



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## 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

TEMA: “ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE  
ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LA COOPERATIVA  
ELOY ALFARO, CANTON RUMIÑAHUI”

AUTOR: DÁVALOS GUAMÁN, DANIEL HERIBERTO

DIRECTOR: ING. MASABANDA CAISAGUANO, MARCO

VINICIO PhD.

SANGOLQUÍ

2019



**ESPE**  
**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

i

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, “**ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LA COOPERATIVA ELOY ALFARO, CANTON RUMIÑAHUI.**” realizado por el señor **DÁVALOS GUAMÁN DANIEL HERIBERTO**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **DÁVALOS GUAMÁN DANIEL HERIBERTO** para que lo sustente públicamente.

**Sangolquí, 24 de Enero del 2019**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Masabanda Caisaguano', written over a horizontal line.

Ing. Masabanda Caisaguano, Marco Vinicio Ph.D

C.C. 1802179190

DIRECTOR



**ESPE**  
**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **DAVALOS GUAMAN DANIEL HERIBERTO**, con cédula de identidad N° 1721327706, declaro que este trabajo de titulación “**ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LA COOPERATIVA ELOY ALFARO, CANTON RUMIÑAHUI**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

**Sangolquí, 24 de Enero del 2019**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Daniel Heriberto Davalos Guaman', written over a horizontal line.

**DANIEL HERIBERTO DAVALOS GUAMAN**

C.C. 1721327706



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y DE LA CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **DÁVALOS GUAMÁN DANIEL HERIBERTO**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución presente trabajo de titulación **“ALTERNATIVA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LA COOPERATIVA ELOY ALFARO, CANTON RUMIÑAHUI”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

**Sangolquí, 24 de Enero del 2019**

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir "Daniel Heriberto Davalos Guaman".

---

**DANIEL HERIBERTO DAVALOS GUAMAN**

C.C. 1721327706

## DEDICATORIA

A los habitantes de la Cooperativa Eloy Alfaro cantón Rumiñahui, ya que mediante el desarrollo del presente proyecto se ayudará a mejorar las condiciones de vida y así eliminar los problemas de saneamiento generados del país.

A mis padres Patricio Heriberto Dávalos Lozada y Mery Guamán Jibaja, a mis hermanos Patricio Segundo, Byron Efrén, a mis sobrinos Fernanda, Aziel, Mateo, Saul, Emily, Carolina y a toda mi familia quienes han sido mi pilar fundamental y siempre me han brindado su apoyo incondicional en cada una de las etapas de mi vida.

A mi tía Rita Patricia Guamán Jibaja, más que una tía una segunda madre y desde el cielo me guía y protege en cada una de mis decisiones, a mis tíos Rosario Emperatriz Nieto Jibaja y Cristóbal Estévez, quienes me han dado sus consejos y ánimos para seguir adelante en duros momentos.

A mis amigos Robert, Gregorio, Manuel, Marco Andrés, Álvaro y Ámbar quienes más que amigos hermanos con quienes hemos compartido triunfos y derrotas y me han brindado su amistad incondicional.

Daniel H. Dávalos G.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE a la carrera de Ingeniería Civil, a cada uno de mis maestros quienes con paciencia y dedicación me han brindado su conocimiento para mi formación profesional durante mi estancia como estudiante, al Ing. Marco Masabanda PhD docente del área hidráulica, quien supo guiarme durante el desarrollo del presente proyecto.

Agradezco al Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Rumiñahui, al Departamento de Agua potable, Alcantarillado y Comercialización, al Ing. Mayra Subía quien dio apertura al presente proyecto, en especial al Ing. Nelson Pedraza quien con su dedicación, entusiasmo y entrega incondicional ha compartido su conocimiento y experiencia laboral durante todas las tutorías, a todo el personal técnico que colaboro en cada una de las actividades que se realizaron.

Agradezco al Licenciado Jorge Figueroa presidente de la cooperativa Eloy Alfaro quien ha colaborado brindando información histórica, así como ayuda para la ejecución de las diferentes actividades que se realizó durante el desarrollo del proyecto.

Daniel H. Dávalos G.

# ÍNDICE

|   |             |
|---|-------------|
| <b>CARATULA</b>                                 |             |
| <b>CERTIFICACIÓN .....</b>                      | <b>i</b>    |
| <b>AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....</b>         | <b>ii</b>   |
| <b>AUTORIZACIÓN.....</b>                        | <b>iii</b>  |
| <b>DEDICATORIA .....</b>                        | <b>iv</b>   |
| <b>AGRADECIMIENTO .....</b>                     | <b>v</b>    |
| <b>ÍNDICE .....</b>                             | <b>vi</b>   |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>                    | <b>x</b>    |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>                   | <b>xiii</b> |
| <b>RESUMEN.....</b>                             | <b>xvi</b>  |
| <b>ABSTRACT .....</b>                           | <b>xvii</b> |
| <b>CAPÍTULO I.....</b>                          | <b>1</b>    |
| <b>1. ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO .....</b> | <b>1</b>    |
| 1.1. Introducción .....                         | 1           |
| 1.2. Definición del problema.....               | 2           |
| 1.4. Objetivos del proyecto .....               | 4           |
| 1.4.1. Objetivo General .....                   | 4           |
| 1.4.2. Objetivos Específicos.....               | 4           |
| 1.5. Alcance del proyecto .....                 | 5           |
| 1.6. Justificación e Importancia.....           | 5           |
| 1.7. Antecedentes .....                         | 6           |

|  |           |
|--|-----------|
| 1.8. Metodología .....                     | 7         |
| <b>CAPÍTULO II.....</b>                    | <b>9</b>  |
| 2.1. Uso del suelo .....                   | 9         |
| 2.2. Característica del clima .....        | 10        |
| 2.3. Encuesta Socioeconómica.....          | 12        |
| 2.4. Estudio Topográfico.....              | 22        |
| <b>CAPÍTULO III .....</b>                  | <b>24</b> |
| <b>3. ANÁLISIS POBLACIONAL .....</b>       | <b>24</b> |
| 3.1. Población de diseño.....              | 24        |
| 3.1.1. Población actual .....              | 24        |
| 3.1.2. Población futura .....              | 24        |
| 3.2. Período de diseño .....               | 25        |
| 3.3. Tasa de crecimiento.....              | 26        |
| 3.4. Estimación de Población Futura.....   | 26        |
| 3.5. Método de Saturación.....             | 29        |
| 3.6. Densidad Poblacional Actual .....     | 30        |
| 3.7. Densidad Poblacional Futura .....     | 31        |
| 3.8. Dotación .....                        | 31        |
| 3.10. Acides o alcalinidad del suelo ..... | 45        |
| 3.11. Ensayos de laboratorio .....         | 47        |
| <b>CAPÍTULO IV .....</b>                   | <b>53</b> |
| <b>4. PARAMETROS DE DISEÑO.....</b>        | <b>53</b> |
| 4.2. Caudal de aguas residuales.....       | 55        |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.3. Aguas residuales domesticas .....  | 55        |
| <b>CAPÍTULO V .....</b>   | <b>72</b> |
| <b>5. CATASTRO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO .....</b>  | <b>72</b> |
| 5.1. Procedimiento y parámetros por obtener para el castro del sistema de alcantarillado<br>combinado y pluvial .....   | 73        |
| 5.2. Sistemas de alcantarillado actual.....   | 74        |
| 5.3. Sistema de alcantarillado combinado.....   | 75        |
| 5.4. Sistema de alcantarillado pluvial.....   | 77        |
| 5.5. Estado general de los pozos de revisión y sumideros en los sistemas de alcantarillado<br>combinado y pluvial. .... | 78        |
| 5.6. Observaciones de la cámara de inspección. ....   | 84        |
| 5.7. Evaluación hidráulica.....   | 90        |
| 5.8. Evaluación hidráulica del sistema de alcantarillado combinado.....   | 91        |
| 5.9. Evaluación hidráulica del sistema de alcantarillado pluvial .....  | 96        |
| <b>CAPÍTULO VI .....</b>  | <b>99</b> |
| <b>6. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO .....</b>  | <b>99</b> |
| 6.1. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario .....   | 99        |
| 6.2. Conexión Domiciliaria .....  | 100       |
| 6.3. Pozo de revisión Tipo B1 Conexión Domiciliaria .....   | 101       |
| 6.4. Biodegradabilidad de aguas residuales .....  | 101       |
| 6.5. Diseño del sistema de alcantarillado pluvial.....  | 102       |
| 6.6. Pozos de revisión.....   | 103       |
| 6.7. Sumidero Tipo II .....   | 104       |

|  |            |
|--|------------|
| 6.8. Pozos de Bandeja .....  | 105        |
| <b>CAPÍTULO VII.....</b>   | <b>112</b> |
| <b>7. PRESUPUESTO REFERENCIAL.....</b>                             | <b>112</b> |
| 7.1. Presupuesto referencial de las alternativas del proyecto..... | 112        |
| 7.2. Especificaciones técnicas.....                                | 113        |
| <b>CAPÍTULO VIII .....</b>   | <b>114</b> |
| 8.1. Conclusiones .....  | 114        |
| 8.2. Recomendaciones.....  | 116        |
| <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>   | <b>117</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1</b> <i>Clasificación de usos del suelo en la Cooperativa Eloy Alfaro</i> .....                             | 10 |
| <b>Tabla 2</b> <i>Información de la estación meteorológica Izobamba</i> .....   | 10 |
| <b>Tabla 3</b> <i>Datos de temperatura estación Izobamba</i> .....  | 11 |
| <b>Tabla 4</b> <i>Valores de precipitación anual estación Izobamba</i> .....  | 12 |
| <b>Tabla 5</b> <i>Tenencia de la vivienda</i> .....   | 13 |
| <b>Tabla 6</b> <i>Tipos de vivienda</i> .....   | 14 |
| <b>Tabla 7</b> <i>Uso del inmueble</i> .....  | 15 |
| <b>Tabla 8</b> <i>Sistema constructivo de la vivienda</i> .....   | 16 |
| <b>Tabla 9</b> <i>Servicios básicos</i> .....   | 17 |
| <b>Tabla 10</b> <i>Abastecimiento de agua potable</i> .....   | 18 |
| <b>Tabla 11</b> <i>Eliminación de excretas</i> .....  | 19 |
| <b>Tabla 12</b> <i>Ingreso promedio mensual</i> .....   | 19 |
| <b>Tabla 13</b> <i>Información familiar</i> .....   | 20 |
| <b>Tabla 14</b> <i>Actitudes ante el problema</i> .....   | 21 |
| <b>Tabla 15</b> <i>Vida útil sugerida para los diferentes elementos hidráulicos</i> .....                             | 25 |
| <b>Tabla 16</b> <i>Habitantes existentes en la Parroquia de Sangolquí en los años 1990- 2001- 2010</i> ....           | 26 |
| <b>Tabla 17</b> <i>Tasa de crecimiento en la Parroquia Sangolquí en los periodos 1990-2001 y 2001-<br/>2010</i> ..... | 26 |
| <b>Tabla 18</b> <i>Proyección de la población futura</i> .....  | 28 |
| <b>Tabla 19</b> <i>Cuadro de resumen población futura</i> .....   | 30 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 20</b> Nivel de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos. .... | 32 |
| <b>Tabla 21</b> Dotación de agua para los diferentes servicios .....   | 33 |
| <b>Tabla 22</b> Consumo m <sup>3</sup> /mes de agua potable máximo, mínimo y promedio .....                                  | 34 |
| <b>Tabla 23</b> Dotación Neta Cooperativa Eloy Alfaro .....  | 36 |
| <b>Tabla 24</b> Ubicación de la extracción de muestras .....   | 38 |
| <b>Tabla 25</b> Resumen contenido de humedad medio de las muestras.....  | 41 |
| <b>Tabla 26</b> Resumen de la granulometría de las muestras.....   | 41 |
| <b>Tabla 27</b> Resumen de límites de Atterberg .....  | 44 |
| <b>Tabla 28</b> Clasificación del suelo de la cooperativa Eloy Alfaro según SUCS.....  | 45 |
| <b>Tabla 29</b> Resultados del medidor de pH en las muestras de suelo .....  | 46 |
| <b>Tabla 30</b> Niveles críticos para el pH.....   | 47 |
| <b>Tabla 31</b> Cuadro de resumen de los ensayos .....   | 52 |
| <b>Tabla 32</b> Valores para el coeficiente de retorno de aguas servidas domésticas .....                                    | 57 |
| <b>Tabla 33</b> Valores del factor de infiltración dependiendo del nivel de complejidad del sistema..                        | 58 |
| <b>Tabla 34</b> Aportes máximos por conexiones erradas. ....   | 59 |
| <b>Tabla 35</b> Valores del coeficiente de escurrimiento. ....   | 61 |
| <b>Tabla 36</b> Valores del coeficiente de escurrimiento C para diversos tipos de superficie. ....                           | 61 |
| <b>Tabla 37</b> Datos de estación pluviométrica Izobamba .....   | 64 |
| <b>Tabla 38</b> Intensidades, duración y frecuencia máxima en 24 horas, de estación Izobamba. ....                           | 64 |
| <b>Tabla 39</b> Intensidades máxima en 24 horas (mm/h) de estación Izobamba.....   | 65 |
| <b>Tabla 40</b> Intensidades de la Estación Izobamba y del Cantón Rumiñahui.....   | 66 |
| <b>Tabla 41</b> Caudal de lluvia en cada Tramo de la evaluación hidráulica .....   | 67 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabla 42</b> <i>Velocidades máximas a tubo lleno y coeficientes de rugosidad.</i> .....                  | 68  |
| <b>Tabla 43</b> <i>Distancias máximas entre pozos de revisión</i> .....                                     | 69  |
| <b>Tabla 44</b> <i>Diámetros recomendados de pozos de revisión</i> .....                                    | 70  |
| <b>Tabla 45</b> <i>Parámetros y características del Sistema de alcantarillado combinado actual</i> .....    | 76  |
| <b>Tabla 46</b> <i>Parámetros y características del Sistema de alcantarillado pluvial actual</i> .....      | 78  |
| <b>Tabla 47</b> <i>Cuadro de resumen de lotes con conexión domiciliaria hacia pozo de revisión</i> .....    | 81  |
| <b>Tabla 48</b> <i>Sumidero tapados del alcantarillado combinado</i> .....                                  | 82  |
| <b>Tabla 49</b> <i>Cuadro de resumen del diagnóstico, sistema de alcantarillado Sanitario actual.</i> ..... | 92  |
| <b>Tabla 50</b> <i>Cuadro de resumen del diagnóstico, sistema de alcantarillado Pluvial actual</i> .....    | 97  |
| <b>Tabla 51</b> <i>Relación Biodegradabilidad para aguas residuales</i> .....                               | 102 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <i>Figura 1</i> Cooperativa Eloy Alfaro.....                                       | 3  |
| <i>Figura 2</i> Resultado porcentual tenencia de la vivienda.....                  | 14 |
| <i>Figura 3</i> Resultado porcentual de tipos de vivienda. ....                    | 15 |
| <i>Figura 4</i> Resultado Porcentual de uso del inmueble .....                     | 16 |
| <i>Figura 5.</i> Resultado porcentual sistema constructivo de vivienda .....       | 17 |
| <i>Figura 6.</i> Resultado porcentual de servicios básicos.....                    | 17 |
| <i>Figura 7</i> Resultados porcentuales abastecimiento de agua potable. ....       | 18 |
| <i>Figura 8</i> Resultado porcentual eliminación de excretas.....                  | 19 |
| <i>Figura 9</i> Resultado porcentual ingreso promedio mensual. ....                | 20 |
| <i>Figura 10</i> Resultado porcentual información familiar. ....                   | 21 |
| <i>Figura 11</i> Resultado porcentual ante el problema.....                        | 21 |
| <i>Figura 12</i> Replanteo personal técnico DAPAC-R .....                          | 22 |
| <i>Figura 13</i> Perfil Calle J de replanteo.....                                  | 23 |
| <i>Figura 14</i> Registro mensual del consumo máximo.....                          | 34 |
| <i>Figura 15</i> Registro mensual del consumo mínimo.....                          | 35 |
| <i>Figura 16</i> Registro mensual del consumo promedio.....                        | 35 |
| <i>Figura 17</i> Dotación vs Usuarios Cooperativa Eloy Alfaro .....                | 37 |
| <i>Figura 18</i> Consumo Promedio mensual vs Usuarios Cooperativa Eloy Alfaro..... | 37 |
| <i>Figura 19</i> Ubicación en el plano de la extracción de muestras .....          | 39 |
| <i>Figura 20</i> Extracción de muestras.....                                       | 39 |
| <i>Figura 21</i> Muestras perfectamente conservadas e identificadas .....          | 40 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 22</b> Curva Granulométrica de la muestra M1.....                               | 42 |
| <b>Figura 23</b> Curva Granulométrica de la muestra M2.....                               | 42 |
| <b>Figura 24</b> Curva Granulométrica de la muestra M3.....                               | 43 |
| <b>Figura 25</b> Calibración del medidor de pH con buffer .....                           | 45 |
| <b>Figura 26</b> Medición de pH en las muestras de suelo.....                             | 46 |
| <b>Figura 27</b> Botella y mesa agitadora, caucho y pastillas de hidróxido de sodio ..... | 48 |
| <b>Figura 28</b> Lector de espectro, enfriador con viales de 16mm y Reactor térmico ..... | 49 |
| <b>Figura 29</b> Bomba al vacío y Capsula de porcelana, filtro .....                      | 49 |
| <b>Figura 30</b> Laboratorio en campo .....   | 51 |
| <b>Figura 31</b> Áreas de aporte del alcantarillado Sanitario .....                       | 54 |
| <b>Figura 32</b> Curvas de intensidad – duración estación Izobamba.....                   | 64 |
| <b>Figura 33</b> Sistema de alcantarillado combinado .....                                | 75 |
| <b>Figura 34</b> Sistema de alcantarillado pluvial .....                                  | 77 |
| <b>Figura 35</b> Sistema de alcantarillado existente .....                                | 79 |
| <b>Figura 36</b> Pozo de revisión sin recubrimiento de mortero. ....                      | 80 |
| <b>Figura 37</b> Acometida domiciliaria tubería no revocada .....                         | 81 |
| <b>Figura 38</b> Sumidero obstruido.....  | 82 |
| <b>Figura 39</b> Pozo revisión del alcantarillado pluvial.....                            | 83 |
| <b>Figura 40</b> Sumidero Tipo II.....  | 83 |
| <b>Figura 41</b> Cámara de inspección Verisigth Pro.....                                  | 85 |
| <b>Figura 42</b> Presencia de material pétreo en la tubería. ....                         | 86 |
| <b>Figura 43</b> Mal diseño de juntas entre tuberías. ....                                | 86 |
| <b>Figura 44</b> Conexión domiciliaria mal realizada .....                                | 87 |

|   |     |
|---|-----|
|   | xv  |
| <b>Figura 45</b> Conexión domiciliaria bien realizada .....         | 87  |
| <b>Figura 46</b> Existencia de gases acumulados en el colector..... | 88  |
| <b>Figura 47</b> Tubería obstruida con sedimento.....               | 89  |
| <b>Figura 48</b> Tubería fisurada parte superior .....              | 89  |
| <b>Figura 49</b> Detalle conexión domiciliaria-Colector.....        | 100 |
| <b>Figura 50</b> Pozo de revisión Tipo B1 .....                     | 101 |
| <b>Figura 51</b> Detalle de pozo pluvial .....                      | 104 |
| <b>Figura 52</b> Sumidero Tipo II.....                              | 105 |
| <b>Figura 53</b> Dimensionamiento Pozo de bandejas .....            | 107 |
| <b>Figura 54</b> Diseño definitivo Pozo de bandejas.....            | 111 |

## **RESUMEN**

El presente proyecto plantea dos alternativas para el rediseño del sistema de alcantarillado Sanitario y Pluvial de la cooperativa Eloy Alfaro, cantón Rumiñahui de la provincia de Pichincha, el cual fue requerido por la Dirección de proyectos del Departamento de Agua Potable, Alcantarillado y Comercialización (DAPAC-R) del Gobierno Autónomo descentralizado del cantón Rumiñahui (GADMUR). Para la ejecución del presente proyecto se realizaron diferentes actividades en campo como de escritorio entre las cuales fueron: aplicar una encuesta Socio- Económica a los 120 lotes, Levantamiento topográfico, identificación del suelo, ensayo Físico-Químicas y bacteriológicas de aguas servidas, levantamiento del catastro del actual sistema de alcantarillado combinado, trazado y parámetros de diseño del nuevo sistema, presupuesto referencial, así como un pozo de bandejas. La ejecución del proyecto ayudara a resolver la actual problemática del actual sistema de alcantarillado combinado ya que tiene un periodo de funcionamiento mayor a 30 años y en algunos tramos es deficiente. La cooperativa Eloy Alfaro cuenta con un sistema de alcantarillado pluvial construido hace 13 meses, pero solo un tramo por lo cual es necesario completar la cobertura del sistema. Se utilizaron normas de la Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito. (EMAPP-Q) así como del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología y (INAMHI) así como el acuerdo ministerial N°28, como las actuales regulaciones vigentes del GADMUR.

### **PALABRAS CLAVES:**

- **ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL**
- **COOPERATIVA ELOY ALFARO**
- **CATASTRO DE ALCANTARILLADO**

## **ABSTRACT**

This project proposes two alternatives for the redesign of the Sanitary and Pluvial sewer system of the Eloy Alfaro cooperative, Rumiñahui canton of Pichincha province, which was required by the Department of Drinking Water, Sewerage and Marketing Department (DAPAC) -R) of the decentralized Autonomous Government of the Rumiñahui canton (GADMUR). For the execution of this project, different activities were carried out in the field, such as the desktop, among which were: to apply a Socio-Economic survey to the 120 lots, Topographical survey, soil identification, Physical-Chemical and bacteriological test of sewage, survey of the cadastre of the current combined sewer system, layout and design parameters of the new system, referential budget, as well as a well of trays. The execution of the project will help solve the current problems of the current combined sewerage system since it has a period of operation greater than 30 years and in some sections it is deficient. The Eloy Alfaro cooperative has a sewer system built 13 months ago, but only one section, which is why it is necessary to complete the coverage of the system. Standards of the Metropolitan Sewer and Potable Water Company of Quito were used. (EMAPP-Q) as well as the Ecuadorian Normalization Institute (INEN), the National Institute of Meteorology and Hydrology and (INAMHI) as well as the ministerial agreement No. 28, as the current regulations of the GADMUR.

### **KEYWORDS:**

- **SANITARY AND PLUVIAL SEWAGE**
- **COOPERATIVA ELOY ALFARO**
- **SEWAGE CATASTRO**

# CAPÍTULO I

## 1. ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO

### 1.1.Introducción

El cantón Rumiñahui fue modelado, principalmente, por la acción volcánica donde se denotan los flancos de volcán, flujos de lava y relieves volcánicos geológicamente constituidos por andesitas proxémicas, se observa además de filones de basalto que atraviesan en forma vertical y transversal los estratos de lavas y piroclastos, son basaltos feldespáticos con pequeñas cantidades de olivino (GADMUR, 2012).

Ante el crecimiento poblacional de la parroquia de Sangolquí, ya que paso de los 62.562 habitantes en el 2001 a 81.140 habitantes en el 2010 según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), el actual sistema de alcantarillado ha superado su periodo de vida útil. El DAPAC-R en colaboración con la Universidad Fuerzas Armadas- ESPE mediante un estudio técnico, pretenden realizar el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario y pluvial para la cooperativa Eloy Alfaro.

Los principales ejes de trabajo de la DAPAC-R son la calidad, cantidad, continuidad y costo del servicio de alcantarillado y agua potable en el cantón Rumiñahui.

La cooperativa Eloy Alfaro cuenta con 120 lotes de terrenos, con un área promedio de 1381m<sup>2</sup> cada uno de ellos, los cuales en un principio estaban destinados para uso de cultivos, pero en la actualidad la mayor parte de estos se encuentran ocupados para uso residencial,

comercial y mixtos, incluso algunos lotes de la cooperativa se encuentran funcionando como conjuntos habitacionales.

## **1.2. Definición del problema**

El rediseño del actual sistema de alcantarillado sanitario y pluvial permitirá un buen drenaje hacia cuerpos de agua dulce, al río San Pedro ya que en épocas de invierno no abastece al rápido escurrimiento de aguas lluvias, también se debe a que el sistema ha sobrepasado su periodo de vida útil, el actual sistema de alcantarillado se encuentra en funcionamiento más de 30 años.

## **1.3. Descripción del área de influencia.**

### **1.3.1. Ubicación geográfica.**

El proyecto está ubicado en la provincia de Pichincha, zona urbana del cantón Rumiñahui, Cooperativa Eloy Alfaro, en las coordenadas UTM: 781464.40 Este, 9960463.41 Norte. Los límites son: al Norte río San Pedro, al Sur Parque Industrial del Cantón Rumiñahui, al este la Avenida General Rumiñahui, al oeste el río San Pedro (Figura 1).



**Figura 1.** Cooperativa Eloy Alfaro  
Fuente: (Google Earth.,2018)

### 1.3.2. Área de influencia

La ejecución de este proyecto beneficiara a la Cooperativa Eloy Alfaro ya que actualmente la red de alcantarillado tiene más de treinta años en funcionamiento y ha cumplido su tiempo de vida útil, presenta deterioro en algunos tramos y en temporada de invierno no abastece al rápido desalojo de aguas lluvia.

El área de influencia tendrá un alcance de 25 hectáreas y la red de alcantarillado tendrá una longitud proyectada de 3.6Km aproximadamente y una población de 435 habitantes.

