 \text{ l/s}$$

$$columna\ 10 = \frac{250 * columna\ 9 * 0,75}{86400}$$

Columna 11 Área, o habitante, o cama

Figura 32:

Columnas 11 a 16 de cálculo hidráulico.

| 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---------------------------------------|--|--------------------|------------------------|-----------------------|----------|
| COMERCIALES/HOSPITALES | | | | | Factor M |
| (m ²) ó (cama) ó (hab) | Dotación (l/m ² /día) ó (l/cama/día) ó (l/hab/día) | Q Parcial (l/s) | Q Tributarios (l/s) | Q Acomulada (u) | |
| 40,00 | 800,00 | 0,31 | 0,00 | 0,31 | 4 |

En el barrio la Florida a más de existir viviendas, también existen talleres, comerciales y un hospital. La NEC-11 capítulo 6 nos especifica la dotación por cada tipo de uso comercial, es por esto que en la columna 11 se especifica este parámetro que será evaluado de acuerdo a la dotación, ya sea área, habitante o cama.

$$\text{columna 11} = 40 \text{ camas}$$

Columna 12, Dotación de uso comercial

En esta columna se especifica la dotación dependiendo del uso comercial. En el barrio La Florida se debe tomar en cuenta centros comerciales, talleres mecánicos y hospital, de los cuales sus dotaciones son 20 L/m² área útil/día, 100 L/trabajador/jornada, 800 L/cama/día, respectivamente.

$$\text{columna 12} = 800 \text{ L/cama/día}$$

Columna 13, Caudal de uso comercial parcial

De la misma manera en que se calculó el caudal por habitante, en este caso calculamos el caudal por uso comercial, cuya fórmula utilizada es:

$$Q_{com\ parcial} = \frac{(\text{Área ó habitantes ó camas}) * \text{Dotación} * \% \text{Retorno com}}{86400}$$

$Q_{com\ parcial}$: Es el caudal parcial de ese tramo específico, por uso comercial (l/s)

(*Área ó habitantes ó camas*): Parámetro que depende del tipo de uso, y está especificado en la norma NEC-11.

Dotación: Litros de agua que son otorgados por el sistema de agua potable, de acuerdo a su necesidad, especificado en la norma NEC-11

%Retorno com: Porcentaje de agua potable que retorna a la red de alcantarillado

$$Q_{com\ parcial} = \frac{40\ camas * 800\ l/cama/día * 85\%}{86400} = 0,31\ l/s$$

$$columna\ 13 = \frac{columna\ 11 * columna\ 12 * 85\%}{86400}$$

Columna 14: Caudal de uso comercial tributario

Es el caudal que aporta al tramo de análisis en tramos anteriores. En este caso al ser cabecera no aporta ningún comercial

Columna 15: Caudal de uso comercial acumulado

Es la suma entre el caudal comercial parcial y el caudal comercial tributario.

$$Q_{com\ acumulado} = Q_{com\ parcial} + Q_{com\ tributario}$$

$$Q_{com\ acumulado} = 0,31 + 0 = 0,31\ l/s$$

$$columna\ 15 = columna\ 14 + columna\ 13$$

Columna 16, Factor de mayoración o coeficiente de simultaneidad

En el caudal de aguas servidas existe un momento donde todos utilizan la red de alcantarillado, y la aportación es máxima, es por esta razón que se debe tener un factor de mayoración, que fue establecido en base al número de habitantes, cuando el número de habitantes acumulados es mayor a 1000 se utiliza la fórmula, proporcionada por la EMAAP-Q caso contrario se utiliza 4.

$$M = \frac{2,228}{Q^{0,073325}}$$

En este caso la población es de 96 y se utiliza un coeficiente de simultaneidad de 4.

$$Columna\ 16 = 4$$

Columna 17, Caudal mínimo (Q_{mín})

Figura 33:

Columna 17 a 20 de cálculo hidráulico

| 17 | 18 | 19 | 20 |
|-----------------------|------------------|----------------------|--------------------|
| AGUAS SERVIDAS | | | |
| 1,5 | | | Diseño Qmax |
| Qmin (l/s) | Parcial (l/s) | Acumul. Qmed(l/s) | q' x M (l/s) |
| 1,50 | 1,15 | 0,52 | 1,15 |

Es el caudal mínimo, es el menor de los valores de escurrimiento que existe en un tramo. Este valor es la mitad del caudal medio y no puede ser menor a 1,5. El cálculo del caudal medio se presentará posteriormente.

$$Q_{min} = \frac{Q_{med}}{2}$$

$$Q_{min} = \frac{0,52}{2} = 0,26l/s < 1,5l/s$$

Columna 18, Qmed parcial

Es la suma del caudal por habitantes y por uso comercial en el tramo de análisis, su fórmula es:

$$Q_{med\ parcial} = \frac{hab_{parcial} * Dotación_{hab} * \% Retorno}{86400} + Q_{com\ parcial}$$

$Q_{med\ parcial}$: Caudal medio parcial en tramo de análisis (l/s)

$hab_{parcial}$: Números de habitantes que aportan en tramo de análisis (hab)

$Dotación_{hab}$: Dotación de agua potable por habitante (l/hab/día)

$\%Retorno$: Porcentaje de agua que retorna al sistema de alcantarillado (%)

$Q_{com\ parcial}$: Caudal por uso comercial parcial (l/s)

$$Q_{med\ parcial} = \frac{96 * 250 * 0,75}{86400} + 0,31 = 1,15 \text{ l/s}$$

$$columna\ 18 = \frac{columna\ 7 * 250 * 0,75}{86400} + columna\ 13$$

Columna 19, Qmed, Caudal medio

El caudal medio es la suma entre el caudal acumulado de aguas servidas por vivienda y el caudal acumulado por uso comercial.

$$Q_{med} = Q_{pob\ acumulado} + Q_{com\ acumulado}$$

Q_{med} : Es el caudal de aportación promedio, determinada hasta cierto tramo (l/s)

$Q_{pob\ acumulado}$: Caudal de la población hasta el tramo de tubería (l/s)

$Q_{pob\ acumulado}$: Caudal de la población hasta el tramo de tubería (l/s)

$$Q_{med} = 0,21 + 0,31 = 0,52$$

$$columna\ 19 = columna\ 10 + columna\ 15$$

Columna 20, Caudal máximo instantáneo (Q_{máx}).

Es el caudal de aguas servidas multiplicado por el coeficiente de simultaneidad más el caudal de uso comercial.

$$Q_{máx} = Q_{pob\ acumulado} * M + Q_{com\ acumulado}$$

$$Q_{máx} = 0,21 * 4 + 0,31 = 1,15\ l/s$$

$$columna\ 20 = columna\ 10 * columna\ 16 + columna\ 15$$

Aguas no contabilizadas

Columna 21, Caudal de Infiltración parcial

Figura 34:

Columna 21 a 26 de cálculo hidráulico.

| 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 |
|------------------|---------------------|------------------|---------------------|---------------------|-----------------|
| INFILTRACIÓN | | | CONEXIONES ILÍCITAS | | |
| Parcial (l/s) | Tributario (l/s) | Acumul. (l/s) | Parcial (l/s) | Tributario (l/s) | Aumul. (l/s) |
| 0,03 | 0,00 | 0,03 | 0,06 | 0,00 | 0,06 |

El aporte de infiltración corresponde al agua de lluvia o subterránea, que ingresa a la red de alcantarillado sanitario desde pozos de inspección y tapas de tanques domiciliarios a través de capilaridad de la tubería o juntas defectuosas.

Para estimar el aporte de caudal por infiltración se ha utilizado la Norma de Diseño para Sistemas de Alcantarillado - EMAAP-Q, que especifica el caudal de infiltración por la complejidad del sistema, como se especifica en la **Tabla 23**

Tabla 23

Valores del factor de infiltración por el nivel de complejidad del sistema.

| NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA | INFILTRACIÓN | | |
|-------------------------------------|---------------|----------------|---------------|
| | ALTA (l/s-ha) | MEDIA (l/s-ha) | 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 |

Fuente: (EMAPP-Q, 2009 pag 33)

Como se describe en la **Tabla 23**, la complejidad del sistema de alcantarillado se encuentra en bajo y medio por lo que es prudente elegir el caudal de infiltración de 0,10.

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

$$Q_{inf} = 0,10 * 0,3119 = 0,03 \text{ l/s}$$

$$\text{columna 21} = \text{columna 6} * 0,10$$

Columna 22, Caudal de infiltración tributaria

En esta columna se especifica el caudal de infiltración que tributa al tramo de análisis, es decir el caudal que llega a esta tubería. En este caso al ser cabecera no aporta a tramo de análisis.

$$Q_{inftributario} = 0 \text{ l/s}$$

Columna 23, Caudal de infiltración acumulada

El cálculo de infiltración acumulada se realiza sumando el caudal de infiltración parcial más el caudal de infiltración tributario

$$Q_{inf\text{acumulado}} = Q_{inf\text{parcial}} + Q_{inf\text{tributario}}$$

$$Q_{inf\text{acumulado}} = 0,03 + 0,00 = 0,03 \text{ l/s}$$

$$\text{columna 23} = \text{columna 21} + \text{columna 22}$$

Columna 24, Caudal de conexiones ilícitas parcial

El caudal de aguas ilícitas en el sistema de alcantarillado está en función de la efectividad del control en la calidad de acometidas domiciliarias.

Para estimar el aporte de caudal por conexiones ilícitas se ha utilizado la Norma de Diseño para Sistemas de Alcantarillado - EMAAP-Q, que especifica el caudal por conexiones ilícitas por la complejidad del sistema y por el servicio de sistema pluvial, como se especifica en la **Tabla 24**

Tabla 24:

Aportes por conexiones erradas en función de la tenencia de sistema pluvial

| NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA | CON SISTEMA PLUVIAL (l/s/hab) | SIN SISTEMA PLUVIAL (l/s/hab) |
|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Bajo y medio | 0,2-2 | 4-20 |
| Medio alto y alto | 0,1-1 | 2-20 |

Fuente: (EMAPP-Q, 2009, pag 33)

De la misma manera como se estimó el aporte del caudal de infiltración, se escoge un sistema de alcantarillado de nivel de complejidad bajo y medio, además como es un sistema combinado se elige 0,20 l/s/hab.

$$Q_{ilicita\ parcial} = 0,20\ l/s\ /ha$$

$$Q_{ilicita\ parcial} = 0,20 * 0,3223 = 0,06\ l/s$$

$$columna\ 24 = columna\ 6 * 0,20$$

Columna 25, Caudal de conexiones ilícitas tributaria

En esta columna se refiere al caudal de aportación que llega a este tramo de tubería por los anteriores tramos. En este tramo de análisis por ser cabecera su valor es de 0.

Columna 26, Caudal de conexiones ilícitas acumulado

Es la suma entre el caudal de conexiones ilícitas parcial más el caudal de conexiones ilícitas acumulado.

$$Q_{ilíc\ acumulado} = Q_{ilíc\ parcial} + Q_{ilíc\ tributario}$$

$$Q_{ilíc\ acumulado} = 0,06 + 0,00 = 0,06\ l/s$$

$$columna\ 26 = columna\ 24 + columna\ 25$$

Aguas Pluviales

Figura 35:

Columna 27 a 34 de cálculo hidráulico

| 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 |
|----------------------------|------------------------------|-------------------------------------|---|----------------------|------------------|---------------------|--------------------|
| AGUAS LLUVIAS | | | | | | | |
| Áreas (m ²) | Coeficiente escurrimiento | Intensidad | | | Parcial (l/s) | Tributaria (l/s) | Acumulada (l/s) |
| | | Tiempo de retorno (Tr) (años) | Tiempo de concentración (t) (min) | Intensidad (mm/h) | | | |
| 3169,00 | 0,77 | 5,00 | 12,00 | 80,37 | 54,48 | 0,00 | 54,48 |

Columna 27, Áreas de aportación de aguas pluviales

En esta columna se ingresa el área de aportación de aguas pluviales que se desalojarán en la red mediante la fuerza de la gravedad del tramo de análisis como se observa en la **Figura 36**. El área sombreada corresponde al tramo desde el pozo 5 a pozo 6.

