



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROYECTO FASE II**

**Diagnóstico Técnico Del Sistema De Agua Potable Y Elaboración De  
Plan De Operación Y Mantenimiento Del Casco Urbano De Chinda,  
Santa Bárbara**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**21541027 CRISTIAN MEOÑEZ**

**ASESOR: ING. OSCAR RENÉ CASTRO**

**CAMPUS UNITEC SAN PEDRO SULA; FEBRERO, 2019**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CENTROAMÉRICA**

**UNITEC**

**RECTOR**

**MARLON ANTONIO BREVE REYES**

**VICERRECTOR ACADÉMICO**

**DESIRÉE TEJADA CALVO**

**SECRETARIO GENERAL**

**ROGER MARTÍNEZ MIRALDA**

**VICEPRESIDENTA CAMPUS SAN PEDRO SULA**

**CARLA MARÍA PANTOJA ORTEGA**

**JEFE ACADÉMICO CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

**HÉCTOR WILFREDO PADILLA**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS**

**EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO**

**INGENIERO CIVIL**

**ASESOR METODOLÓGICO FASE II**

**“ING. HECTOR WILFREDO PADILLA”**

**ASESOR TEMÁTICO**

**“ING. OSCAR RENÉ CASTRO GARCÍA”**

**INTEGRANTES TERNA**

**DERECHOS DE AUTOR**

**©Copyright 2019**

**CRISTIAN MAURICIO MEOÑEZ ACOSTA**

**Todos los derechos son reservados**

## AUTORIZACIÓN

*AUTORIZACIÓN DEL AUTOR(ES) PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO DE TESIS DE GRADO.*

Señores

CENTRO DE RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACION (CRAI)  
San Pedro Sula

Estimados Señores:

La presentación del documento de tesis forma parte de los requerimientos y procesos establecidos de graduación para alumnos de pregrado de UNITEC.

Yo, Cristian Mauricio Meoñez Acosta, de San Pedro Sula, autor(es) del trabajo de grado titulado: DIAGNOSTICO TÉCNICO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL CASCO URBANO Y ELABORACIÓN DE PLAN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO, CHINDA, SANTA BÁRBARA, presentado y aprobado en el año 2019, como requisito para optar al título de Profesional de Ingeniero Civil, autorizo a:

Las Bibliotecas de los Centros de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI) de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), para que, con fines académicos, pueda libremente registrar, copiar y usar la información contenida en él, con fines educativos, investigativos o sociales de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en las salas de estudio de la biblioteca y la página Web de la universidad.

Permita la consulta y la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

De conformidad con lo establecido en el artículo 19 de la Ley de Derechos de Autor y de los Derechos Conexos; los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Es entendido que cualquier copia o reproducción del presente documento con fines de lucro no está permitida sin previa autorización por escrito de parte de los principales autores.

En fe de lo cual, se suscribe la presente acta en la ciudad de San Pedro Sula a los veintisiete días del mes de enero de dos mil veinte.

27 de enero de 2020

---

Cristian Mauricio Meoñez Acosta

21541027

## HOJA DE FIRMAS

Los abajo firmantes damos fe, en nuestra posición de miembro de Terna, Asesor y/o Jefe Académico y en el marco de nuestras responsabilidades adquiridas, que el presente documento cumple con los lineamientos exigidos por la Facultad de Ingeniería y los requerimientos académicos que la Universidad dispone dentro de los procesos de graduación.

---

Ing. Hector Wilfredo Padilla  
Asesor Metodológico UNITEC

---

Ing. Oscar René Castro García  
Asesor Temático UNITEC

---

Ing.  
Sergio Paredes

---

Ing.  
Otto Flores

---

Ing.  
José Velasquez

---

Ing. Héctor Padilla  
Jefe Académico de Ingeniería Civil | UNITEC

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi Señor Jesucristo, a mis amados padres, Jorge Alfredo Meoñez y Glenda Patricia Acosta, y a mi hermano Jorge Roberto Meoñez, quienes han sido las personas que con su amor y apoyo incondicional me permitieron encontrarme en estas instancias. Así mismo dedico este trabajo a mis compañeros, amigos y catedráticos que durante este trayecto me tendieron la mano cuando más lo necesité.

Cristian Meoñez

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por todas sus bendiciones, a mis Padres, quienes han sabido darme su ejemplo de trabajo y honradez, y por su apoyo y paciencia en este proyecto de estudio. También, quiero agradecer a UNITEC, directivos y profesores por la organización del programa de Ingeniería Civil y por haberme guiado de la mejor manera hasta estas últimas instancias. Asimismo, deseo expresar mi gratitud hacia *Water For People*, por haberme brindado apoyo técnico y logístico en todas las fases del proyecto. Agradezco a la comunidad de Chinda por su abundante generosidad y disposición de colaborar en cada una de las visitas realizadas.

## **RESUMEN EJECUTIVO**

El municipio de Chinda, precisa de comprobar los componentes que impiden que los abonados al acueducto adquieran la dotación de mínima requerida de agua, y para los cuerpos administradores de la comunidad, es indispensable obtener lineamientos técnicos y parámetros operativos para la restauración e idónea manipulación del sistema.

El diseño es proponer un plan correctivo y de mantenimiento, en función del deterioro en el sistema hidráulico del municipio, conforme a los parámetros de funcionamiento instituidos en la normativa del SAANA.

El bosquejo de la presente investigación es no experimental, debido a que se ejecuta la recopilación de antecedentes, sin entorpecer el entorno analizado, o en los entes y fenómenos implicados. El diseño de esta tesis es transversal, ya que la adquisición de datos en el caso de estudio, se perpetrará en el lapso estipulado entre julio y octubre de 2019. En otro orden de cosas, la amplitud del proyecto será descriptiva, puesto que se especificarán todas las propiedades y particularidades del sistema de abastecimiento

Mediante el diagnóstico, se comprobó que el casco urbano, ostenta desperfectos de segregación del servicio de agua potable, contaminación en el agua, desperdicios sustanciales de agua en el sistema, carencia de controles del dispendio de agua, válvulas obsoletas y cajas de protección inexistentes y desfasadas.

Para el plan de acción se incluirán, según su nivel de detrimento y funcionamiento hídrico, elementos como: Tanque de almacenamiento, hipoclorador, válvulas de compuerta, aire y limpieza, tramos de tubería y conexiones domiciliarias.

Por otra parte, para el plan de mantenimiento se considerarán constituyentes como: operación errónea de la válvula de salida del tanque y válvulas del acueducto, falta de inspección en las conexiones domiciliarias, ausencia de cloración en el tanque de almacenamiento e implementación de medidas de concientización respecto a la utilización del agua potable.

## **ABSTRACT**

The municipality of Chinda, needs to define which components prevent the subscribers to the aqueduct from acquiring the minimum required water provision, and for the administrative bodies of the community, it is essential to obtain technical guidelines and operational parameters for the restoration and proper handling of the system.

The design is to propose a corrective and maintenance plan, depending on the deterioration in the municipality's hydraulic system, in accordance with the operating parameters established in the SAANA regulations.

The outline of the present investigation is not experimental, because the background collection is executed without obstructing the analyzed environment, or in the entities and phenomena involved. The design of this thesis is transversal, since the acquisition of data in the case study will be carried out in the period stipulated between July and October 2019. By the other hand, the scope of the project will be descriptive, since all properties and particularities of the supply system will be specified.