Es necesario evaluará la actual red de alcantarillado sanitario partiendo de los estudios de topográficos de la cooperativa Eloy Alfaro, del catastro de toda la red y la evaluación

con la cámara de inspección para tuberías en tramos críticos del sistema, con la información levantada se modelará los tramos existentes para definir sus mejoras o su rediseño total

## **1.4.Objetivos del proyecto**

### **1.4.1.Objetivo General**

Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario y pluvial para la Cooperativa Eloy Alfaro, cantón Rumiñahui, mediante levantamiento de catastro y una evaluación hidráulica del actual sistema de alcantarillado para mejorar el nivel de servicio.

### **1.4.2.Objetivos Específicos**

- Realizar una línea base de la zona en estudio.
- Levantar el catastro de todo el sistema de alcantarillado actual.
- Toma de muestras de aguas servidas en la descarga del río San Pedro en la cooperativa Eloy Alfaro para su análisis.
- Determinar parámetros para el diseño del sistema de alcantarillado y un diseño total del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial.
- Realizar un presupuesto referencial, de las alternativas de rehabilitación del sistema de alcantarillado y del rediseño total del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial.

### **1.5. Alcance del proyecto**

Obtener la mejor alternativa para el rediseño del actual sistema de alcantarillado, al realizar un estudio técnico y sea viable económicamente mediante un análisis de precios unitarios obteniendo un presupuesto referencial de cada una de las alternativas, acompañado de una memoria técnica del proyecto.

### **1.6. Justificación e Importancia**

Una red de Saneamiento deficiente provoca 290 000 muertos anualmente a nivel mundial según la OMS 2016, (Organización Mundial de la Salud) por disentería, hay que considerar también las enfermedades tropicales ocasionadas como dengue, paludismo, lombrices intestinales, esquistosomiasis, incluso la mal nutrición.

Gran parte de alcantarillado en zonas urbanas, y algunas rurales se han diseñado y construido mediante una red combinada, con el pasar de los años y la implementación de nuevas tecnologías, determinan que este tipo de sistemas generan problemas de salud, así como de operación y mantenimiento, considerando también que en época de invierno es imposible tratar todas las aguas lluvia por lo que se realiza la descarga directamente a un afluente.

Debido al gran crecimiento poblacional y económico, las autoridades del GAD Municipal del cantón Rumiñahui, han considerado pertinente, remplazar las redes de alcantarillado combinado por un alcantarillado separado para evitar problemas de contaminación por descargas de aguas servidas, directamente al río San Pedro, así como la existencia de tuberías

en la red de alcantarillado combinado con diámetro de 200mm ya que en la actualidad el diámetro mínimo es 250mm de acuerdo a la norma Secretaria del Agua- SENAGUA, 2012

Según el Plan Nacional del Buen Vivir de la república del Ecuador, objetivo número tres, el cual indica que es necesario mejorar la calidad de vida de la población, en todos los asentamientos poblacional cuenten con los servicios básicos:

- a) Luz eléctrica
- b) Sistema de Agua potable
- c) Sistema de alcantarillado

### **1.7.Antecedentes**

Una red de alcantarillado es una necesidad básica para una zona poblacional, ya que disminuye problemas de saneamiento y enfermedades causada por estanquidad de esta, ayuda al desarrollo de las sociedades dinamizando la economía entre dos o más lugares.

Lo más acertado para realizar un diseño de una red de alcantarillado es tratar a las aguas servidas por separado es decir una red de alcantarillado sanitaria y el otro alcantarillado pluvial.

Con el planteamiento del tema se pretende disminuir los problemas de saneamiento en la cooperativa Eloy Alfaro cantón Rumiñahui, ante el crecimiento poblacional de la parroquia de Sangolquí, ya que paso de los 62.562 habitantes en el 2001 a 81.140 habitantes en el 2010 según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).

El cantón Rumiñahui en la actualidad posee 27 vertientes y 4 datos proporcionados por la DAPAC-R pozos los cuales producen 511,31 l/s, para consumo humano, posee una cobertura de agua potable del 96%, a nivel nacional es uno de los cantones con mayor cobertura, (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología- INAMHI, 2014).

### **1.8. Metodología**

Para determinar el número de habitantes actual de la cooperativa Eloy Alfaro, aplicaremos una encuesta socio económica a los 120 lotes que conforman la cooperativa. La topografía del lugar será entregada por parte de la DAPAC-R, la misma q será verificada en campo mediante un replanteo con estación total.

En el catastro aplicaremos una matriz proporcionada por el DAPAC-R que será llenada en campo en la cual se determinará número de alcantarillas, pozos de revisión, sumideros entre otros elementos, adicionalmente a esto pasaremos la cámara de inspección proporcionada por el DAPAC-R, en tramos críticos para comprobar el estado actual de tuberías y conexiones, así como sedimentación del sistema de alcantarillado.

Se tomará muestras de aguas servidas en la descarga hacia el río San Pedro en la cooperativa Eloy Alfaro, se lo realizará desde las 8:00 hasta las 14:00 cada hora, con muestras de un litro para homogenizar la muestra y determinar el DBO5, DQO, y sus propiedades (físico, químico y bacteriológico) del actual sistema de alcantarillado mediante el laboratorio del Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción de la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE).

Realizaremos dos diseños, el uno será la rehabilitación del actual sistema de alcantarillado sanitario y otro el rediseño total, mediante un sistema de alcantarillado sanitario y pluvial, con ayuda de una hoja electrónica en Excel en la cual se verificará diámetros de la tubería, velocidades mínima y máxima en cada uno de los tramos.

Determinaremos el presupuesto referencial de las dos alternativas de mejoramiento para el actual sistema de alcantarillado mediante el análisis de precios unitarios.

## CAPÍTULO II

### 2.1. Uso del suelo

El GAD del cantón Rumiñahui en su Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2012-2025 menciona que:

En base a la información generada por el Instituto Espacial Ecuatoriano hallamos que el uso del suelo del cantón Rumiñahui está destinado en su mayor porcentaje a labores pecuarias (37%), actividades antrópicas (29%), conservación y protección (25%) (GAMUR, 2014, pág. 177)

De acuerdo al Código Orgánico, Organización Territorial Autonomía Descentralización (COOTAD) y al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cantón Rumiñahui 2012 – 2025, la cooperativa Eloy Alfaro se encuentra ubicada en la zona N°10 del Parque industrial – El Carmen del cantón Rumiñahui y corresponde a uso de suelo Industrial.

La cooperativa Eloy Alfaro posee un área total de 25 hectáreas, en la Tabla 1. se observa que: el 36,29% representa a los lotes utilizados como residencias, el 32,65% representa los lotes baldíos los cuales son utilizados para la agricultura o ganadería ya que cada lote tiene un área promedio de 1381m<sup>2</sup>, el 16,16% representa vías que están conformado por aceras y calzada, el 14,92% representa áreas de recreación que son Área comunal, cancha de fútbol, cancha de baloncesto entre otras áreas verdes.

**Tabla 1***Clasificación de usos del suelo en la Cooperativa Eloy Alfaro*

| <b>Tipo de ocupación</b> | <b>Área total</b> | <b>%</b> |
|--------------------------|-------------------|----------|
| Uso residencial- Lotes   | 9,07 ha           | 36,29%   |
| Lotes baldíos            | 8,16 ha           | 32,65%   |
| Vías                     | 4,04 ha           | 16,16%   |
| Áreas de recreación      | 3,73 ha           | 14,92%   |
| Total uso del suelo      | 25,00 ha          | 100%     |

## 2.2. Característica del clima

Debido a que el cantón Rumiñahui presenta 3 diferentes tipos de climas El 75% del cantón se encuentra dentro del clima Ecuatorial Meso térmico húmedo, el 15% del cantón se encuentra en Ecuatorial Frio Húmedo y el 10% en Páramo (GAMUR, 2014, pág. 37), se ha decido trabajar con la estación Izobamba con datos obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI, para obtener datos como: información de la estación, temperatura, precipitaciones e humedad.

En la Tabla 2. se presenta la información de la estación meteorológica como: código, nombre de la estación, código de tipo de estación, código cuenca Hidrológica, Ubicación geográfica, Latitud, Longitud, Altitud, código de provincia y la Institución propietaria de la estación.

**Tabla 2***Información de la estación meteorológica Izobamba*

| <b>Estación Meteorológica</b> |                 |             |                  |                |                 |                       |                  |                    |
|-------------------------------|-----------------|-------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------------|------------------|--------------------|
| <b>Código</b>                 | <b>Estación</b> | <b>Tipo</b> | <b>Zona Hid.</b> | <b>Latitud</b> | <b>Longitud</b> | <b>Altitud (msnm)</b> | <b>Provincia</b> | <b>Propietario</b> |
| M0003                         | Izobamba        | AP          | 80               | 0° 22' 0" S    | 78° 33' 0" W    | 3058                  | Pichincha        | INAMHI             |

Fuente: (Instituto Nacional de Metereología e Hidrología- INAMHI, 2014, pág. 18).

### 2.2.1. Temperatura de la Zona de estudio

En la Tabla 3. se presenta los datos estadísticos del anuario meteorológico del año 2017 del INAMHI, de la temperatura en la estación Izobamba, obtenidas mediante la toma de lecturas como mínimo 20 días de registro, en base a temperaturas extremas.

**Tabla 3**  
*Datos de temperatura estación Izobamba*

| <b>Temperatura (°C), 2017</b> |                 |               |                |
|-------------------------------|-----------------|---------------|----------------|
| <b>Mes</b>                    | <b>Absoluta</b> | <b>Medias</b> |                |
|                               | <b>Máxima</b>   | <b>Máxima</b> | <b>Mensual</b> |
| <b>Enero</b>                  | 22,9            | 19,8          | 13,2           |
| <b>Febrero</b>                | --              | 17,8          | 11,8           |
| <b>Marzo</b>                  | 20,8            | 19,0          | 12,7           |
| <b>Abril</b>                  | 21,2            | 19,2          | 12,5           |
| <b>Mayo</b>                   | 20,0            | 18,2          | 12,1           |
| <b>Junio</b>                  | 23,0            | 19,7          | 12,7           |
| <b>Julio</b>                  | 21,6            | 19,8          | 12,4           |
| <b>Agosto</b>                 | 22,4            | 19,7          | 12,3           |
| <b>Septiembre</b>             | --              | 19,7          | 12,7           |
| <b>Octubre</b>                | 21,8            | 19,1          | 12,3           |
| <b>Noviembre</b>              | 22,0            | 18,7          | 11,9           |
| <b>Diciembre</b>              | 21,2            | 18,9          | 12,3           |
| <b>Valor anual</b>            | --              | 19,1          | 12,4           |

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología- INAMHI, 2018, pág. 37)

### 2.2.2. Precipitación

El GAD del cantón Rumiñahui en su Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2012-2025 menciona que:

La precipitación media anual es de 1000mm, siendo los meses abril y octubre los de mayor precipitación, esto hace que la zona sea muy fértil y el paisaje se conserve siempre verde (datos presentados de la zona urbana del cantón). (GAMUR, 2014, pág. 37).

En la Tabla 4. Se presenta datos estadísticos de precipitaciones en mm del anuario meteorológico emitido por el INAMHI correspondiente al año 2017 de la estación

Izobamba en los cuales observamos el nombre, la suma de la precipitación mensual, precipitación máxima en 24 horas y diaria, días de precipitación.

**Tabla 4**

*Valores de precipitación anual estación Izobamba*

| Mes                | Precipitación (mm), 2017 |                 |               | Número de días con precipitación |
|--------------------|--------------------------|-----------------|---------------|----------------------------------|
|                    | Suma Mensual             | Máxima en 24hrs | Máxima en día |                                  |
| <b>Enero</b>       | 43,7                     | 14,9            | 12,0          | 11,0                             |
| <b>Febrero</b>     | 230,5                    | 33,4            | 11,0          | 24,0                             |
| <b>Marzo</b>       | 128,1                    | 20,6            | 22,0          | 20,0                             |
| <b>Abril</b>       | 101,9                    | 15,3            | 19,0          | 19,0                             |
| <b>Mayo</b>        | 239,0                    | 36,6            | 2,0           | 31,0                             |
| <b>Junio</b>       | 9,8                      | 7,2             | 1,0           | 4,0                              |
| <b>Julio</b>       | 8,3                      | 4,0             | 4,0           | 4,0                              |
| <b>Agosto</b>      | 43,5                     | 11,3            | 24,0          | 10,0                             |
| <b>Septiembre</b>  | 38,9                     | 10,8            | 3,0           | 12,0                             |
| <b>Octubre</b>     | 191,5                    | 40,0            | 23,0          | 23,0                             |
| <b>Noviembre</b>   | 45,9                     | 10,4            | 14,0          | 11,0                             |
| <b>Diciembre</b>   | 79,6                     | 21,6            | 9,0           | 10,0                             |
| <b>Valor anual</b> | 1160,7                   | 40,0            |               |                                  |

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología- INAMHI, 2018, pág. 37)

En el alrededor del barrio existe abundante vegetación, no hay circulación constante de automotores, o cualquier otro de tipo de elemento que genere sensaciones auditivas desagradables, por este motivo los niveles de ruido son permisibles para el oído humano.

### **2.3.Encuesta Socioeconómica.**

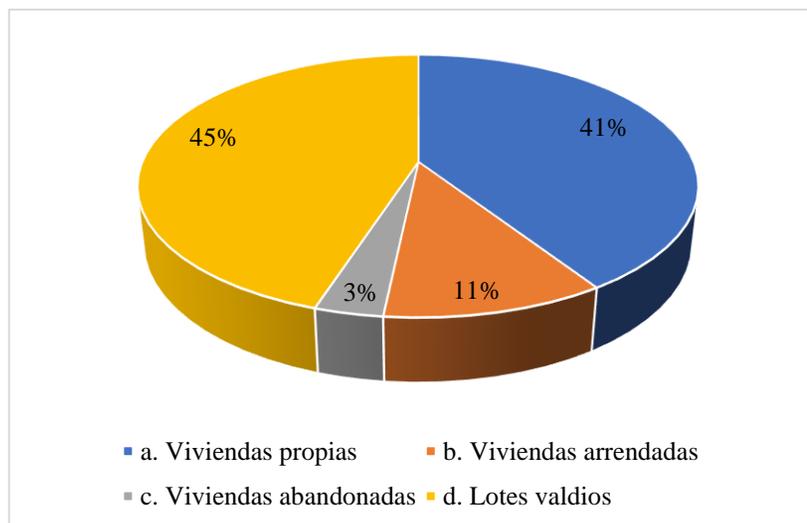
Se aplico una encuesta socioeconómica (VER ANEXO A) a todos los jefes de hogar de los 120 lotes que conforman la cooperativa Eloy Alfaro, desde el día 8 de marzo al 10 de marzo del 2018, para obtener información demográfica real y actualizada del sistema a ser analizado, a continuación, se muestra información de la encuesta:

- Tenencia de vivienda
- Tipo de vivienda
- Uso del inmueble
- Sistema constructivo de la vivienda
- Servicios básicos
- Abastecimiento de agua potable
- Eliminación de excretas
- Población total
- Información familiar
- Actitudes

En la Tabla 5. y Figura 2. muestra que la cooperativa Eloy Alfaro está constituida por 66 lotes con viviendas y 54 lotes baldíos dando un total de 120 lotes, en su mayoría las viviendas son propias, aunque algunas se encuentran habitas por cuidadores, la figura 2. muestra que el 41% corresponde a viviendas propias, el 13% corresponde a viviendas arrendadas, el 3% corresponde a viviendas abandonadas y un 45% corresponde a lotes baldíos.

**Tabla 5**  
*Tenencia de la vivienda*

| <b>Tendencia de la vivienda</b> | <b>Número de viviendas</b> | <b>Porcentaje</b> |
|---------------------------------|----------------------------|-------------------|
| a. Viviendas propias            | 49                         | 41%               |
| b. Viviendas arrendadas         | 13                         | 11%               |
| c. Viviendas abandonadas        | 4                          | 3%                |
| d. Lotes baldíos                | 54                         | 45%               |
| <b>Total de viviendas</b>       | <b>120</b>                 | <b>100%</b>       |



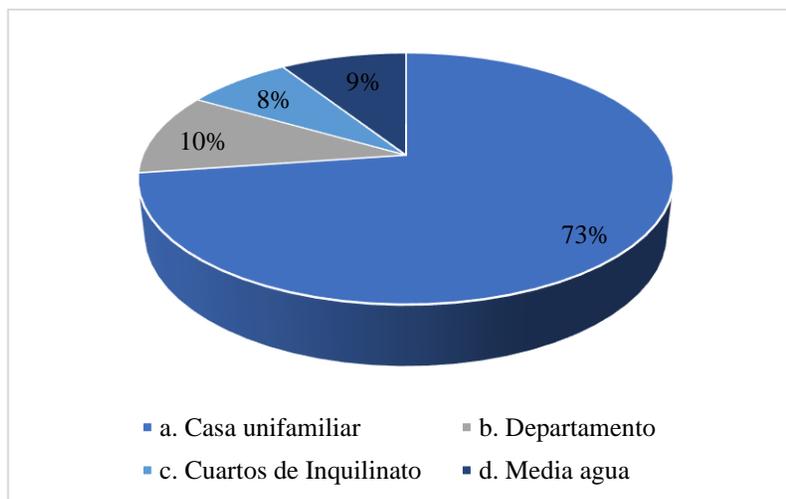
**Figura 2.** Resultado porcentual tenencia de la vivienda

En la Tabla 6 y Figura 3. se muestra que las viviendas en la cooperativa Eloy Alfaro en su mayoría son unifamiliares y 3 lotes de esta funcionan como subconjuntos ya que cada uno de lotes tiene un promedio de 1381m<sup>2</sup>, en su gran parte de ellas son de un piso, aunque algunas también son de 2 y 3 pisos máximo, en su totalidad la muestra indica que el 73% corresponde a lotes con casas unifamiliares, el 11% corresponde a departamentos, el 8% corresponde a cuartos de inquilinato, el 9% corresponde a mediagua que son viviendas sin terminar para personas de bajos recursos.

**Tabla 6**

*Tipos de vivienda*

| Tipo de vivienda          | Número de viviendas | Porcentaje  |
|---------------------------|---------------------|-------------|
| a. Casa unifamiliar       | 48                  | 73%         |
| b. Departamento           | 7                   | 10%         |
| c. Cuartos de Inquilinato | 5                   | 8%          |
| d. Media agua             | 6                   | 9%          |
| <b>Total de viviendas</b> | <b>66</b>           | <b>100%</b> |



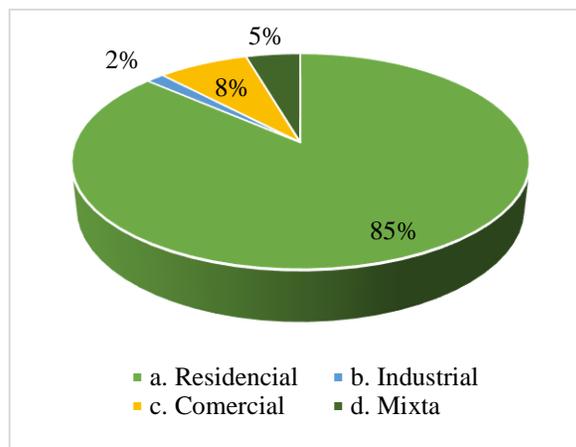
**Figura 3.** Resultado porcentual de tipos de vivienda.

En la línea de fábrica de la cooperativa Eloy Alfaro en la calle principal “A” que es una zona muy concurrida, como se muestra en la Tabla 7, Figura 4. la mayor parte de viviendas son de uso mixtos en los pisos inferiores se dedican al comercio y en los siguientes son de uso domiciliarios, en su totalidad la muestra indica que el 86% corresponde a uso residencial, el 2% corresponde a uso industriales, el 8% corresponde a uso comercial, el 5% corresponde a uso mixto.

**Tabla 7**

*Uso del inmueble.*

| Uso del inmueble          | Número de viviendas | Porcentaje |
|---------------------------|---------------------|------------|
| a. Residencial            | 57                  | 85%        |
| b. Industrial             | 1                   | 2%         |
| c. Comercial              | 5                   | 8%         |
| d. Mixta                  | 3                   | 5%         |
| <b>Total de viviendas</b> | 66                  | 100%       |



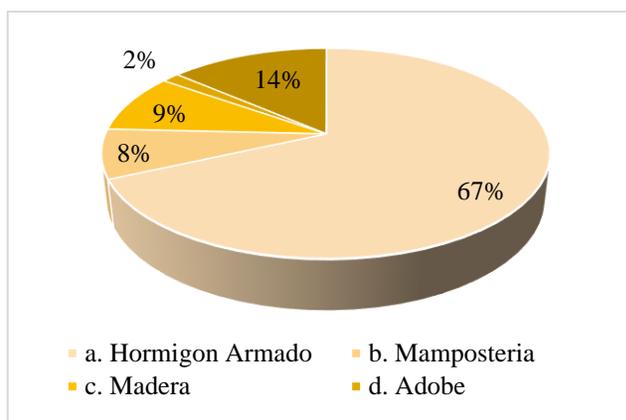
**Figura 4.** Resultado Porcentual de uso del inmueble

De acuerdo con la Tabla 8. y Figura 5. al sistema constructivo de las viviendas de la cooperativa Eloy Alfaro gran parte de ellas son de hormigón armado esto nos indica estamos hablando de un sector urbano, aunque se nota un alto nivel de humedad en el cerramiento de algunas viviendas. En la Figura 5. el 67% corresponde a hormigón armado (Cimientos, columnas, vigas y losas), el 8% corresponde a mampostería que son viviendas tipo mediagua, el 9% corresponde a viviendas de madera que son muy atractivas por su estilo arquitectónico, el 2% corresponde a adobe que es un sistema constructivo muy antiguo y deficiente, el 14% corresponde a viviendas mixtas que son estructuras por lo general son hormigón, acero y cubierta de Eternit o Teja.

**Tabla 8**

*Sistema constructivo de la vivienda.*

| Sistema constructivo de la vivienda | Número de viviendas | Porcentaje  |
|-------------------------------------|---------------------|-------------|
| a. Hormigón Armado                  | 45                  | 67%         |
| b. Mampostería                      | 5                   | 8%          |
| c. Madera                           | 6                   | 9%          |
| d. Adobe                            | 1                   | 2%          |
| e. Mixta                            | 9                   | 14%         |
| <b>Total de viviendas</b>           | <b>66</b>           | <b>100%</b> |



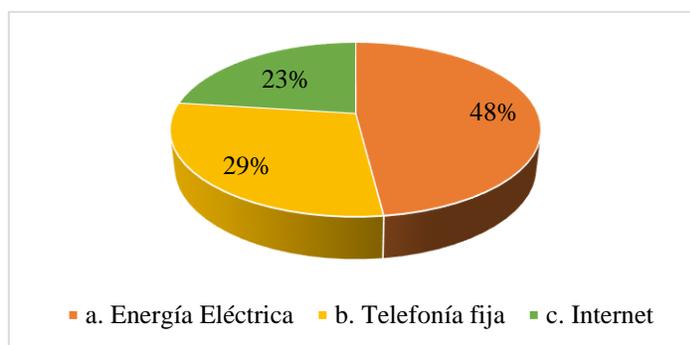
**Figura 5.** Resultado porcentual sistema constructivo de vivienda

Como se muestra en la Tabla 9. y Figura 6. los servicios básicos en la cooperativa Eloy Alfaro tienen cobertura completa, debido a que este conjunto tiene más de 30 años en funcionamiento, en su totalidad la muestra indica que el 48% de las familias cuentan con energía eléctrica pública, el 29% de las familias corresponde a telefonía fija, el 23% de las familias corresponde a Internet fijo.

**Tabla 9**

*Servicios básicos.*

| Servicios básicos    | Número de familias | Porcentaje |
|----------------------|--------------------|------------|
| a. Energía Eléctrica | 62                 | 48%        |
| b. Telefonía fija    | 38                 | 29%        |
| c. Internet          | 30                 | 23%        |

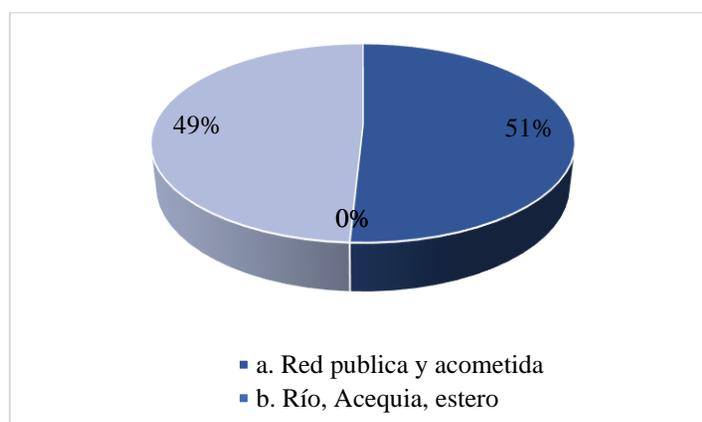


**Figura 6.** Resultado porcentual de servicios básicos.

La cobertura del agua potable en la cooperativa Eloy Alfaro es completa ya que el cantón Rumiñahui posee el 96% de cobertura de agua potable, uno de los más altos niveles de cobertura a nivel nacional, las viviendas no se abastecen de fuentes naturales ni llave pública, en su totalidad la muestra indica que el 51% del total de lotes cuentan con Red pública de agua potable con su respectiva conexión domiciliaria.