Para el análisis de áreas de aportación se establece toda la superficie de los predios que puedan llegar al pozo por medio de la fuerza de gravedad como se muestra en la siguiente figura:

Figura 37:

Áreas de aportación de barrio “La Florida”



$$\text{columna 27} = 3169,00 \text{ m}^2$$

Columna 28, Coeficiente de escurrimiento

El coeficiente de escurrimiento mide la relación entre el agua que fluye a través de la tierra después de la precipitación y la precipitación total. Se analizan diferentes factores como el tipo de área, la ósmosis, la retención de superficie y los efectos de la evaporación, el Código Ecuatoriano Para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias; Norma CO 10.07 – 601, recomienda diferentes valores de coeficientes para cada tipo de zona y su demografía

Tabla 5:

Valores de coeficiente de escurrimiento (MDGIF, 2007)

| TIPO DE ZONA | VALORES DE C |
|--|---------------------|
| Zonas centrales densamente construidas, con vías y calzadas pavimentadas | 0,7-0,9 |
| Zonas adyacentes al centro de menor densidad poblacional con calles pavimentadas | 0,7 |
| Zonas residenciales medianamente pobladas | 0,55-0,65 |
| Zonas residenciales con baja densidad | 0,35-0,55 |
| Parques, campos de deportes | 0,1-0,2 |

En la norma CO 10.07 – 601 sección de alcantarillado número 5.4.2.4 nos especifica que, en el método racional, el coeficiente C no se debe corregir en función del tiempo, es por eso que se analiza en el Anexo B la determinación de un coeficiente C para toda la red de alcantarillado utilizando valores típicos por cada tipo de superficie.

Para la determinación del coeficiente de escurrimiento del barrio “La Florida” se utilizaron 3 áreas de aportación, especificadas, y se analizó su superficie con los coeficientes de escurrimientos respectivos como se especifica en la **Tabla 25**, a continuación, se obtuvo un promedio entre las tres áreas de aportación y se obtuvo un coeficiente de 0,77

$$C = 0,77$$

Tabla 25:

Determinación de Coeficiente de escurrimiento

| CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO PONDERADO | | | | | |
|--|----------------|--------------|---------|-----------------|----------|
| TRAMO: PZ4 - PZ5 | | | | | |
| MANZANA: | 1 | | | ANEXO B | |
| CALLE: | FLORIDA | | | Hoja No. 2 de 4 | |
|  | | | | | |
| Coeficiente de escurrimiento dependiendo el tipo de zona (C) | | | | | |
| Zonas centrales densamente construidas, con vías y calzadas pavimentadas | | | | | 0,8 |
| Área de aportación (m ²) | | | | | |
| Asfalto | Cubierta de te | Losas | Aceras | Jardín | Total |
| (A1) | (A2) | (A3) | (A4) | (A5) | (AT) |
| 911,95 | 446,18 | 5129,95 | 2046,78 | 2589,41 | 11124,27 |
| Coeficiente de escurrimiento para diversos tipos de superficie (Cn) | | | | | |
| Asfalto | Cubiertas Tej | Losas Hormig | Aceras | Jardín | |
| (C1) | (C2) | (C3) | (C4) | (C5) | |
| 0,6 | 0,9 | 0,8 | 0,8 | 0,25 | |
| $C_2 = \frac{A1 * C1 + A2 * C2 + A3 * C3 + A4 * C4 + A5 * C5}{AT * C}$ | | | | | |
| $C_2 = 0,8244$ | | | | | |

Columna 29, Tiempo de retorno

El tiempo de retorno según las bases de diseño, recibidas por el DAPAC-R, nos señalan que debe ser de 5 años.

Columna 30, Tiempo de concentración

De la misma manera el DAPAC-R especifica que el tiempo de retorno mínimo será de 12 minutos. Este valor se utiliza para los tramos que son cabecera del sistema. Si no es cabecera se deberá calcular en base a la fórmula de velocidad, que es distancia sobre tiempo

$$T_i = T_{i-1} + v/d$$

T_i = tiempo de concentración de tramo de análisis

T_{i-1} = tiempo de concentración de tramo anterior

v = Velocidad a tubo lleno del tramo de análisis

d = Longitud del tramo de análisis

Columna 31, Intensidad de lluvia**Intensidad**

Para el cálculo de intensidad se utilizó los datos proporcionados por el INAMHI, con la estación meteorológica Izobamba, y fórmula utilizada por el DAPAC-R

Para la determinación de la intensidad, se utiliza la siguiente fórmula proporcionada por del DAPAC-R

$$I = 212 * \frac{T_R^{0,123}}{t_c^{0,47}}$$

I : Intensidad de aguas lluvias

T_r : Tiempo de retorno

t_c : Tiempo de concentración

Para comprobar la veracidad de las fórmulas proporcionadas por el DEPAC-R e INAMHI, se analiza con un periodo de retorno de 5 años y tiempo de concentración de 5, 10, 15, 20, 25, 30, con la finalidad de escoger la mejor opción.

Tabla 26:

Comparación fórmula DAPAC-R vs INAMHI

| PERIODO DE RETORNO (años) | TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (min) | ECUACIÓN (mm/h) | |
|---------------------------|-------------------------------|--|---|
| | | DAPAC-R | INAMHI |
| | | $I = 212 * \frac{T_R^{0,123}}{t_c^{0,47}}$ | $i = \frac{164.212 T^{0,1650}}{t^{0,4326}}$ |
| 5 | 5 | 121,28 | 106,75 |
| 5 | 10 | 87,56 | 79,09 |
| 5 | 15 | 72,37 | 66,37 |
| 5 | 20 | 63,22 | 58,60 |
| 5 | 25 | 56,92 | 53,21 |
| 5 | 30 | 52,25 | 49,17 |

Como se puede observar en la **Tabla 26**, los resultados son bastante parecidos, con una diferencia mínima, donde la fórmula del INAMHI es ligeramente más conservadora, es por eso que se decide utilizar la fórmula proporcionada por el DAPAC-R. Entonces:

$$I = 212 * \frac{5^{0,123}}{12^{0,47}} = 80,37 \text{ mm/h}$$

$$\text{columna 31} = 212 * \frac{\text{columna 29}^{0,123}}{\text{columna 30}^{0,47}}$$

Columna 32, Caudal parcial de aguas lluvias

Una vez obtenidos los datos de coeficiente de escorrentía, intensidad de lluvia y área de aportación, se puede obtener el caudal de aguas lluvias, utilizando la fórmula racional que es:

$$Q_{\text{agualluvia}} = CIA$$

$$Q_{\text{agualluvia}} = \frac{0,77 * 80,37 * 0,3169}{360} = 0,05447 \text{ m}^3/\text{s} = 54,47 \text{ L/s}$$

$$\text{columna 32} = \frac{\text{columna 28} * \text{columna 31} * \text{columna 27}}{360} * 1000$$

Columna 33, Caudal tributario de aguas lluvias

El caudal tributario es la cantidad de agua que llega al tramo de análisis de anteriores tuberías, en este caso al ser cabecera el caudal tributario es 0

$$Q_{\text{trib aguas lluvias}} = 0$$

Columna 34, Caudal acumulado de aguas lluvias

Es la suma del caudal tributario y parcial de aguas lluvias

$$Q_{\text{acu aguas lluvias}} = Q_{\text{par aguas lluvias}} + Q_{\text{trib aguas lluvias}}$$

$$Q_{\text{acu aguas lluvias}} = 54,47 + 0,00 = 54,47 \text{ L/s}$$

$$\text{columna 34} = \text{columna 32} + \text{columna 33}$$

Columna 35, Caudal de diseño

Figura 38:

Columna 35 a 40 de cálculo hidráulico

| 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 |
|-------------------|-----------------|--|---------|----------------------|-----------------------|
| Q DISEÑO (l/s) | Longitud (m) | COTA TERRENO Inicial (m) Final (m) | | PENDIENTE TERRENO | PENDIENTE PROYECTO |
| 55,72 | 45,53 | 2519,49 | 2518,97 | 1,16% | 2,36% |

El caudal con el que se analizará las tuberías, es la suma entre el caudal de diseño de aguas servidas ($Q_{\text{máx}}$), más caudal de agua por infiltración, más caudal de aguas por conexiones ilícitas, más caudal de aguas lluvias.

$$Q_{\text{diseño}} = Q_{\text{max servidas}} + Q_{\text{acu infiltración}} + Q_{\text{acu conex ilicitas}} + Q_{\text{acu a.lluvias}}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 1,15 + 0,03 + 0,06 + 54,48 = 55,72 \text{ L/s}$$

$$\text{columna35} = \text{columna20} + \text{columna23} + \text{columna26} + \text{columna34}$$

Propiedades físicas

Columna 36, Longitud

En esta celda se especifica la longitud de la tubería.

$$L = 45,53 \text{ m}$$

Columna 37, Cota terreno inicial

Es la cota de la tapa, cuya información fue obtenida con el respectivo estudio topográfico, en este caso la cota es la tapa del pozo 5.

$$Cota_{\text{terreno inicial}} = 2519,49m$$

Columna 38, Cota terreno final

Es la cota de la tapa del tramo final de análisis, cuya información fue obtenida con el respectivo estudio topográfico, en este caso la cota es la tapa del pozo 6.

$$Cota_{\text{terreno final}} = 2518,97m$$

Columna 39, Pendiente terreno

Una vez obtenidos los datos de las cotas del terreno inicial y final, con su respectiva longitud, podemos realizar el cálculo de su pendiente.

$$\%_{\text{terreno}} = \frac{Cota_{\text{terreno inicial}} - Cota_{\text{terreno final}}}{L}$$

$$\%_{\text{terreno}} = \frac{2519,49 - 2518,97}{45,53} = 1,16\%$$

$$columna\ 39 = \frac{columna\ 38 - columna\ 37}{columna\ 36}$$

Columna 40, Pendiente proyecto

La hoja de cálculo por facilidad del diseñador se agregó esta columna, cuando necesite interactuar con la pendiente del proyecto, con el fin de aumentar o disminuir sus propiedades hidráulicas como caudal a tubo lleno o velocidad real.

Columna 41, Pendiente calculada de proyecto

Figura 39:

Columna 41 a 47 de cálculo hidráulico.

| 41 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|-------------|------------------|
| PENDIENTE CÁLCULO | COLCHON MINIMO | | | | |
| | | | | | 1,5 |
| | COTA PROYECTO | | PROFUNDIDAD | | DIAMETRO (mm) |
| | Inicial (m) | Final (m) | Inicial (m) | Final (m) | |
| 2,36% | 2517,74 | 2516,67 | 1,75 | 2,30 | 250 |

Con las profundidades respectivas, obtenidas en el estudio catastral de igual manera podemos calcular la profundidad de la tubería, para poder calcular la pendiente del proyecto, y posteriormente obtener la velocidad del mismo.

$$\%_{proyecto} = \frac{Cota_{proyecto\ inicial} - Cota_{proyecto\ final}}{L}$$

$$\%_{terreno} = \frac{2517,74 - 2516,67}{45,53} = 2,36\%$$

$$columna\ 40 = \frac{columna\ 44 - columna\ 43}{columna\ 36}$$

Columna 43, Cota proyecto inicial

Es la cota del fondo de la tubería del tramo inicial, cuya información fue obtenida con el respectivo estudio topográfico y estudio catastral. En este caso la cota es la tapa del pozo 5.

$$Cota_{proyecto\ inicial} = 2517,74m$$

Columna 44, Cota proyecto final

Es la cota del fondo de la tubería del tramo final, cuya información fue obtenida con el respectivo estudio topográfico y estudio catastral, en este caso la cota es la tapa del pozo 6.

$$Cota_{proyecto\ final} = 2516,67m$$

Columna 45, Profundidad inicial

En esta columna se especifica el valor de la profundidad del tramo inicial, desde la cota de la tapa hasta el fondo de la tubería, cuyos datos fueron obtenidos en el estudio catastral.

$$Profundidad\ inicial = 1,75m$$

Columna 46, Profundidad final

En esta columna se especifica el valor de la profundidad del tramo final, desde la cota de la tapa hasta el fondo de la tubería, cuyos datos fueron obtenidos en el estudio catastral.

$$Profundidad\ final = 2,30m$$

Columna 47, Diámetro de tubería

En esta columna se coloca el diámetro de la tubería en mm, cuyos datos fueron extraídos en el estudio catastral.

$$Diametro = 250\ mm$$

Análisis hidráulico

Figura 40:

Columna 48 a 65 de cálculo hidráulico

| ANÁLISIS HIDRAÚLICO | | | | | | | | | | | min(m/s): | 65 | |
|---------------------|---------|-------|-----------|----------------|--------|----------------|----------------|-------------|------------------|------|-----------|-----------|---|
| A TUBO LLENO | | n | GEOMETRÍA | | | | VELOCIDAD REAL | | | Y/D | | max(m/s): | |
| Velocidad (m/s) | Q (l/s) | | Rh (m) | TETA min (rad) | Rh (m) | TETA max (rad) | V min (m/s) | V max (m/s) | VEL. MAYOR (m/s) | min | max | | |
| 1,86 | 91,29 | 0,013 | 0,0142 | 1,2135 | 0,0672 | 3,3994 | 0,69 | 1,95 | 1,95 | 0,09 | 0,56 | 0,9 | 4 |