By means of the diagnosis, it was proved that the urban center, shows problems of segregation of the service of potable water, contamination in the water, substantial waste of water in the system, lack of controls of the water dispensing, obsolete valves, non-existent protection boxes or obsolete ones.

For the operational plan, depending on their level of detriment and hydraulic performance, elements such as: Storage tank, water chlorination, gate valves, depuration valves, water expulsion valves, pipe sections and household connections will be included.

On the other hand, for the maintenance plan, constituents will be considered as: erroneous operation of the outlet valve of the tank and valves of the aqueduct, lack of inspection in the household connections, absence of chlorination in the storage tank and implementation of awareness measures regarding the use of drinking water.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

|        |   |    |
|--------|---|----|
| I.     | INTRODUCCIÓN .....  | 1  |
| II.    | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....  | 2  |
| 2.1.   | PRECEDENTES .....   | 2  |
| 2.2.   | DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....   | 3  |
| 2.2.1. | ENUNCIADO DEL PROBLEMA .....  | 3  |
| 2.2.2. | FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....  | 4  |
| 2.3.   | JUSTIFICACIÓN .....   | 4  |
| 2.4.   | PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN .....  | 5  |
| 2.5.   | OBJETIVOS .....   | 5  |
| 2.5.1. | OBJETIVO GENERAL.....   | 6  |
| 2.5.2. | OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....   | 6  |
| III.   | MARCO TEÓRICO.....  | 7  |
| 3.1.   | ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....                                   | 7  |
| 3.1.1. | ANÁLISIS DEL MACRO ENTORNO .....  | 7  |
| 3.1.2. | ANÁLISIS DE MICROENTORNO .....  | 11 |
| 3.2.   | ANÁLISIS INTERNO .....  | 17 |
| 3.3.   | TEORÍA DE SUSTENTO .....  | 18 |
| 3.3.1. | GUÍA DE MÉTODOS PARA RENOVAR REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE..... | 19 |
| 3.3.2. | MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE REDES DE AGUA POTABLE.....       | 22 |
| 3.3.3. | MANTENIMIENTO DE REDES DE AGUA A PRESIÓN. PARTE I: REPARACIONES .....   | 24 |
| 3.3.4. | SANAA .....   | 26 |
| 3.3.5. | LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN .....   | 32 |

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| 3.4.       | <b>MARCO CONCEPTUAL</b> .....                                   | <b>34</b> |
| 3.5.       | <b>MARCO LEGAL</b> .....  | <b>39</b> |
| 3.5.1.     | <b>CÓDIGO NACIONAL DE LA SALUD</b> .....                        | <b>39</b> |
| 3.5.2.     | <b>LEY MARCO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO</b> ..... | <b>39</b> |
| <b>IV.</b> | <b>METODOLOGÍA</b> .....  | <b>41</b> |
| 4.1.       | <b>ENFOQUE</b> .....  | <b>41</b> |
| 4.2.       | <b>VARIABLES DE OPERACIONALIZACIÓN</b> .....                    | <b>42</b> |
| 4.2.1.     | <b>DIAGRAMA DE LAS VARIABLES DE OPERACIONALIZACIÓN</b> .....    | <b>42</b> |
| 4.2.2.     | <b>DIAGRAMA DE LAS VARIABLES DE OPERACIONALIZACIÓN</b> .....    | <b>43</b> |
| 4.2.3.     | <b>OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES</b> .....                | <b>44</b> |
| 4.3.       | <b>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS</b> .....                            | <b>56</b> |
| 4.3.1.     | <b>INSTRUMENTOS</b> .....                                       | <b>56</b> |
| 4.3.2.     | <b>TÉCNICAS</b> .....   | <b>58</b> |
| 4.4.       | <b>METODOLOGÍA DE ESTUDIO</b> .....                             | <b>61</b> |
| 4.4.1.     | <b>TIPO DE ESTUDIO</b> .....                                    | <b>62</b> |
| 4.4.2.     | <b>TIPO DE DISEÑO</b> .....                                     | <b>62</b> |
| 4.4.3.     | <b>ALCANCE</b> .....  | <b>62</b> |
| 4.5.       | <b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b> .....                          | <b>63</b> |
| <b>V.</b>  | <b>ANÁLISIS Y RESULTADOS</b> .....                              | <b>66</b> |
| 5.1.       | <b>ELABORACIÓN DE MODELO HIDRÁULICO EN EPANET</b> .....         | <b>66</b> |
| 5.2.       | <b>CÁLCULO DE DEMANDA BASE EN NODOS</b> .....                   | <b>74</b> |
| 5.3.       | <b>RESULTADOS EPANET</b> .....                                  | <b>80</b> |
| 5.3.1.     | <b>MEDICIÓN DE PRESIONES EN EL SITIO</b> .....                  | <b>83</b> |

|             |   |            |
|-------------|---|------------|
| <b>5.4.</b> | <b>DIAGNÓSTICO TÉCNICO .....</b>  | <b>84</b>  |
| 5.4.1.      | TANQUE DE ALMACENAMIENTO .....  | 84         |
| 5.4.2.      | VÁLVULAS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN .....                                | 90         |
| 5.4.3.      | CAJAS PROTECTORAS .....   | 92         |
| 5.4.4.      | TUBERÍAS DE ABASTECIMIENTO .....  | 95         |
| 5.4.5.      | ANCLAJES DE CONCRETO .....  | 97         |
| 5.4.6.      | SISTEMA DE MEDICIÓN.....  | 98         |
| 5.4.7.      | VISITA A CÁMARA DISTRIBUIDORA Y LÍNEA DE CONDUCCIÓN .....               | 98         |
| 5.4.8.      | CÁLCULO DE AFORO .....  | 101        |
| 5.4.9.      | CATASTRO DE USUARIOS.....   | 103        |
| 5.4.10.     | NIVELES DE CONTAMINACIÓN .....  | 103        |
| 5.4.11.     | PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....                            | 105        |
| <b>5.5.</b> | <b>PLAN DE OPERACIÓN.....</b>   | <b>105</b> |
| 5.5.1.      | TANQUE DE ALMACENAMIENTO .....  | 105        |
| 5.5.2.      | VÁLVULAS DE RED DE DISTRIBUCIÓN .....                                   | 110        |
| 5.5.3.      | CAJAS PROTECTORAS .....   | 112        |
| 5.5.4.      | TUBERÍAS DE ABASTECIMIENTO .....  | 114        |
| 5.5.5.      | SISTEMA DE MEDICIÓN.....  | 115        |
| <b>5.6.</b> | <b>PLAN DE MANTENIMIENTO .....</b>                                      | <b>116</b> |
| 5.6.1.      | MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO EN CONEXIONES DOMICILIARIAS ..... | 116        |
| 5.6.2.      | RED DE DISTRIBUCIÓN .....   | 118        |
| 5.6.3.      | TANQUE DE ALMACENAMIENTO.....   | 122        |
| <b>VI.</b>  | <b>CONCLUSIONES .....</b>   | <b>129</b> |

|              |                              |            |
|--------------|------------------------------|------------|
| <b>VII.</b>  | <b>RECOMENDACIONES .....</b> | <b>131</b> |
| <b>VIII.</b> | <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>     | <b>132</b> |
| <b>IX.</b>   | <b>ANEXOS .....</b>          | <b>135</b> |