**Tabla 10**  
*Abastecimiento de agua potable.*

| Abastecimiento de Agua potable | Número familias | Porcentaje |
|--------------------------------|-----------------|------------|
| a. Red publica y acometida     | 61              | 51%        |
| b. Río, Acequia, estero        | 0               | 0%         |
| c. Llave publica               | 0               | 0%         |
| d. Pozo o vertiente            | 0               | 0%         |



**Figura 7.** Resultados porcentuales abastecimiento de agua potable.

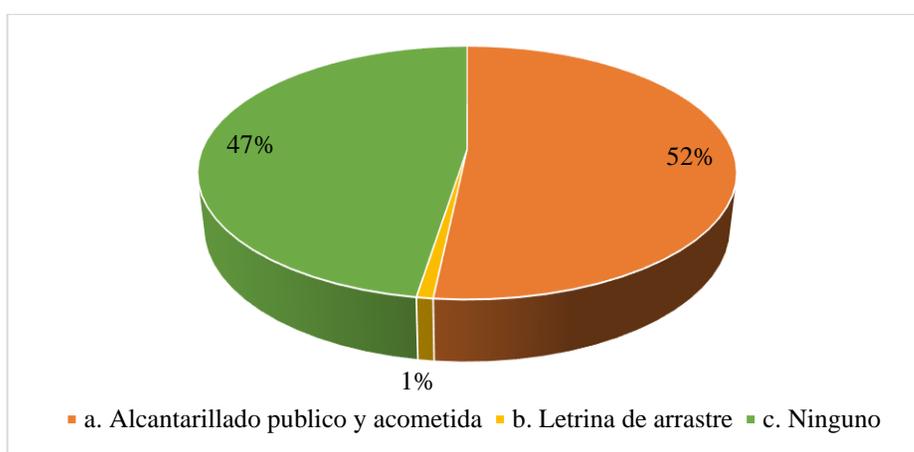
En la Tabla 11. y Figura 8. se muestra que la cobertura del alcantarillado combinado de la cooperativa Eloy Alfaro se encuentra al 100%, por otro lado la cobertura de la red de alcantarillado pluvial llega al 44% del área total de la cooperativa falta cobertura en las calles E, F, H, I, y pasajes 2, 3. En la Figura 8. podemos observar que el 52% del total de lotes cuentan con conexión domiciliaria al alcantarillado público, cabe recalcar que la conexión domiciliaria se encuentra mal realizada por parte

de algunos propietarios de los lotes, más adelante en el capítulo V se trata más a fondo de este problema.

**Tabla 11**

*Eliminación de excretas.*

| <b>Eliminación de excretas</b>        | <b>Número de familias</b> | <b>Porcentaje</b> |
|---------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| a. Alcantarillado publico y acometida | 62                        | 52%               |
| b. Letrina de arrastre                | 1                         | 1%                |
| c. Ninguno                            | 0                         | 0%                |



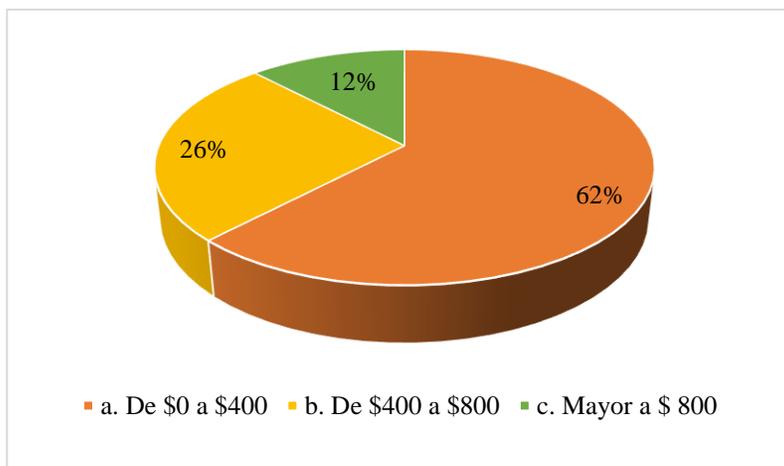
**Figura 8.** Resultado porcentual eliminación de excretas

En la Tabla 12. y Figura 9. se muestra que el promedio de ingreso mensual de cada una de las familias de la cooperativa Eloy Alfaro, en su mayor parte es inferior a los \$400 dólares que equivale al 62% del total de los habitantes, el 26% corresponde entre \$400 y \$800 y el 12% corresponde a superiores a \$800.

**Tabla 12**

*Ingreso promedio mensual.*

| <b>Ingreso promedio Mensual</b> | <b>Número de personas</b> | <b>Porcentaje</b> |
|---------------------------------|---------------------------|-------------------|
| a. De \$0 a \$400               | 41                        | 62%               |
| b. De \$400 a \$800             | 17                        | 26%               |
| c. Mayor a \$ 800               | 8                         | 12%               |



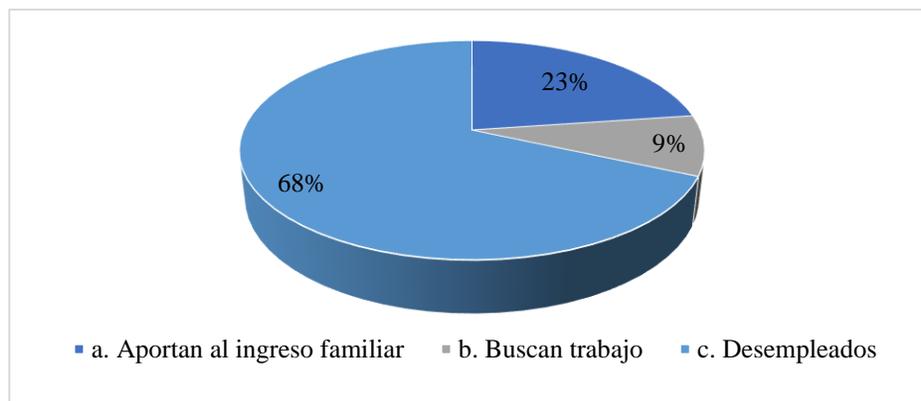
**Figura 9.** Resultado porcentual ingreso promedio mensual.

Una vez tabulados los datos obtenidos en campo de la encuesta socio económica aplicada a los ciento veinte lotes que conforman la cooperativa Eloy Alfaro se determinó que la población actual de este año 2018 es de 435 habitantes, este dato nos servirá más adelante como parámetro de diseño para nuestra red de alcantarillado.

En la Tabla 13, Figura 10. se muestra que la información sobre las personas que aportan al ingreso económico familiar en el hogar es el 21% del total de los habitantes mientras que el 68% de los habitantes se encuentran desempleados en la cooperativa Eloy Alfaro.

**Tabla 13**  
*Información familiar.*

| Información familiar           | Personas | Porcentaje |
|--------------------------------|----------|------------|
| a. Aportan al ingreso familiar | 85       | 23%        |
| b. Buscan trabajo              | 33       | 9%         |
| c. Desempleados                | 255      | 68%        |



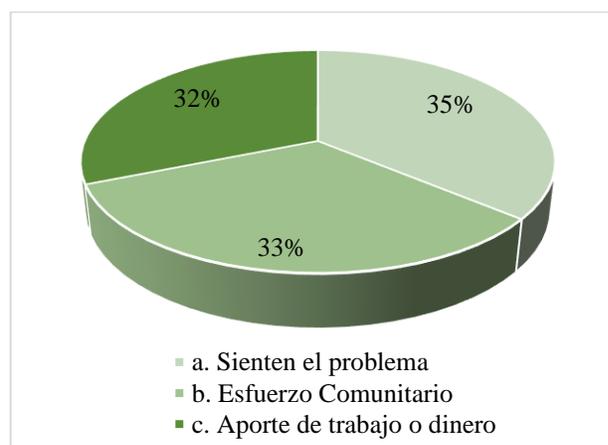
**Figura 10.** Resultado porcentual información familiar.

En la Tabla 14. y Figura 11. se muestra que las actitudes ante el problema del actual sistema de alcantarillado de la cooperativa Eloy Alfaro, el 35% de los habitantes sienten el problema, el 33% manifestaron que podría organizarse un esfuerzo comunitario y el 32% ayudar con aporte de trabajo o dinero.

**Tabla 14**

*Actitudes ante el problema.*

| Información familiar          | Número de familias | Porcentaje |
|-------------------------------|--------------------|------------|
| a. Sienten el problema        | 22                 | 35%        |
| b. Esfuerzo Comunitario       | 20                 | 33%        |
| c. Aporte de trabajo o dinero | 19                 | 32%        |



**Figura 11.** Resultado porcentual ante el problema.

## 2.4. Estudio Topográfico

La topografía tanto en planimetría como altimetría de la cooperativa Eloy Alfaro cantón Rumiñahui, fueron entregados por parte del departamento de topografía del DAPAC-R para el desarrollo del presente proyecto.

Para determinar si la topografía entregada sea la correcta, se procedió a sacar perfiles de corte, utilizando la alineación por donde pasa la línea de los colectores principales del alcantarillado combinado.

Una vez con la información de los perfiles como son cotas, distancias horizontales e inclinadas y pendientes se procedió a realizar un replanteo en la cooperativa Eloy Alfaro en colaboración con el personal técnico de la topografía del DAPAC-R dando un error de precisión admisible de 0,7 milímetros.



**Figura 12.** Replanteo personal técnico DAPAC-R

En la Figura 13. se observa el perfil longitudinal de la Calle J que va desde Pz4 a Pz34 con una distancia total de 493.75m, en la alineación se encuentra 8 pozos de

revisión, y va desde la cota 2516msnm a 2527msnm con una diferencia de cotas de 11m.

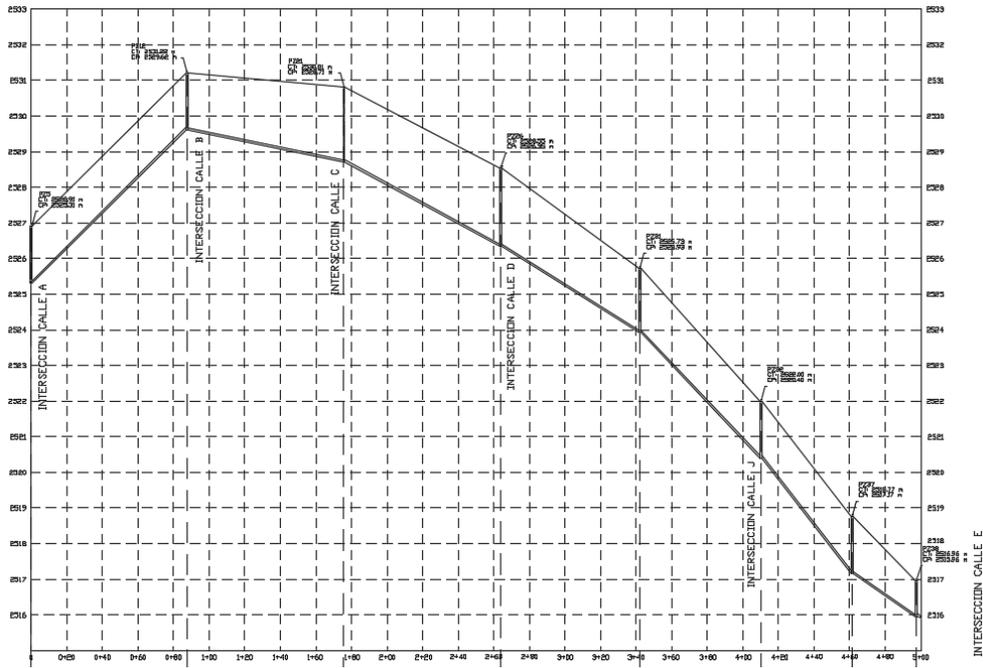


Figura 13. Perfil calle J de replanteo.

## CAPÍTULO III

### 3. ANÁLISIS POBLACIONAL

El análisis poblacional sirve para determinar si existe un crecimiento o un decrecimiento del número de habitantes reunidos en un mismo lugar, y es de vital importancia para la evaluación del actual sistema de alcantarillado y determinar si satisface las necesidades de los usuarios de la Cooperativa Eloy Alfaro, ya que esta información es un parámetro de diseño para la posible alternativa para el mejoramiento del sistema.

#### 3.1. Población de diseño

La población de diseño es el número de habitantes con la cual se diseñará el sistema de alcantarillado, para nuestro proyecto se aplicó una encuesta socioeconómica a todos los 120 lotes que conforman la cooperativa Eloy Alfaro. Para la tasa de crecimiento poblacional utilizaremos datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) del cantón Rumiñahui de acuerdo con el último censo oficial realizado en el año 2010.

##### 3.1.1. Población actual

Una vez tabuladas cada una de las encuestas socioeconómicas se determinó que la población actual de la Cooperativa Eloy Alfaro es de 435 habitantes.

##### 3.1.2. Población futura

Según SENAGUA “La población futura es el número de habitantes que se obtendrá al final para el periodo de diseño”. (SENAGUA, 2012, pág. 274)

La población futura se determinará mediante proyecciones de crecimiento utilizando por lo menos tres métodos conocidos (proyección aritmética, geométrica, incrementos diferenciales, comparativo, etc.) (SENAGUA, 2012, pág. 64)

### 3.2. Período de diseño

El período de diseño para un sistema de alcantarillado es el periodo al final al cual la obra debe funcionar en óptimas condiciones hasta la saturación, y no puede ser menor a 20 años ya que todo esto depende de la vida útil de los diferentes elementos que constituyen el mismo. (SENAGUA, 2012, pág. 63)

En la Tabla 15, se muestra los años de vida útil, de los diferentes elementos hidráulicos para el diseño de un sistema de alcantarillado.

**Tabla 15**

*Vida útil sugerida para los diferentes elementos hidráulicos*

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

Fuente: (SENAGUA, 2012, pág. 63)

Para el mejoramiento del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial utilizaremos un tiempo de retorno de 25 años.

### 3.3.Tasa de crecimiento

Para la tasa de crecimiento utilizaremos los datos emitidos por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) para el cantón Rumiñahui en los periodos de 1990, 2001 y 2010, en la Tabla 16. se muestra el crecimiento poblacional cada década, y finalmente en la Tabla 17. se muestra la tasa de crecimiento población en la Parroquia Sangolquí.

**Tabla 16**

*Habitantes existentes en la Parroquia de Sangolquí en los años 1990- 2001- 2010.*

| Código | Nombre de Parroquia |               | 1990  | 2001  | 2010  |
|--------|---------------------|---------------|-------|-------|-------|
| 170550 | Sangolquí           | <b>Hombre</b> | 21312 | 30611 | 39569 |
|        |                     | <b>Mujer</b>  | 22085 | 31951 | 41571 |
|        |                     | <b>Total</b>  | 43397 | 62562 | 81140 |

Fuente: (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos- INEC, 2010)

**Tabla 17**

*Tasa de crecimiento en la Parroquia Sangolquí en los periodos 1990-2001 y 2001-2010.*

| Código | Nombre de Parroquia |               | Periodo   |           |
|--------|---------------------|---------------|-----------|-----------|
|        |                     |               | 1990-2001 | 2001-2010 |
| 170550 | Sangolquí           | <b>Hombre</b> | 3,29%     | 2,85%     |
|        |                     | <b>Mujer</b>  | 3,36%     | 2,92%     |
|        |                     | <b>Total</b>  | 3,33%     | 2,89%     |

Fuente: (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos- INEC, 2010)

Para determinar la proyección de la población futura de la Cooperativa Eloy Alfaro, utilizaremos la tasa anual de crecimiento del último censo oficial efectuado en el periodo 2001-2010 de la parroquia Sangolquí del 2,89% y un total de 81140 habitantes.

### 3.4.Estimación de Población Futura

La estimación de la población futura se realizará mediante 3 métodos: geométrico, aritmético y exponencial como se indicó anteriormente en la norma (SENAGUA, 2012),

utilizando la tasa de crecimiento anual de 2,89% según (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos- INEC, 2010).

- Método Geométrico  $Pf = Pa(1 + r)^n$  Ec. 3.1
- Método Aritmético  $Pf = Pa(1 + i * n)$  Ec. 3.2
- Método Exponencial  $Pf = Pa(e)^{i*n}$  Ec. 3.3

Dónde:

**Pf**=Población futura (hab)

**Pa**= Población actual (hab)

**i**= Tasa anual de crecimiento (%)

**n**= Período de diseño (años)

#### **Datos iniciales**

**Pa**= 435 (hab)

**i**= 2,89 (%)

**n**= 25 (años)

- M. Geométrico  $Pf = 435 \text{ hab}(1 + 0,0289)^{25} = 887 \text{ hab}$
- M. Aritmético  $Pf = 435 \text{ hab}(1 + 0,0289 * 25) = 749 \text{ hab}$
- M. Exponencial  $Pf = 435 \text{ hab}(e)^{0,0289*25} = 896 \text{ hab}$

En la Tabla 18. se muestra que la proyección detallada de la población futura utilizando los datos iniciales al ser remplazadas en las ecuaciones de los 3 métodos indicadas anteriormente.

**Tabla 18***Proyección de la población futura*

| Período | Año  | Población Futura (hab) |                   |                    |
|---------|------|------------------------|-------------------|--------------------|
|         |      | Método Geométrico      | Método Aritmético | Método Exponencial |
| 0       | 2017 | 435                    | 435               | 435                |
| 1       | 2018 | 448                    | 448               | 448                |
| 2       | 2019 | 461                    | 460               | 461                |
| 3       | 2020 | 474                    | 473               | 474                |
| 4       | 2021 | 488                    | 485               | 488                |
| 5       | 2022 | 502                    | 498               | 503                |
| 6       | 2023 | 516                    | 510               | 517                |
| 7       | 2024 | 531                    | 523               | 533                |
| 8       | 2025 | 546                    | 536               | 548                |
| 9       | 2026 | 562                    | 548               | 564                |
| 10      | 2027 | 578                    | 561               | 581                |
| 11      | 2028 | 595                    | 573               | 598                |
| 12      | 2029 | 612                    | 586               | 615                |
| 13      | 2030 | 630                    | 598               | 633                |
| 14      | 2031 | 648                    | 611               | 652                |
| 15      | 2032 | 667                    | 624               | 671                |
| 16      | 2033 | 686                    | 636               | 691                |
| 17      | 2034 | 706                    | 649               | 711                |
| 18      | 2035 | 726                    | 661               | 732                |
| 19      | 2036 | 747                    | 674               | 753                |
| 20      | 2037 | 769                    | 686               | 775                |
| 21      | 2038 | 791                    | 699               | 798                |
| 22      | 2039 | 814                    | 712               | 822                |
| 23      | 2040 | 838                    | 724               | 846                |
| 24      | 2041 | 862                    | 737               | 870                |
| 25      | 2042 | 887                    | 749               | 896                |

En la Tabla 18. se puede observar que las proyecciones para un periodo de diseño a 25 años es decir el año 2042 del método geométrico y exponencial tiene valores de 887 y 896 habitantes respectivamente, mientras que el valor aritmético es 749 que corresponde a un error del 16% de un promedio de los 2 valores anteriores, pero este último valor se encuentra

inconsistente en comparación a los otros 2, por lo que se ha decidió descartar el método aritmético y utilizar el método de Saturación.

### 3.5. Método de Saturación

El método de saturación se lo utiliza para determinar la proyección de la población futura de un determinado lugar, es necesario poseer información del sitio como es número de lotes con viviendas, numero de lotes vacíos que posteriormente se pueden convertir en lotes con vivienda. Este método tiene como fundamento determinar la cantidad máxima de habitantes que pueden ocupar una determinada área.

$$\text{Índice habitacional} = \frac{N \text{ habitantes}}{N \text{ viviendas}} = \frac{435 \text{ hab}}{120 \text{ viviendas}} \quad \text{Ec. 3.1}$$

$$\text{Índice habitacional} = 3,625 \text{ hab/viviendas}$$

$$\text{Numero de Lotes} = \text{Lotes Actuales} + \text{Lotes Futuros} \quad \text{Ec. 3.2}$$

$$\text{Lotes Actuales} = 120$$

$$\text{Lotes Futuros} = 126$$

$$\text{Numero de Lotes} = 120 + 126$$

$$\text{Numero de Lotes} = 246$$

$$Población\ total = Índice\ habitacional * Número\ de\ lotes$$

Ec. 3..3

$$Población\ total = 3,625hab/viviendas * 246\ lotes$$

$$Población\ total = 892\ hab$$

En la Tabla 19. se observa que los valores de la proyección para la población futura por los métodos: geométrico, exponencial y saturación son 887, 896, y 892 habitantes respectivamente, al sacar un promedio de estos 3 métodos se tiene un resultado de 891 habitantes para la cooperativa Eloy Alfaro.

**Tabla 19***Cuadro de resumen población futura*

| <b>Método</b> | <b>Población futura<br/>(habitantes)</b> |
|---------------|--|
| Geométrico    | 887                                      |
| Exponencial   | 896                                      |
| Saturación    | 892                                      |
| Promedio      | 891                                      |

### 3.6.Densidad Poblacional Actual

Para la estimación de la densidad poblacional actual (VER ANEXO B) se utilizó el número de habitantes por lote de la cooperativa Eloy Alfaro obtenida de la encuesta socio económica, y para el área de cada lote su respectivo número de predio ya que algunos lotes se encuentran trabajando como conjuntos habitacionales y constan hasta con 3 medidores.

Se calculó la densidad poblacional actual de cada uno de los 74 usuarios de agua potable del DAPAC-R y de todos ellos se obtuvo la media, se aplicó la ecuación 3.4.

$$Densidad\ Actual = \frac{Población\ Actual}{Área\ de\ influencia\ directa} \quad Ec. 3.4$$

$$Densidad\ Actual = \frac{435\ Hab}{25\ Ha} 17,40\ Hab/Ha$$

### 3.7. Densidad Poblacional Futura

La Densidad poblacional futura de la cooperativa Eloy Alfaro es la relación entre la población futura de 892 habitantes que ocuparan los 120 lotes actuales y el área de influencia directa que son 25 hectáreas.

$$Densidad\ Futura = \frac{891\ Hab}{25\ Ha} = 36\ Hab/Ha$$

### 3.8. Dotación

“La dotación es el caudal de agua potabilizada consumida diariamente, en promedio, por cada habitante. Normalmente, salvo que se indique lo contrario, incluye los consumos domésticos, comercial, industrial y público”. (SENAGUA, 2012, pág. 271).

Para nuestro calculo utilizaremos la dotación obtenida por facturación mensual de los 7 usuarios de la DAPAC-R del año 2017 en la cooperativa Eloy Alfaro de 138 l /hab\*día

### 3.9. Niveles de servicio

De acuerdo con la norma de la Secretaria del agua establece los siguientes niveles de servicio en lo respecta a de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.

**Tabla 20**

*Nivel de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.*

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

Fuente: (SENAGUA, 2012, pág. 31)

Simbología utilizada:

AP: Agua potable

EE: Eliminación de excretas

ERL: Eliminación de residuos líquidos

Nuestro sistema en general funcionara con un nivel IIb con conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa y eliminación de residuos líquidos mediante un sistema de alcantarillado.

En la Tabla 21. se muestra que para un nivel de servicio de IIb la dotación de agua potable recomendada para clima frio es 75l/hab\*día, este valor es demasiado bajo por lo que para nuestro proyecto utilizaremos la dotación calculada mediante el consumo de m<sup>3</sup> utilizados mensualmente por los usuarios de la cooperativa Eloy Alfaro como se lo indico anteriormente en este capítulo.

**Tabla 21**  
*Dotación de agua para los diferentes servicios*

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

Fuente: (SENAGUA, 2012, pág. 31)

La norma de la (SENAGUA, 2012, pág. 65) dice que: “La dotación media futura de agua potables para una población de hasta 5000 habitantes para clima frío es de 120 a 150 l/han/día y para clima templado es 130 a 160 l/hab/día.”

### 3.9.1. Dotación por planilla de consumo

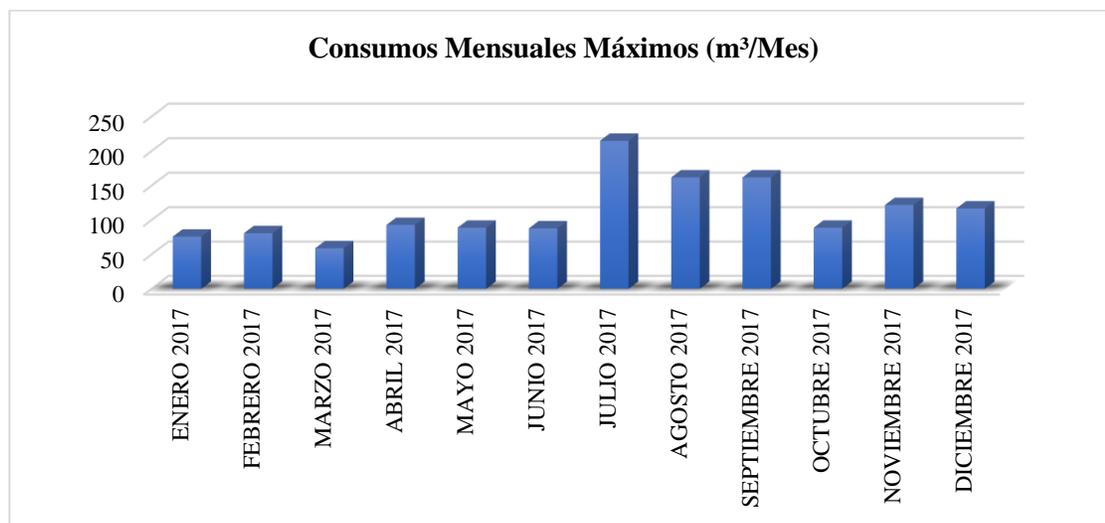
Sin embargo para determinar la dotación actual de la cooperativa Eloy Alfaro (VER ANEXO B) se ha decidido utilizar las planillas mensuales de consumo de agua potable de cada uno de los usuarios de la cooperativa, entregadas por parte del DAPAC-R para el desarrollo del presente proyecto.