Columna 48, Velocidad a tubo lleno

Con los datos obtenidos en el estudio catastral y topográfico, y los datos calculados de pendiente, se puede obtener la velocidad con la fórmula de Manning de la siguiente manera:

$$R_{lleno} = D/4$$

R_{lleno} : Radio hidráulico a tubo lleno

D = Diámetro de la tubería

$$V_{lleno} = \frac{1}{n} * R_{lleno}^{2/3} * S^{1/2}$$

V_{lleno} = Velocidad a tubo lleno

S = Pendiente de la tubería

$$V_{lleno} = \frac{1}{0,013} * \frac{250}{4 * 1000}^{\frac{2}{3}} * 0,0236^{\frac{1}{2}} = 1,86m/s$$

$$Columna\ 48 = \frac{1}{columna\ 50} * \frac{columna\ 47^{2/3}}{4 * 1000} * columna\ 41^{1/2}$$

Columna 49, Caudal a tubo lleno

Una vez obtenidos los datos de velocidad y el diámetro de la tubería, en el estudio catastral se puede obtener el Caudal mediante la fórmula:

$$Q_{lleno} = A * V_{lleno}$$

Q_{lleno} = Caudal a tubo lleno

A = Área de la sección

V_{lleno} = Velocidad a tubo lleno

$$A = \pi \frac{D^2}{4}$$

$$Q_{lleno} = \pi * \frac{\left(\frac{250}{1000}\right)^2 * 1000}{4} * 1,86 = 91,29\ L/s$$

$$columna\ 49 = \frac{(columna/1000)^2 * 1000}{4} * columna\ 48$$

Columna 50, Coeficiente de rugosidad n

El coeficiente n que se utiliza en esta evaluación es 0,013, ya que este valor corresponde a un material de hormigón.

$$n = columna\ 50 = 0,013$$

Columna 51, Teta min'

En esta hoja de cálculo se realiza un cálculo iterativo que nos permitirá evitar el uso de ábacos y optimizar el tiempo de cálculo, para ello se necesita un valor inicial que llamaremos Teta min' cuyo valor inicial es π , y cuando se realice los siguientes cálculos, tendrá el valor final de un ángulo real.

$$Teta\ min' = columna\ 51 = \pi$$

Columna 52, Radio hidráulico

Para el cálculo de radio hidráulico se utiliza la formula siguiente que está en función del ángulo teta:

$$R_h = \left(\frac{D}{4} - \frac{D \sin \theta}{4\theta} \right)$$

$$columna\ 52 = \left(\frac{columna47}{4} - \frac{columna47 \sin columna\ 51}{4 * columna\ 51} \right)$$

Columna 53, $f(\theta)$

Esta función nos ayuda a realizar el cálculo iterativo mediante el método de Newton Raphson.

$$f(\theta) = \frac{8 * Q_n}{D^2 * S^{0,5} * R_h^{2/3}} + \sin \theta - \theta$$

Columna 54, $f'(\theta)$

Para realizar el método de Newton Raphson se necesita la derivada de la función la cual es:

$$f(\theta) = \frac{4 * Q_n}{3D * S^{0,5} * R_h^{5/3}} * \left(\frac{\theta \cos \theta - \sin \theta}{\theta^2} \right) + \cos \theta - 1$$

Columna 55, θ

Una vez calculados los anteriores valores, la fórmula de Newton Raphson nos indica que:

$$\theta = \theta - \frac{f(\theta)}{f'(\theta)}$$

El primer cálculo teta tendrá el valor de π , y a partir del segundo cálculo será el último valor de θ , hasta que el $\theta_{inicial}$ coincida con el θ_{final}

Columna 62, Velocidad

Del radio hidráulico obtenido con su respectivo ángulo θ , se puede obtener la velocidad mediante la fórmula de Manning:

$$V_{real} = \frac{1}{n} * R_{real}^{2/3} * S^{1/2}$$

Columna 63, Velocidad mayor

En esta columna se escoge el mayor valor entre la velocidad mínima y velocidad máx.

Columna 64 y 65, Y/D

Se realiza una comparación entre el calado Y, y el diámetro interno de la tubería D, con la finalidad de medir el % de utilización de dicha tubería, donde se recomienda no exceda el 90%.

Tratamiento de aguas residuales

Marco normativo para el diseño de planta de tratamiento

Para el diseño de la planta de tratamiento se debe tomar en cuenta la siguiente normativa:

Código ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias. Norma Co 10.07 – 601

En esta normativa nos indica las bases generales y consideraciones zonales para el diseño de cada uno de los elementos de una planta de tratamiento, con las consideraciones climáticas y atmosféricas.

Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes

Las definiciones básicas y criterios de diseño se presentan en la décima parte de esta normativa, con la que nos ayuda a establecer parámetros iniciales de diseño y comparativas finales de su funcionamiento.

Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua, libro VI anexo 1

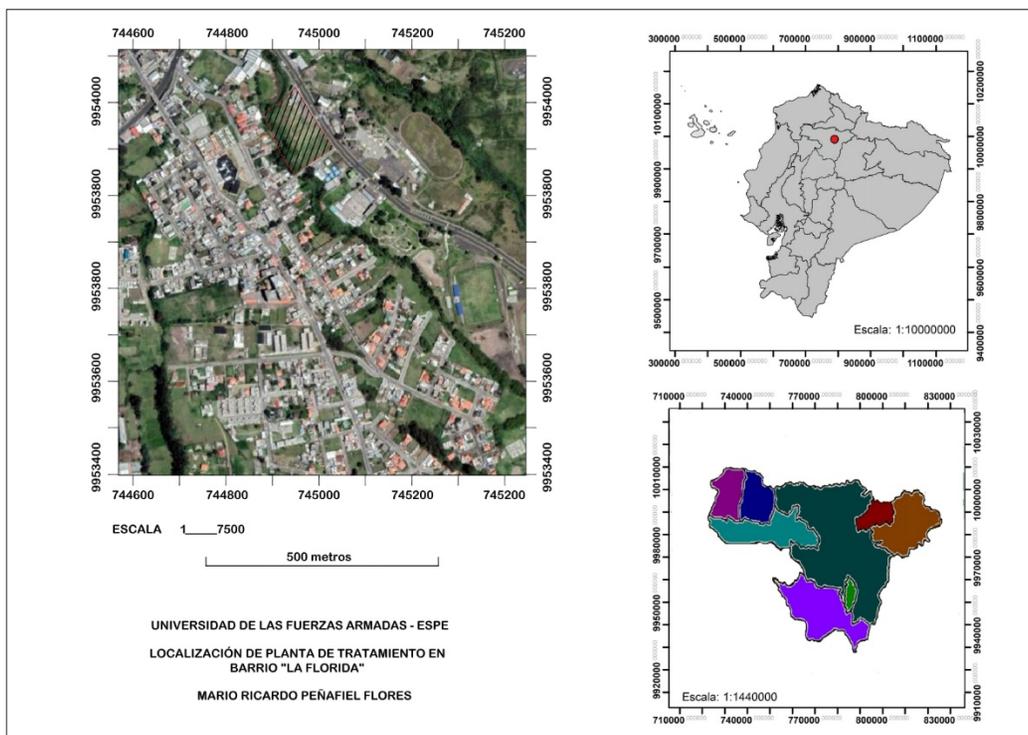
Esta norma establece los límites permisibles para descargas en cuerpos de agua o diferentes tipos de alcantarillado, criterios de calidad de agua para múltiples usos.

Características del lugar

La planta de tratamiento donde se propone la instalación está en el terreno ubicado en la Avenida Juan Salinas y Los Abetos, la cual se eligió debido a su superficie

amplia y para que pueda funcionar de forma correcta con todos los componentes que la requieren, la superficie es de 1 Ha, y se muestra en la Figura 41.

Figura 41
Ubicación de planta de tratamiento



Fuente: Google Earth

Cálculo del caudal y caracterización del agua residual

El cálculo para población futura fue obtenido en el capítulo 2 donde se estima un periodo de retorno de 25 años.

$$Pob_{25} = 2141 \text{ hab}$$

En el capítulo 3, se calcula el Q máximo el cual es:

$$Q_{max} = 0,011 \text{ m}^3/\text{s}$$

La Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua, libro VI anexo 1, con el fin de precautelar el ecosistema de los cuerpos hídricos, establece valores máximos permisibles para la descarga a un cuerpo de agua dulce. Estos valores servirán de comparativa para el diseño de la planta de tratamiento del barrio “La Florida”.

Tabla 27:

Parámetros máximos permitidos para descarga a un cuerpo de agua dulce

| PARÁMETRO | VALOR MÁXIMO PERMISIBLE |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) | 100 mg/l |
| Demanda química de oxígeno (DQO) | 250 mg/l |
| Potencial de Hidrógeno (PH) | 5-9 |
| Sólidos suspendidos | 100 mg/l |
| Sólidos sedimentables | 1 mg/l |
| Aceites y grasas | 0,3 mg/l |
| Fósforo Total | 10 mg/l |
| Temperatura | < 35° C |

Fuente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua, libro VI anexo 1

Tabla 28
Características de las aguas residuales urbanas

| PARÁMETRO | CONTAMINACIÓN | CONTAMINACIÓN | CONTAMINACIÓN |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|
| | FUERTE | MEDIA | LIGERA |
| Sólidos Totales | 1000 | 500 | 200 |
| DBO5 a 20°C | 300 | 200 | 100 |
| DQO | 800 | 450 | 160 |

Fuente: Manual de depuración Uralita

Tabla 29
Resultado de calidad de agua de toma de muestra en barrio “La Florida”

| ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO | UNIDAD | MÉTODO | RESULTADO |
|-------------------------------|--------|--------------------------|-----------|
| pH (20°C) | --- | PEE/LA/10 INEN ISO 10523 | 6,88 |
| Demanda Química de Oxígeno | mg/l | Standard Methods 5220D | 180 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/l | Standard Methods 5220B | 156 |
| Sólidos totales | mg/l | Standard Methods 2540B | 340 |
| Sólidos disueltos totales | mg/l | Standard Methods 2540C | 368 |
| Aceites y grasas | mg/l | Standard Methods 5520 | 204 |
| Tensoactivos aniónicos | mg/l | Standard Methods 5540C | 136 |

Tabla 30
Resultado de recuento de coliformes en muestra de agua en barrio “La Florida”

| PARÁMETRO | UNIDAD | RESULTADO |
|--------------------------------|-----------|-------------------|
| Recuento de coliformes totales | NMP/100mL | $4,6 \times 10^8$ |
| Recuento de coliformes fecales | NMP/100mL | $1,1 \times 10^8$ |

El día 24 de septiembre del 2020 se realiza un análisis de calidad de agua, en la cual la muestra fue tomada en la calle “Los Abetos” que recolecta la mayor parte de aguas residuales del barrio “La Florida”.

Los resultados se muestran en la Tabla 29 y Tabla 30, y se las compara con los máximos permitidos para seguir con el diseño de la planta de tratamiento. Una

comparación importante también se muestra en la Tabla 28, la cual nos indica con la demanda química de oxígeno que posee una contaminación ligera de 180 mg/l, con la demanda bioquímica de oxígeno una contaminación ligera de 156 mg/l, y sólidos totales de la misma manera presenta una contaminación ligera.

La biodegradabilidad se la puede medir con la fórmula:

$$\text{Biodegradabilidad} = \frac{DBO_5}{DQO}$$

Tabla 31:
Biodegradabilidad de agua residual

| $\frac{DBO_5}{BQO}$ | BIODEGRADABILIDAD |
|---------------------|--------------------|
| <0,2 | Poco biodegradable |
| 0,2 - 0,4 | Biodegradable |
| >0,4 | Muy biodegradable |

Fuente: Manual de depuración Uralita pag 10

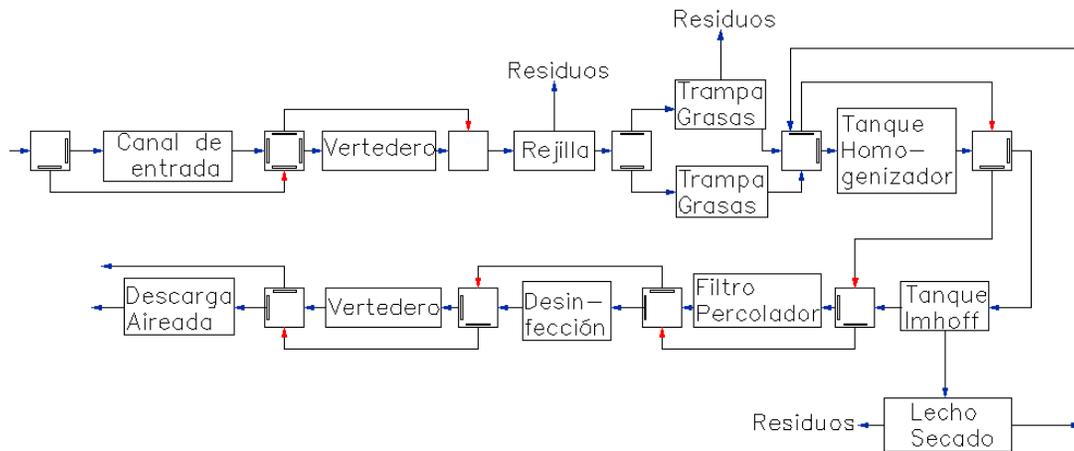
$$\text{Biodegradabilidad} = 0,87$$

La biodegradabilidad del agua residual del barrio “La Florida”, en la Tabla 31 nos indica que es muy biodegradable, donde se puede obtener una acertada conclusión ya que en los procesos de la planta de tratamiento resulta de gran ayuda.