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

|   |    |
|---|----|
| Ilustración 1. Formas de Abastecimiento de Población Rural, La Libertad ..... | 8  |
| Ilustración 2. Cobertura de agua y saneamiento en La Paz .....                | 12 |
| Ilustración 3. Tanques de almacenamiento en La Paz .....                      | 12 |
| Ilustración 4. Resumen de la producción de agua existente .....               | 13 |
| Ilustración 5. Cobertura de agua potable en La Fraternidad, Ocotepeque.....   | 15 |
| Ilustración 6. Abonados en el casco urbano.....                               | 15 |
| Ilustración 7. Cobertura de agua potable en Teusapenti.....                   | 16 |
| Ilustración 8. Gastos de operación y mantenimiento Aguas de Teusapenti .....  | 17 |
| Ilustración 9. Niveles de servicio de agua en Chinda .....                    | 18 |
| Ilustración 10. Diagrama de Variables de Operacionalización.....              | 44 |
| Ilustración 11. Menú del GPS Garmin.....                                      | 59 |
| Ilustración 12. Puntos de referencia y base de datos de puntos .....          | 60 |
| Ilustración 13. Tipo de diseño .....  | 61 |
| Ilustración 14. Trazo de trayectoria de red alta y baja.....                  | 67 |
| Ilustración 15. Transformación de trazo a formato INP .....                   | 67 |
| Ilustración 16. Inserción de trazo de tuberías y nodos a EPANET .....         | 68 |
| Ilustración 17. Esqueleto del modelo físico.....                              | 68 |
| Ilustración 18. Configuración hidráulica del modelo.....                      | 69 |
| Ilustración 19. Asignación de propiedades a tuberías .....                    | 70 |
| Ilustración 20. Asignación de propiedades a nodos.....                        | 71 |
| Ilustración 21. Asignación de propiedades a tanque de almacenamiento .....    | 71 |
| Ilustración 22. Ejecución del análisis hidráulico.....                        | 72 |

|   |    |
|---|----|
| Ilustración 23. Resultados del análisis hidráulico.....                           | 72 |
| Ilustración 24. Asignación de propiedades a tuberías .....                        | 73 |
| Ilustración 25. Modelo de red hidráulica completa .....                           | 74 |
| Ilustración 26. Presión Nodo 10 .....   | 83 |
| Ilustración 27. Presión Nodo 11 .....   | 84 |
| Ilustración 28. Recubrimiento del contorno dañado .....                           | 85 |
| Ilustración 29. Daño en pintura de paredes.....                                   | 86 |
| Ilustración 30. Vacío estructural en viga de carga.....                           | 87 |
| Ilustración 31. Exposición de acero de una viga de carga.....                     | 87 |
| Ilustración 32. Desprendimiento de pintura en columna central .....               | 88 |
| Ilustración 33. Plaga de insectos y suciedad en hipoclorador .....                | 89 |
| Ilustración 34. Grietas y fracturas en hipoclorador y caja de inspección.....     | 89 |
| Ilustración 35. Filtro plástico quebrado y atascamiento por suciedad .....        | 90 |
| Ilustración 36. Fuga detectada y escombros alrededor de válvula de compuerta..... | 91 |
| Ilustración 37. Fuga en válvula de conexión domiciliar .....                      | 92 |
| Ilustración 38. Caja de registro de nodo 10 sin agarradera.....                   | 93 |
| Ilustración 39. Caja de registro de nodo 17 sin agarradera.....                   | 93 |
| Ilustración 40. Caja de registro de nodo 2 fundida bajo muro perimetral.....      | 94 |
| Ilustración 41. Tubería PVC expuesta a la intemperie.....                         | 96 |
| Ilustración 42. Válvula de salida del tanque de almacenamiento.....               | 97 |
| Ilustración 43. Cámara Distribuidora .....  | 98 |
| Ilustración 44. Capa de moho en cámara distribuidora .....                        | 99 |
| Ilustración 45. Válvulas de salida en cámara distribuidora.....                   | 99 |

|   |     |
|---|-----|
| Ilustración 46. Válvula de compuerta sin mariposa ni caja protectora.....     | 100 |
| Ilustración 47. Válvula expulsora de aire con fugas.....                      | 101 |
| Ilustración 48. Tramo de PVC expuesto en línea de conducción.....             | 114 |
| Ilustración 49. Tramo de PVC expuesto en línea de conducción.....             | 115 |
| Ilustración 50. Análisis bacteriológico 30-01-2018 en acueducto.....          | 135 |
| Ilustración 51. Análisis bacteriológico 12-11-2018 en acueducto.....          | 136 |
| Ilustración 52. Análisis bacteriológico 29-07-2019 en acueducto.....          | 137 |
| Ilustración 53. Análisis bacteriológico 29-07-2019 en obra de captación ..... | 138 |
| Ilustración 54. Formato de reporte de mantenimiento .....                     | 139 |
| Ilustración 55. Formato de reporte de reparación.....                         | 140 |
| Ilustración 56. Catastro Municipal .....                                      | 141 |
| Ilustración 57. Catastro Municipal .....                                      | 142 |
| Ilustración 58. Catastro Municipal .....                                      | 143 |
| Ilustración 59. Catastro Municipal .....                                      | 144 |
| Ilustración 60. Catastro Municipal .....                                      | 145 |
| Ilustración 61. Catastro Municipal .....                                      | 146 |
| Ilustración 62. Catastro Municipal .....                                      | 147 |
| Ilustración 63. Catastro Municipal .....                                      | 148 |
| Ilustración 64. Formato de oferta.....  | 149 |
| Ilustración 65. Ficha de costo unitario 1.01.....                             | 150 |
| Ilustración 66. Ficha de costo unitario 2.01.....                             | 151 |
| Ilustración 67. Ficha de costo unitario 2.02.....                             | 152 |
| Ilustración 68. Ficha de costo unitario 2.03.....                             | 153 |

|   |     |
|---|-----|
| Ilustración 69. Ficha de costo unitario 2.04..... | 154 |
| Ilustración 70. Ficha de costo unitario 2.05..... | 155 |
| Ilustración 71. Ficha de costo unitario 2.06..... | 156 |
| Ilustración 72. Ficha de costo unitario 2.07..... | 157 |
| Ilustración 73. Ficha de costo unitario 2.08..... | 158 |
| Ilustración 74. Ficha de costo unitario 2.09..... | 159 |
| Ilustración 75. Ficha de costo unitario 3.01..... | 160 |
| Ilustración 76. Ficha de costo unitario 3.02..... | 161 |
| Ilustración 77. Ficha de costo unitario 3.03..... | 162 |
| Ilustración 78. Ficha de costo unitario 3.04..... | 163 |
| Ilustración 79. Ficha de costo unitario 3.05..... | 164 |
| Ilustración 80. Ficha de costo unitario 3.06..... | 165 |
| Ilustración 81. Ficha de costo unitario 3.07..... | 166 |
| Ilustración 82. Ficha de costo unitario 4.01..... | 167 |
| Ilustración 83. Ficha de costo unitario 4.02..... | 168 |
| Ilustración 84. Ficha de costo unitario 4.03..... | 169 |
| Ilustración 85. Ficha de costo unitario 5.01..... | 170 |
| Ilustración 86. Ficha de costo unitario 5.02..... | 171 |
| Ilustración 87. Ficha de costo unitario 5.03..... | 172 |
| Ilustración 88. Ficha de costo unitario 5.04..... | 173 |
| Ilustración 89. Ficha de costo unitario 5.05..... | 174 |
| Ilustración 90. Ficha de costo unitario 5.06..... | 175 |
| Ilustración 91. Ficha de costo unitario 5.07..... | 176 |