En la Tabla 22. se muestra los valores máximos, mínimo y promedio de consumo de agua potable en m<sup>3</sup>, utilizados mensualmente desde enero hasta diciembre del 2017, tomados mediante una base de datos de los 74 usuarios en la cooperativa Eloy Alfaro.

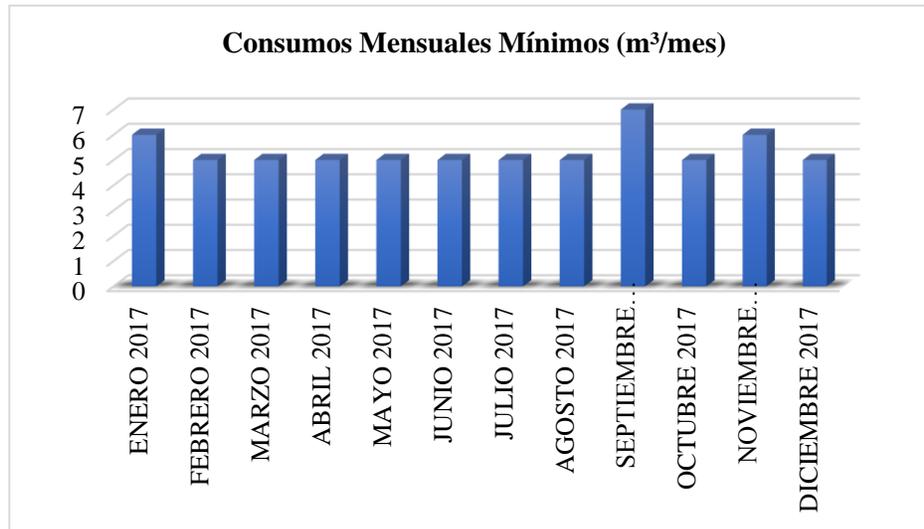
**Tabla 22***Consumo m<sup>3</sup>/mes de agua potable máximo, mínimo y promedio*

| COMSUMO EN m <sup>3</sup> /mes |        |        |          |
|--------------------------------|--------|--------|----------|
| MES                            | MAXIMO | MINIMO | PROMEDIO |
| ENERO 2017                     | 76     | 6      | 41       |
| FEBRERO 2017                   | 81     | 5      | 43       |
| MARZO 2017                     | 59     | 5      | 32       |
| ABRIL 2017                     | 93     | 5      | 49       |
| MAYO 2017                      | 89     | 5      | 47       |
| JUNIO 2017                     | 88     | 5      | 46,5     |
| JULIO 2017                     | 215    | 5      | 110      |
| AGOSTO 2017                    | 162    | 5      | 83,5     |
| SEPTIEMBRE 2017                | 162    | 7      | 84,5     |
| OCTUBRE 2017                   | 89     | 5      | 47       |
| NOVIEMBRE 2017                 | 122    | 6      | 64       |
| DICIEMBRE 2017                 | 117    | 5      | 61       |

En la Figura 14. se muestra que el registro mensual del consumo máximo en la cooperativa Eloy Alfaro de agua potable, fue en el mes de julio del 2017 con un consumo de 215m<sup>3</sup>.

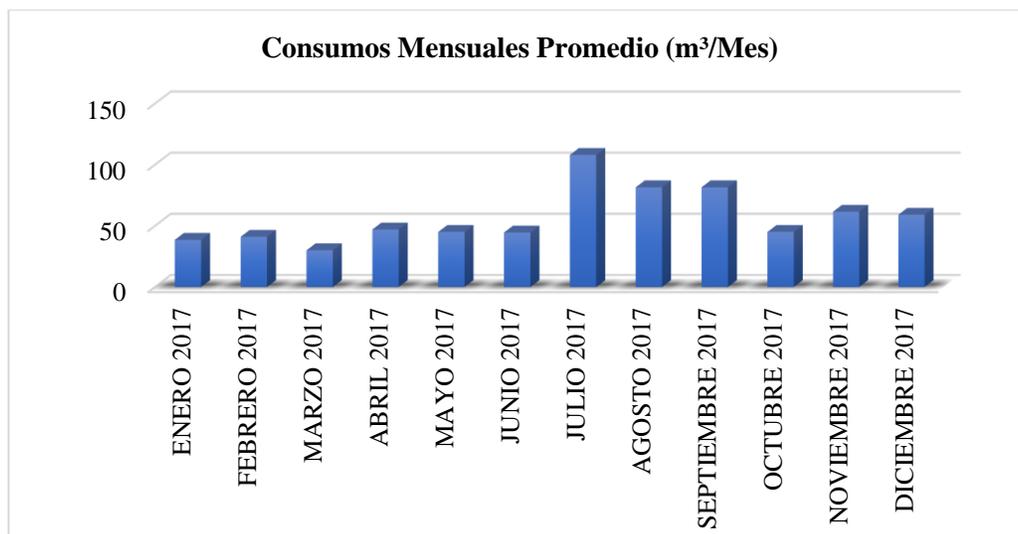
**Figura 14.** Registro mensual del consumo máximo.

En la Figura 15. se muestra el registro mensual del consumo mínimo de agua potable en la cooperativa Eloy Alfaro durante el año 2017. Para el cálculo de la dotación se consideró que el mínimo consumo de los medidores es 1m<sup>3</sup>.



**Figura 15.** Registro mensual del consumo mínimo.

En la Figura 16. se muestra que el registro mensual del promedio del consumo de agua potable en de todos los 74 usuarios en la cooperativa Eloy Alfaro durante todo el año fue en el mes de Julio con un valor de 108m<sup>3</sup>.



**Figura 16.** Registro mensual del consumo promedio

### 3.9.2. Dotación Neta

Para determinar la dotación neta del consumo mensual promedio de la cooperativa Eloy Alfaro de los 74 registros de usuarios del DAPAC-R, se realizó un análisis mensual promedio del consumo de agua potable (VER ANEXO B) durante todo el año 2017 y el número de habitantes antes conocido.

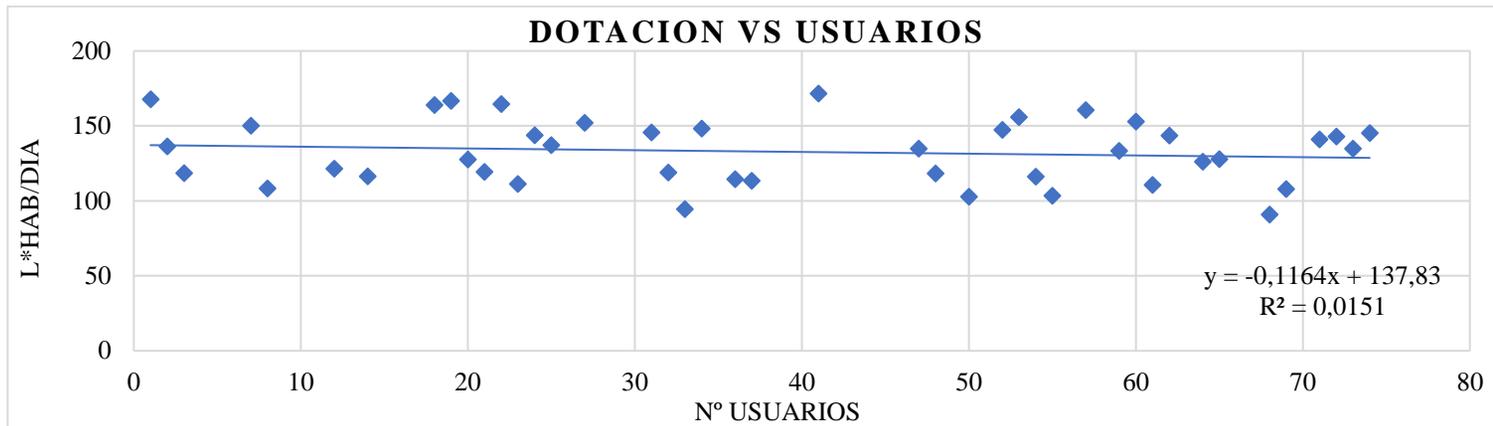
**Tabla 23**

*Dotación Neta Cooperativa Eloy Alfaro*

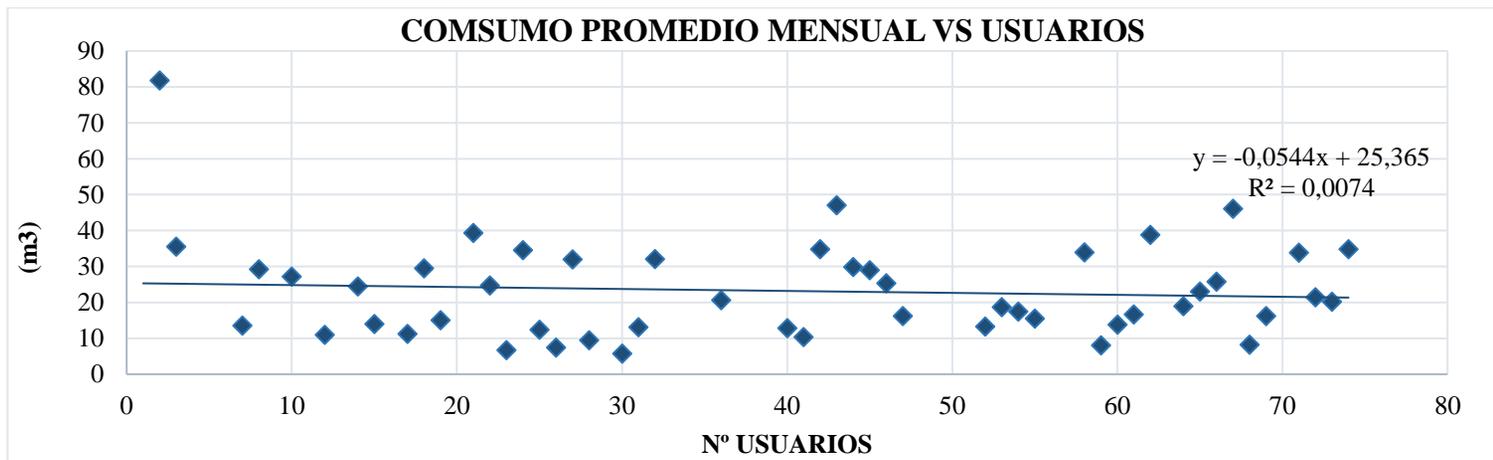
| <b>Dotación Neta</b>      |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| Consumo promedio. por día | 59,96 m <sup>3</sup> /día |
| Habitantes                | 435 hab                   |
| Dotación                  | 137,83 l/hab*día          |

Para la dotación de Agua potable utilizaremos un valor real 138 l/hab\*día, el cual servirá para todos los cálculos hidráulicos del presente proyecto, el mismo fue determinado mediante la facturación mensual del año 2017 de los 74 usuarios de la cooperativa Eloy Alfaro

$$Q = 138 \text{ l/hab} * \text{día}$$



*Figura 17.* Dotación vs Usuarios Cooperativa Eloy Alfaro



*Figura 18.* Consumo Promedio mensual vs Usuarios Cooperativa Eloy Alfaro

### 3.10. Identificación del tipo de suelo

De acuerdo a la norma (SENAGUA, 2012, pág. 165) establece que se realizara un ensayo de suelos cada 5 km, pero para nuestro proyecto se decidió en conjunto con el personal técnico de la DAPAC-R extraer 3 muestras en diferentes puntos de la cooperativa Eloy Alfaro a una profundidad de 1,5 metros cada una, a las cuales se realizó los siguientes ensayos:

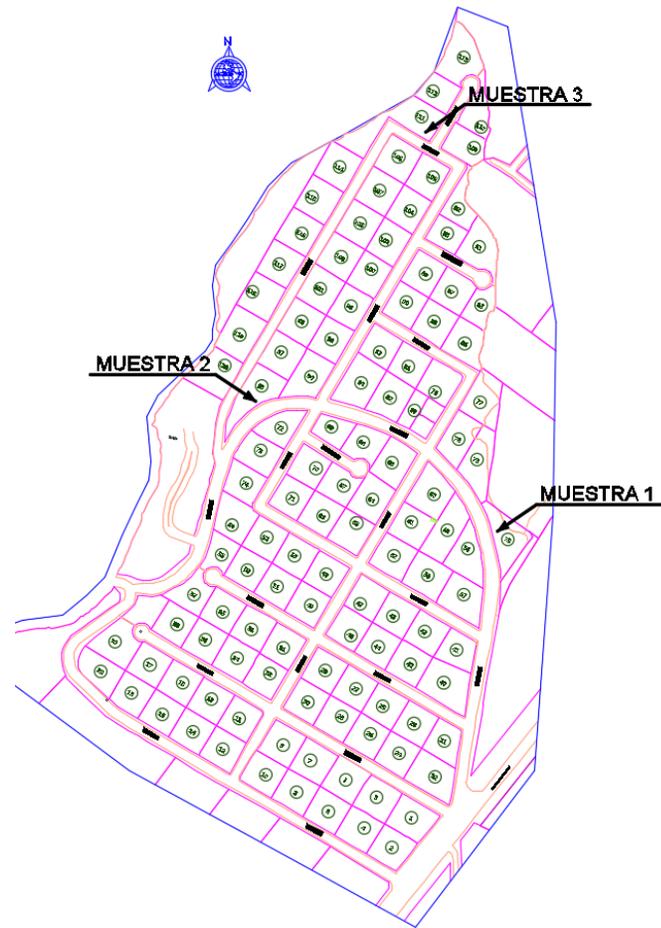
- Humedad Natural
- Granulometría
- Límites de Atterberg
- Acidez del Suelo

La Tabla 24. muestra la localización exacta de los diferentes puntos de extracción de las muestras y su primera columna da a conocer su identificación de la muestra, abscisa , coordenada Norte, Oeste, altimetría y profundidad, todas ellas dentro de la cooperativa Eloy Alfaro

**Tabla 24**  
*Ubicación de la extracción de muestras*

| Muestra | Abscisa | Coordenada Norte | Coordenada Oeste | Altimetría (msnm) | Profundidad (m) |
|---------|---------|------------------|------------------|-------------------|-----------------|
| M1      | 0+305   | 781778,88        | 9960721,13       | 2532              | 1,50m           |
| M2      | 0+523   | 781521,69        | 9960866,62       | 2514              | 1,50m           |
| M3      | 0+810   | 781699,47        | 9961162,73       | 2509              | 1,50m           |

A continuación se presenta la Figura 19. para ilustraremos gráficamente la ubicación de los 3 diferentes puntos en implantación de la cooperativa.



*Figura 19.* Ubicación en el plano de la extracción de muestras



*Figura 20.* Extracción de muestras.

La extracción de las muestras se lo realizó el día 9 de Abril del 2018 con ayuda de una retroexcavadora ya que era necesario tomarlas a 1,50m de profundidad, las cuales fueron perfectamente embaladas y transportadas para conservar su humedad y características, para posteriormente empezar sus respectivos ensayos en los laboratorios de mecánica de suelos del departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción de la Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE.



**Figura 21.** Muestras perfectamente conservadas e identificadas

### 3.9.3. Humedad Natural

El ensayo de humedad natural tiene como objetivo determinar el contenido de humedad de las muestras de suelo y consiste en determinar la relación entre el peso del agua y el peso suelo de la muestra, mediante el secado al horno. Para realizar este ensayo se utilizará las normas ASTM D-2216. Si se desea conocer de manera detallada el proceso de cálculo de cada una de las muestras ver (ANEXO D), contenido de humedad M1, M2 y M3.

En la Tabla 25. se muestra que el contenido de humedad medio de las 3 muestras analizadas en la cooperativa Eloy Alfaro, la muestra 1 presenta una humedad natural de 27,24%, la muestra 2 presenta una humedad natural de 29,09%, y la muestra 3 presenta una humedad natural del 38,42%.

**Tabla 25**

*Resumen contenido de humedad medio de las muestras*

| <b>Muestra</b> | <b>Contenido de humedad media</b> |
|----------------|-----------------------------------|
| M1             | 27,24%                            |
| M2             | 29,09%                            |
| M3             | 38,42%                            |

### **3.9.4. Granulometría**

El ensayo de granulometría tiene como objetivo la distribución de los diferentes tamaños de partículas de un suelo analizado y se lo expresa en porcentaje con relación a su peso total trabajando con la muestra completamente seca. Para realizar este ensayo se ha utilizado la norma ASTM D-422.

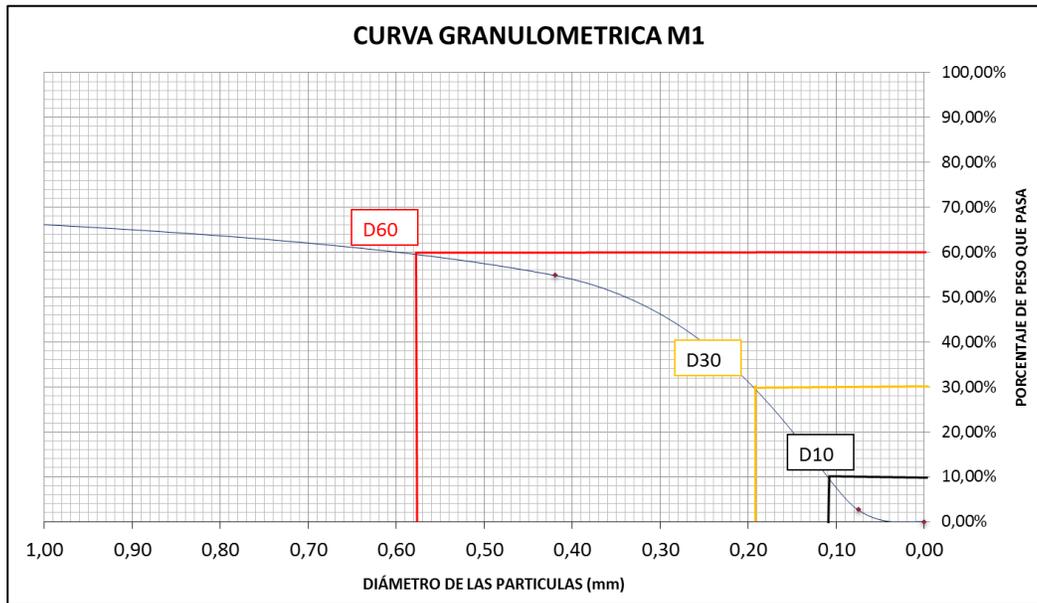
En la Tabla 26. se observa el resumen de la granulometría de las 3 muestras de suelo analizados de la cooperativa Eloy Alfaro, en la cual se define los parámetros como: porcentaje de grava, porcentaje de arena, porcentaje de finos, diámetro efectivo a 10, 30 y 60mm, el coeficiente de uniformidad Cu, coeficiente de curvatura Cc.

**Tabla 26**

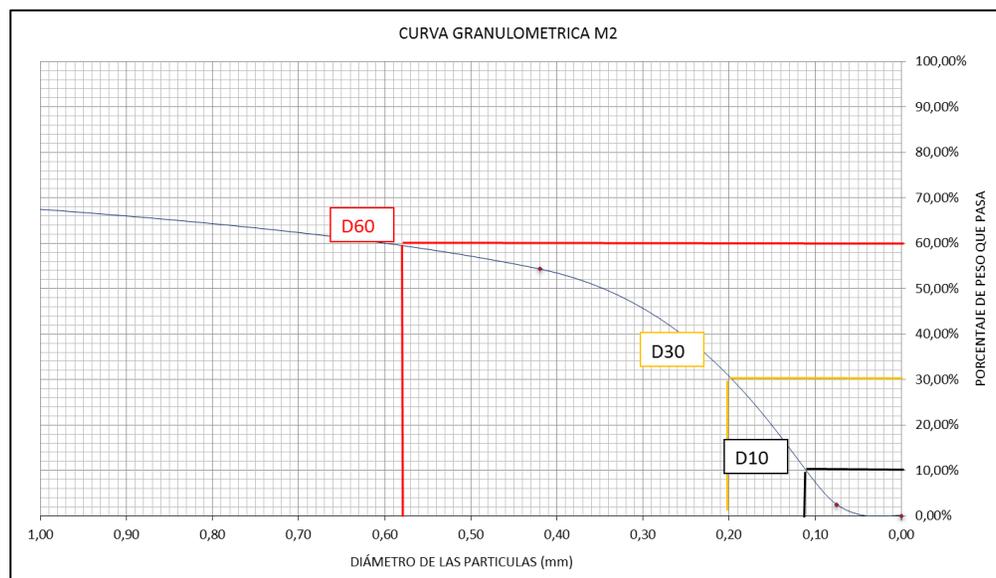
*Resumen de la granulometría de las muestras.*

| <b>Parámetros</b>       | <b>M1</b> | <b>M2</b> | <b>M3</b> |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|
| % Grava                 | 1,55      | 0,00      | 1,23      |
| % Arena                 | 95,79     | 97,57     | 96,20     |
| % Finos                 | 2,66      | 2,43      | 2,57      |
| D10 (mm)                | 0,11      | 0,13      | 0,12      |
| D30 (mm)                | 0,18      | 0,20      | 0,23      |
| D60 (mm)                | 0,58      | 0,59      | 0,75      |
| Coef. de uniformidad Cu | 5,27      | 4,88      | 6,25      |
| Coef. de curvatura Cc.  | 0,48      | 0,49      | 0,188     |

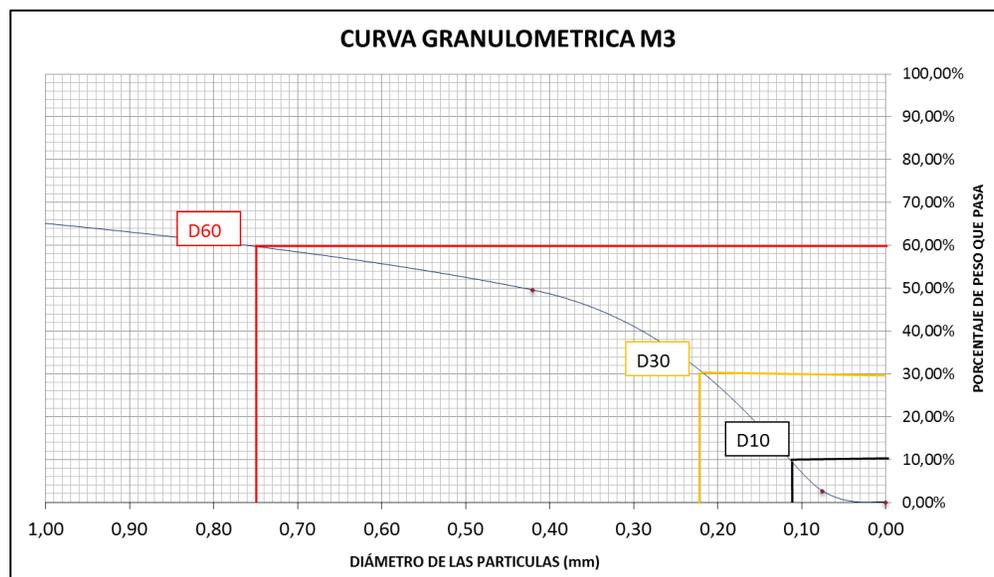
En las Figuras 22, 23 y 24, se observa las curvas granulométricas de las muestras M1, M2, M3, con sus respectivos diámetros efectivo D10, D30, D60, para mirar de una manera detallada el proceso de cálculo ver (ANEXO D).



**Figura 22.** Curva Granulométrica de la muestra M1



**Figura 23.** Curva Granulométrica de la muestra M2



**Figura 24.** Curva Granulométrica de la muestra M3

### 3.9.5. Límites de Atterberg

**Límite Líquido (LL).** Para este procedimiento se utilizó el aparato de Casagrande que permite al suelo pasar de un estado líquido a un estado plástico.

**Límite Plástico (PL).** este proceso se lo realizó cuando el suelo pasa de un estado semisólido al estado plástico.

**Índice de plasticidad (IP).** Esto sucede cuando la muestra de suelo pierde humedad es decir cuando pasa de un estado semisólido a un estado sólido.

El proceso de cálculo de cada una de las muestras está en el (ANEXO D), límites de consistencia M1, M2 y M3.

En la Tabla 27 se observa el resumen los límites de Atterberg que no es más que los límites de consistencia de las 3 muestras de suelo extraídas de la cooperativa Eloy Alfaro

en donde se analizan los parámetros de Limite líquido (LL), Limite plástico (PL) y Índice de Plasticidad (IP).

**Tabla 27**

*Resumen de limites de Atterberg*

| <b>Parámetros</b>            | <b>M1</b> | <b>M2</b> | <b>M3</b> |
|------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Limite liquido (LL) %        | 25,68     | 25        | 22,98     |
| Limite platico (PL) %        | 10,69     | 12.34     | 14,02     |
| Índice de plasticidad (IP) % | 14,95     | 12.65     | 8,96      |

Según Jenkins los suelos pueden ser clasificados de acuerdo con su Índice de Plasticidad como se muestra a continuación:

**Poco plásticos**  $1 < IP < 7$

**Medianamente plásticos**  $7 < IP < 15$

**Altamente plásticos**  $IP > 15$

También podemos observar en la Tabla 27. que los índices de plasticidad de las muestras M1 y M3 son 14,95 y 8,96 respectivamente, son medianamente plásticos mientras la muestra M2 con un valor de 19.80 es altamente plástico.