Propuesta de tratamiento

Los elementos con los que la planta de tratamiento tendrá un correcto funcionamiento y debido a su topografía poder llevar la descarga por fuerza de la gravedad son:

Figura 42:
Esquema de planta de tratamiento



Pre – tratamiento

- Sistema de rejillas
- Trampa de grasas
- Vertedero

Tratamiento primario

- Homogenizador
- Tanque Imhoff

Tratamiento secundario

- Sistema de filtro de flujo ascendente

Desinfección

- Tanque de desinfección
- Descarga aireada

Diseño de canal de entrada

Con los datos obtenidos de caudal de diseño $Q_{max} = 0,011 \text{ m}^3/\text{s}$, y seleccionando una pendiente que se adapte a los requerimientos de funcionalidad de la planta de tratamiento se puede calcular que:

$$S (\text{pendiente}) = 1,00\%$$

Sabemos que por teoría de Manning

$$v = \frac{1}{n} * R_h^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

y

$$Q = V * A$$

$$A = y * \text{ancho}$$

$$R_h = \frac{\text{ancho} * y}{2 * y_n + \text{ancho}}$$

Por teoría de Newton Raphson

$$y_{n+1} = y_n - \frac{f(y)}{f'(y)}$$

Donde

$$f(y) = \frac{Q}{\text{ancho} * y_n} - \left(\frac{1}{n} * \left(\frac{\text{ancho} * y_n}{2 * y_n + \text{ancho}} \right)^{\frac{2}{3}} * S^{1/2} \right)$$

$$f'(y) = \frac{-2 * ancho^{\frac{5}{3}} * S^{1/2}}{3 * n * y_n^{\frac{1}{3}} (2 * y_n + ancho)^{5/3}} - \frac{Q}{ancho * y_n^2}$$

Donde

- *ancho*: ancho de canal escogido
- *v*: velocidad de flujo
- *n*: rugosidad de material
- R_h : Radio hidráulico
- *S*: Pendiente
- *y*: altura de calado

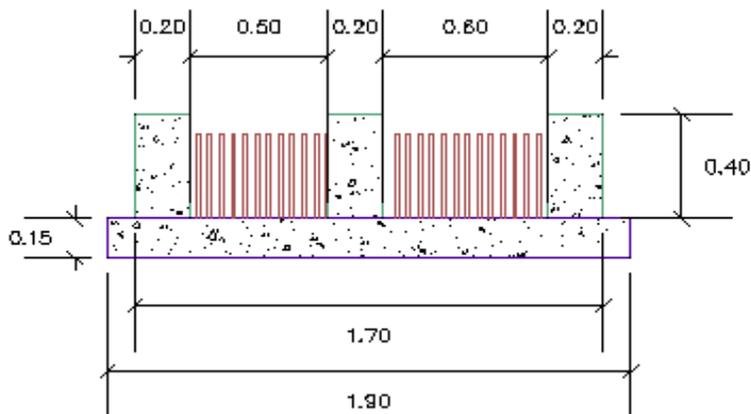
Se escoge un ancho de canal de 0,5 m seguido se realiza las iteraciones de Newton Raphson y se obtiene la altura de calado, la cual nos permite calcular la velocidad de flujo en el canal de entrada.

Tabla 32

Resultado de diseño de canal de entrada de planta de tratamiento

| PARAMETRO | VALOR | UNIDAD |
|------------------------|-------|-------------------|
| Q (Caudal) | 0,011 | m ³ /s |
| Ancho escogido | 0,5 | m |
| Alto escogido | 0,4 | m |
| S (pendiente escogida) | 1,00% | |
| y (altura calado) | 0,03 | m |
| v (velocidad) | 0,701 | m/s |

Figura 43:
Detalle de canal de entrada



Diseño de rejas

Los datos iniciales con los que contamos para realizar el diseño de rejillas son: caudal, velocidad de flujo, porcentaje de obstrucción, ancho de entrada del canal, borde libre de reja, ángulo de rotación, espesor de barra y número de barras escogido, los cuales son:

Tabla 33:
Parámetros iniciales para el diseño de rejilla

| PARÁMETRO | VALOR | UNIDAD |
|-----------------------|-------|-------------------|
| Q (Caudal) | 0,011 | m ³ /s |
| v | 0,706 | m ² /s |
| %Obstrucción | 0,5 | |
| W (Ancho de entrada) | 0,5 | |
| hb (borde libre) | 0,4 | |
| Ángulo de rotación | 45 | ° |
| db (espesor barra) | 0,015 | m |
| n (espacios escogido) | 12 | u |

Para el cálculo del tirante hidráulico que funcionará en la rejilla necesitamos un valor de obstrucción con el siempre estará trabajando la rejilla por acumulación de sólidos, el cual es 50%, entonces:

$$A = \frac{Q}{V} * (1 + \%Obstrucción)$$

$$h = \frac{A}{W}$$

donde:

- A : Área húmeda
- Q : Caudal
- V : Velocidad
- h : Tirante Hidráulico
- W : Ancho de canal

Con los datos de bordo libre y ángulo de rotación podemos calcular la longitud de la barra y espesor de barra, número de espacios escogidos podremos calcular el claro de las barras y el número de barras necesarias, entonces:

$$L = \frac{hb + h}{\text{sen}(\alpha)}$$

$$C = \frac{W - (n_{es} - 1) * db}{n_{es}}$$

$$\#B = n_{es} - 1$$

- L : Longitud de reja
- hb : Bordo libre

- h : Tirante hidráulico
- α : Ángulo de rotación
- C : Claro de barras
- W : Ancho canal
- n_{es} : Número de espacios
- db : Espesor de barra
- $\#B$: Número de barras

Con los datos obtenidos podremos realizar el cálculo hidráulico, como velocidad de acercamiento, velocidad a través de la reja y pérdida hidráulica.

$$V_a = \frac{Q}{(W - db) * h}$$

$$V_r = \frac{Q}{A - A_r}$$

$$h_L = \frac{1}{0,7} * \left(\frac{V_r^2 - V_a^2}{2g} \right)$$

Donde:

- V_a : Velocidad de acercamiento
- Q : Caudal
- W : Ancho de canal
- db : Espesor de barra
- h : Tirante hidráulico
- V_r : Velocidad a través de reja
- A : Área

- A_r : Área reducida
- h_L : Pérdida hidráulica
- g : Gravedad

Tabla 34:

Resultado de diseño de rejilla de planta de tratamiento

| PARÁMETRO | VALOR | UNIDAD |
|------------------------|-------|----------------|
| Area | 0,024 | m ² |
| h (tirante hidraulico) | 0,047 | m |
| L | 0,633 | m |
| C (Claro de barras) | 0,028 | m |
| # barras | 11 | u |
| Va | 0,494 | m/s |
| Ar | 0,008 | m ² |
| Vr | 0,716 | m/s |
| hl | 0,020 | m |

Diseño de trampa de grasas

Para el diseño de la trampa de grasa nos dirigimos a la Norma Suiza para el dimensionamiento de separadores de aceites y grasas en base a la densidad de aceites y grasas obtenidos en los datos de campo.

Tabla 35:
Velocidad ascensional para la densidad de los aceites y grasas, con área de superficie

| Densidad de los aceites y grasas | Velocidad de ascenso | Area de superficie de los separadores de aceite y grasas por cada l/s |
|----------------------------------|----------------------|---|
| mg/l | m/hr | m ² |
| | 22,5 | 0,16 |
| 800 | 18 | 0,2 |
| 850 | 13,5 | 0,27 |
| 900 | 9 | 0,4 |

Fuente: Norma Suiza para el dimensionamiento de separadores de aceites y grasas

La recomendación según el caudal de diseño, nos indica la Norma Suiza para el dimensionamiento de separadores de aceites y grasas es de 3,00 minutos para caudales menores a 0,012 m³/s

La densidad de aceites y grasas resultado de la muestra tomada del agua residual es de 204 mg/l, con interpolación podremos calcular el tiempo de ascensión y el área de una trampa de la trampa de grasas.

$$Velocidad\ de\ ascenso = 1,19\ m/min$$

$$Área\ de\ superficial = 0,57\ m^2$$

Con el tiempo de retención se podrá calcular el volumen de la trampa, y con una relación largo – ancho de 2, entonces el volumen de la trampa es:

$$V = Q * t$$

$$V = 2,04\ m^3$$

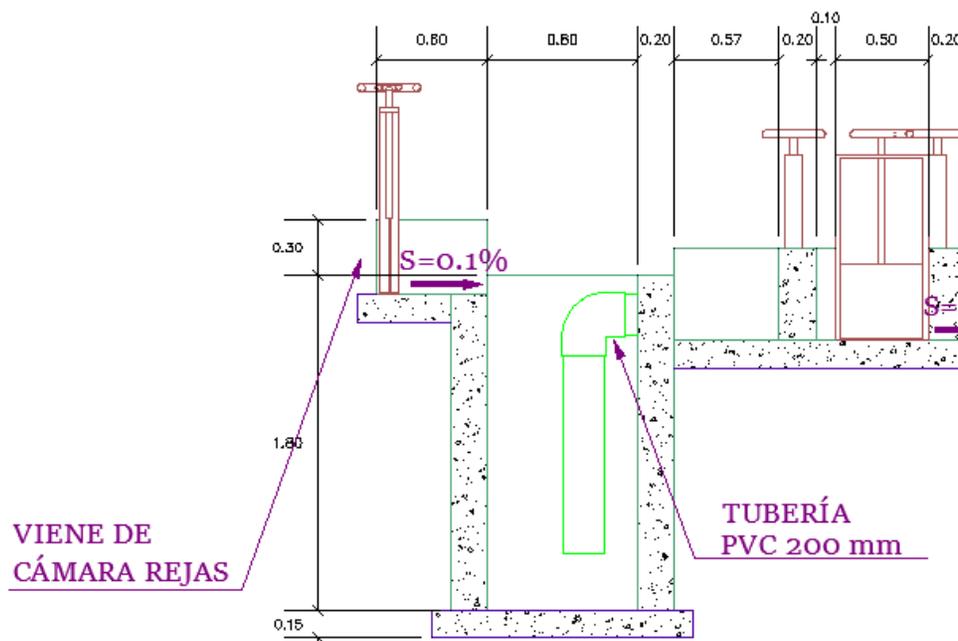
Con la recomendación de volumen obtenidos podremos escoger el largo, ancho y altura, con la velocidad obtenida se compara con el tiempo de ascensión y comprobar la funcionalidad de la trampa.

Tabla 36:
Resultado de diseño de trampa de grasa

| PARÁMETRO | VALOR | UNIDAD |
|-------------------------|--------------|---------------|
| a (ancho) | 0,8 | m |
| L (largo) | 1,6 | m |
| h (altura) | 1,60 | m |
| Tiempo de ascenso grasa | 1,34 | min |

El tiempo de ascenso de grasa se puede calcular dividiendo la altura de trampa de grasa y la velocidad de ascenso el cual es 1,34 min, y el tiempo de retención hidráulica es de 3,00 minutos, comprobando así que tiene un correcto funcionamiento la trampa de grasas.