Ilustración 92. Cronograma de actividades..... **¡Error! Marcador no definido.**

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 1. Variación del diámetro de tubería según volumen del tanque.....           | 30  |
| Tabla 2. Clasificación del agua según cantidad de coliformes .....                 | 32  |
| Tabla 3. Operacionalización de las variables .....                                 | 42  |
| Tabla 4. Variables de Operacionalización .....                                     | 45  |
| Tabla 5. Propósitos y valor de los diferentes alcances de las investigaciones..... | 62  |
| Tabla 6. Cronograma de actividades .....   | 63  |
| Tabla 7. Análisis de nodos Red Alta .....  | 80  |
| Tabla 8. Análisis de nodos red baja.....   | 80  |
| Tabla 9. Análisis de tuberías red alta .....                                       | 81  |
| Tabla 10. Análisis de tuberías red baja.....                                       | 81  |
| Tabla 11. Análisis de nodos red baja, construyendo red en su totalidad.....        | 82  |
| Tabla 12. Cálculo de aforo #1 en tanque.....                                       | 102 |
| Tabla 13. Cálculo de aforo #2 en tanque .....                                      | 102 |
| Tabla 14. Cálculo de aforo #3 en tanque.....                                       | 102 |
| Tabla 15. Cálculo de aforo en cámara distribuidora.....                            | 103 |
| Tabla 16. Mantenimiento Preventivo de la Red de Distribución.....                  | 121 |
| Tabla 17. Mantenimiento Preventivo del Tanque de Almacenamiento .....              | 123 |
| Tabla 18. Resumen de diagnóstico técnico.....                                      | 126 |

## ÍNDICE DE ECUACIONES

|  |    |
|--|----|
| Ecuación 1. Cálculo de la cantidad de cloro HTH.....     | 31 |
| Ecuación 2. Fórmula de consumo máximo horario.....       | 33 |
| Ecuación 3. Cálculo del caudal de entrada al tanque..... | 59 |
| Ecuación 4. Caudal Medio .....                           | 74 |

## I. INTRODUCCIÓN

El agua potable, como es de esperarse, es parte fundamental para el funcionamiento y desarrollo de las comunidades en Honduras. Es por ello que, la existencia de un mecanismo de abastecimiento de este vital líquido, en condiciones óptimas y con un diseño que se adapte y supla las principales necesidades, es primordial y no debe escatimarse en su construcción.

Usualmente, en muchos municipios rurales del país, los sistemas hídricos se encuentran totalmente abandonados. En ocasiones se desarrollan obras necesarias para la rehabilitación y buen funcionamiento de los mismos, pero estas dejan de ser monitoreadas al finalizar su construcción y, es de esta manera que, se presentan problemas de desabastecimiento, contaminación, y vida útil mermada.

Con el fin de determinar las condiciones en las que se encuentran los elementos que conforman los sistemas de agua potable de la comunidad de Chinda, Santa Bárbara, se realizarán exhaustivas revisiones a todos los componentes principales como ser: tuberías, válvulas, cajas de registro, tanques, caudal de entrada, entre otros. Este estudio proporcionará las pautas sobre qué partes de estos sistemas deben ser reparadas o reconstruidas y cuál será el costo de estas obras. Como guía para la determinación de soluciones en cuanto a presiones insuficientes, fallas y filtraciones en tuberías y reparación de las mismas, se tomará como base la normativa del Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA).

El sistema de agua potable en la comunidad del casco urbano de Chinda, fue construido hace aproximadamente 13 años. Seguidamente, la organización *Water for People* realizó una propuesta de mejora del mecanismo de abastecimiento, la cual fue aprobada y construida en el año 2010. Esta mejora fue diseñada con una vida útil de 20 años, pero, debido a los problemas de abastecimiento presentados en varios sectores de la comunidad, es necesario generar un diagnóstico que identifique el problema y ofrezca una solución que permita que la obra pueda cumplir con el periodo de diseño estipulado.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El siguiente capítulo de esta tesis contiene, en primer lugar, los precedentes del proyecto a realizar, los cuales muestran una breve narrativa de la situación actual de los sistemas de agua de la comunidad del casco urbano de Chinda, Santa Bárbara. Seguidamente, se enuncia la problemática específica a solucionar, así también, la justificación del porqué es necesario desarrollar este proyecto. Por último, se formulan las preguntas de investigación tomando en cuenta los factores, a conocer, necesarios para solventar la problemática a brindar, y se establecen los objetivos, general y específicos, los cuales definirán todas las actividades a realizar a lo largo de este proyecto.

### 2.1. PRECEDENTES

El municipio de Chinda fue fundado como tal el 14 de octubre de 1868, durante la administración del gobernador José María Medina, aunque informes datan su existencia desde el año 1582. Chinda en el lenguaje mesoamericano significa "Red". (USAID, 2018)

Su extensión territorial es de 68.4 km<sup>2</sup>. Cuenta con 9 aldeas, entre ellas el casco urbano, sede de las oficinas administrativas del municipio, y con 30 caseríos distribuidos en cada una de ellas. (USAID, 2018)

Conforme a la categorización de municipio realizada por la Secretaría de Derechos Humanos Justicia Gobernabilidad y Descentralización, (SDHJGD) el municipio de Chinda, se localiza en la Categoría "D", la cual se caracteriza por, ser calificada sin avance; por un bajo índice tanto de municipio como de la municipalidad, tienen los índices de desarrollo humano más bajos, en su mayoría rurales y carentes de infraestructura. Su nivel de ingreso municipal es sumamente bajo, no tienen independencia financiera; en promedio logran un 14.3% de independencia, lo que significa que requieren apoyo financiero para subsistir, por consiguiente, no tienen capacidad de ahorro y cubren sus gastos de funcionamiento con la transferencia del Gobierno. (USAID, 2018, pág. 7)

El diseño de la red de distribución del casco urbano de Chinda está dividido en dos partes: la red de distribución alta que está compuesta de 1,294.93 m de tuberías, y la red de distribución baja, compuesta de 3,512.29 m de tuberías, ambas alimentadas por un tanque original de 25,000 galones, el cual fue reemplazado por uno nuevo de 50,000 galones, construido y donado por la empresa HidroVolcan.

El caudal que recibe este tanque de la red de distribución es de aproximadamente 58 gal/min, según datos de pruebas de aforo en sitio. Anteriormente, el sistema de agua potable existente en el casco urbano contaba con un tanque de almacenamiento de 20,000 galones, el cual fue incluido dentro del nuevo diseño proporcionado por Water for People en 2010. Sin embargo, en la actualidad se abastece únicamente con este tanque, debido a que la obra donada por HidroVolcan se encuentra actualmente en labores de reparación debido a la aparición de grietas internas. El caudal que recibe la red provisionalmente con este cambio es de 89 gal/min, el cual fue calculado por medio de 3 iteraciones realizadas a lo largo de las visitas a la comunidad.

Cabe mencionar que, de acuerdo al diseño original de la red de distribución, existen cierta cantidad de tramos que no fueron construidos. Asimismo, se han realizado conexiones no estipuladas dentro de los planos originales, hacia cada uno de estos sectores que no cuentan con un tramo de la red de distribución donde puedan realizar una conexión domiciliaria. Esto sin duda genera un desbalance dentro del sistema, ya que existen tuberías que presentan una carga adicional, respecto a la capacidad para la cual fueron diseñadas.

El casco urbano de Chinda cuenta con una población aproximada de 1700 habitantes, según datos de la municipalidad de dicho lugar, los cuales están distribuidos en un aproximado de 270 viviendas en todo el sector, siendo los dos barrios más poblados El Centro y La Pila.