### **3.9.6. Sistema Unificado de clasificación de suelos (SUCS)**

Con todos los resultados obtenidos de los ensayos en laboratorio se procederá a caracterizar el tipo de suelo presente en la cooperativa Eloy Alfaro, mediante el sistema SUCS que utiliza la norma ASTM-2487.

En la Tabla 28. se observa que la muestra de suelo M1, M2 y M3 pertenece al grupo de arcillas inorgánicas de baja plasticidad CL, y su nombre de grupo es Arcilla ligera Arenosa.

**Tabla 28**

*Clasificación del suelo de la cooperativa Eloy Alfaro según SUCS*

| Muestra | Símbolo del grupo | Nombre del Grupo       |
|---------|-------------------|------------------------|
| M1      | CL                | Arcilla ligera Arenosa |
| M2      | CL                | Arcilla ligera Arenosa |
| M3      | CL                | Arcilla ligera Arenosa |

### 3.10. Acides o alcalinidad del suelo

Por parte del DAPAC-R se hizo el requerimiento para determinar el potencial de hidrogeno pH, el cual para nuestro proyecto determina la acides o alcalinidad presente en el suelo, el pH tiende a aumentar con la concentración de bases y a disminuir en concentración de ácidos (Thompson y Troeh, 1982).

Los ensayos fueron realizados 12 de abril del 2018 en los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Geográfica y del medio ambiente de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.



**Figura 25.** Calibración del medidor de pH con buffer



**Figura 26.** Medición de pH en las muestras de suelo

En la Tabla 29. se puede observar los resultados obtenidos del medidor de pH realizado en las 3 muestras de suelo de la cooperativa Eloy Alfaro.

**Tabla 29**

*Resultados del medidor de pH en las muestras de suelo*

| <b>Muestra</b> | <b>Ensayo 1<br/>pH</b> | <b>Ensayo 2<br/>pH</b> | <b>Media<br/>pH</b> |
|----------------|------------------------|------------------------|---------------------|
| M1             | 6,48                   | 6,18                   | 6,33                |
| M2             | 6,37                   | 6,2                    | 6,285               |
| M3             | 6,15                   | 6,22                   | 6,185               |

Para determinar si el suelo es ácido o alcalino utilizaremos la norma de análisis de la situación actual de los suelos en el Ecuador, Anexo 41 del INIAP 2011, la cual está en función del pH.

En la Tabla 30. se observa que los valores medios de pH de los suelos para M1, M2 y M3 son 6,33, 6,28 y 6,19 respectivamente, y al utilizar la Tabla 30 se puede decir que todas las 3 muestras corresponden a un suelo con un pH de 5,5 a 6,5 ligeramente ácido con siglas L Ac.

**Tabla 30**  
*Niveles críticos para el pH.*

| <b>pH</b> | <b>Interpretación</b> | <b>Siglas</b> |
|-----------|-----------------------|---------------|
| < 5,5     | Acido                 | Ac            |
| 5,5 - 6,5 | Ligeramente acido     | L Ac          |
| 6,5 - 7,5 | Prácticamente neutro  | PN            |
| 7,0       | Neutro                | N             |
| 7,5 - 8,0 | Ligeramente alcalino  | l Al          |
| > 8,0     | Alcalino              | Al            |

Fuente: (INIAP, 2011, pág. 2)

### **3.11. Ensayos de laboratorio**

Se realizó la toma de muestra en las coordenadas 781659.68N, 9961179.72S y cota 2502.01 msnm en la descarga al Río San Pedro el día 30/07/2018 las cuales fueron trasladadas posteriormente para ser analizadas en el laboratorio de Geográfica y Medio Ambiente del Departamento de Ciencias de la Tierra y la construcción de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Se tomaron muestras de 1000ml cada hora, desde las 7:00 hasta las 13:00 horas, para posteriormente homogenizar un total de 6000ml y obtener una muestra característica de 3000ml del actual sistema de alcantarillado combinado de la cooperativa Eloy Alfaro.

#### **3.11.1. DBO5**

Para determinar la demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días, se realizó mediante el Equipo Oxi-Top con lecturas de cada día. Se procede a medir 164ml de agua contaminada a la que se le añade 5 gotas de inhibidor de nitrificación y el agitador magnético dentro de la botella oscura la cual no permite que la luz afecte los resultados, después se coloca el caucho con 3 pastillas de hidróxido de sodio seguido de esto se tapa con los sensores de

presión y se coloca en la mesa agitadora a una temperatura en el horno de 20°C constante durante los 5 días de ensayo.



**Figura 27.** Botella y mesa agitadora, caucho y pastillas de hidróxido de sodio

### 3.11.2. DQO

Para determinar la cantidad química de oxígeno de la muestra se utilizó el método de calorimetría cuyos materiales y equipos son: Agua contaminada, Agua Destilada, Solución de digestión, Ácido Sulfúrico, Acido Sulfámico e Hidrogeno de potación y 6 viales de 16mm, parilla de enfriamiento de viales, 1 reactor térmico con carcasa protectora, y un lector de espectro. Se procede a mezclar vial más agua destilada de la siguiente manera: si es de rango bajo y medio 2ml de agua destilada y si es de rango alto 0.2ml de Agua destilada, para la otra muestra sería de vial más agua contaminada de igual manera que el agua destilada. Se realiza el proceso 6 veces y se lo coloca en el reactor térmico a una temperatura de 150°C durante 2 horas, para posteriormente realizar las lecturas en el equipo lector de espectros. El proceso de cálculo y datos obtenidos en laboratorio se encuentran con más detalle en el Anexo E.



**Figura 28.** Lector de espectro, enfriador con viales de 16mm y Reactor térmico

### 3.11.3. Sólidos Totales

El ensayo de sólidos totales se lo realizo mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Sólidos Totales} = \text{Sólidos Suspendidos} + \text{Sólidos Disueltos}$$

Este ensayo tiene tres etapas: sólidos totales, sólidos suspendidos y sólidos disueltos, el cual requiere los siguientes equipos y materiales: Probeta, 2 Capsulas de porcelana de 150ml, filtro de 1,2 $\mu$ mm (abertura de poro), Pinzas, Equipo de filtración, Bomba de vacío, recipiente secador de gel selica, horno y balanza. El proceso de cálculo y datos obtenidos en laboratorio se encuentran con más detalle en el Anexo E.



**Figura 29.** Bomba al vacío y Capsula de porcelana, filtro

### **3.12. Ensayos en campo**

Los ensayos Físico-Químicos fueron tomados en las coordenadas 781659.68N, 9961179.72S y cota 2502.01 msnm en la descarga al Rio San Pedro el día 7/08/2018, desde las 7:00 hasta las 11:00 horas realizando lectura de muestras cada hora, las cuales se realizaron en campo mediante el Equipo proporcionado por el laboratorio de Geográfica y Medio Ambiente, Multiparamétrico HACH HQ30g con sondas para lectura pH, Conductividad, Oxido Disuelto y Temperatura.

#### **3.12.1. Temperatura**

Con cada lectura de los tres siguientes parámetros el equipo multiparamétrico consideraba la temperatura del agua contaminada.

#### **3.12.2. pH**

Para realizar la lectura del potencial de Hidrogeno de la muestra de agua contaminada, primero se calibraba el electrodo y el equipo multiparamétrico con los 2 buffer pH4 y pH7 para después hacer la lectura del pH junto con la temperatura. Posteriormente se lava el electrodo con agua destilada y se lo seca para la siguiente muestra.

#### **3.12.3. Conductividad**

El ensayo de conductividad se lo realiza cambiando el electrodo del equipo multiparamétrico el cual se introduce directamente en la muestra de agua contaminada para medir la conductividad dentro de un recipiente con su respectiva temperatura.

### 3.12.4. Oxígeno Disuelto

Para determinar la cantidad de oxígeno disuelto en el agua se procede a cambiar el electrodo para oxígeno disuelto en el equipo multiparamétrico el cual nos dará la lectura en mg/L de una manera directa una vez terminada la lectura se procede a limpiar y a secar el electrodo.

Para ver las lecturas de las muestras en campo de una manera detallada diríjase al (ANEXO E).



*Figura 30.* Laboratorio en campo

### 3.12.5. Coliformes fecales y totales.

Para determinar la cantidad de coliformes fecales y totales se procedió a extraer la muestra en las coordenadas 781659,68N, 9961179,72S y cota 2502,01 msnm en la descarga al Rio San Pedro el día 10/12/2018, a las 8:00 horas las cuales fueron trasladadas a los laboratorios certificados de Ciencias Químicas de la Universidad Central del Ecuador los cuales emitieron los resultados y cuyo documento se encuentra en ANEXO E.

La Tabla 31. muestra el cuadro de resumen de los resultados de la calidad del agua, el límite máximo permisible de descarga de efluentes fue obtenido de Ministerial No. 28 que Sustituye el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA),

**Tabla 31**  
**Cuadro de resumen de los ensayos**

| Parámetros                             | Simbología  | Unidad               | Resultado obtenido | Límite máximo permisible |
|--|-------------|----------------------|--------------------|--------------------------|
| Temperatura                            | T           | °C                   | 19.27              | < 35                     |
| Potencial de Hidrógeno                 | pH          | mg/L                 | 7.32               | 5-9                      |
| Conductividad                          | C           | µs/cm                | 478.40             | -----                    |
| Oxígeno Disuelto                       | OD          | mg/L                 | 3.18               | 6.0                      |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días) | $DBO_5$     | mg O <sub>2</sub> /l | 21.4               | 100                      |
| Demanda Química de Oxígeno             | DQO         | mg O <sub>2</sub> /l | 216.17             | 250                      |
| Sólidos Suspendidos                    | SS          | mg/l                 | 202                | 1600                     |
| Sólidos Disueltos                      | SD          | mg/l                 | 548                | 1600                     |
| Sólidos Totales                        | ST          | mg/l                 | 753                | 1600                     |
| Coliforme Fecales                      | Nmp / 100ml | mg/l                 | $2.4 \times 10^7$  | $1.0 \times 10^4$        |
| Coliformes Totales                     | Nmp / 100ml | mg/l                 | $1.3 \times 10^7$  | ----                     |

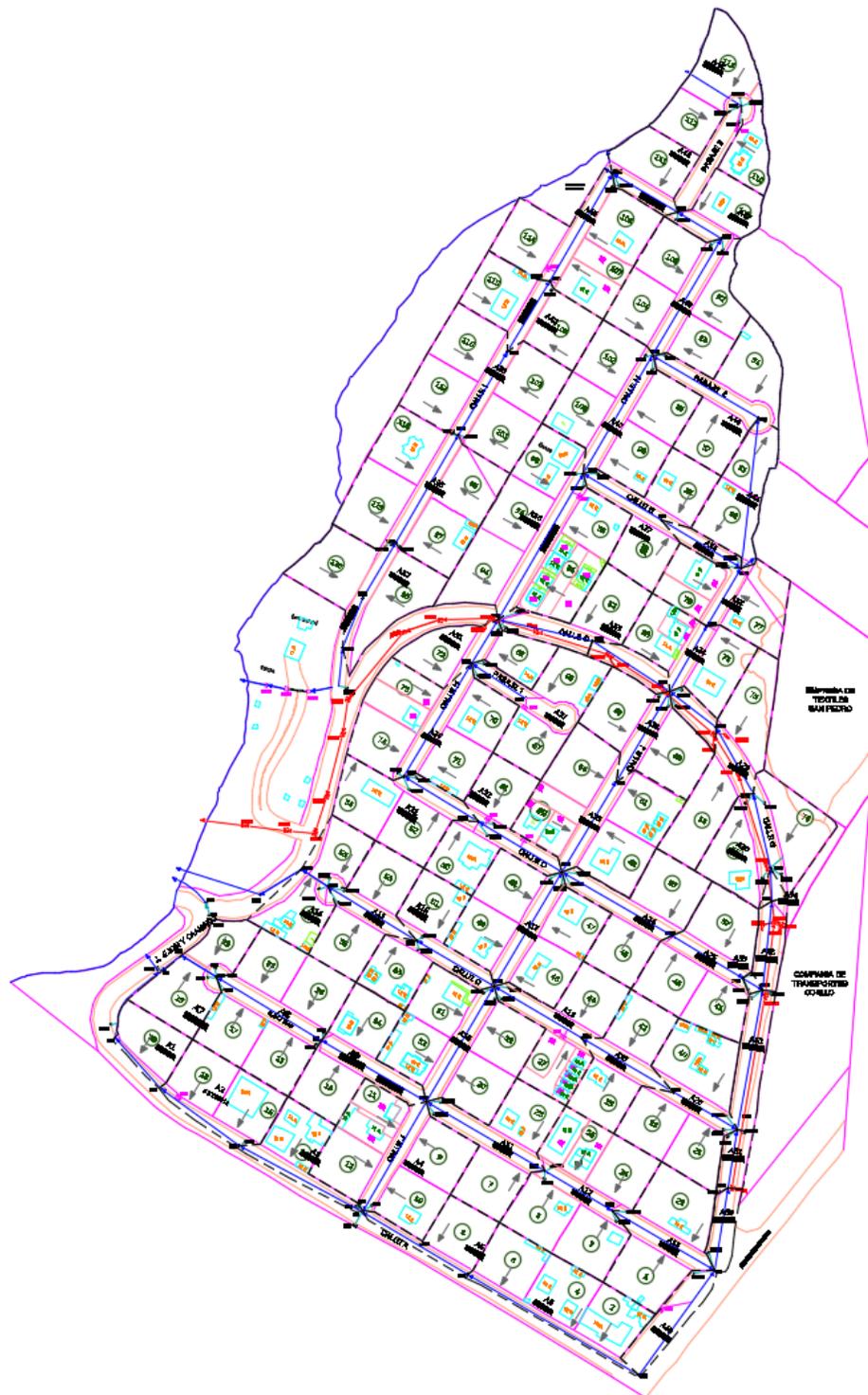
## CAPÍTULO IV

### 4. PARAMETROS DE DISEÑO

#### 4.1. Áreas de aporte

El área total de drenaje correspondiente a una localidad debe ser dividida por los proyectistas hidráulicos del sistema de drenaje en subáreas o subcuencas con características geomorfológicas e hidrológicas homogéneas, con el objeto de facilitar la aplicación de los métodos de diseño hidrológico e hidráulico y diseñar los diferentes componentes del sistema de drenaje pluvial de la localidad. Fuente: (EMAPP-Q, 2009, pág. 70).

En la Figura 31. se muestra las áreas de aportación tanto para el sistema de alcantarillado existente como para el sanitario y pluvial de la alternativa de mejoramiento se encuentran claramente definidos en los planos ver (ANEXO N).



*Figura 31.* Áreas de aporte del alcantarillado Sanitario

## 4.2. Caudal de aguas residuales

El caudal a utilizarse para el diseño de los colectores de aguas residuales será el que resulte de la suma de los caudales de aguas residuales domésticas e industriales afectados de sus respectivos coeficientes de retorno y mayoración, más los caudales de infiltración y conexiones ilícitas. (SENAGUA, 2012, pág. 288).

## 4.3. Aguas residuales domesticas

Las aguas residuales de uso doméstico son desechos líquidos provenientes de viviendas, instituciones y establecimientos comerciales. Los caudales de aguas residuales domésticas varían sensiblemente a lo largo del día por lo que, para efecto del dimensionamiento de las obras de alcantarillado, será necesario determinar el caudal máximo instantáneo. (SENAGUA, 2012, pág. 276).

$$Q_m = \frac{c * (P * D)}{86400} \quad 4.1$$

**Donde:**

**Q<sub>m</sub>:** Caudal medio neto (l/s)

**c:** coeficiente de retorno (adimensional)

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

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

$$Q_m = \frac{0,80 * (435 \text{ hab} * 138\text{l/hab} * \text{día})}{86400} = 0,55\text{lt/s} = 0,00055\text{m}^3/\text{s}$$

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

$$QMD = Q_m * M \quad 4.2$$

**Donde:**

**QMD:** Caudal máximo diario

**M:** Factor de mayoración máximo diario

$$QMD = 0,55\text{l/s} * 4 = 2,2\text{l/s}$$

#### 4.4.Coeficiente de retorno

El coeficiente de retorno es la relación entre el agua residual producida y el agua potable consumida. Para ciudades con sistemas existentes, los valores del coeficiente de retorno se determinarán a través de mediciones en zonas residenciales típicas. (SENAGUA, 2012, pág. 276).

Para determinar el valor a utilizar el coeficiente de retorno utilizaremos la norma de Diseño de Alcantarillado para la EMAAP-Q.

En la Tabla 32. se muestra que existen 2 niveles de complejidad del sistema, para el desarrollo de nuestro proyecto utilizaremos el nivel bajo y medio de coeficiente de retorno con un valor de 0,80.

$$C_{\text{retorno}} = 0,80$$

### **Tabla 32**

*Valores para el coeficiente de retorno de aguas servidas domésticas*

| <b>Nivel de complejidad del sistema</b> | <b>Coefficientes de retorno</b> |
|---|---------------------------------|
| Bajo y medio                            | 0,7 – 0,8                       |
| Medio alto y alto                       | 0,8 – 0,85                      |

Fuente: (EMAPP-Q, 2009, pág. 30)

### **4.5. Coeficiente de mayoración**

El coeficiente de mayoración es la relación entre el caudal máximo instantáneo y el caudal medio diario, en un mismo período. Los valores de los coeficientes de mayoración disminuyen en la medida que el número de habitantes considerado aumenta. (SENAGUA, 2012, pág. 270).

$$M_{\text{may}} = 4,00$$

### **4.6. Caudal de infiltración**

El aporte por infiltración corresponde a aguas lluvia o freáticas que ingresan a la red de alcantarillado sanitario, a través de juntas y conexiones defectuosas, de las tapas de los pozos de revisión y cajas domiciliarias.

Para determinar el valor de caudal de infiltración se utilizó la tabla de infiltración de aguas subsuperficiales por niveles de complejidad y de acuerdo con el nivel de infiltración alta, media y baja como se muestra a continuación.

En la Tabla 33. se muestra que existen 2 niveles de complejidad del sistema, para el desarrollo de nuestro proyecto utilizaremos el nivel bajo y medio e infiltración media para el caudal de infiltración con un valor de 0,10.

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

**Tabla 33**

*Valores del factor de infiltración dependiendo del nivel de complejidad del sistema*

| <b>Nivel de complejidad del sistema</b> | <b>Infiltración alta (l/s-ha)</b> | <b>Infiltración media (l/s-ha)</b> | <b>Infiltración baja (l/s-ha)</b> |
|---|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Bajo y medio                            | 0,10 – 0,30                       | 0,10 – 0,30                        | 0,05 – 0,20                       |
| Medio alto y alto                       | 0,15 – 0,40                       | 0,10 – 0,30                        | 0,05 – 0,20                       |

Fuente: (EMAPP-Q, 2009, pág. 33)

#### **4.7. Caudal de aguas Ilícitas**

Son aquellas que provienen de conexiones erradas o clandestinas a nivel domiciliario que permiten la entrada de la escorrentía pluvial, recogida en los techos o en los patios, directamente al alcantarillado sanitario. (SENAGUA, 2012, pág. 270)

Para determinar el valor de caudal de aguas ilícitas se utilizó la tabla de Aportes máximos por conexiones erradas con y sin sistema pluvial por niveles de complejidad como se muestra a continuación.

En la Tabla 34. muestra que existen 2 niveles de complejidad del sistema, 2 sistemas de aporte 1 sin y otro con sistema pluvial, para el desarrollo de nuestro proyecto utilizaremos el nivel bajo y medio para el caudal de infiltración con un valor de 0,50.

$$Q_{ilicidas} = 0,50 * Q_{inf}$$

$$Q_{ilicidas} = 0,50 * 0.10l/s - hab = 0,05l/s - hab$$

**Tabla 34**

*Aportes máximos por conexiones erradas.*

| Nivel de complejidad del sistema | Con sistema pluvial | Sin sistema pluvial |
|----------------------------------|---------------------|---------------------|
|                                  | Aporte<br>(l/s-ha)  | Aporte<br>(l/s-ha)  |
| Bajo y medio                     | 0,20 – 2,00         | 4,00 – 20,00        |
| Medio alto y alto                | 0,10 – 1,00         | 2,00 – 20,00        |

Fuente: (EMAPP-Q, 2009, pág. 33).

#### 4.8. Caudal de aguas lluvia

Para determinar el caudal de escurrimiento superficial directo, se podrán utilizar tres enfoques básicos: el método racional; el método del hidrograma unitario sintético y el análisis estadístico, basado en datos observados de escurrimiento superficial. (SENAGUA, 2012, pág. 277).

De acuerdo con esta misma norma utilizaremos el método racional para la estimación del escurrimiento superficial en cuencas tributarias con superficies menores a 100 ha ya que la cooperativa Eloy Alfaro tiene un área total de 25 hectáreas.

#### 4.9. Método racional

El método Racional es un modelo muy simple, hasta los muy sofisticados, que se basan en transformaciones complejas lluvia-caudal y propagaciones hidrodinámicas de hidrogramas en redes de canales, e incluyen la simulación de elementos de manejo activo (EMAPP-Q, 2009, pág. 66).

Para el caudal de escurrimiento se lo calculara mediante la ecuación de la norma de (SENAGUA, 2012, pág. 289).

$$Q_{\text{Agua lluvia}} = 0,00278 * C * I * A \quad \text{Ec. 4.1}$$

**Donde:**

**Q:** Caudal de escurrimiento en  $m^3/s$ .

**C:** Coeficiente de escurrimiento (adimensional).

**I:** Intensidad de lluvia para una duración de lluvias, igual al tiempo de concentración de la cuenca en estudio, en mm/h.

**A:** Área de la cuenca, en ha.

#### 4.10. Coeficiente de escurrimiento

Se determinará el coeficiente C al considerar los efectos de infiltración, almacenamiento por retención superficial, evaporación, etc. Para frecuencias entre 2 y 10 años se recomienda los siguientes valores de C. (SENAGUA, 2012, pág. 289).

**Tabla 35***Valores del coeficiente de escurrimiento.*

| <b>Tipo de zona</b>  | <b>Valores de C</b> |
|--|---------------------|
| 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           |

Fuente: (SENAGUA, 2012, pág. 289).

Cuando sea necesario calcular un coeficiente de escurrimiento compuesto, basado en porcentajes de diferentes tipos de superficie se podrá utilizar los valores que se presentan en la siguiente tabla. (SENAGUA, 2012, pág. 290).

**Tabla 36***Valores del coeficiente de escurrimiento C para diversos tipos de superficie.*

| <b>Tipo de Superficie</b>                      | <b>C</b>    |
|--|-------------|
| Cubierta metálica o teja vidriada              | 0,95        |
| Cubierta con teja ordinaria o impermeabilizada | 0,90        |
| Pavimentos asfálticos en buenas condiciones    | 0,85 a 0,90 |
| Pavimentos de hormigón                         | 0,80 a 0,85 |
| Empedrados (juntas pequeñas)                   | 0,75 a 0,80 |
| Empedrados (juntas ordinarias)                 | 0,40 a 0,50 |
| Pavimentos de macadam                          | 0,25 a 0,60 |
| Superficies no pavimentadas                    | 0,10 a 0,30 |
| Parques y jardines                             | 0,05 a 0,25 |

Fuente: (SENAGUA, 2012, pág. 290).

Para el cálculo del coeficiente de escurrimiento se analizaron cada una de las áreas de aportación con sus respectivas diferentes tipos de superficies el cual dio un valor de 0,52 el cual está debidamente justificado en el (ANEXO F).

$$C_{esc} = 0,52$$

#### 4.10. Intensidad pluvial de la zona.

La actualización del estudio de lluvias intensidades (INAMHI, 2015, pág. 8) dice que: La intensidad se define como la cantidad de agua de lluvia que cae en un punto, por unidad de tiempo y ésta es inversamente proporcional a la duración de la tormenta. La intensidad es la tasa temporal de precipitación, es decir, la cantidad de agua que precipitó medida en milímetros por unidad de tiempo, esta intensidad puede ser instantánea o promedio, sobre la duración de la lluvia. Generalmente se utiliza la intensidad promedio, que puede expresarse como:

$$i = \frac{P}{t} \qquad \text{Ec. 7.2}$$

Dónde:

i= Intensidad (mm/h)

P= Precipitación (mm)

t= Duración (h)

#### 4.11. Duración (minutos)

La duración de la tormenta es el tiempo que transcurre desde que inicia la precipitación hasta que ésta cesa. Se considera a la duración de la lluvia de diseño igual al tiempo de concentración del área en estudio, debido que al cabo de dicho tiempo la escorrentía alcanza su valor máximo, al contribuir toda el área aportante al flujo de salida. (Actualización del estudio de lluvias intensas - INAMHI, 2015, pág. 8)

#### 4.12. Período de Retorno (TR)

El número de años que en promedio se presenta un evento determinado de igual o mayor intensidad se llama periodo de retorno, intervalo de recurrencia o simplemente frecuencia. El periodo de retorno es un parámetro muy importante al momento de diseñar una obra hidráulica destinada a soportar avenidas. (Actualización del estudio de lluvias intensas - INAMHI, 2015, pág. 8)

$$TR = \frac{1}{1 - p}$$

Dónde:

P es la probabilidad de que el valor no sea igualado o no excedido.