Figura 44:
Perfil de trampa de grasas



Diseño de tanque homogenizador

Para el diseño de un tanque homogenizador es necesario obtener el volumen de agua diario, el cual podemos obtener del caudal de diseño.

$$Q = 0,011 \text{ m}^3/\text{s}$$

donde:

$$\text{Volumen diario} = Q * 24 * 60 * 60$$

$$\text{Volumen diario} = 981,06 \text{ m}^3$$

El volumen total de un tanque homogenizador no alcanza el valor antes calculado de volumen diario, ya que existen factores que intervienen en su vaciado y llenado. Es por eso que un valor aproximado del 10 a 20 % del total de volumen diario según

recomendaciones de Metcalf en su libro Ingeniería de aguas residuales, sería un valor común entre los diseños de tanques homogenizadores, donde se logra cumplir la función de un tanque homogenizador, entonces:

$$\text{Volumen de tanque} = 20\% * \text{Volumen diario}$$

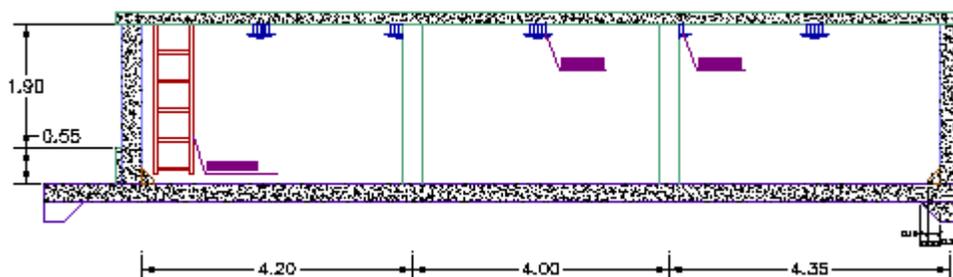
$$\text{Volumen de tanque} = 196,21 \text{ m}^3$$

$$\text{Tiempo de retención} = 4,8 \text{ horas}$$

Tabla 37:
Resultados de diseño de tanque homogenizador

| PARÁMETRO | VALOR | UNIDAD |
|----------------------|-------|----------------|
| h (Altura) | 2,00 | m |
| Área | 98,11 | m ² |
| Relación ancho/largo | 1,5 | |
| a (ancho) | 8,25 | m |
| L (largo) | 12,40 | m |

Figura 45:
Perfil de tanque de homogenización



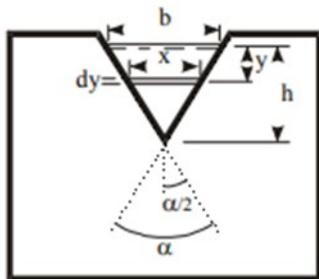
Diseño de vertedero triangular

El diseño de un vertedero triangular está netamente relacionado con el caudal, coeficiente de desagüe que generalmente es 0,62, y su ángulo de abertura. Con estos datos anteriormente mencionados podremos calcular su altura de calado mediante la fórmula:

$$Q = \frac{8}{15} * C_d * \sqrt{2g} * h^{\frac{5}{2}} * \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

Figura 46:

Diagrama de vertedero



Las propiedades geométricas que se adaptan al canal donde pasa el vertedero son:

Tabla 38:

Propiedades geométricas de vertedero triangular

El largo recomendado para que el vertedero tenga un correcto funcionamiento es de 10 veces la altura de calado que es de 0,143m, entonces el largo de vertedero es de 1,5 m.

Tabla 39:
Resultados de diseño de vertedero triangular

| PARÁMETRO | VALOR | UNIDAD |
|-----------------------------|--------------|-------------------|
| Q (caudal) | 0,011 | m ³ /s |
| Cd (coeficiente de desague) | 0,62 | |
| g (gravedad) | 9,81 | m/s ² |
| α (ángulo de abertura) | 90 | ° |
| bordo libre | 0,1 | m |
| h (altura de calado) | 0,14 | m |

Diseño de tanque Imhoff

Sedimentador

En el diseño de tanque sedimentador nos basamos en la Norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, la cual nos recomienda en la página 342 inciso 5.4.2.2 que el periodo de retención deberá ser de 1 a 2 horas.

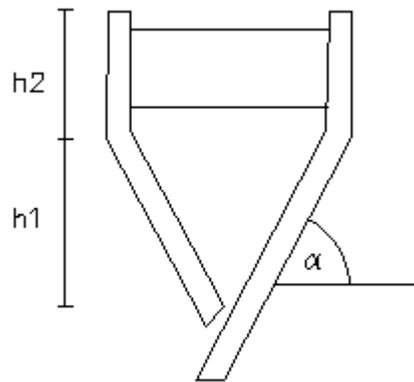
Para el diseño del área superficial la norma nos recomienda en el literal a) de la sección 5.4.2.2, que la carga superficial es de 1 m³/ (m².h), con una relación largo ancho de 5, y para el cálculo de alturas de sección transversal se utiliza las siguientes fórmulas:

$$h1 = \frac{a}{2} * \tan(\alpha)$$

$$h2 = \frac{Vol - h1 * a * L * 0,5}{a * L}$$

$$Vs = TRH * Q$$

$$As = Cs * Q$$



Donde:

- h_1 : Altura sección triangular
- h_2 : Altura sección rectangular
- a : Ancho de sedimentador
- L : Largo de sedimentador
- α : Ángulo sección triangular
- Vol : Volumen sedimentador
- TRH : Tiempo de retención hidráulica
- Q : Caudal
- C_s : Carga superficial

Tabla 40:
Resultado de diseño de sedimentador de tanque Imhoff

| PARÁMETRO | VALOR | UNIDAD |
|----------------------------|--------------|-----------------------------------|
| Q(caudal de diseño) | 0,011 | m ³ /s |
| TRH (Tiempo de retencion) | 2 | h |
| Vs | 76,92 | m ³ |
| Cs | 0,00028 | m ³ /m ² *s |
| Area sedimentador min | 38,46 | m ² |
| Relación L/a | 5 | |
| a (ancho) | 3,00 | m |
| L (Largo) | 15,00 | m |
| A (Área sedimentador) | 45,00 | m ² |
| α (ángulo de sedimentador) | 25 | ° |
| h1 Δ | 0,70 | m |
| h2 | 1,36 | m |

Digestor de lodos

Para el diseño de digestor de lodos se toma en cuenta el factor de capacidad relativa de acuerdo a la Tabla 41, la cual obtiene sus valores a partir de su temperatura, seguido se compara con la recomendación de la Norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, la cual nos indica que el volumen del digestor debe ser calculado para 60 litros por habitante, resultando de 129 m³.

Tabla 41:
Factor de capacidad relativa de acuerdo a la temperatura

| TEMPERATURA °C | TIEMPO DIGESTIÓN (días) | FACTOR CAPACIDAD RELATIVA |
|-------------------|----------------------------|------------------------------|
| 5 | 110 | 2 |
| 10 | 76 | 1,4 |
| 15 | 55 | 1 |
| 20 | 40 | 0,7 |
| > 25 | 30 | 0,5 |

$$Vd = \frac{70 * Población * fcr}{1000}$$

Donde:

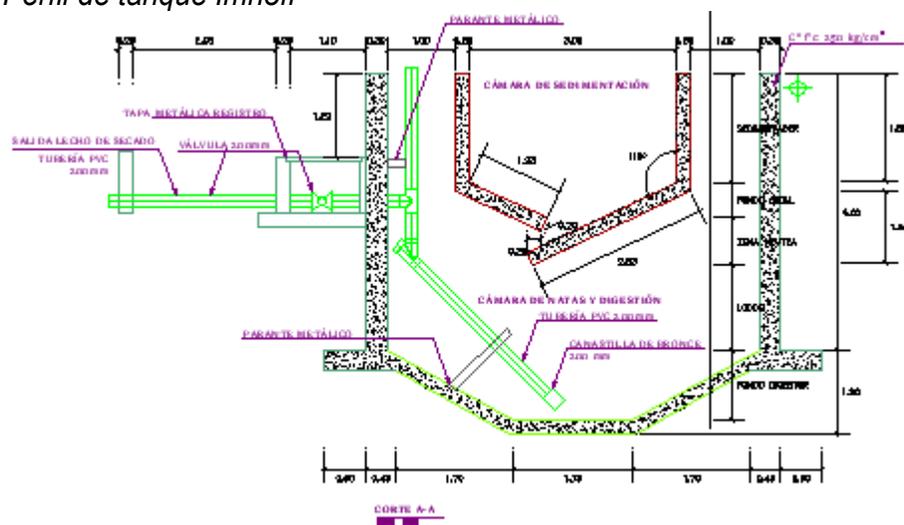
Vd : Volumen digestor

fcr : Factor de capacidad relativa

Tabla 42:
Resultado de diseño digestor de tanque Imhoff

| PARÁMETRO | VALOR | UNIDAD |
|--------------------------|--------|----------------|
| T (temperatura) | 15 | ° |
| Fcr | 1 | |
| Vd (Volumen digestor) | 149,84 | m ³ |
| w (ancho digestor) | 1 | m |
| W' (ancho útil digestor) | 5,5 | m |
| L (largo) | 15 | m |
| AT (Área total) | 82,5 | m ² |
| AL (Área Lateral) | 30 | m ² |
| % Area útil | 0,36 | |
| V(Volumen Lodos) | 101,01 | m ³ |
| h (altura lodos) | 1,22 | m |
| hn (altura zona neutra) | 0,50 | m |
| Borde libre | 0,20 | m |

Figura 47:
Perfil de tanque Imhoff



Para la determinación de DBO y sólidos totales removidos, se utiliza la siguiente

fórmula:

$$R = \frac{t_o}{a + b * t_o}$$

(Tchobanoglus, pág. 303)

Donde:

- R : Porcentaje de remoción
- t_o : Tiempo de retención hidráulica
- a, b : Constantes empíricas

Tabla 43:
Valores de constantes empíricas

| VARIABLE | a,h | b |
|----------|--------|-------|
| DBO | 0,018 | 0,02 |
| SST | 0,0075 | 0,014 |

El resultado de la remoción en porcentaje es:

$$R_{DBO} = 34,48 \%$$

$$DBO_{salida\ imhoff} = 156 * (1 - 0,3448) = 102,21\ mg/l$$

$$R_{SST} = 42,10\%$$

$$SST_{salida\ imhoff} = 368 * (1 - 42,10) = 213,07\ mg/l$$

Diseño filtro biológico

Una vez obtenido la reducción de DBO en el tanque Imhoff, podremos realizar el cálculo de un filtro biológico a partir de la eficiencia de remoción de DBO E_T , el resultado de remoción obtenido en el tanque Imhoff fue del 34,48%, pero por motivos de factor de seguridad se asimila el 30%.

Considerando un 30% en la remoción de DBO se obtiene un DBO remanente 109 mg/L. La Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes, indica que el parámetro de DBO máximo es de 100 mg/l, donde se tiene una diferencia de 9 mg/l. En el diseño del filtro biológico se propone una reducción de 50 mg/l de DBO, donde se necesita un 54% de eficiencia, entonces:

$$V = W \times \left(\frac{0,4425 \times E}{1 - E} \right)^2$$

$$W = \frac{S_0 \times Q}{1000}$$

$$TAS = \frac{Q}{A}$$

$$CV = \frac{W}{V}$$

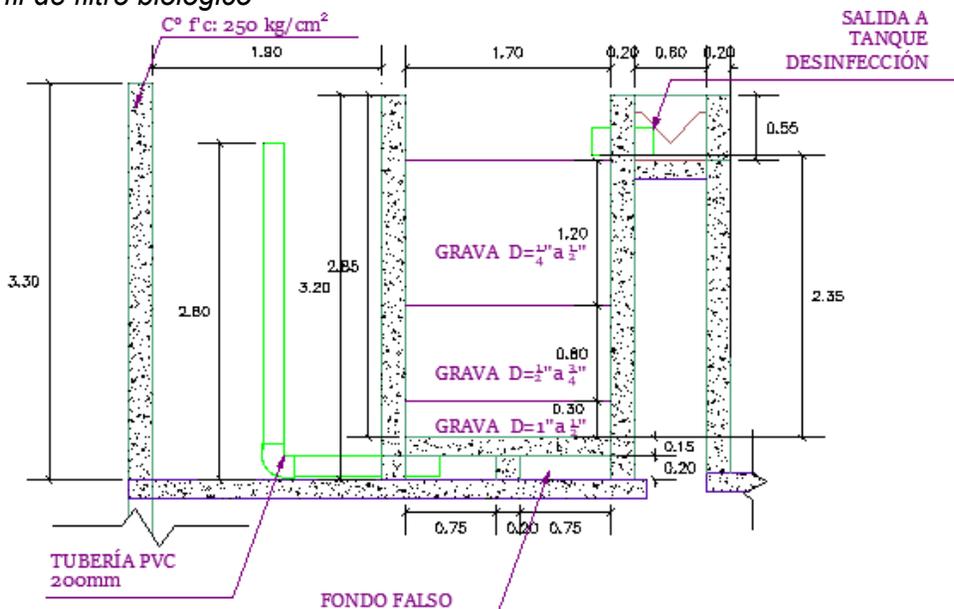
- Volumen de filtro biológico
- Carga de DBO
- Eficiencia de filtro
- DBO remanente
- Caudal
- Tasa de aplicación superficial