## **2.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Para la definición del problema de un proyecto, se toma en cuenta la finalidad de este mismo. Dado que se trata de un diagnóstico técnico, la problemática que se definirá deberá tomar en cuenta todos los factores por los cuales este se requiere. Asimismo, se formulará una serie de preguntas de estudio, producto de dicha problemática, cuya respuesta será resuelta por medio del desarrollo de este trabajo.

### **ENUNCIADO DEL PROBLEMA**

“El municipio de Chinda se ve en la necesidad de identificar los factores que no permiten que los domicilios reciban la dotación de agua necesaria, y para las autoridades municipales es

imprescindible obtener información técnica para la rehabilitación y operación del sistema, y la aplicación de mantenimiento preventivo y correctivo.”

## FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿En qué condiciones físicas se encuentra el sistema de agua potable en la comunidad de Chinda, Santa Bárbara y qué mejoras a corto y largo plazo deben incluirse en el plan de acción para aumentar la eficiencia del mismo?

### **2.3. JUSTIFICACIÓN**

El acceso al agua potable y saneamiento son derechos humanos imprescindibles. El abastecimiento de este derecho a toda la población es responsabilidad de las respectivas autoridades de cada región. La ausencia de este vital líquido dentro de una comunidad repercute directamente en el desarrollo socioeconómico y, de igual manera, en la calidad de vida de la población, propiciando el desarrollo de múltiples enfermedades.

Recientemente se detectó una leve turbiedad en el agua de Chinda, así también residuos de heces fecales dentro de algunas cajas de registro del sistema de agua potable. Por esta razón, la municipalidad se vio en la necesidad de recolectar muestras del agua suministrada en cada una de las comunidades, para proceder a enviarlas a los laboratorios del SANAA y verificar que esto no presentara un mayor problema en cuanto a la calidad del agua.

En los inicios de operación del sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad del casco urbano de Chinda, la población gozaba de un servicio de calidad durante las 24 horas del día. Actualmente, la red de distribución no es suficiente para la demanda que se genera a diario por los habitantes, existiendo suministro de agua únicamente por la mañana, luego dos horas durante el mediodía, y durante toda la noche. Lamentablemente, este no es el caso de toda la comunidad en general, puesto que, algunos barrios de la región carecen completamente de este servicio por hasta tres días continuos, lo que genera el malestar y la necesidad de acarrear agua de vecinos cercanos, que sí gozan del servicio durante las horas antes mencionadas.

En consecuencia a lo anterior, el municipio de Chinda pertenece a la categoría “D” de la categorización de municipio de la Secretaria de Derechos Humanos, Justicia, Gobernabilidad y

Descentralización, lo que significa que tiene un avance o desarrollo nulo. Esto sumado a los problemas que experimentan con el agua potable genera una preocupación alarmante y da una buena razón para realizar el presente proyecto.

Por último, los entes encargados de velar por el suministro de agua potable dentro de la comunidad, no cuentan con un plan de mantenimiento necesario para desarrollar al máximo la vida útil de la red, ni con un plan de operación; se carece de personal debidamente capacitado para manipular, de manera adecuada, cada uno de los elementos del sistema ya que solo se cuenta con un fontanero que opera el mecanismo de manera empírica.

#### **2.4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

- 1) ¿Qué problemas presentan los sistemas hidráulicos del municipio de Chinda, Santa Bárbara?
- 2) En función de la magnitud, ¿qué problemas serán tomados en cuenta para la elaboración de un plan de operación y mantenimiento del sistema de agua potable?
- 3) ¿Qué actividades correctivas deberán realizarse en el plan de operación de la red de distribución de agua potable?
- 4) ¿Qué actividades preventivas se deberán incluir en el plan de mantenimiento del sistema de distribución?
- 5) ¿Cuál será el costo total aproximado de la ejecución del plan de operación y mantenimiento de la red de abastecimiento, así como las actividades correctivas y preventivas del mismo?
- 6) ¿Cuál es el tiempo estipulado para la ejecución del plan de operación y mantenimiento?

#### **2.5. OBJETIVOS**

A continuación, se detallan los objetivos de este proyecto, tanto el general como los específicos. Para establecer dichos objetivos es necesario tomar en cuenta las preguntas de investigación, puesto que cada una de ellas deberá responderse por medio de una tarea definida en cada uno de los objetivos específicos. El objetivo general es la finalidad que se logra realizando todos y cada uno de los objetivos específicos.

## OBJETIVO GENERAL

Proponer un plan correctivo u operacional y preventivo o de mantenimiento en función del daño en el sistema hidráulico en la comunidad de Chinda, de acuerdo a los parámetros de funcionamiento establecidos en la normativa del SAANA, para cumplir con la dotación establecida por la misma.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Identificar los inconvenientes que presentan los sistemas hidráulicos del municipio de Chinda, Santa Bárbara.
- 2) Definir los problemas a tomar en cuenta, según su importancia, para la elaboración del plan de operación y mantenimiento del sistema de agua potable.
- 3) Establecer las actividades correctivas que deberán realizarse en el plan de operación de la red de distribución de agua potable.
- 4) Designar las actividades preventivas que habrá de incluir el plan de mantenimiento de la red de distribución.
- 5) Calcular el costo total aproximado de la ejecución del plan de operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua potable.
- 6) Precisar el tiempo estipulado para la ejecución del plan de operación y mantenimiento en el acueducto.

### III. MARCO TEÓRICO

Una vez tratados los precedentes del proyecto en cuestión, definido el problema que se pretende resolver y fijados los objetivos, general y específicos, y preguntas de investigación las cuales serán resueltas durante el desarrollo, se presenta por consiguiente el marco teórico y conceptual. En este capítulo se presentarán las teorías y fuentes que ayudan a definir la problemática y variables a analizar durante el proceso, así también los instrumentos y métodos a utilizar. A su vez, se presenta un análisis de la situación actual por medio de proyectos referentes, tanto nacionales como internacionales, que contribuyan al desarrollo de la investigación. Por último, se ofrece un análisis interno de la comunidad de Chinda.

#### 3.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Como primera parte del marco teórico se presenta un análisis de la situación actual del proyecto. En este se exponen trabajos o investigaciones tanto en el ámbito nacional como internacional, los cuales se utilizan como referencia y base de trabajo, a la vez que ofrecen una antesala o resumen práctico de lo que será la investigación.

##### ANÁLISIS DEL MACRO ENTORNO

#### 3.1.1.1. *Diagnóstico de 15 sistemas de abastecimiento de agua, La Libertad*

La Asociación Comunitaria Unida por el Agua y la Agricultura (ACUA) (2012) estableció como objetivo general:

Evaluar los sistemas de agua potable ubicados en el Puerto de La Libertad, en aspectos administrativos, operación y mantenimiento, calidad de agua, saneamiento, protección de zonas de recarga y fuentes de agua. Este documento servirá como insumo para la construcción del plan de gestión hídrica. (pág. 2)

La organización ACUA (2012) dividió el proyecto en tres fases de investigación y desarrollo, de la siguiente manera:

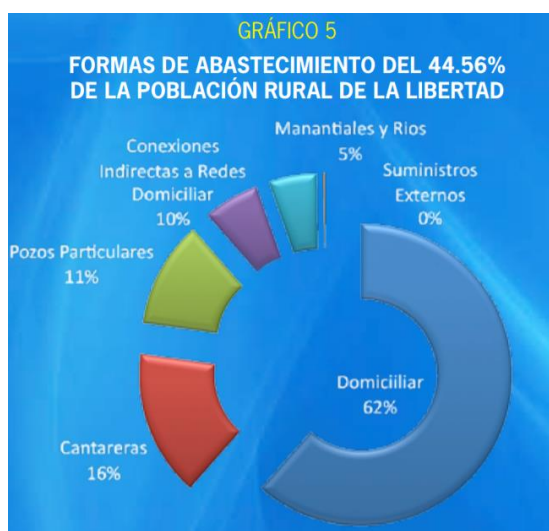
Primera Fase. Consistió en la elaboración de un Plan de Trabajo, que definió de forma secuencial el desarrollo de la investigación. En el plan se delimitaron los indicadores a evaluar en los sistemas

de agua, elaboración de fichas para encuestas, identificación de líderes y lideresas de las comunidades que cuentan con sistemas de abastecimiento de agua del Puerto de La Libertad.