#### 4.13. Tiempo de concentración.

El tiempo de concentración es el lapso necesario para que la escorrentía llegue desde el punto más alejado del área tributaria al punto considerado para su rápido drenaje. (SENAGUA, 2012, pág. 272).

Como se explicó anteriormente trabajaremos con los datos del INAMHI, 2015 utilizando la estación pluviométrica Izobamba.

En la Tabla 38. muestra los datos de la estación Izobamba como son código, nombre, latitud, longitud, altitud, serie de datos año de inicio y fin de observación, número de años de registro, institución propietaria de la estación.

**Tabla 37***Datos de estación pluviométrica Izobamba*

| Código | Nombre   | Latitud   | Longitud | Altitud (msnm) | Serie de datos | Nº años | Institución |
|--------|----------|-----------|----------|----------------|----------------|---------|-------------|
| M0003  | Izobamba | 772701,78 | 9959435  | 3058           | 1962-2010      | 45      | INAMHI      |

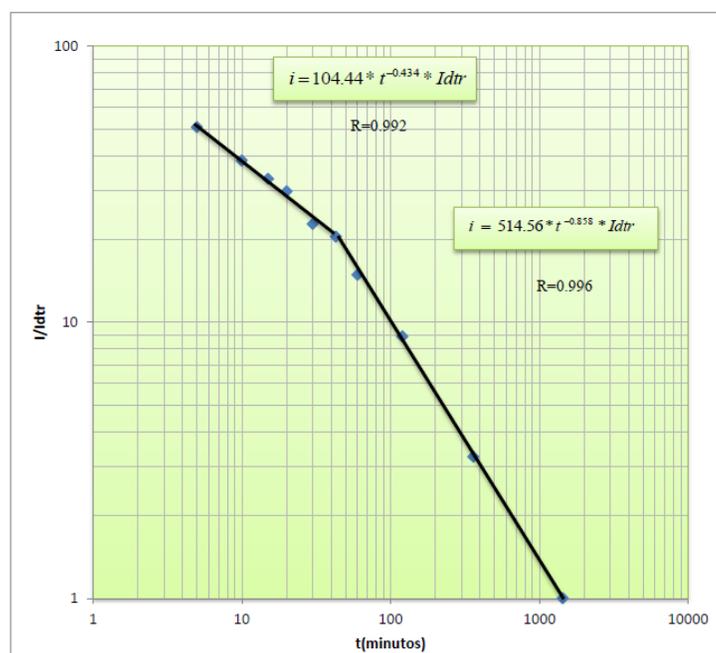
Fuente: (Actualización del estudio de lluvias intesas - INAMHI, 2015, pág. 19)

En la Tabla 38. se muestra las ecuaciones de intensidad para la estación Izobamba, de 2 intervalos para frecuencias máxima en 24 horas.

**Tabla 38***Intensidades, duración y frecuencia máxima en 24 horas, de estación Izobamba.*

| Zona | Estación |          | Intervalos de Tiempo (minutos) | Ecuaciones                                | R <sup>2</sup> |
|------|----------|----------|--------------------------------|---|----------------|
|      | Código   | Nombre   |                                |   |                |
| 2    | M003     | Izobamba | 5 < 42,99                      | $I_{TR} = 104,44 * Id_{TR} * t^{-0,4326}$ | 0,984          |
|      |          |          | 42,99 < 1440                   | $I_{TR} = 514,56 * Id_{TR} * t^{-0,858}$  | 0,9992         |

Fuente: (Actualización del estudio de lluvias intesas - INAMHI, 2015, pág. 204)

**Figura 32.** Curvas de intensidad – duración estación Izobamba

Fuente: (Actualización del estudio de lluvias intesas - INAMHI, 2015, pág. 182)

En la Tabla 39. se presenta la intensidad máxima en 24 horas en mm/h de la estación Izobamba en función de su tiempo de retorno para 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años con duración en minutos para 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120, 360 respectivamente.

**Tabla 39**

*Intensidades máxima en 24 horas (mm/h) de estación Izobamba*

| Duración<br>(minutos) | Tr    |        |        |        |        |        |
|-----------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                       | 2     | 5      | 10     | 25     | 50     | 100    |
| 5                     | 86,74 | 109,08 | 124,14 | 142,84 | 156,86 | 170,89 |
| 10                    | 64,21 | 80,74  | 91,89  | 105,73 | 116,11 | 126,49 |
| 15                    | 53,85 | 67,71  | 77,06  | 88,67  | 97,38  | 106,08 |
| 20                    | 47,53 | 59,76  | 68,02  | 78,26  | 85,95  | 93,63  |
| 30                    | 39,86 | 50,12  | 57,04  | 65,63  | 72,08  | 78,52  |
| 60                    | 25,62 | 32,21  | 36,66  | 42,18  | 46,32  | 50,46  |
| 120                   | 14,13 | 17,77  | 20,23  | 23,27  | 25,56  | 27,84  |
| 360                   | 5,51  | 6,92   | 7,88   | 9,07   | 9,96   | 10,85  |

Fuente: (Actualización del estudio de lluvias intensas - INAMHI, 2015, pág. 182)

A continuación se presenta la ecuación suministrada por el personal técnico de la DAPAC-R de la intensidad de lluvia del cantón Rumiñahui.

$$I_{lluvia} = 212 * \frac{T_R^{0,123}}{t_c^{0,47}} \quad Ec. 51$$

En la Tabla 40. se presenta los resultados obtenidos al aplicar las ecuación de intensidades del cantón Rumiñahui y de la estación Izobamba emitida por el INHAMI todas para un periodo de retorno de 25 años y un tiempo de concentración de 5, 10, 15, 20, 30 minutos

**Tabla 40***Intensidades de la Estación Izobamba y del Cantón Rumiñahui.*

| <b>Periodo (Tr)</b><br><b>años</b> | <b>Tiempo (t)</b><br><b>minutos</b> | <b>Ec. DAPAC-R</b><br><b>(mm/h)</b> | <b>Ec. Izobamba</b><br><b>(mm/h)</b> |
|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 25                                 | 5                                   | 121,28                              | 142,84                               |
| 25                                 | 10                                  | 87,56                               | 105,73                               |
| 25                                 | 15                                  | 72,37                               | 88,67                                |
| 25                                 | 20                                  | 63,22                               | 78,26                                |
| 25                                 | 30                                  | 52,25                               | 65,63                                |

Para el desarrollo de nuestro proyecto se utilizará la Actualización del estudio de lluvias intensas, 2015 emitida por el INAMHI ya que valores de las intensidades son mayores a los obtenidos por la ecuación suministrada por la DAPAC-R de intensidades del cantón Rumiñahui.

En la Tabla 41. se muestra los caudales pluviales de la cooperativa Eloy Alfaro pozo a pozo con su respectiva area de aportacion, y tiempo de concentracion, y al final la suma de los caudales.



#### 4.14. Sistema de Tuberías y colectores

##### 4.14.1. Diámetro mínimo

El diámetro mínimo para alcantarillado sanitario será de 200 mm y para alcantarillado pluvial será de 300mm. (SENAGUA, 2012, pág. 281)

##### 4.14.2. Velocidades mínimas y máximas

La velocidad mínima para alcantarillado sanitario en los colectores, sean estos primarios, secundarios o terciarios, bajo condiciones de caudal máximo instantáneo, en cualquier año del período de diseño, no sea menor que 0,45 m/s y que preferiblemente sea mayor que 0,6 m/s, para impedir la acumulación de gas sulfhídrico en el líquido.

En alcantarillado pluvial la velocidad mínima será de 0,9 m/s, para caudal máximo instantáneo, en cualquier época del año. (SENAGUA, 2012, pág. 283)

En la Tabla 42. se observa las velocidades máximas admisibles a tubo lleno para los diferentes tipos de materiales de fabricación así como el coeficiente de rugosidad para los mismos.

**Tabla 42**

*Velocidades máximas a tubo lleno y coeficientes de rugosidad.*

| <b>Material</b>  | <b>Velocidad máxima (m/s)</b> | <b>Coefficiente de rugosidad</b> |
|--|-------------------------------|----------------------------------|
| Hormigón simple<br>Con uniones de mortero                              | 4                             | 0,013                            |
| Hormigón simple<br>Con uniones de neopreno para nivel<br>freático alto | 3,5 – 4                       | 0,013                            |
| Asbesto cemento  | 4,5 – 5                       | 0,011                            |
| Plástico   | 4,5                           | 0,011                            |

Fuente: (SENAGUA, 2012, pág. 282)

#### 4.15. Profundidad y alineación en tuberías

Las tuberías se diseñarán a profundidades que sean suficientes para recoger las aguas servidas o aguas lluvias de las casas más bajas a uno u otro lado de la calzada. Cuando la tubería deba soportar tránsito vehicular, para su seguridad se considerará un relleno mínimo de 1,2 m de alto sobre la clave del tubo, observando que la red de alcantarillado sanitario se diseñará de manera que todas las tuberías pasen por debajo de las de agua potable debiendo dejarse una altura libre proyectada de 0,3 m cuando ellas sean paralelas y de 0,2 m cuando se crucen. (SENAGUA, 2012, pág. 281)

#### 4.16. Pozos y cajas de revisión

Los pozos de revisión se colocarán en todos los cambios de pendientes, cambios de dirección, exceptuando el caso de alcantarillas curvas, y en las confluencias de los colectores. Los pozos de alcantarillado sanitario deberán ubicarse de tal manera que se evite el flujo de escorrentía pluvial hacia ellos. Si esto es inevitable, se diseñarán tapas herméticas especiales que impidan la entrada de la escorrentía superficial. (SENAGUA, 2012, pág. 284)

En la Tabla 43. muestra la distancia máxima entre pozos de revisión para su perfecto funcionamiento y varían la distancia de acuerdo con su diámetro.

**Tabla 43**

*Distancias máximas entre pozos de revisión*

| <b>Diámetro tubería (mm)</b> | <b>Distancia (m)</b> |
|------------------------------|----------------------|
| Menor a 350                  | 100                  |
| 400 - 800                    | 150                  |
| Mayor 800                    | 200                  |

Fuente: (SENAGUA, 2012, pág. 284)

La abertura superior del pozo será como mínimo 0,60 m. El cambio de diámetro desde el cuerpo del pozo hasta la superficie se hará preferiblemente usando un tronco de cono excéntrico, para facilitar el descenso al interior del pozo. (SENAGUA, 2012, pág. 284)

En la tabla 44. Se muestra el diámetro recomendado de la abertura mínima y tapa del pozo de revisión en función del diámetro de la tubería utilizada.

**Tabla 44**

*Diámetros recomendados de pozos de revisión*

| <b>Diámetro de la tubería (mm)</b> | <b>Diámetro del pozo (m)</b> |
|------------------------------------|------------------------------|
| Menor o igual a 550                | 0,9                          |
| Mayor a 550                        | Diseño especial              |

Fuente: (SENAGUA, 2012, pág. 284)

## 6.18. Sumideros

Según Secretaria del Agua- SENAGUA, 2012 dice que los sumideros deben instalarse:

- Cuando la cantidad de agua en la vía exceda a la capacidad admisible de conducción de la cuneta. Esta capacidad será un porcentaje de la teórica, la que se calculará según 5.2.4.5. de la norma (SENAGUA, 2012, pág. 286) El porcentaje estará en función de los riesgos de obstrucción de la cuneta.
- En los puntos bajos, donde se acumula el agua.
- Otros puntos, donde la conformación de las calles y manzanas lo haga necesario.

Para el rediseño del alcantarillado pluvial en la cooperativa Eloy Alfaro se utilizó sumidero normal y Tipo 2 en las zonas más bajas, para ver el plano de detalle los sumideros observar el (ANEXO M)

## CAPÍTULO V

### 5. CATASTRO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

El catastro tiene como función identificar cada uno de los elementos que conforman el sistema actual de alcantarillado combinado y pluvial para determinar si los mismos se encuentran en óptimas o estables condiciones de servicio, la cual permitirá establecer si siguen siendo parte del nuevo proyecto o requieren un inmediato remplazo. También se realizará una evaluación hidráulica para determinar si el diámetro mínimo de las tuberías es el correcto establecido en la norma de Secretaría del Agua- SENAGUA, 2012 como se explicó en capítulos anteriores ya que el incremento poblacional ha sido significativo en el cantón Rumiñahui como se explicó anteriormente

El levantamiento del catastro del sistema de alcantarillado combinado y pluvial en la cooperativa Eloy Alfaro cantón Rumiñahui fue realizado en colaboración por el personal del DAPAC-R los días 16, 17 y 18 de abril del 2018

Adicionalmente, se recolectó información histórica del actual sistema de alcantarillado por parte del presidente de la cooperativa quien, dio a conocer que en algunos tramos de tubería del sistema de alcantarillado combinado tiene problemas, ya que en época de invierno no abastecía al rápido escurrimiento de aguas lluvia; por lo que, el personal de la DAPAC-R decidió dotar a la cooperativa Eloy Alfaro con un sistema de alcantarillado pluvial que tiene en funcionamiento aproximadamente 8 meses.

### **5.1. Procedimiento y parámetros por obtener para el castro del sistema de alcantarillado combinado y pluvial**

Se levantaron 51 pozos de revisión y 88 sumideros para el alcantarillado combinado, 16 pozos de revisión y 6 sumideros para el alcantarillado pluvial para realizar la evaluación física del actual sistema de alcantarillado de la cooperativa Eloy Alfaro

A continuación detallamos el procedimiento y parámetros a establecer para obtener el catastro de los 2 diferentes sistemas de alcantarillado de la cooperativa Eloy Alfaro mediante el uso de fichas catastrales, cámara de inspección y evaluación hidráulica, haciendo uso de una hoja electrónica.

- Comprobamos si la información de topografía (planimetría y altimetría) entregada por el personal técnico del DAPAC-R es la correcta, ya que necesitamos cotas, ubicación, niveles y distancia entre pozos de revisión, los cuales se usaron más adelante para la evaluación hidráulica de cada uno de los elementos.
- Se levanto las tapas de todos los pozos de revisión sanitario y pluvial, para medir su profundidad y determinar si es un pozo que continua con el flujo o cambia de dirección es decir un pozo de cabecera, cuantificar el número de tuberías que llegan a él, con sus respectivos diámetros y alturas.
- Se lleno una ficha catastral de los pozos de revisión el cual contiene su identificación, fotografías, diámetro de tapa de acceso y fondo, altura de pozo, diagrama de pozo, diámetros, alturas y material de las tuberías que llegan a él, cota de tapa y de fondo, estado actual de tapa, mampostería y escaleras, esquema en planta y en corte (VER ANEXO H).

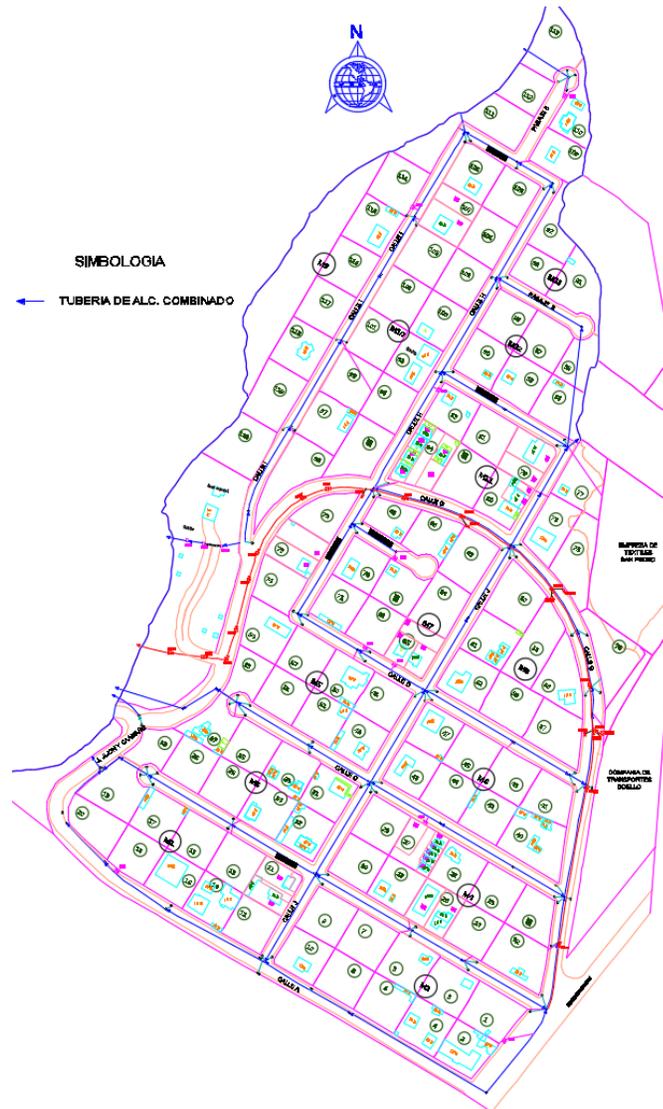
- Con los planos del actual sistema de alcantarillado combinado de la cooperativa Eloy Alfaro se procedió con el personal del DAPAC-R a traspasar la cámara de inspección y solo en el alcantarillado combinado para determinar el estado real de las tuberías y verificar juntas entre ellas o si se encuentra obstruidas y las malas conexiones domiciliarias de los propietarios al colector principal.
- La evaluación hidráulica se realizó con la información de las fichas catastrales y los planos del actual sistema de alcantarillado sanitario y pluvial mediante una hoja electrónica en Excel de cada uno de los elementos de la red, en el cual se verificará la capacidad hidráulica, distancia entre pozos, sea lo normado en Secretaria del Agua- SENAGUA, 2012. (VER ANEXO I).
- Con el diagnóstico del actual sistema de alcantarillado combinado y pluvial se planteó 2 posibles alternativas para el mejoramiento del sistema de alcantarillado de la cooperativa Eloy Alfaro cantón Rumiñahui.

## **5.2. Sistemas de alcantarillado actual.**

La cooperativa Eloy Alfaro cuenta con 2 sistemas de alcantarillado uno combinado y otro pluvial. El sistema de alcantarillado actual combinado consta de 51 pozos de revisión, 88 sumideros, material de hormigón simple con diámetros desde los 200 hasta 800mm con una longitud de 3.83Km. El actual alcantarillado pluvial constas de 16 pozos de revisión, 6 sumideros tipo II, material acero con diámetros de 850mm a 1200mm con una distancia de 0.81Km.

En la Figura 33. se muestra el actual sistema de alcantarillado sanitario y pluvial con la ubicación e identificación de sus pozos de revisión y sumideros, tuberías con su distancia y diámetro, si desea observar de una manera detallada ver (ANEXO M)

### 5.3.Sistema de alcantarillado combinado



**Figura 33.** Sistema de alcantarillado combinado

A continuación se muestra en la Tabla 45. el resumen de los diferentes parámetros más relevantes obtenidos en las fichas catastrales de Pz1 a Pz51, para ver detalladamente la información de cada pozo de revisión con sus respectivos sumideros y conexiones domiciliarias en el caso de haberlos ver (ANEXO H)

En la Tabla 45. se observa los parámetros y características del sistema de alcantarillado combinado como son tipo de alcantarillado, área de influencia, numero de pozos de revisión, estado de pozos de revisión, numero de sumideros, estado de sumideros, longitud total de tuberías, diámetros de tuberías, material y estado físico de tuberías, descargas y observaciones.

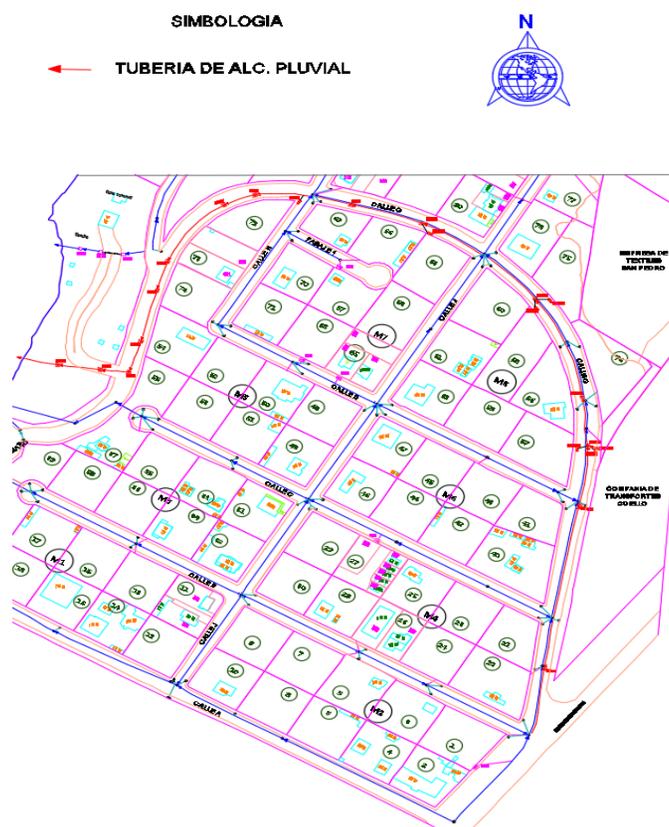
**Tabla 45**

*Parámetros y características del Sistema de alcantarillado combinado actual*

| <b>Parámetro</b>                     | <b>Características</b>  |
|--------------------------------------|---|
| Tipo de alcantarillado:              | Alcantarillado Combinado  |
| Área de influencia                   | 25 hectáreas  |
| Numero de pozos de revisión          | 51  |
| Estado de pozos de revisión          | Los pozos de revisión 13, 14, 27, 28, 32, 40 se encuentran en pésimas condiciones de servicio debido, debido a que se encuentran cerca de donde se construyó el nuevo sistema de alcantarillado pluvial   |
| Numero de sumideros                  | 88  |
| Estado de sumideros                  | Los sumideros 6, 11, 34, 37, 38, 55, 61, 70, 71, 75, 76, 83, 85 se encuentran tapados debido a que las vías de acceso son de material pétreo.   |
| Longitud total de Tuberías           | 3,834km.  |
| Diámetros de tuberías                | Varían entre 200mm - 800mm.   |
| Material y estado físico en tuberías | Todos los colectores principales son de hormigón simple, acometidas de los lotes 18, 8, 13, 34, 5, 26, 24, 22, 21, 37, 23, 43, 66, 67, 69, 84, 80, 89, 109, 107, 96, 95 son de hormigón simple y las acometidas de los lotes 59 y 77 son de PVC, cabe recalcar que los lotes antes mencionados se conectan directo a los pozos de revisión. |
| Descargas                            | Río San Pedro   |
| Observaciones                        | El pozo de revisión Pz1 se encuentra sin tapa y es muy peligroso ya que se encuentra a un costado de la vía principal, Pz6 y Pz7 de igual manera se encuentra sin tapa y es peligroso porque se encuentra sobre la acera de la calle principal.   |

#### 5.4.Sistema de alcantarillado pluvial.

En la Figura 34. se muestra el actual sistema de alcantarillado pluvial de la cooperativa Eloy Alfaro con la identificación de sus pozos de revisión, sumideros tipo 2 y sus tuberías con su respectivo diámetro y longitud, si desea observar de una manera detallada ver (ANEXO M)



**Figura 34.** Sistema de alcantarillado pluvial

De igual manera que en el anterior caso se lo realizó para el sistema de alcantarillado pluvial una tabla de resumen de los diferentes parámetros más relevantes obtenidos en las fichas catastrales de Pzp1 a Pzp16, para ver detalladamente la información de cada pozo de revisión con sus respectivos sumideros y conexiones domiciliarias en el caso de haberlos.

En la Tabla 46. se observa los parámetros y características del sistema de alcantarillado pluvial al igual que el sistema de alcantarillado combinado pero con la excepción que el sistema de alcantarillado pluvial tiene un área de cobertura de 16.12 hectáreas es decir se encuentra incompleta ya que la cooperativa Eloy Alfaro tiene una cobertura de 25 hectáreas totales.

**Tabla 46**

*Parámetros y características del Sistema de alcantarillado pluvial actual*

| <b>Parámetro</b>                     | <b>Características</b>  |
|--------------------------------------|---|
| Tipo de alcantarillado:              | Alcantarillado pluvial  |
| Área de influencia                   | 16,12 hectáreas   |
| Numero de pozos de revisión          | 16  |
| Estado de pozos de revisión          | Los pozos de revisión se encuentran en perfecto estado y funcionales  |
| Numero de sumideros                  | 6   |
| Estado de sumideros                  | Se encuentran en perfecto estado y funcionales.   |
| Longitud total de Tuberías           | 0,812km.  |
| Diámetros de tuberías                | Varían entre 850mm - 1200mm.  |
| Material y estado físico en tuberías | Todos los colectores principales son de acero corrugado, y las tuberías de los sumideros a los pozos son de hormigón armado |
| Descargas                            | Río San Pedro   |
| Observaciones                        | Se requiere más sumideros para el sistema de alcantarillado pluvial ya que en la zona más baja no se encuentran sumideros.  |

### **5.5.Estado general de los pozos de revisión y sumideros en los sistemas de alcantarillado combinado y pluvial.**

A continuación citaremos algunas consideraciones importantes en la norma de la SENAGUA de los pozos de revisión para un perfecto funcionamiento dentro de su vida útil:

- Todos los pozos de revisión tienen las paredes de ladrillo y revestidas con mortero al igual que su zócalo ya que están expuestas al arrastre de líquidos y sólidos por lo que pierde su resistencia y su periodo de vida útil será menor al que fue diseñado.
- Los pozos de revisión deben contar con una tapa de acero para evitar accidentes de tránsito o peatonales, poseer escaleras de acceso para facilitar el ingreso y salida de un inspector.
- Se debe dar un mantenimiento rutinario a los sumideros si a futuro no se cambia la superficie de rodadura ya que todas las vías de la cooperativa Eloy Alfaro son de material pétreo y cuando se producen precipitaciones los sumideros tienden a llenarse de material de arrastre y por consiguiente a taparse.