- Área de filtro
- Carga orgánica

Tabla 44:
Resultado de diseño de filtro biológico

| PARÁMETRO | VALOR | UNIDAD |
|--|--------------|---------------------------------------|
| DBO5 teórica: | 156 | mg/L |
| Eficiencia de remoción de DBO5 del tratamiento primario (f | 30 | % |
| DBO5 remanente: $S_o = (1 - E_p) \times S_t$ | 109,20 | mg/L |
| Caudal de aguas residuales: (Q) | 401,44 | m ³ /día |
| DBO requerida en el efluente (S _e) | 50 | mg/L |
| Eficiencia del filtro (E): $E = (S_o - S_e)/S_o$ | 54 | % |
| Carga de DBO (W): $W = S_o \times Q / 1000$ | 43,84 | KgDBO/día |
| Volúmen del filtro (V): $V = (W) \times (0,4425E/(1-E))^2$ | 12,03 | m ³ |
| Profundidad del medio filtrante (H): | 2,00 | m |
| Área del filtro (A): $A = V/H$ | 6,02 | m ² |
| Tasa de aplicación superficial (TAS): $TAS = Q/A$ | 66,72 | m ³ /(m ² .día) |
| Carga orgánica (CV): $CV = W/V$ | 3,64 | Kg DBO/(m ³ .día) |
| Largo de filtro (l) | 3,5 | m |
| Ancho de filtro (a) | 1,7 | m |

Figura 48:
Perfil de filtro biológico



Diseño de tanque de desinfección

Para el diseño del tanque de desinfección, el parámetro más importante es la longitud de contacto, y un parámetro de comparación es la dispersión que se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$d = 1,15 * \left(\frac{L}{W} \right)^{-1,13}$$

Donde:

- W : Espacio entre baffles
- L : Longitud de contacto

En Municipal wastewater desing desinfección cap 5.7.3 pág. 88 nos recomienda un valor dispersión de 0,01 como mínimo, una relación largo - ancho de 2, y un tiempo de retención hidráulica mínima de 15 min, entonces:

Figura 49:
Esquema de tanque de desinfección

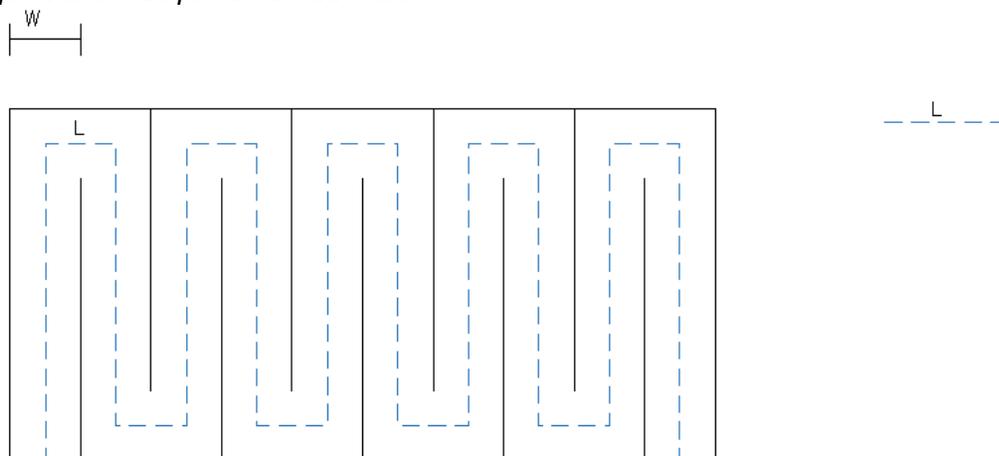
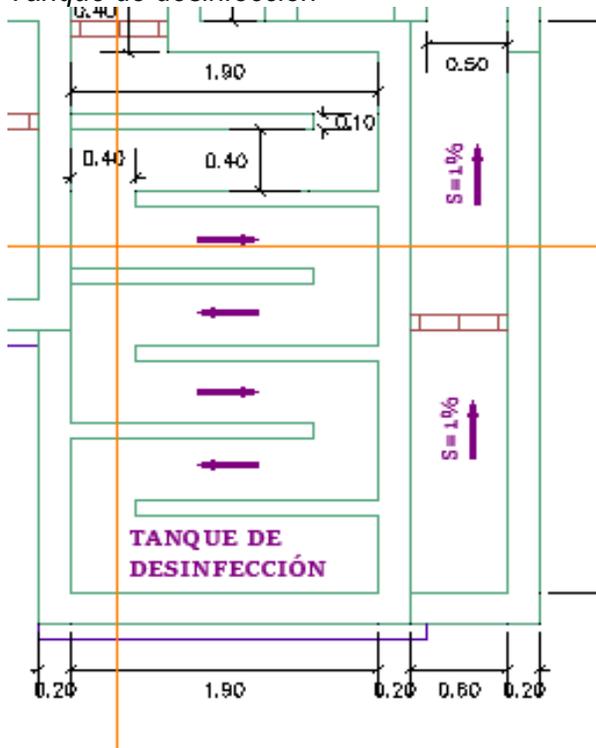


Tabla 45:
Resultado de diseño de tanque de desinfección

| PARÁMETRO | VALOR | UNIDAD |
|------------------------------------|-------|-------------------|
| Q(caudal) | 0,011 | m ³ /s |
| TRH | 15,00 | min |
| V (Volumen) V=Q*TRH | 10,22 | m ³ |
| h (altura) (h) | 2,00 | m |
| A (Área) A=V/h | 5,11 | m ² |
| w (espacio entre baffles) | 0,40 | m |
| La (largo) | 3,50 | m |
| a (ancho) | 1,80 | m |
| ancho baffles (aw) | 0,10 | m |
| # espacios | 7 | u |
| L (Largo contacto) | 22,4 | m |
| d (dispersión) $1.15(L/W)^{-1.13}$ | 0,01 | |

Figura 50:
Tanque de desinfección



Diseño de descarga aireada

Con la finalidad de eliminar el cloro residual, que se produce en el tanque de desinfección, es necesario implementar una descarga aireada, donde se pueda desvanecer el cloro por medio de disipación, por este motivo la descarga aireada posee baffles a determinada distancia y con un ángulo de inclinación de 45°.

En el Manual Básico de diseño de estructuras de disipación de energía, página 110 nos muestra las fórmulas de predimensionamiento, las cuales son:

$$a = 0,905 \times Q^{0,4}$$

$$\text{espaciamiento entre baffle} = a$$

$$\text{ancho baffle} = 0,14 \times a$$

$$\text{altura baffle} = 0,20 \times a$$

$$\text{altura canal} = 0,60 \times a$$

$$V = 4,89 \times Q^{0,2}$$

Donde:

- a : Ancho de canal
- V : Velocidad
- Q : Caudal

La Tabla 46 muestra la velocidad máxima del flujo de acuerdo al material de construcción:

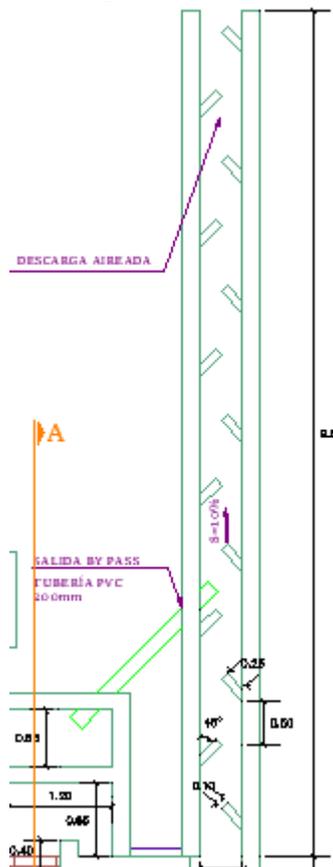
Tabla 46:
Velocidad de acuerdo a material de construcción

| MATERIAL | VELOCIDAD MÁXIMA |
|---------------------------------|-------------------------|
| Ladrillo común | 3 |
| Ladrillo vitrificado | 5 |
| Arcilla vitrificada (gres) | 4 |
| Concreto 175 kg/cm ² | 6 |
| Concreto 210 kg/cm ² | 10 |
| Concreto 280 kg/cm ² | 15 |
| Concreto 350 kg/cm ² | 20 |

Tabla 47:
Resultado de diseño de descarga aireada

| PARÁMETRO | VALOR | UNIDAD |
|---------------------------|--------------|------------------------|
| Q (caudal) | 0,011 | m ³ /s |
| a (ancho) | 0,15 | m |
| a (ancho escogido) | 0,50 | m |
| espaciamento entre baffle | 0,50 | m |
| ancho baffle | 0,07 | m |
| altura baffle | 0,10 | m |
| altura canal | 0,30 | m |
| S (pendiente) | 10% | |
| V(Velocidad promedio) | 1,9969 | m/s |
| Material | Concreto | 210 kg/cm ² |
| Velocidad máxima | 10 | m/s |

Figura 51:
Descarga aireada



Diseño de lecho de secado

La cantidad de lodos producidos por cada 1000 m³ es de 0,5 m³ (Metcalf & Eddy, 1996), y de acuerdo a la Norma para el estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, el tiempo de retención de lodos de acuerdo a la temperatura (15°C) es de 29 días.

Con estos datos se puede realizar el cálculo del volumen del lecho de secado, con una capa de espesor de lodo de 0,05 m, por solicitud del Municipio Rumiñahui, entonces:

$$V_{le\ s} = V_l * TR$$

$$V_l = Q * C_{lo} * \frac{86400}{1000}$$

Donde:

- $V_{le s}$: Volumen de lecho de secado
- V_l : Volumen de lodos
- TR : Tiempo de retención
- Q : Caudal
- C_{lo} : Cantidad de lodos producida $m^3/1000 m^3$

Entonces:

Tabla 48:
Resultado de diseño de lecho de secado

| PARÁMETRO | VALOR | UNIDAD |
|----------------------|--------------|---------------|
| Volumen/caudal | 0,5 | $m^3/1000m^3$ |
| Q (Caudal) | 0,011 | m^3/s |
| Volumen de lodos | 0,48 | $m^3/día$ |
| Días de secado | 29 | días |
| Volumen total | 13,78 | m^3 |
| Espesor capa de lodo | 0,05 | m |
| Área | 275,62 | m^2 |
| Ancho | 9 | m |
| Largo | 30,6 | m |

Capítulo 3

Resultados y discusión

Resultado hidráulico sistema de alcantarillado combinado

A continuación, se muestra un resumen de los parámetros principales, en el sistema de alcantarillado combinado del barrio “La Florida”, y el respectivo resumen del cálculo hidráulico. El análisis hidráulico completo se presenta en el Anexo H.

Tabla 49:

Parámetros iniciales de sistema de alcantarillado combinado

| Población | |
|---|-------|
| Densidad hab/ha | 300 |
| Dotación (l/hab/día) | 250 |
| Coef. Simultaneidad o Mayoración | 4 |
| %Retorno | 75% |
| Comerciales/Hospitales/ Talleres | |
| Dot. Hospital (l/cam/día) | 800 |
| Dot. comercial (l/m2/día) | 20 |
| Dot. Bodegas, Talleres (l/hab/8hr) | 100 |
| %Retorno | 85% |
| Aguas Lluvias | |
| Período de retorno (T) (años) | 5 |
| Tiempo de concentración inicial (min) | 12 |
| Factor de Infiltración | 0,1 |
| Aporte de Aguas Ilícitas | 0,2 |
| Coef. de rugosidad H.S. | 0,013 |
| Coef de escorrentía | 0,77 |

Resultado hidráulico sistema de alcantarillado sanitario

A continuación, se presenta un resumen de los principales parámetros del sistema de alcantarillado sanitario del barrio "La Florida", así como un resumen de sus respectivos cálculos hidráulicos. En el Anexo I se muestra el análisis hidráulico completo.

Tabla 50

Parámetros iniciales de alcantarillado sanitario

| Población | |
|---|-----|
| Densidad hab/ha | 300 |
| Dotación (l/hab/día) | 250 |
| Coef. Simultaneidad o Mayoración | 4 |
| %Retorno | 75% |
| Comerciales/Hospitales/ Talleres | |
| Dot. Hospital (l/cam/día) | 800 |
| Dot. comercial (l/m2/día) | 20 |
| Dot. Bodegas, Talleres (l/hab/8hr) | 100 |
| %Retorno | 85% |

Resultado hidráulico sistema de alcantarillado pluvial

En la tabla 53 se muestra los parámetros principales para el diseño del alcantarillado pluvial. En la tabla 53 se indica un resumen del cálculo hidráulico, y en el Anexo J se presenta el cálculo hidráulico completo.