Segunda Fase. Ejecución de la investigación a través de talleres participativos para conocer los aspectos administrativos, de operación y mantenimiento. Además, se planificaron jornadas de capacitación para enseñar los indicadores de gestión de los sistemas comunitarios. Se realizaron recorridos y visitas de campo, donde se georreferenció los sistemas de agua y sus unidades más importantes.

Tercera Fase. Sistematización, análisis de la investigación y validación de los resultados a nivel comunitario y municipal.

ACUA elaboró un catastro de la población rural, tomando en cuenta la forma en la que se abastecían de agua potable en cada vivienda, para conocer el nivel de desarrollo de las comunidades, y en base a qué podían trabajar para mejorarlo.



**Ilustración 1. Formas de Abastecimiento de Población Rural, La Libertad**

Según los análisis realizados en campo a los distintos sistemas de distribución, ACUA (2012) expone las diferentes amenazas encontradas:

Las principales amenazas en el funcionamiento de los sistemas de agua son: el alto costo de la energía eléctrica un 67%, falta de mantenimiento preventivo un 67% y la falta de personal capacitado para operación y mantenimiento un 60%, que tienen que ver con aspectos económicos y de fortalecimiento de las estructuras a nivel de gestión y administración. (pág. 9)

Una de las conclusiones de ACUA (2012) sobre la situación de los sistemas de agua y saneamiento fue:

Los sistemas comunitarios presentan serias deficiencias técnicas las cuales afectan en la parte administrativa, operación y mantenimiento, esto sumado al poco acompañamiento en la formación a de las lideresas y líderes.

Se puede notar que las principales causas que generan problemas en el funcionamiento de una red de distribución de agua potable, son las fallas que puede presentar el mecanismo como tal y la falta de capacitación por parte del personal que lo opera.

Ante esta situación, y según los resultados recopilados de la investigación, la organización ACUA (2012) tomó como medida inmediata lo siguiente:

La Asociación Comunitaria Unida por el Agua y la Agricultura (ACUA), ante las problemáticas que reveló el "Diagnóstico Situacional de 15 Sistemas de Abastecimiento de Agua Rurales del municipio de La Libertad", y que enfrentan las juntas de agua, impartió un Diplomado de "Gestión y Administración de Sistemas de Agua Potable" (GASAP), con el objetivo de construir capacidades para disminuir el fracaso en la administración y operación de los sistemas y generar propuestas para buscar inversión a nivel local o internacional, así como establecer alianzas con las municipalidad y/o otras organizaciones como: ASAPS, ANDAR, ANDA, PLAN INTERNACIONAL, etc. (pág. 11)

### *3.1.1.2. Informe situacional de los sistemas de agua potable, Chiquimula.*

En el marco de la implementación de la Política Centroamericana de Gestión Integral de Riesgo – PCGIR-, impulsado por el CEPREDENAC, en el Producto 5: Los entes nacionales de riesgo, en los temas de agua y ambiente implementan planes coordinados, armonizados y articulados; lo que encausa a la realización del Plan piloto sobre "Monitoreo, evaluación y propuesta integral sobre el abordaje del tema de agua potable, saneamiento e higiene con enfoque de Gestión Integral de Riesgo en el departamento de Chiquimula". (CONRED, 2016, pág. 4)

Se selecciono Chiquimula, por ser este departamento uno de los que cuenta con menores coberturas de agua potable, saneamiento e higiene en Guatemala, y la falta de estos servicios repercute en problemas de desnutrición en el sector. (CONRED, 2019)

Para dar cumplimiento al Producto 5 de la estrategia de implementación de la Política Centroamericana en Gestión Integral de Riesgo impulsado por el CEPREDENAC, establece realizar un Plan piloto sobre "Monitoreo, evaluación, y propuesta integral sobre el abordaje del tema de agua potable, saneamiento e higiene con enfoque de Gestión Integral de Riesgo en el departamento de Chiquimula".

Dado lo anterior, se estableció realizar un Diagnóstico situacional de los Sistemas de Agua para consumo humano, el estado de los sistemas de alcantarillado sanitario, la existencia o no de plantas de tratamiento, alcantarillados pluviales, existencia de trenes de aseo, existencia de rellenos sanitarios, (Manejo Integrado de los residuos y desechos sólidos.), el manejo de los rastros que garanticen las medidas higiénicas y manipuleo de las carnes, lo realizado para el manejo de las excretas a través de la letrización, lo que ya tienen construido, lo que se encuentra faltante, aplicación de la higiene si esta es parte de la cultura, a través de un trabajo social de base que garantice su aplicación, incluso la autosostenibilidad de los servicios básicos.

CONRED (2016) concluyó lo siguiente:

A excepción del municipio de Ipala, ninguna de las municipalidades de las nueve, cuenta con un sistema de información ni banco de datos que demuestren la situación que posee cada una de sus aldeas y caseríos, tampoco la planificación del desarrollo rural es considerada por las alcaldías y concejos municipales, con pocas excepciones en algunos de los casos. (pág. 8)

La preocupación de las alcaldías y concejos municipales, es en parte solo para el área urbana, la cual aún cuenta con muchas debilidades y que urge también su fortalecimiento.

Por lo tanto, la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED) (2016), recomendó lo siguiente:

En todos los municipios se debe buscar cumplir con la normativa vigente para dotación de agua apta para consumo humano. Deben de contribuir a fortalecerse a las DMPs (Direcciones Municipales de Planificación), tanto el Ministerio de Salud, como el INFOM, en la vigilancia y control de la calidad del agua, capacitación del conocimiento, tanto en la aplicación de la normativa vigente, como en administración, operación y mantenimiento. Es urgente la conformación de los adecuados sistemas comerciales, con catastros modernos, medición de consumos, macro y micro medición, facturación y cobranza, y la comercialización del servicio, con un trabajo social de base para la sensibilización, educación sanitaria y en salud, con participación comunitaria. (pp. 8-9)

Otra recomendación esencial para la mejora del servicio de agua potable fue que cada una de las municipalidades debe de contar con su propio reglamento para la operación, administración y mantenimiento de los sistemas de agua potable. (CONRED, 2016)

### *3.1.1.3. Diagnóstico Técnico del Acueducto Urbano, Quipile, Cundinamarca*

La Universidad Católica de Colombia (2016), plantea como razón por la cual los sistemas de abastecimiento presentan fallas a lo largo de su vida útil:

Los sistemas de acueductos sin importar el nivel de complejidad de los mismos, a lo largo de su funcionamiento y puesta en marcha, para el abastecimiento de agua potable presentan problemas de funcionamiento debido a la falta de operación técnica y mantenimiento que se deben realizar constantemente en periodos cortos, además la falta de personal capacitado que realice las diferentes funciones en el sistema de acueducto.