En la figura 35. se observa que el pozo de revisión número 6, tiene una sección rectangular no cuenta con una tapa de acceso y representa un peligro potencial para los peatones y vehículos ya que se encuentra ubicado sobre la acera de la calle principal.



**Figura 35.** Sistema de alcantarillado existente

Los pozos de revisión 13, 14, 27, 28, 32 se encuentran en malas condiciones de servicio como se muestra en la Figura 36. ya que su mortero está desprendiéndose de las

paredes y el ladrillo se encuentra visto, y se acumulen sedimentos en el zócalo y en el fondo que impiden un flujo libre, adicionalmente los peldaños de las escaleras en dichos pozos se encuentran en mal estado debido al grado de oxidación que presentan.



**Figura 36.** Pozo de revisión sin recubrimiento de mortero.

Se dará a conocer los lotes que se encuentran conectados directamente a los pozos de revisión a manera de acometida domiciliaria esto es error grave ya que dificulta el ingreso y operación del inspector en el pozo.

En la Tabla 47. se observa que el número de pozo, número de lote con conexión domiciliaria, material y diámetro de la tubería utilizada, en total se encuentran 20 de 67 pozos de revisión entre combinado y pluvial, y un número de 25 lotes de los 120 que conforman la cooperativa Eloy Alfaro

**Tabla 47***Cuadro de resumen de lotes con conexión domiciliaria hacia pozo de revisión*

| N° Pozo de revisión | Lote | Material | Diámetro (mm) | Distancia a fondo de pozo (m) |
|---------------------|------|----------|---------------|-------------------------------|
| 2                   | 18   | H.S.     | 200           | 0,30                          |
| 5                   | 8    | H.S.     | 150           | 0,35                          |
| 9                   | 13   | H.S.     | 200           | 0,30                          |
|                     | 34   | H.S.     | 200           | 0,50                          |
| 11                  | 5    | H.S.     | 200           | 0,30                          |
|                     | 26   | H.S.     | 200           | 0,30                          |
| 12                  | 24   | H.S.     | 200           | 0,30                          |
| 13                  | 22   | H.S.     | 200           | 1,40                          |
| 14                  | 21   | H.S.     | 200           | 0,80                          |
| 15                  | 37   | H.S.     | 150           | 0,50                          |
| 18                  | 23   | H.S.     | 200           | 0,30                          |
| 22                  | 59   | PVC      | 100           | 0,70                          |
| 24                  | 43   | H.S.     | 200           | 0,80                          |
|                     | 66   | H.S.     | 150           | 0,30                          |
| 31                  | 67   | H.S.     | 200           | 0,30                          |
|                     | 69   | H.S.     | 200           | 0,50                          |
| 33                  | 84   | H.S.     | 200           | 0,30                          |
| 35                  | 78   | H.S.     | 200           | 0,35                          |
|                     | 80   | H.S.     | 200           | 0,30                          |
| 36                  | 77   | PVC      | 100           | 0,30                          |
| 39                  | 89   | H.S.     | 200           | 0,60                          |
| 42                  | 109  | H.S.     | 200           | 0,50                          |
| 45                  | 107  | H.S.     | 300           | 0,40                          |
| 47                  | 96   | H.S.     | 200           | 0,20                          |
| 48                  | 95   | H.S.     | 200           | 0,70                          |

**Figura 37. Acometida domiciliaria tubería no revocada**

La Tabla 48. muestra el número de sumidero del alcantarillado combinado tapado con su respectivo pozo de revisión y si cuenta con rejilla o no, el sumidero 79 del pozo de revisión 45 se encuentra funcional pero sin rejilla, en total existen 10 sumideros que necesitan mantenimiento con brevedad para que el actual sistema funcione eficientemente.

**Tabla 48**

*Sumidero tapados del alcantarillado combinado*

| N.º Pozo de revisión | N.º Sumidero | Rejilla |
|----------------------|--------------|---------|
| 5                    | 6            | No      |
| 6                    | 11           | No      |
| 20                   | 34           | Si      |
| 21                   | 37           | Si      |
|                      | 38           | Si      |
| 33                   | 55           | No      |
| 34                   | 61           | Si      |
| 41                   | 70           | Si      |
|                      | 71           | Si      |
| 43                   | 75           | Si      |
|                      | 76           | Si      |
| 48                   | 83           | Si      |
| 49                   | 85           | Si      |

En la Figura 38. se puede observar como el arrastre del material pétreo de la vía acumulado en el sumidero, pueden llegar a obstruirlo hasta producir taponamiento y se generen áreas inundables en el caso que todos los sumideros se hallen obstruidos.



**Figura 38.** Sumidero obstruido

En la Figura 39. se puede observar el interior de uno de los 16 pozos de revisión del sistema de alcantarillado pluvial que se encuentran funcionando correctamente, cabe recalcar que este sistema tiene un tiempo de construcción y servicio menor de 1 año.



**Figura 39.** Pozo revisión del alcantarillado pluvial

En la Figura 40. se puede observar uno de los 6 sumideros colocados a lo largo del sistema de alcantarillado pluvial que cubre las 16.12 hectáreas de la cooperativa Eloy Alfaro que se encuentran funcionando a su capacidad máxima, cabe recalcar que existe 16 pozos de revisión por lo que es necesario que se instalen por lo menos 6 sumideros adicionales para un rápido escurrimientos de aguas lluvias en las zonas más bajas de la cooperativa.



**Figura 40.** Sumidero Tipo II.

De manera general se necesita que la cobertura del actual sistema de alcantarillado pluvial llegue a las 25 hectáreas del área total de la cooperativa Eloy Alfaro.

### **5.6.Observaciones de la cámara de inspección.**

El día 18 de abril del 2018 se traspasó la cámara de inspección Verisigth Pro con ayuda del personal técnico de la DAPAC-R en presencia del presidente de la cooperativa el Lic. Jorge Figueroa en algunos tramos de la tubería en la cooperativa Eloy Alfaro, pero solo se lo realizo en el sistema de alcantarillado combinado, ya que la tubería del sistema de alcantarillado pluvial es corrugada y sus diámetros varían entre 850 y 1200mm y no fue factible pasar la cámara por las dimensiones que tiene este equipo. La inspección visual al interior de los colectores principales permitirá conocer la situación actual de los siguientes parámetros:

- La existencia de sedimentos o cualquier tipo de material que se encuentre obstruyendo el libre flujo en las tuberías generando un taponamiento de los colectores principales.
- Se verifico el estado entre juntas de las tuberías del sistema de alcantarillado combinado, debido al hundimiento del suelo generado por asentamientos diferenciales por una mala conformación en la cama de arena.
- Comprobamos si los tramos de tubería entre pozos de revisión tengan una buena pendiente de diseño para que no exista acumulación de sedimentos o empozamiento de agua.
- Se identifico revocamientos de las acometidas domiciliarias a los colectores principales, ya que una mala conexión puede generar obstrucción del libre flujo de las aguas servidas.

- Determinamos la existencia de gases en descomposición de tramos de tubería del sistema de alcantarillado combinado ya que la presencia excesiva de esta genera una descomposición de la tubería en la parte superior.
- Se observó si los tramos de tubería no se encuentren explotados debido al exceso de carga transmitido al suelo por vehículos pesados.



**Figura 41.** Cámara de inspección Verisigth Pro.

De una manera general toda la tubería presenta complicaciones, pero el mayor problema que se encuentra es debido a que las vías de la cooperativa Eloy Alfaro son de material pétreo y dicho material ingresa al sistema de alcantarillado provocando sedimentación y obstrucción en el flujo de aguas servidas. También otro problema frecuente es que las juntas entre tuberías están mal realizadas y permite filtración de esta.

Se procedió a traspasar la cámara de revisión desde Pz10 a Pz4 pero en la distancia de 42,89m entre los pozos de revisión, nos encontramos que el interior de la tubería se encontraba obstruida con material pétreo, se presume que su origen es debido a que ingreso al sistema cuando levantaron la tapa del pozo de revisión como se muestra en la Figura 42.



*Figura 42.* Presencia de material pétreo en la tubería.

La mayor parte del sistema de alcantarillado combinado de la cooperativa Eloy Alfaro se encuentra con rebabas entre las juntas de las tuberías, esta deficiencia se produce en proceso constructivo cuando el mortero utilizado en las uniones no es de buena calidad y más aún si estamos hablando de un sistema que ha sobrepasado su periodo de vida útil ya que tiene más de 30 años en funcionamiento como se indica en la Figura 43.



*Figura 43.* Mal diseño de juntas entre tuberías.

Se observo que del Pz17 a Pz23 a la distancia de 24,33m entre los pozos de revisión, nos encontramos que la acometida domiciliaria del lote 46 no está correctamente revocada, es decir la tubería de la conexión domiciliaria tendría q estar cortada y unida arras de la pared del colector principal para no obstruir el libre flujo de aguas servidas así como de papel higiénico, toallas sanitarias entre otros objetos que son introducidos al sistema de alcantarillado como se muestra en la Figura 44. y Figura 45.



**Figura 44.** Conexión domiciliaria mal realizada



**Figura 45.** Conexión domiciliaria bien realizada

Se observo que de Pz23 a Pz17 a la distancia de 34,54m entre los pozos de revisión, encontramos la existencia de acumulación de gases en descomposición de la tubería por lo que se observa un desgaste en la parte superior e inferior ya que se ve estanquidad de aguas residuales debido a no poseer una correcta pendiente de diseño como se muestra en la Figura 46.



**Figura 46.** Existencia de gases acumulados en el colector

El tramo de tubería de Pz40 a Pz36 es un tramo demasiado critico debido a que la tubería atraviesa 2 predios es decir pasa por los lotes 85 y 86, se encuentra obstruido con material de arrastre, por lo que está completamente fuera de servicio provocando con esto crezca maleza al interior de la tubería como se muestra en la Figura 47.



**Figura 47.** Tubería obstruida con sedimento.

Se puede observar que el tramo de tubería de Pz36 a Pz40 hasta una pequeña descarga a manera de sequía que de igual manera descarga al río San Pedro, la mayor parte de la tubería se encuentra fisurada, según datos históricos proporcionadas por el presidente de la cooperativa Eloy Alfaro comentó que esa zona era demasiado crítica en épocas de invierno ya que la capacidad hidráulica no abastece por lo que se recomienda un inmediato remplazo de la misma para que el sistema de alcantarillado funcione eficientemente como se observa en la Figura 48.



**Figura 48.** Tubería fisurada parte superior

### **5.7.Evaluación hidráulica**

La evaluación hidráulica se la realizará con los datos generales obtenidos del catastro y de los planos del actual sistema de alcantarillado combinado y pluvial de la cooperativa Eloy Alfaro cantón Rumiñahui.

Se calculó el coeficiente de escurrimiento de la cooperativa Eloy Alfaro mediante dando un resultado de  $C=0,52$ , mediante áreas de aportación y los diferentes tipos de superficies utilizando los valores de la norma de la SENAGUA, 2012 y se encuentra perfectamente detallado ver (ANEXO I).

Una vez con todos los datos para los respectivos cálculos del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial se ingresa a una hoja electrónica EXCEL, es posible determinar la capacidad hidráulica de cada uno de los elementos, en base población, áreas tributarias, longitud entre pozos de revisión, caudal de diseño, diámetro de tubería, pendientes, velocidad y caudal a tubo lleno, relaciones de  $q/Q$ ,  $H/h < 0,7$  y  $v/V$ , velocidad de diseño, diferencia de nivel, cotas de tapa y cotas de proyecto con su respectivo comentario.

## **5.8. Evaluación hidráulica del sistema de alcantarillado combinado**

A continuación presentamos una tabla de resumen de la evaluación hidráulica del sistema de alcantarillado combinado de la cooperativa Eloy Alfaro, Si se desea observar detalladamente el proceso de cálculo de las nueve subzonas pozo a pozo de revisión ver (ANEXO I).

En la Tabla 49. se muestra que la zona de estudio la cooperativa Eloy Alfaro se ha dividido en 9 subzonas para realizar la evaluación hidráulica de todo el sistema de alcantarillado combinado, en la primera columna podemos ver los pozos de revisión en donde inicia y finaliza las subzonas, los diferentes diámetros y materiales de las tuberías, la evaluación actual del sistema y las observaciones inmediatas para mejorar el servicio.

**Tabla 49***Cuadro de resumen del diagnóstico, sistema de alcantarillado Sanitario actual.*

| <b>Subzona</b> | <b>Pozos de Revisión</b> | <b>Diámetro y material de tuberías</b> | <b>Edad de tuberías</b> | <b>Evaluación actual del sistema</b>  | <b>Observaciones inmediatas para mejorar</b>   |
|----------------|--------------------------|--|-------------------------|---|--|
| 1              | Pz11 a Pz10              | 250mm H.S.                             | >30 años                | Tramo de Inicio, capacidad hidráulica correcta  | Mantenimiento preventivo del tramo de tubería  |
|                | Pz10 a Pz4               | 200mm H.S.                             | >30 años                | Capacidad hidráulica insuficiente.  | Reemplazo del tramo de tubería                 |
|                | Pz51 a Pz5               | 250mm H.S.                             | >30 años                | Distancia entre pozos de revisión 130,88m supera a los 100m.<br>Capacidad hidráulica correcta | Mantenimiento preventivo del tramo de tubería  |
|                | Pz5 a Pz4                | 300mm H.S.                             | >30 años                | Capacidad hidráulica correcta   | Mantenimiento preventivo del tramo de tubería. |
|                | Pz4 a Pz3                | 300mm H.S.                             | >30 años                | Capacidad hidráulica correcta   | Mantenimiento preventivo del tramo de tubería. |
|                | Pz3 a Pz2                | 300mm H.S.                             | >30 años                | Capacidad hidráulica correcta   | Mantenimiento preventivo del tramo de tubería. |
|                | Pz2 a Pz1                | 300mm H.S.                             | >30 años                | Capacidad hidráulica insuficiente.  | Reemplazo del tramo de tubería                 |

|   |             |            |          |                                    |   |
|---|-------------|------------|----------|------------------------------------|---|
|   | Pz1 a Pz6   | 400mm H.S. | >30 años | Capacidad hidráulica correcta      | Mantenimiento preventivo del tramo de tubería.                                  |
| 2 | Pz10 a Pz9  | 250mm H.S. | >30 años | Capacidad hidráulica correcta      | Mantenimiento preventivo del tramo de tubería.                                  |
|   | Pz9 a Pz8   | 200mm H.S. | >30 años | Capacidad hidráulica insuficiente. | Reemplazo del tramo de tubería  |
|   | Pz8 a Pz7   | 400mm H.S. | >30 años | Capacidad hidráulica correcta      | Mantenimiento preventivo del tramo de tubería.<br>Diferencia entre cotas 14,53m |
|   | Pz7 a Pz6   | 350mm H.S. | >30 años | Capacidad hidráulica correcta      | Mantenimiento preventivo del tramo de tubería.                                  |
| 3 | Pz17 a Pz15 | 200mm H.S. | >30 años | Capacidad hidráulica insuficiente. | Reemplazo del tramo de tubería  |
|   | Pz15 a Pz50 | 300mm H.S. | >30 años | Capacidad hidráulica correcta      | Mantenimiento preventivo del tramo de tubería.<br>Diferencia entre cotas 19,72  |
|   | Pz50 a Pz52 | 400mm H.S. | >30 años | Capacidad hidráulica correcta      | Mantenimiento preventivo del tramo de tubería.                                  |
| 4 | Pz19 a P18  | 250mm H.S. | >30 años | Capacidad hidráulica correcta      | Mantenimiento preventivo del tramo de tubería.                                  |
|   | Pz18 a P17  | 200mm H.S. | >30 años | Capacidad hidráulica insuficiente. | Reemplazo del tramo de tubería  |
|   | Pz10 a P29  | 200mm H.S. | >30 años | Capacidad hidráulica insuficiente. | Reemplazo del tramo de tubería  |
|   | Pz29 a P34  | 250mm H.S. | >30 años | Capacidad hidráulica insuficiente. | Reemplazo del tramo de tubería  |

|   |             |            |          |                                    |  |
|---|-------------|------------|----------|------------------------------------|--|
| 5 | Pz51 a Pz13 | 300mm H.S. | >30 años | Capacidad hidráulica correcta      | Mantenimiento preventivo del tramo de tubería. |
|   | Pz12 a Pz14 | 300mm H.S. | >30 años | Capacidad hidráulica correcta      | Mantenimiento preventivo del tramo de tubería. |
|   | Pz14 a Pz20 | 400mm H.S. | >30 años | Capacidad hidráulica correcta      | Mantenimiento preventivo del tramo de tubería. |
|   | Pz19 a Pz20 | 250mm H.S. | >30 años | Capacidad hidráulica correcta      | Mantenimiento preventivo del tramo de tubería. |
|   | Pz20 a Pz26 | 400mm H.S. | >30 años | Capacidad hidráulica correcta      | Mantenimiento preventivo del tramo de tubería. |
|   | Pz24 a Pz25 | 200mm H.S. | >30 años | Capacidad hidráulica insuficiente. | Reemplazo del tramo de tubería                 |
|   | Pz25 a Pz26 | 300mm H.S. | >30 años | Capacidad hidráulica correcta      | Mantenimiento preventivo del tramo de tubería. |
|   | Pz26 a Pz28 | 500mm H.S. | >30 años | Capacidad hidráulica correcta      | Mantenimiento preventivo del tramo de tubería. |
|   | Pz28 a Pz32 | 500mm H.S. | >30 años | Capacidad hidráulica insuficiente. | Reemplazo del tramo de tubería                 |
|   | Pz32 a Pz34 | 500mm H.S. | >30 años | Capacidad hidráulica correcta      | Mantenimiento preventivo del tramo de tubería. |
| 6 | Pz23 a Pz22 | 200mm H.S. | >30 años | Capacidad hidráulica correcta      | Mantenimiento preventivo del tramo de tubería. |
|   | Pz22 a Pz30 | 200mm H.S. | >30 años | Capacidad hidráulica insuficiente. | Reemplazo del tramo de tubería                 |
|   | Pz31 a Pz30 | 200mm H.S. | >30 años | Capacidad hidráulica correcta      | Mantenimiento preventivo del tramo de tubería. |

|   |             |             |          |   |   |
|---|-------------|-------------|----------|---|---|
|   | Pz30 a Pz33 | 250mm H.S.  | >30 años | Capacidad hidráulica insuficiente.  | Reemplazo del tramo de tubería                                |
|   | Pz34 a Pz33 | 200mm H.S.  | >30 años | Capacidad hidráulica insuficiente.<br>Distancia entre pozos de revisión 123,72m es mayor a 100m | Reemplazo del tramo de tubería y aumentar un pozo de revisión |
|   | Pz33 a Pz38 | 300mm H.S.  | >30 años | Capacidad hidráulica insuficiente.<br>Distancia entre pozos de revisión 111,60m es mayor a 100m | Reemplazo del tramo de tubería y aumentar un pozo de revisión |
|   | Pz37 a Pz38 | 200mm H.S.  | >30 años | Capacidad hidráulica correcta   | Mantenimiento preventivo del tramo de tubería.                |
|   | Pz38 a Pz39 | 400mm H.S.  | >30 años | Capacidad hidráulica insuficiente.  | Reemplazo del tramo de tubería                                |
| 7 | Pz34 a Pz36 | 250mm H.S.  | >30 años | Capacidad hidráulica insuficiente.  | Reemplazo del tramo de tubería                                |
|   | Pz37 a Pz36 | 250mm H.S.  | >30 años | Capacidad hidráulica insuficiente.<br>Distancia entre pozos de revisión 105,18m es mayor a 100m | Reemplazo del tramo de tubería y aumentar un pozo de revisión |
|   | Pz40 a Pz39 | 300mm H.S.  | >30 años | Capacidad hidráulica insuficiente.  | Reemplazo del tramo de tubería                                |
|   | Pz39 a Pz44 | 400mm H.S.  | >30 años | Capacidad hidráulica insuficiente.  | Reemplazo del tramo de tubería                                |
| 8 | Pz43        | 200 mm H.S. | >30 años | Capacidad hidráulica estable, pero descarga directa de los lotes hacia el río San Pedro         | Rediseño de la red de alcantarillado sanitario                |
| 9 | Pz49 a Pz48 | 200mm H.S.  | >30 años | Capacidad hidráulica insuficiente.  | Reemplazo del tramo de tubería                                |

|             |            |          |                                    |  |
|-------------|------------|----------|------------------------------------|--|
| Pz48 a Pz46 | 400mm H.S. | >30 años | Capacidad hidráulica correcta      | Mantenimiento preventivo del tramo de tubería. |
| Pz46 a Pz44 | 400mm H.S. | >30 años | Capacidad hidráulica insuficiente. | Reemplazo del tramo de tubería                 |

---

### 5.9. Evaluación hidráulica del sistema de alcantarillado pluvial

A continuación presentamos una tabla de resumen de la evaluación hidráulica del sistema de alcantarillado pluvial de la cooperativa Eloy Alfaro, Si se desea observar detalladamente el proceso de cálculo de la zona pozo a pozo de revisión ver (ANEXO I).

En la Tabla 50. muestra que la zona de estudio la cooperativa Eloy Alfaro de todo el sistema de alcantarillado pluvial, se encuentra trabajando en condiciones óptima de servicio, pero no llega al total de la cobertura de la cooperativa.

**Tabla 50***Cuadro de resumen del diagnóstico, sistema de alcantarillado Pluvial actual.*

| <b>Subzona</b> | <b>Pozos de Revisión</b> | <b>Diámetro y material de tuberías</b> | <b>Edad de tuberías</b> | <b>Evaluación actual del sistema</b>           | <b>Observaciones inmediatas para mejorar</b> |
|----------------|--------------------------|--|-------------------------|--|--|
| 1              | Pzp1 a Pzp2              | 1200mm Acero.                          | >1 año                  | Tramo de Inicio, capacidad hidráulica correcta | Colocar sumideros Tipo II                    |
|                | Pzp2 a Pzp3              | 1200mm Acero.                          | >1 año                  | Tramo de Inicio, capacidad hidráulica correcta | Colocar sumideros Tipo II                    |
|                | Pzp3 a Pzp4              | 1100mm Acero.                          | >1 año                  | Tramo de Inicio, capacidad hidráulica correcta | Colocar sumideros Tipo II                    |
|                | Pzp4 a Pzp5              | 1100mm Acero.                          | >1 año                  | Tramo de Inicio, capacidad hidráulica correcta | Colocar sumideros Tipo II                    |
|                | Pzp5 a Pzp6              | 1100mm Acero.                          | >1 año                  | Tramo de Inicio, capacidad hidráulica correcta | Colocar sumideros Tipo II                    |
|                | Pzp6 a Pzp7              | 1100mm Acero.                          | >1 año                  | Tramo de Inicio, capacidad hidráulica correcta | Colocar sumideros Tipo II                    |
|                | Pzp7 a Pzp8              | 1100mm Acero.                          | >1 año                  | Tramo de Inicio, capacidad hidráulica correcta | Colocar sumideros Tipo II                    |
|                | Pzp8 a Pzp9              | 850mm Acero.                           | >1 año                  | Tramo de Inicio, capacidad hidráulica correcta | Colocar sumideros Tipo II                    |
|                | Pzp9 a Pzp10             | 850mm Acero.                           | >1 año                  | Tramo de Inicio, capacidad hidráulica correcta | Colocar sumideros Tipo II                    |
|                | Pzp10 a Pzp11            | 850mm Acero.                           | >1 año                  | Tramo de Inicio, capacidad hidráulica correcta | Colocar sumideros Tipo II                    |
|                | Pzp11 a Pzp12            | 1100mm Acero.                          | >1 año                  | Tramo de Inicio, capacidad hidráulica correcta | Colocar sumideros Tipo II                    |
|                | Pzp12 a Pzp13            | 1100mm Acero.                          | >1 año                  | Tramo de Inicio, capacidad hidráulica correcta | Colocar sumideros Tipo II                    |
|                | Pzp13 a Pzp15            | 850mm Acero.                           | >1 año                  | Tramo de Inicio, capacidad hidráulica correcta | Colocar sumideros Tipo II                    |
|                | Pzp15 a Pzp16            | 850mm Acero.                           | >1 año                  | Tramo de Inicio, capacidad hidráulica correcta | Colocar sumideros Tipo II                    |

A simple vista parece que los diámetros de la tubería del alcantarillado pluvial estarían sobredimensionados pero realizando el rediseño y cobertura de toda la cooperativa Eloy Alfaro y según información del personal técnico del DAPAC-R al sistema de alcantarillado pluvial se conectarán los barrios ubicados al otro costado de la autopista General Rumiñahui.

## CAPÍTULO VI

### 6. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

#### 6.1. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario

Una vez realizado el catastro y evaluación de la actual red de alcantarillado combinado se ha decidido reemplazar por completo ya que la mayor parte de la red se encuentra en malas condiciones de funcionamiento, por uno separado en el cual se considera dos opciones el uno en material de PVC y el otro en Hormigón simple.

Los cálculos del diseño hidráulico de la nueva red de alcantarillado sanitario para la cooperativa Eloy Alfaro en los dos materiales (PVC - Hormigón Simple) se encuentran debidamente detallados en el ANEXO J.