Tabla 51*Parámetros principales para diseño hidráulico de alcantarillado pluvial*

| Aguas Lluvias | |
|---------------------------------------|-------|
| Período de retorno (T) (años) | 5 |
| Tiempo de concentración inicial (min) | 12 |
| Factor de Infiltración | 0,1 |
| Aporte de Aguas Ilícitas | 0,2 |
| Coef. de rugosidad PVC. | 0,011 |
| Coef de escorrentía | 0,77 |

Comparativa de los sistemas de alcantarillado separado y combinado***Comparativa Técnica******Prueba T de Student***

Para la comparativa técnica se usará el método de relación entre pequeñas muestras llamado T de Student, la cual hace el uso de promedios y varianzas entre datos muestrales e indica si existe diferencia significativa entre dichos datos. Las variables a comparación en esta prueba son: diámetro de tubería, velocidad y altura de buzones. Las fórmulas a usar para obtener los resultados son:

$$S_n^2 = \frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n - 1}$$

Dónde:

S_n^2 : Varianza común.

X : Promedio de cada método de tiempo.

\bar{X} : Media de coordenadas de X promedio.

n: # de muestras.

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_c^2}{n_1} + \frac{S_c^2}{n_2}}}$$

Dónde:

t: Estadístico t calculado.

$\bar{X}_1; \bar{X}_2$: medias muestrales.

S_n^2 : Varianza común.

n: cantidad muestral.

La prueba T de Student para muestras independientes es una prueba de hipótesis, donde, la hipótesis nula supone la igualdad de los promedios de la muestra 1 y la muestra 2, y la hipótesis alterna significa que los promedios son distintos. Donde el estadístico muestral sigue una distribución t con $n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad. La hipótesis nula se rechaza si $t > t_{(1-\frac{\alpha}{2})(n_1+n_2-2)}$

Comparación de diámetros de diseño

Muestra

La muestra para llevar a cabo la comparación con la prueba T de Student, a partir de los diseños finales son los cálculos hidráulicos obtenidos en el rediseño los cuales se presentan en el Anexo H, I, J.

Planteamiento de hipótesis

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

H_0 : Hipótesis nula aceptada, los datos no tiene una diferencia significativa. $T_c \leq t$

H_1 : Hipótesis nula rechazada, los datos tienen una diferencia significativa. $T_c > t$

Nivel de significancia

Para el presente proyecto el nivel de significancia para la prueba T de Student fue de un nivel de:

$$\alpha = 0,05 \text{ nivel de significancia}$$

Cálculo de Tc según la deformada

Promedio

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$$

Dónde:

\bar{X} : Promedio de elementos de muestra

X_i : Elemento número i

n : Número de elementos de muestra

Varianza

$$S^2 = \frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n - 1}$$

Tabla 52
Resumen estadístico de diámetro interno

| | Recuento | Promedio | Varianza | Coefficiente Variación | Mínimo | Máximo |
|------------------|----------|----------|--------------|---------------------------|--------|--------|
| Combinada | 73 | 407,53 | 37268,84 | 9145% | 200 | 800 |
| Pluvial | 51 | 402,94 | 21541,18 | 5346% | 200 | 700 |
| Sanitaria | 67 | 257,46 | 10246,49 | 3980% | 200 | 700 |
| TOTAL | 191 | 355,98 | 184189333,26 | 18471% | 200 | 800 |

Una vez calculados los parámetros iniciales de cada uno de los sistemas anteriormente diseñados, se puede aplicar la fórmula T_c , donde se compara de la siguiente manera, sanitario – pluvial, sanitario – combinado, pluvial – combinado.

Tabla 53
Resultado de comparación T de Student de diámetro interno

| Comparación | \bar{X}_1 | \bar{X}_2 | S_1^2 | S_2^2 | n_a | n_b | gl | α | S_c^2 | t | T_c | p-valor | Hipótesis |
|-------------------|-------------|-------------|----------|----------|-------|-------|-----|----------|----------|------|-------|---------|-----------|
| SANIT/PLUV | 257,46 | 402,94 | 10246,49 | 21541,18 | 67 | 51 | 116 | 5% | 15114,89 | 1,98 | -6,37 | 0,00 | RECHAZA |
| SANIT/COMB | 257,46 | 407,53 | 10246,49 | 37268,84 | 67 | 73 | 138 | 5% | 24345,11 | 1,98 | -5,68 | 0,00 | RECHAZA |
| PLUV/COMB | 402,94 | 407,53 | 21541,18 | 37268,84 | 51 | 73 | 122 | 5% | 30823,07 | 1,98 | -0,14 | 0,89 | ACEPTA |

El resultado de la prueba T de Student, indica que, en la comparación del diámetro interno del alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial tienen una diferencia significativa, ya que el diámetro del alcantarillado sanitario es menor. De igual manera en la comparación con alcantarillado sanitario y alcantarillado combinado tienen una diferencia significativa de valores de diámetro interno. Y el resultado de la comparación de alcantarillado pluvial y combinado, indica que no se encuentra una diferencia significativa con referente al diámetro interno de la tubería.

Comparación de velocidades

Debido a que la velocidad está relacionada con las variables de caudal de diseño, diámetro y pendiente, se agregó una nueva comparativa en el alcantarillado combinado,

en el cual se toma en cuenta un cálculo de velocidades sin el caudal de aguas lluvias, debido a que una gran parte de tiempo el alcantarillado combinado no trabaja con aguas lluvias.

Muestra

Cálculo de T_c según la deformada

El cálculo de T_c es el mismo procedimiento realizado anteriormente para T_c de diámetro interno, donde se obtiene el recuento de la muestra, el promedio de los valores a calcularse, la varianza, el coeficiente de variación, sus valores mínimos y máximos.

Tabla 54
Resumen estadístico de velocidades

| | Recuento | Promedio | Varianza | Coficiente Variación | Mínimo | Máximo |
|-------------------|----------|----------|----------|----------------------|--------|--------|
| Combinada | 73 | 2,51 | 1,18 | 47% | 0,49 | 4,49 |
| Combi-S-AL | 73 | 1,13 | 0,63 | 56% | 0,00 | 3,38 |
| Pluvial | 51 | 2,78 | 0,90 | 32% | 1,1 | 4,63 |
| Sanitaria | 67 | 1,55 | 0,67 | 43% | 0,83 | 4,22 |
| TOTAL | 264 | 1,99 | 0,06 | 178% | 0 | 4,63 |

Una vez obtenidos los parámetros iniciales para el cálculo de T_c , realizamos las siguientes comparaciones: sanitario – pluvial, sanitario – combinado, sanitario – combinado sin aguas lluvias, pluvial – combinado, pluvial – combinado – sin aguas lluvias.

Tabla 55
Resultado de comparación de T student de velocidades

| Comparación | X_1 | X_2 | S_1^2 | S_2^2 | n_a | n_b | gl | α | S_c^2 | t | T_c | p-valor | Hipótesis |
|---------------------|-------|-------|---------|---------|-------|-------|-----|----------|---------|------|-------|---------|-----------|
| SANIT/PLUV | 1,55 | 2,78 | 0,67 | 0,90 | 67 | 51 | 116 | 5% | 0,77 | 1,98 | -7,56 | 0,00 | RECHAZ |
| SANIT/COMB | 1,55 | 2,51 | 0,67 | 1,18 | 67 | 73 | 138 | 5% | 0,93 | 1,98 | -5,90 | 0,00 | RECHAZ |
| SANIT/C-S-AL | 1,55 | 1,13 | 0,67 | 0,63 | 67 | 73 | 138 | 5% | 0,65 | 1,98 | 3,05 | 0,00 | RECHAZ |
| PLUV/COMB | 2,78 | 2,51 | 0,90 | 1,18 | 51 | 73 | 122 | 5% | 1,06 | 1,98 | 1,41 | 0,16 | ACEPTA |
| PLUV/C-S-AL | 2,78 | 1,13 | 0,90 | 0,63 | 51 | 73 | 122 | 5% | 0,74 | 1,98 | 10,46 | 0,00 | RECHAZ |
| COMB/C-S-AL | 2,51 | 1,13 | 1,18 | 0,63 | 73 | 73 | 144 | 5% | 0,91 | 1,98 | 8,75 | 0,00 | RECHAZ |

El resultado de la prueba T de Student muestra que, la comparación entre las velocidades del alcantarillado pluvial y alcantarillados combinado no tienen una diferencia significativa, por lo que se podría decir que tienen un funcionamiento parecido.

Excepto la comparación alcantarillado pluvial – alcantarillado combinado, las demás comparaciones muestran una diferencia significativa en sus valores. Por lo que se podría decir que el funcionamiento es completamente diferente.

En la comparación alcantarillado sanitario – alcantarillado combinado sin aguas lluvias, se puede obtener un análisis cercano a la realidad, ya que el caudal de aguas lluvias no es permanente, donde se puede concluir que el alcantarillado sanitario y alcantarillado combinado sin aguas lluvias tienen un funcionamiento distinto.

Comparación altura de buzón

Debido a que la altura de buzón está directamente relacionada con la pendiente, diámetro de tubería, velocidades y caudales, es un valor de comparativa que vale la pena analizar. A demás de ello uno de los costos más representativos es el movimiento de tierra, lo que a mayor profundidad significa un mayor costo.

Muestra

Cálculo de Tc según la deformada

Tabla 56

Resumen estadístico de altura de buzón

| | Recuento | Promedio | Varianza | Coefficiente Variación | Mínimo | Máximo |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|---------------|---------------|
| Combinada | 74 | 2,23 | 1,48 | 66% | 1,5 | 6,21 |
| Pluvial | 52 | 2,15 | 1,05 | 49% | 1,5 | 5,3 |
| Sanitaria | 68 | 2,59 | 3,60 | 139% | 1,5 | 9,44 |
| TOTAL | 194 | 2,32 | 1,86 | 254% | 1,5 | 9,44 |

Las comparaciones para el cálculo de T_c respectivo son: alcantarillado sanitario – pluvial, alcantarillado sanitario – combinado, alcantarillado pluvial – combinado.

Tabla 57

Resultado de comparación T de Student de altura de buzón

| Comparación | \bar{X}_1 | \bar{X}_2 | S_1^2 | S_2^2 | n_a | n_b | gl | α | S_c^2 | t | T_c | p-valor | Hipótesis |
|-------------------|-------------|-------------|---------|---------|-------|-------|-----|----------|---------|------|-------|---------|-----------|
| SANIT/PLUV | 2,59 | 2,15 | 3,60 | 1,05 | 68 | 52 | 118 | 5% | 2,50 | 1,98 | 1,54 | 0,13 | ACEPTA |
| SANIT/COMB | 2,59 | 2,23 | 3,60 | 1,48 | 68 | 74 | 140 | 5% | 2,49 | 1,98 | 1,37 | 0,17 | ACEPTA |
| PLUV/COMB | 2,15 | 2,23 | 1,05 | 1,48 | 52 | 74 | 124 | 5% | 1,30 | 1,98 | -0,41 | 0,68 | ACEPTA |

El resultado de la prueba T de Student, indica que, en la comparación de la altura del buzón, no tienen diferencia significativa, lo que nos dice que, ocuparía las mismas alturas y pendientes en el diseño de los diferentes tipos de alcantarillado. Una consideración importante es que, en el alcantarillado separado al ser pluvial y sanitario se ocuparía el doble de excavación y relleno al momento de su construcción.

Comparativa Económica

En el capítulo 0, menciona el costo total del alcantarillado combinado el cual es \$899,841.30 y en el capítulo 0 y 0 menciona el costo total del alcantarillado sanitario y pluvial que es de \$572,014.09 y \$450,033.23 que sumado da un costo de \$1,022,047.32. Lo cual indica que el costo del alcantarillado combinado resulta ser más económico que un alcantarillado separado.

Presupuesto y especificaciones técnicas

Presupuesto alcantarillado combinado

Las cantidades de obra y volúmenes se obtuvieron a partir de planos, detalles técnicos y ayuda de hojas de cálculo mostrados en los Anexos H y K. En este apartado se presenta un presupuesto general y en el Anexo N, se presenta un análisis por sección de calles y tramos.

Los valores de los rubros se obtuvieron a partir de la base de datos de GADMUR, y se adjunta en el Anexo Q, para el costo indirecto se utilizó de 10% del costo directo, para el IVA se utiliza 12%, costo actual de Ecuador 2021.