No obstante, el acueducto del casco urbano del municipio de Quipile Cundinamarca ha venido presentando problemas en la continuidad el sistema, debido a la falta de mantenimiento periódico de las diferentes obras que hacen parte del sistema de acueducto como son: Captación, aducción, conducción, tanque de almacenamiento y pequeñas estructuras existentes. (pp. 23-24)

La metodología utilizada consistió en la recopilación de información y fijación de parámetros obtenidos de la observación, que permitió analizar los resultados y llegar a una conclusión que aportó principios útiles a tomar en cuenta en la futura construcción del proyecto del municipio de Quipile Cundinamarca.

La Universidad Católica de Colombia (2016) concluyó:

Realizado el diagnóstico y evaluación técnica general del sistema de acueducto urbano del municipio de Quipile Cundinamarca por la normatividad legal colombiana RAS 2000, se evidencian problemas de funcionamiento en sus componentes como bocatoma y planta de tratamiento de agua potable, por lo que es necesario realizar una intervención al sistema en sus estructuras, para mejorar su capacidad hidráulica y calidad del agua potable. (pág. 158)

Como recomendación es necesario realizar inspecciones de mantenimiento es los componentes del sistema de acueductos, basado en las recomendaciones de la normativa colombiana RAS 2000. (Universidad Católica de Colombia, 2016)

## ANÁLISIS DE MICROENTORNO

### *3.1.2.1. Diagnóstico y análisis del sector de agua y saneamiento en La Paz*

El municipio de La Paz, se localiza en la zona central de Honduras; tiene una extensión territorial de 207.5 kilómetros cuadrados, esta área presenta dos diferentes zonas, una que corresponde al Valle de Comayagua y la otra corresponde al sistema Montañoso que forma la Cordillera de Montecillos. (CONASA, 2015, p.3)

El número de viviendas habitadas en el municipio es de 8,596, de las cuales 7,437 cuenta con el servicio de agua, lo que representa el 86.52 % de cobertura de agua a nivel municipal.

| Zona Atendida  | Población     | Total de Viviendas | Viviendas con Agua |               | Viviendas con Saneamiento Básico |                |
|----------------|---------------|--------------------|--------------------|---------------|----------------------------------|----------------|
| Zona Urbana    | 28,209        | 5,050              | 4,804              | 95.13%        | 5,042                            | 99.84%         |
| Zona Rural     | 19,714        | 3,546              | 2,633              | 74.25%        | 2,845                            | 80.23%         |
| <b>Totales</b> | <b>47,923</b> | <b>8,596</b>       | <b>7,437</b>       | <b>86.52%</b> | <b>7,887</b>                     | <b>91.75.%</b> |

### Ilustración 2. Cobertura de agua y saneamiento en La Paz

Fuente: Diagnóstico SANAA (2015)

En la zona urbana la cobertura es del 95.13% y a nivel rural es de 74.25%. Así mismo la cobertura en saneamiento básico en la zona urbana es del 99.84% y en la zona rural de un 80.23%.

El SANAA brinda servicio a 4,561 viviendas por medio de conexiones domiciliarias, el servicio es realizado a través de un sistema combinado de agua superficial y subterránea. Otro porcentaje de la población urbana se abastece a través de 4 sistemas privados con pozos perforados, que abastecen a un estimado de 254 viviendas.

El 90.31% de las viviendas están conectadas al sistema de tubería pública (SANAA), el 6.34% son sistemas de pozo privados y el 3.35% no están conectados a ningún sistema. Existen una serie de Pozos privados especialmente en locales comerciales y algunas viviendas privadas sin ningún registro por parte del SANAA ni La Municipalidad.

La capacidad de almacenamiento es de 1,788 m<sup>3</sup>, según se presenta en la siguiente ilustración:

| No.                               | Nombre del Tanque | Estado  | Tipo        | Tiempo de uso | Capacidad en m <sup>3</sup> |
|-----------------------------------|-------------------|---------|-------------|---------------|-----------------------------|
| 1.-                               | San Juan          | Regular | rectangular | 40 años       | 460                         |
| 2.-                               | Tanque 1100       | Bueno   | rectangular | 24 años       | 1,100                       |
| 3.-                               | Tanque metálico   | Malo    | circular    | 33 años       | 228                         |
| Total capacidad de almacenamiento |                   |         |             |               | 1,788                       |

### Ilustración 3. Tanques de almacenamiento en La Paz

Fuente: Diagnóstico SANAA (2015)

## Red de Distribución

La red de abastecimiento, tiene un alcance aproximado de 92 km de tubería de PVC y HG de diferentes diámetros, y, según información de los técnicos del SANAA, presenta serias dificultades de operación, siendo las principales:

Interconexiones bajo el pavimento de concreto, lo que complica una correcta distribución. Tres proyectos están interconectados: uno construido en 1970, otro en 1982 y el último fue el de un proyecto cuatro ciudades en 1990. No hay planos de todas las redes, por lo que el abastecimiento se hace con manipulación de las válvulas que se conocen. Problemas en la red de distribución por pérdidas de más del 50% del volumen de agua, debido a factores como: mal uso del agua en las viviendas, falta de válvulas de control, tuberías dañadas u obsoletas. Poca vigilancia en las presas, ya que solo se cuenta con un operador que las limpia y reporta cualquier fuga en el invierno. En el municipio no existen micro ni macro medición. (SANAA, 2015, p.13)

| Nº | Fuentes de Producción | VERANO (6 meses)      |        |
|----|-----------------------|-----------------------|--------|
|    |                       | Gal/día               | M3/día |
| 1  | Por Gravedad          | 288,000               | 1,091  |
| 2  | Por Bombeo            | 665,786               | 2,520  |
|    | <b>Total</b>          | <b>953,786</b>        | 3,611  |
|    |                       | EN INVIERNO (6 meses) |        |
|    |                       | Gal/día               | M3/día |
| 1  | Por Gravedad          | 864,000               | 3,273  |
| 2  | Por Bombeo            | 665,786               | 2,520  |
|    | <b>Total</b>          | <b>1,529,786</b>      | 5793   |
|    |                       | M3/día                |        |
|    | <b>PROMEDIO ANUAL</b> | <b>4,702.00</b>       |        |

**Ilustración 4. Resumen de la producción de agua existente**

Fuente: Diagnóstico SANAA (2015)

## Continuidad del Servicio

El acueducto de La Paz brinda un servicio racionado todo el año, volviéndose crítico en la época de verano, que se establece entre los meses de febrero y mayo. Es operada en forma sectorizada cada diez días en los sectores uno y tres y en el sector dos cada de 20 a 30 días, de acuerdo a las limitantes que se tienen en las redes de distribución, ya que no se puede brindar el servicio a otro sector sino se ha completado la parte alta de la zona, ocasionando en la mayoría de los casos la permanencia de hasta cuatro días continuos en un sector. (SANAA, 2015, p.15)

Sector 1: Colonia Los Ángeles, Barrio Berrinche, Barrio Los Pinos, sector carretero, El Cementerio y Colonia Matilde. Con un horario de servicio entre 4 y 8 horas como máximo.

Sector 2: Barrio La Granja, Colonia Julián, Colonia Prada, Colonia Las Mercedes y Barrio El Pum. Con un horario de servicio entre 4 y 12 horas.

Sector 3: Barrio El Cururo, Barrio San Antonio, Colonia Santa Clara y Sector del Centro. Con un horario de 5 a 6 horas.