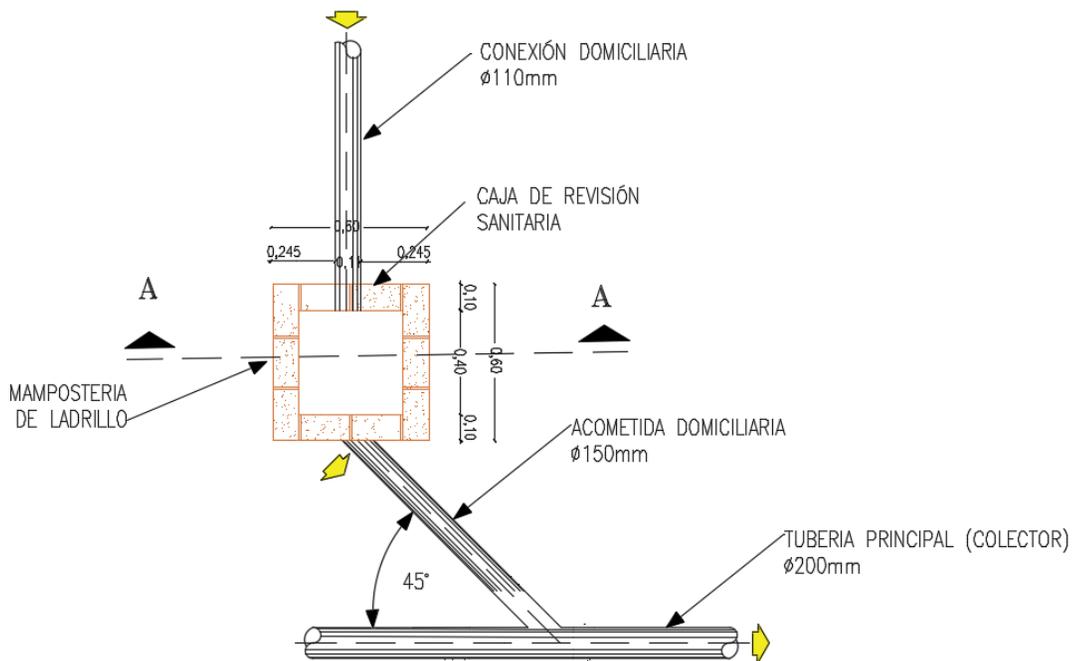
También se cuenta con los planos del nuevo trazo de la red de alcantarillado sanitario, área cooperante de cada tubería, planos de corte de los diferentes perfiles donde se detalla la siguiente información entre pozos: caudal, longitud, diámetro, pendiente, velocidad de tubería, cotas de tapa y fondo de pozo cada metro. Abscisado cada 20m y en cada pozo de revisión, se encuentran detallados en el (ANEXO N).

La nueva red de alcantarillado sanitario cuenta con 52 pozos de revisión tipo B1 con profundidad desde 1m hasta 3m, la longitud total de tubería es de 3.68Km y diámetro de 200mm de toda la red en material de PVC y Hormigón Simple.

## 6.2. Conexión Domiciliaria

Para las conexiones domiciliarias se utilizará tubería de 150mm en hormigón Simple, y 160mm en PVC con su respectivo galápago para tener una correcta conexión al colector principal de 200mm con una pendiente mínima de 1% la cual también fue considerada en el diseño de la nueva red de alcantarillado considerado en la norma. (SENAGUA, 2012, pág. 281)

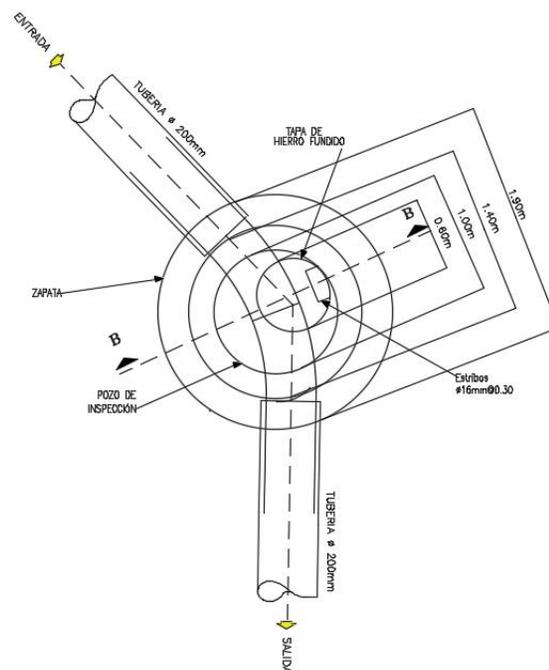
Estas conexiones deben estar unidas al colector principal con un ángulo de 45° y 60° que garantice que no exista estanquidad y la conexión a la red pública empieza con una estructura denominada caja de revisión. (SENAGUA, 2012, pág. 286) para nuestro proyecto se utilizará cajas de revisión mínima de 60 x 60cm y de 80 x 80cm ya que existen lotes en la cooperativa Eloy Alfaro que se encuentran a manera de conjuntos y se encuentran hasta 5 viviendas unifamiliares.



**Figura 49.** Detalle conexión domiciliaria-Colector

### 6.3. Pozo de revisión Tipo B1 Conexión Domiciliaria

Los 52 pozos de revisión de la red de alcantarillado sanitario de la cooperativa Eloy Alfaro serán del modelo Tipo B1 de acuerdo con la EMAAP-Q. Todos los pozos de nuestra red van desde 1m hasta los 3 metros, para ver detalladamente el pozo revisión con su respectivas vista en corte diríjase al (ANEXO N)



**Figura 50.** Pozo de revisión Tipo B1

### 6.4. Biodegradabilidad de aguas residuales

“La biodegradabilidad y las aguas residuales son dos conceptos estrechamente vinculados, se sabe que gran parte de las sustancias que transporta el agua, ya sea disuelta, suspendida o coloidal, es materia orgánica, la cual en una importante fracción es biodegradable.”. (Osorio, 2001, pág. 5).

Para obtener una aproximación cuantitativa de la biodegradabilidad de un cauce de agua dulce utilizaremos la relación DQO/DBO5. (Uralita., 1992, pág. 11)

**Tabla 51**

*Relación Biodegradabilidad para aguas residuales*

| Biodegradabilidad  | $\frac{DBO_5}{DQO}$ |
|--------------------|---------------------|
| Muy biodegradable  | > 0.4               |
| Biodegradable      | 0.2 – 0.4           |
| Poco biodegradable | < 0.2               |

Fuente (Uralita., 1992, pág. 13)

Con los datos obtenidos de los ensayos del Capítulo III de Calidad del agua para aplicar la Tabla 51. y de acuerdo con la siguiente ecuación.

$$\frac{DBO_5}{DQO} = \frac{21.40}{216.167} = 0.10$$

La relación entre DBO5 y DQO es 0.10 y de acuerdo con la Tabla 51 de biodegradabilidad de aguas residuales tomadas en la descarga del sistema de alcantarillado combinado es poco degradable.

## 6.5. Diseño del sistema de alcantarillado pluvial.

Una vez realizado el castro y evaluación hidráulica del actual sistema de alcantarillado pluvial se verifico que el sistema está funcionando en perfectas condiciones, pero el área de cobertura es de 5.25 hectáreas y representa 21% de toda el área de la cooperativa Eloy Alfaro, por lo que es necesario diseñar el resto del alcantarillado para llegar a una completa cobertura de 25 hectáreas.

La actual red de alcantarillado pluvial tiene una longitud total de 789m la cual consta de 16 pozos de revisión y 6 sumideros Tipo II, la tubería consta con diámetros de 850 y 1100mm a lo largo de la calle G en la cooperativa Eloy Alfaro.

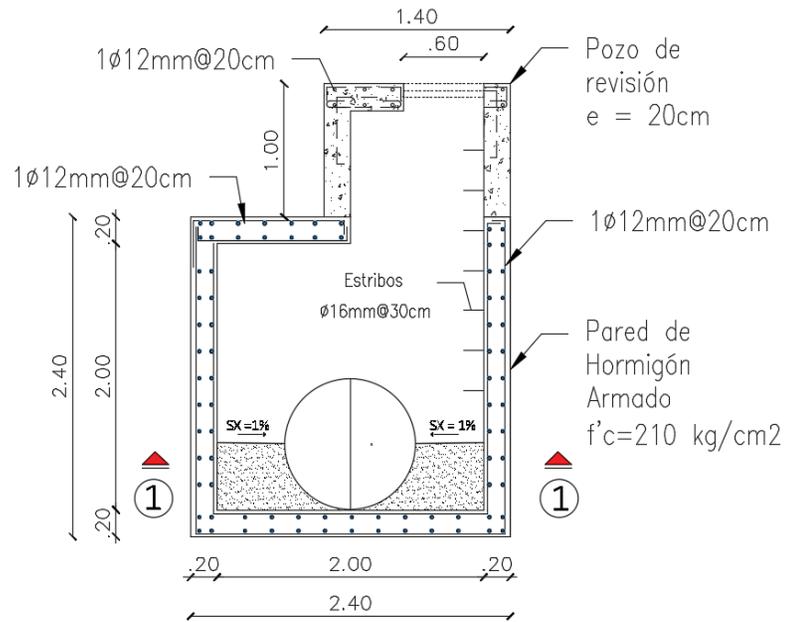
La proyección de calzada para la cooperativa Eloy Alfaro se encuentra en el (ANEXO G), fue emitida por el Departamento de Planificación del GADMUR en donde se manifiesta que en un futuro el empedrado será remplazado por adoquinado vehicular gris, dicha información es importante ya que, sirve para determinar el coeficiente de escurrimiento  $C=0,65$  el cual se utilizará para el cálculo del nuevo diseño hidráulico.

También se cuenta con los planos del nuevo trazo de la red de alcantarillado pluvial, área cooperante de cada tubería, planos de corte de los diferentes perfiles donde se detalla la siguiente información entre pozos: caudal, longitud, diámetro, pendiente, velocidad de tubería, cotas de tapa y fondo de pozo cada metro. Abscisado cada 20m y en cada pozo de revisión, se encuentran detallados en el (ANEXO N).

La nueva red de alcantarillado pluvial cuenta con 51 pozos de revisión con profundidad desde 1m hasta 4m, la longitud total de la tubería es de 3.32Km y diámetros de 300, 400, 500, 600, 700 y 850mm de toda la red en material de PVC y Hormigón Simple.

#### **6.6. Pozos de revisión.**

Estos pozos de revisión son diferentes a los pozos Tipo B1 de la EMAAP-Q ya que estos llevan acero estructural no son solo de mampostería y son de mayores dimensiones. En la Figura 51. se observa un pozo pluvial tipo, para ver el armado y marcas de clase diríjase al (ANEXO N).



**Figura 51.** Detalle de pozo pluvial

## 6.7. Sumidero Tipo II

El sumidero Tipo II es la versión mejorada de los sumideros tradicionales ya que tienen una función adicional, cuenta con una pequeña cámara de inspección para realizar su mantenimiento, los sumideros pluviales por lo general se los coloca cada 100m y se conectan directo a los pozos de revisión pluvial, En la Figura 52 se presenta un sumidero Tipo II, para un detallado armado del sumidero ver (ANEXO N).



### **6.8.1. Caudal de diseño “Q”.**

“El dimensionamiento geométrico de un pozo de bandejas, según la EMAAP-Q, tiene como principal magnitud básica el caudal. La velocidad admisible de flujo a la salida de las bandejas, el valor absoluto del caudal unitario y la denominada altura de zona de vórtices, entre otras variables hidrodinámicas y geométricas importantes dependen del caudal” (Simba, 2003, pág. 34).

$$Q=200 \text{ l/s}$$

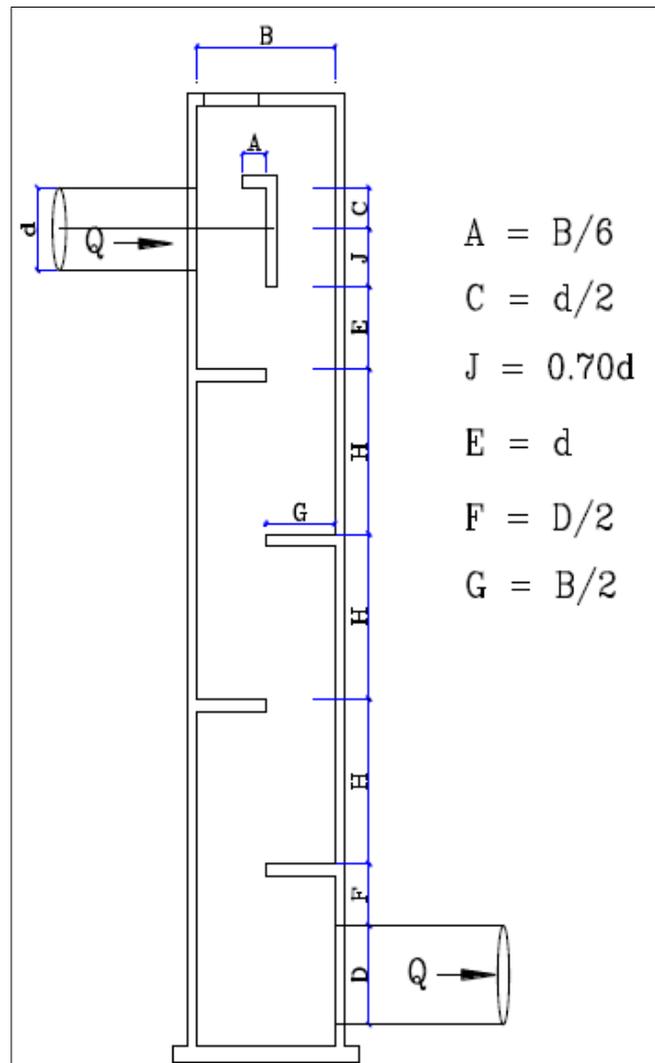
### **6.8.2. Desnivel a vencer**

“El desnivel a vencer es la diferencia de cotas, es la pérdida de energías en la entrada y en la salida de la estructura. Este desnivel representa a la cantidad de energía interna del sistema que habrá que disipar”. (Simba, 2003, pág. 34).

$$\Delta H=15,00\text{m}$$

## **6.9. Dimensionamiento del pozo de bandejas.**

En la Figura 17. se observa cada uno de los elementos del pozo de bandeja con sus respectivas dimensiones.



**Figura 53.** Dimensionamiento Pozo de bandejas  
Fuente: (Simba, 2003, pág. 33).

### 6.9.1. Ancho del Pozo “B”

“Es la dimensión del pozo en la misma dirección del flujo de entrada, por lo general un pozo de bandejas es rectangular, se adopta como una primera aproximación el doble del ancho o diámetro del canal de aproximación” (Simba, 2003, pág. 35).

$$\mathbf{B=2,50m}$$

### **6.9.2. Longitud de Bandejas "G"**

“Es la longitud transversal al flujo que deberá tener cada bandeja del pozo. La bandeja es de sección rectangular y está calculada en función del ancho B del pozo” (Simba, 2003, pág. 35).

$$\mathbf{G=1,25m}$$

### **6.9.3. Altura entre el impactador y la primera bandeja "E"**

“Esta distancia está calculada en función a la altura del canal o tubería de entrada al pozo, siendo igual a dicha altura” (Simba, 2003, pág. 35).

$$\mathbf{E=0,80m}$$

### **6.9.4. Dimensión superior del impactador "A"**

“Es la sexta parte del ancho del pozo y permite dos funciones la primera es cubrir el flujo desviado hacia arriba, y la otra es incrementar la rigidez de este impactador” (Simba, 2003, pág. 36).

$$\mathbf{A=0,42m}$$

### **6.9.5. Dimensión inferior del impactador "J"**

“Esta dimensión se calcula, en forma semejante a la altura E, en función de la altura del canal o tubería de entrada, y es igual a 0.70 veces dicha altura” (Simba, 2003, pág. 36).

$$\mathbf{J=0,56m}$$

#### **6.9.6. Altura entre bandejas "H"**

“Debe ser la altura suficiente entre cada una de las bandejas para formar el debido salto entre ellas” (Simba, 2003, pág. 36).

$$\mathbf{H=2,00m}$$

“El tema de pozos de bandejas se recomienda una distancia vertical entre las bandejas no mayor a 2.50 metros, además es necesario considerar la construcción de un pozo paralelo que permita el ingreso para trabajos de operación y mantenimiento” (EMAPP-Q, 2009, pág. 126).

#### **6.9.7. Altura final entre última bandeja y canal de salida "F"**

“Se refiere a la altura final entre la última bandeja y la descarga. Según la EMAAP-Q, es la mitad del alto del canal o tubería de descarga” (Simba, 2003, pág. 37).

$$\mathbf{F=0,90m}$$

Para el predimensionamiento del pozo de bandejas se utilizó la tesis “**Estudio experimental sobre las estructuras de disipación de energía en pozos de bandejas**”, del Ingeniero Ricardo Patricio Simba Panchig y para el cálculo hidráulico el personal técnico de la DAPAC-R proporciono la información del Diseño Definitivo para Obras e Intervenciones en Colectores de la Quebrada El Tejar ejecutado por la EMAPP-Q ejecutadas en el 2006. En el (ANEXO M) se encuentra una hoja electrónica en donde se presente todos los cálculos del pozo de bandejas.

En la Figura 54. se observa el diseño definitivo del pozo de Bandejas para la Calle B que va desde Pz10 a Pz9 y otro en la Calle C desde Pz18 a Pz19, para un detalle del diseño de pozo de bandejas ver (ANEXO M).

El pozo de bandejas definitivo como lo menciona la (EMAPP-Q, 2009) cuenta con una cámara de inspección para proporcionar un constante mantenimiento y seguridad al inspector de la DAPAC-R cuenta con ventanas de inspección peldaños de acero triple galvanizado con  $\text{Ø}=16\text{mm}$  y placas en cada bandeja impar para brindar seguridad al inspector durante la revisión, así como ducto de ventilación de 4 pulgadas.



## CAPÍTULO VII

### 7. PRESUPUESTO REFERENCIAL.

Para el Análisis de Precios Unitarios se utilizó la base de datos de los rubros generados por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Rumiñahui (GADMUR) los cuales fueron proporcionados por el personal técnico del Departamento de Agua Potable, Alcantarillado y comercialización del cantón Rumiñahui (DAPAC-R) los mismos que consideran costos indirectos, mano de obra, herramienta, materiales e instalación, gastos administrativos, imprevistos impuestos y seguros.

El presupuesto referencial para la cooperativa Eloy Alfaro cantón Rumiñahui se divide en dos partes, la primera alternativa es con tubería de hormigón para el sistema de alcantarillado sanitario y pluvial, consta de 2 pozos de bandejas, la segunda alternativa es con tubería de PVC para el sistema de alcantarillado sanitario y pluvial con sus 2 respectivos pozos de bandeja.

#### 7.1. Presupuesto referencial de las alternativas del proyecto.

El cálculo del presupuesto para cada alternativa así como la base de datos y desglose de cada sistema de alcantarillado se encuentra en el (ANEXO K). En cuestión de precios la alternativa con tubería de hormigón es más barata que la tubería de PVC, pero en rendimientos para construir los sistemas de alcantarillado en tubería de PVC el proyecto

se ejecutaría en menos tiempo que en tubería de hormigón y es posible conseguir un ahorro de dinero.

## **7.2. Especificaciones técnicas.**

Algunas de las especificaciones técnicas fueron proporcionadas por el personal técnico de la DAPAC-R y otra fueron descargadas del portal de compras públicas, las especificaciones técnicas con su respectiva mano de obra se encuentran de una manera detallada en el ANEXO K.

## CAPÍTULO VIII

### 8.1. Conclusiones

- Debido al periodo de funcionamiento (tiempo de vida útil), los diámetros de las tuberías no abastecen para un debido drenaje de las aguas residuales, los materiales no son los más adecuados y es necesario el diseño de un nuevo sistema de alcantarillado sanitario.
- De los resultados del análisis del agua residual de la Cooperativa Eloy Alfaro, se determinó que son poco biodegradables y que la relación de biodegradabilidad DBO5/DQO es igual 0.10.
- El nuevo diseño considera la separación de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial con la utilización de materiales en PVC y Hormigón Simple, para disminuir el grado de contaminación de las aguas residuales y facilitar su tratamiento antes de la descarga al Río San Pedro.
- En el diseño del sistema de alcantarillado Sanitario Pluvial se realizó un análisis del presupuesto referencial con tuberías de hormigón simple y PVC por lo que se optó que para disminuir costos y tiempo en ejecución de la obra, seleccionar el material de PVC.

- El nuevo sistema de alcantarillado para la Cooperativa Eloy Alfaro está constituido para el sanitario de 3.68Km y un diámetro de 200mm y para el pluvial de 3.32Km con diámetros de 300 hasta los 1000m en materiales de PVC y Hormigón Simple. También cuenta con dos pozos de bandejas en la calle “B” y “C”.

## 8.2. Recomendaciones

- Se recomienda cambiar la superficie de rodadura de la Cooperativa Eloy Alfaro de empedrado a adoquinado hexagonal vehicular gris, para asegurar un buen funcionamiento del sistema de alcantarillado.
- Realizar un mantenimiento más frecuente al sistema de alcantarillado, por lo menos cada año para retirar sedimentos, material pétreo, basura y cualquier otro tipo de objetos ingresados al sistema.
- Se recomienda colocar sumideros, de manera inmediata, en el actual sistema de alcantarillado pluvial ya que, en un total de 16 pozos de revisión solo existen 6 sumideros.
- Se recomienda al DAPAC-R diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales, mediante un proceso físico- químico (Mezclado, Coagulación, Floculación, Separación) antes de la descarga al cuerpo de agua dulce.
- Se recomienda socializar el presente proyecto con la población de la Cooperativa Eloy Alfaro e informar sobre los beneficios al ejecutarse esta obra; así como, recordar sus obligaciones como usuario, para fomentar la ejecución del proyecto lo más pronto posible.

## BIBLIOGRAFÍA

- Actualización del estudio de lluvias intensas - INAMHI. (2015). ECUADOR. Obtenido de [http://www.serviciometeorologico.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/estudio\\_de\\_intensidad\\_des\\_v\\_final.pdf](http://www.serviciometeorologico.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/estudio_de_intensidad_des_v_final.pdf)
- EMAPP-Q, E. M. (2009). Normas de diseño de sistemas de alcantarillado.
- GADMUR Rumiñahui. (2012). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial Cantón Rumiñahui 2012 - 2015. Sangolquí.
- GAMUR. (2014). Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial. Obtenido de Actualización 2014 - 2019: <http://181.112.151.212/Documentacion/Cant%C3%B3n%20Rumi%C3%B1ahui/pdyot-2014-2019.pdf>
- Gobierno de Pichincha. (2012). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la Parroquia Rumipamba.
- Gobierno de Pichincha. (2012). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la Parroquia Rumipamba 2012-2025.
- Hernández, A., Hernández, A., & Galán, P. (2000). Manual de Depuración Uralita. Sistemas para depuración de aguas residuales en núcleos de hasta 20000 habitantes. Madrid: Thomson Editors.
- INIAP. (2011). Análisis de la situación actual de los suelos en el Ecuador.

Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN. (1992). Código Ecuatoriano de la Construcción.

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

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos - INEC. (2010). Censo de Población y Vivienda 2010.

Obtenido de [www.inec.gob.ec/tabulados\\_cpv/3\\_tca\\_parr\\_nac\\_pobl\\_1990\\_2001\\_2010.xls](http://www.inec.gob.ec/tabulados_cpv/3_tca_parr_nac_pobl_1990_2001_2010.xls)

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos- INEC, 2. (2010).

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología - INAMHI. (1999). Estudio de lluvias intensas.

Quito.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología-INAMHI. (2017). Boletín Climatológico 2016.

Quito.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología-INAMHI. (2017). Boletín meteorológico mes:

Mayo 2017. Quito.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología-INAMHI. (2017). Instituto Nacional de

Meteorología e Hidrología. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/red-de-estaciones-meteorologicas/>

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología- INAMHI. (2014). BOLETIN. Obtenido de

<http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf>

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología- INAMHI. (Abril de 2018). Boletín. Obtenido de

[http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol\\_men.pdf](http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol_men.pdf)

- Ministerio del Ambiente. (2015). Acuerdo Ministerial No.28 - Sustituye el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente. Quito.
- Ocampo, C. (2013). Cálculo y diseño del sistema de alcantarillado separado sanitario - pluvial y tratamiento de las aguas servidas para el barrio Chiriboga y recinto El Rocío, en la parroquia de Lloa, cantón Quito, provincia de Pichincha. Sangolquí: ESPE.
- Organización Panamericana de la salud. (2005). Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado. Lima.
- Organización Panamericana de la salud. (2005). Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado. Lima.
- Osorio, P. C. (2001). Determinación de la relación DQO/DBO5.
- Secretaría del Agua - SENAGUA. (2012). Instructivo para conformación y legalización de Juntas Administradoras de agua potable y saneamiento; Juntas Administradoras de agua potable y saneamiento Regional; y, Juntas de segundo y tercer grado.
- Secretaría del Agua - SENAGUA. (2015). Norma de Diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área Rural.
- Secretaría del Agua - SENAGUA. (2015). Norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.
- Secretaría del Agua- SENAGUA. (2012). Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y Alcantarillado Quito.

Servicio Nacional de Contratación Pública. (s.f.). Especificaciones Técnicas Consolidado

Estándar.

Simba, R. P. (2003). Estudio experimental sobre las estructuras de disipación de energía en pozos de bandejas. quito.