Tabla 58:
Presupuesto de sistema de alcantarillado combinado

| RUBRO | DESCRIPCION | SUBTOTAL (\$) |
|--------------|---|----------------------|
| 1 | NIVELACIÓN Y LIMPIEZA | 18167,2 |
| 2 | TRABAJOS DE CORTE Y CONSTRUCCIÓN DE VÍA | 22383,85 |
| 3 | CORTE Y RELLENO DE ZANJAS PARA TUBERÍA | 96147 |
| 4 | TUBERÍA PVC ALCANTARILLADO | 298997,29 |
| 5 | ENSAYOS DE DENSIDAD DE CAMPO | 1015,87 |
| 6 | POZOS DE REVISIÓN | 118586,04 |
| 7 | ACOMETIDA DOMICILIARIA | 148981,26 |
| 8 | SUMIDEROS DE CALZADA | 33296,34 |
| TOTAL | | 737574,84 |

| | | |
|---|--------------------|-----------------|
| PRESUPUESTO TOTAL | \$737574,84 | SUBTOTAL |
| IVA=12,0% | \$88508,98 | 12% IVA |
| IMPREVISTOS Y ACTUALIZACION DE COSTOS 10 % | \$73757.48 | 10% |
| PRESUPUESTO MÁS IVA | \$899841,30 | TOTAL |

Presupuesto alcantarillado sanitario

La cantidad de obra y el volumen se obtienen de la ayuda de planos, los detalles técnicos y hoja de cálculo que se muestra en el Anexo I y L, en este apartado se introduce el presupuesto general y en el Anexo O se introduce el análisis por calle y tramo de vía.

La base de datos de GADMUR, nos proporciona los valores de rubros, el cual se muestra en el Anexo Q. El costo indirecto se utilizó de 10% del costo directo. El IVA se utiliza 12%, costo actual de Ecuador 2021.

Tabla 59:
Presupuesto de sistema de alcantarillado sanitario

| RUBRO | DESCRIPCION | SUBTOTAL (\$) |
|--------------|---|----------------------|
| 1 | NIVELACIÓN Y LIMPIEZA | 15422,83 |
| 2 | TRABAJOS DE CORTE Y CONSTRUCCIÓN DE VÍA | 16095,36 |
| 3 | CORTE Y RELLENO DE ZANJAS PARA TUBERÍA | 83051,65 |
| 4 | TUBERÍA PVC ALCANTARILLADO | 119056,98 |
| 5 | ENSAYOS DE DENSIDAD DE CAMPO | 770,66 |
| 6 | POZOS DE REVISIÓN | 98020,89 |
| 7 | ACOMETIDA DOMICILIARIA | 136445,62 |
| TOTAL | | 468864,01 |

| | | |
|---|--------------------|-----------------|
| PRESUPUESTO TOTAL | \$468864,01 | SUBTOTAL |
| IVA=12,0% | \$56263,68 | 12% IVA |
| IMPREVISTOS Y ACTUALIZACION DE COSTOS 10 % | \$46886,40 | 10% |
| PRESUPUESTO MÁS IVA | \$572014,09 | TOTAL |

Presupuesto alcantarillado pluvial

Los volúmenes de obra y cantidades, se obtienen a partir de detalles técnicos mostrados en el Anexo J y M, especificaciones técnicas mostradas en el Anexo R, el presupuesto detallado por calles y tramos se muestra en el Anexo P.

La base de datos de GADMUR, nos proporciona los valores de rubros, el cual se muestra en el Anexo Q, para el costo indirecto se utilizó de 10% del costo directo y para el IVA se utiliza 12%, costo actual de Ecuador 2021.

Tabla 60:
Presupuesto de sistema de alcantarillado pluvial

| RUBRO | DESCRIPCION | SUBTOTAL (\$) |
|--------------|---|----------------------|
| 1 | NIVELACIÓN Y LIMPIEZA | 12648,6 |
| 2 | TRABAJOS DE CORTE Y CONSTRUCCIÓN DE VÍA | 15323,8 |
| 3 | CORTE Y RELLENO DE ZANJAS PARA TUBERÍA | 59177,54 |
| 4 | TUBERÍA PVC ALCANTARILLADO | 169756,91 |
| 5 | ENSAYOS DE DENSIDAD DE CAMPO | 700,6 |
| 6 | POZOS DE REVISIÓN | 80570,44 |
| 7 | SUMIDEROS DE CALZADA | 30701,82 |
| TOTAL | | 368879,7 |

| | | |
|--|--------------------|-----------------|
| PRESUPUESTO TOTAL | \$368879,70 | SUBTOTAL |
| IVA=12,0% | \$44265,56 | 12% |
| IMPREVISTOS Y ACTUALIZACION DE COSTOS 10% | \$36887,97 | 10% |
| PRESUPUESTO MÁS IVA | \$450033,23 | TOTAL |

Presupuesto de planta de tratamiento

En la Tabla 61 se muestra el presupuesto general de la planta de tratamiento y el presupuesto detallado en el Anexo U, el cual se obtuvo de la contabilización de cantidades de obra y volúmenes de materiales de planos, y detalles técnicos mostrados en el Anexo S.

La base de datos de GADMUR, nos proporciona los valores de rubros, el cual se muestra en el Anexo Q. Para el costo indirecto se utilizó el 10% del costo directo y para el IVA se utiliza 12%, costo actual de Ecuador 2021.

Tabla 61:
Presupuesto de planta de tratamiento del barrio "La Florida"

| # | DESCRIPCIÓN | SUBTOTAL |
|----|--|-----------------|
| 1 | OBRAS PRELIMINARES | 77851,89 |
| 2 | CÁMARA DE REJAS | 6441,38 |
| 3 | TRAMPA DE GRASAS | 2465,72 |
| 4 | TANQUE HOMOGENIZADOR | 124678,2 |
| 5 | TANQUE INHOFF | 64456,78 |
| 6 | FILTRO BIOLÓGICO | 15114,9 |
| 7 | LECHO DE SECADO | 77336,79 |
| 8 | TANQUE DESINFECCIÓN | 7957,95 |
| 9 | DESCARGA AIREADA | 1882,5 |
| 10 | CAJA DE REVISIÓN | 5260,72 |
| 11 | SUMINISTRO E INSTACIÓN DE TUBERÍAS EN PTAR | 1535,77 |
| 12 | CERCO PERIMETRICO DE MALLA OLIMPICA | 5188,88 |
| | TOTAL | 384982,6 |

| | | | |
|--|--|-------------|--------------|
| | PRESUPUESTO TOTAL | \$384982,60 | SUBTOTAL |
| | IVA = 12,0% | \$46197,91 | 12% |
| | IMPREVISTOS Y ACTUALIZACIÓN DE COSTOS | \$38498,26 | 10% |
| | PRESUPUESTO MÁS IVA | \$469678,77 | TOTAL |

Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas se muestran en el Anexo R, donde se detallan los rubros de los tres tipos de alcantarillado, combinado, sanitario y pluvial. Se incluye las especificaciones técnicas de los rubros de la planta de tratamiento para aguas residuales.

Capítulo 4

Conclusiones

- Se ha realizado el levantamiento topográfico el cual nos indica que el área del barrio La Florida tiene una extensión de 26,04 Ha, su elevación está comprendida entre 2512,58 m.s.n.m su cota más baja y 2555 m.s.n.m su cota más alta.
- Al evaluar las planillas de consumo se obtuvo una población de 1050 habitantes, con una dotación de agua por persona de 250 l/día, parámetros iniciales para el diseño del alcantarillado combinado y separado, con una población futura de 2141 habitantes con un periodo de diseño de 25 años.
- El estado actual del alcantarillado sanitario del barrio “La Florida”, presenta afectaciones físicas y funcionales, con el 64% de elementos en mal estado, e incumpliendo la normativa sobrepasando los 4 m/s. Los rediseños presentados cumplen con las características establecidas en la norma con una velocidad entre 0,9 m/s y 4 m/s, con un material de PVC con una totalidad de 3,6 km de tubería, la cual evitará inconvenientes a los habitantes del barrio “La Florida”, en el ámbito funcional, ecológico y de salubridad. Se pudo determinar que 41 pozos que representa 63% de la totalidad, tienen paredes de mampostería sin enlucir, y por presencia de gases residuales generaron un desgaste significativo en los materiales. El ladrillo es el material predominante con el 45% y adoquín con 18%. Los resultados de la evaluación hidráulica señalan que, 47 tramos de tubería no abastecen el caudal requerido para los servicios de agua residual y aguas pluviales, presentándose problemas de presurización, superando su capacidad a tubo lleno, además, 5 tramos no cumplen con la velocidad mínima requerida para la autolimpieza, y 2 tramos exceden la

velocidad máxima indicada en la Norma del Código Ecuatoriano de la Construcción, que es 4m/s para tubería de hormigón.

- Los diseños de alcantarillado con sus cálculos tomando en cuenta las bases de diseño con su normativa aplicada, se muestran en los Anexos H, I, J, donde el alcantarillado separado sanitario tiene un diámetro de 200 a 700 mm con una distancia a total de 3412,48 m, el alcantarillado separado pluvial tiene un diámetro de 200 a 700 mm con 2677,65 m de longitud total, el alcantarillado combinado posee un diámetro de 200 a 800 mm y 3719,86 m de longitud de tubería. Donde a nivel comparativo el alcantarillado combinado resulta ser más económico en su construcción con una diferencia de cantidades de \$122 206,02 dólares, y a nivel técnico tiene un mejor funcionamiento manteniendo el y/d entre 0,05 y 0,70, al tener un caudal que permite que las velocidades se mantengan en el rango especificado por las diferentes normas antes mencionadas en las bases de diseño.
- El diseño incluye planos, así como especificaciones técnicas, que se encuentran en los Anexos K, L, M, S, R. Respecto al presupuesto para el alcantarillado combinado es de \$899 841,30, mientras que para el alcantarillado separado \$1 022 047,32 y planta de tratamiento \$469 678,77, el cual para el alcantarillado se realizó con tubería PVC, la cual es óptima para su funcionamiento.

Recomendaciones

- Realizar el mantenimiento del alcantarillado, periódicamente con un mínimo de cada año, donde se retira sedimentos, material pétreo, contaminantes de negocios, basura, para un mejor funcionamiento y recepción de aguas sanitarias y pluviales.
- Se recomienda la colocación de sumideros en el barrio “La Florida”, ya que, en el catastro realizado, la mayor parte de calles no contaban con este sistema de recepción de aguas lluvias, provocando un daño en las calles y acumulación de materiales como material pétreo, material orgánico y basura.
- Se recomienda la socialización del proyecto, rediseño del alcantarillado sanitario y propuesta de planta de tratamiento, e informar sobre los beneficios a largo plazo, medidas de salud pública, conservación del ecosistema hacia la descarga del cuerpo de agua dulce.
- Investigar los impactos ambientales, por la utilización en gran parte de la población ecuatoriana del alcantarillado combinado y su descarga a cuerpos de agua dulce.

Bibliografía

- Cazau, P. (2006). *Introducción a la investigación en ciencias sociales* (Tercera ed.). Buenos Aires, Argentina.
- Comisión Nacional del Agua. (2015). *Alcantarillado Sanitario*. Coyoacán: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales .
- Comisión Nacional del Agua. (2015). *Datos Básicos Para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado*. Tlalpan: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Comisión Nacional del Agua. (2015). *Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente*. Coyoacán: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Comisión Nacional del Agua. (2015). *Drenaje Pluvial Urbano*. Coyoacán: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Comisión Nacional del Agua. (2015). *Introducción al Tratamiento de Aguas Residuales Municipales*. Coyoacán: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Comisión Nacional del Agua, M. (2015). *Metodologías de Evaluación Socioeconómica para Proyectos de Agua Potable, Alcantarillado, Saneamiento y Protección a Centros de Población*. Coyoacán: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- EMAAP-Q. (2009). *NORMAS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO PARA LA EMAAP-Q*. Obtenido de http://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/08/NORMAS_ALCANTARILLADO_EMAAP.pdf

GADMUR. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial Cantón Rumiñahui*.

Obtenido de

<http://181.112.151.212/Documentacion/Cantón%20Rumiñahui/pdyot-2014-2019.pdf>

González Chávez, A. E., & Chim Rodríguez, N. (2005). *Historia del Alcantarillado Mundial*.

Yucatan: Merida Yucatan.

INAMHI. (2019). *Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación*. Quito: Dirección de estudios, investigación y desarrollo hidrometeorológico.

MDGIF. (2007). *Código ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias*.

Quito.

Metcalf, & Eddy. (1996). *Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización*. Barcelona: McGraw-Hill.

Secretaría del Agua. (18 de Agosto de 1992). *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES*. Quito: Subsecretaría de Saneamiento Ambiental y Obras Sanitarias.