Según el SANAA (2015): La tarifa mínima aplicada de acuerdo a su clasificación es: L. 120.00/mes para el servicio doméstico, exceptuando el sector dos al cual debido a que solo se les brinda una vez al mes el servicio de agua se les cobra L. 75.00, el servicio comercial varía entre L. 180.00 y 350.00, un promedio de L. 1,200.00/mes para lo que es el servicio industrial y L. 525.00 para el sector gobierno. (p.15)

Es importante recalcar que estos precios han sido elaborados por el SANAA a nivel nacional, y que las tarifas se aplican a consumos aproximados (metro cúbico por mes). Los acueductos no poseen equipos de medición, por lo que aplican un valor promediado. Sin embargo, este pago no es suficiente para cubrir los gastos operativos y de mantenimiento del sistema hidráulico.

### *3.1.2.2. Diagnóstico sectorial de agua potable y saneamiento en La Fraternidad*

#### **Descripción de la infraestructura y análisis de la cobertura.**

Según estadísticas del INE (2014):

El municipio de La Fraternidad tiene 3,822 habitantes distribuidos en 847 casas habitadas. El municipio de La Fraternidad cuenta con 6 aldeas, 26 comunidades, la cobertura de agua se hace mediante 15 sistemas de agua que benefician a 20 comunidades. En el casco urbano de La Fraternidad existen 4 barrios que son abastecidos por dos sistemas de agua. Además de los sistemas de agua los habitantes también se abastecen de agua por medio de pozos propios, pozos comunales, ríos, quebradas, llaves públicas y reservorios de agua lluvia. (p.9)

De las 847 viviendas, 717 están conectadas a los sistemas de agua lo que representa el 84.65 %, restando solamente 130 viviendas.

| N° | Abastecimiento            | Viviendas | (%)   |
|----|---------------------------|-----------|-------|
| 1  | Acueducto                 | 717       | 84.65 |
| 2  | Pozo propio               | 67        | 7.85  |
| 3  | Pozo comunal              | 49        | 5.74  |
| 4  | Rio o quebrada            | 42        | 4.92  |
| 5  | Llave pública             | 19        | 2.23  |
| 6  | Reservorio de agua lluvia | 4         | 0.47  |

**Ilustración 5. Cobertura de agua potable en La Fraternidad, Ocoatepeque**

Fuente: CONASA (2014)

Las comunidades que aún no cuentan son Rio Hondo, La Hondura 2, El Injeral, Las Quebradas y Cerro Negro.

El casco urbano del municipio está distribuido en cuatro barrios, los cuales son abastecidos por dos sistemas de agua; uno para el Bo. Los Llanitos y otro para los Barrios Las Mesitas, El Calvario y La Majada. Ambos sistemas son administrados por Juntas de agua que fungen como prestador de servicios.

| <b>SISTEMAS CASCO URBANO LA FRATERNIDAD</b> |  |            |            |            |
|---|--|------------|------------|------------|
| N°  | Sistema  | Viviendas  | Población  | Usuarios   |
| 1   | B° Las Mesitas, B° El Calvario<br>y B° La Majada | 190        | 846        | 187        |
| 2   | B° Los Llanitos                                  | 35         | 152        | 32         |
| <b>TOTAL</b>                                |  | <b>225</b> | <b>998</b> | <b>219</b> |

**Ilustración 6. Abonados en el casco urbano**

Fuente: CONASA (2014)

## Prestación de los servicios de agua potable y saneamiento

Según diagnóstico de CONASA (2014):

En el casco urbano existen dos sistemas de agua que utilizan un sistema descentralizado de administración, ambos operados por juntas de agua, solo una de ellas tiene personalidad jurídica. Ambos sistemas funcionan por gravedad con una cobertura de 97.33 % y un promedio de 10 horas de servicio al día, el agua no se desinfecta. La tarifa que se paga es de L. 240 al año, sin diferenciar la categoría por consumo. (p.13)

### Área rural

Según diagnóstico de CONASA (2014):

Los sistemas existentes en el área rural son administrados y operados por Juntas Administradoras de Agua, excepto dos que aún no se han formado, la mayoría no cuenta con fontanero y las funciones son realizadas por los mismos usuarios, en ninguno de los sistemas se desinfecta el agua. (p.13)

Las Juntas Administradoras de Agua, cobran una tarifa que en la mayoría de los casos es anual. La tarifa es única; por ser una zona de siembra de café. En la época de lavado, algunas juntas cobran extra. En la zona rural existen 13 sistemas que benefician a 20 comunidades, existen 4 comunidades que no poseen acueducto; la cobertura total de viviendas que tienen una conexión de agua derivada de un sistema es de 87.83 %.

### 3.1.2.3. Diagnóstico y análisis del sector de agua potable, Teupasenti, El Paraíso

El municipio de Teupasenti, según censo preliminar del INE, realizado el año 2013, cuenta con un total de 11,229 viviendas, de las cuales 8,385 están habitadas: 7,003 en el área rural y 1,382 en el área urbana.

El siguiente cuadro muestra la cobertura de agua tanto en el área urbana como rural.

| No. | Sector Poblacional | Cobertura de Agua Potable |              |               |
|-----|--------------------|---------------------------|--------------|---------------|
|     |                    | Viviendas Habitadas       | Conexiones   | Porcentaje    |
| 1   | Sector Urbano      | 1,382                     | 1,290        | 93.34 %       |
| 2   | Sector Rural       | 7,003                     | 3,522        | 50.29 %       |
|     | <b>Total</b>       | <b>8,385</b>              | <b>4,812</b> | <b>57.38%</b> |

**Ilustración 7. Cobertura de agua potable en Teupasenti**

Fuente: Gudiel, Gonzales (2014)

El 57.38 % de cobertura de agua a nivel del municipio está muy por debajo del promedio nacional que oscila en más del 70%, por lo cual el reto para las autoridades municipales es grande y se requiere de una gran inversión ya que las comunidades que carecen del servicio son, las más alejadas, con soluciones técnicas complejas y con el costo beneficio muy alto.

Según el Plan Municipal de Agua y Saneamiento elaborado por el SANAA (2015):

En el año 2009 existen más de 53 comunidades, sin sistema de agua, que aglutinan al 49.71 % de la población rural. Entre estas comunidades se encuentran sectores como ser el de Santa Cruz, que está ubicado en la parte alta de la montaña Los Encinos zona de San Isidro y que por su topografía requiere traer agua desde la reserva El Chile, elevando esto los costos y volviendo el proyecto más complejo. (p.7)

Prestador Urbano "Aguas de Teupasenti": Maneja tarifas diferenciadas de L. 75.00 domestica, L. 112.00 comercial y L. 56.25 adulto mayor, misma que se cobra mediante la emisión de recibos entregados casa a casa, teniendo una facturación mensual de L. 88,893.70, pero de esto solo recaudan un promedio de L. 67,434.33 mensual lo que representa el 76% de recaudación mensual.

| No. | Concepto           | Cantidad Lps.    |
|-----|--------------------|------------------|
| 1   | Sueldos y Salarios | 46,400.00        |
| 2   | Energía Eléctrica  | 9,805.41         |
| 3   | Químicos           | 13,745.67        |
| 4   | Otros(Materiales)  | 7,806.67         |
|     | <b>Total</b>       | <b>77,757.75</b> |

**Ilustración 8. Gastos de operación y mantenimiento Aguas de Teusapenti**

Fuente: Gudiel, Gonzales (2014)

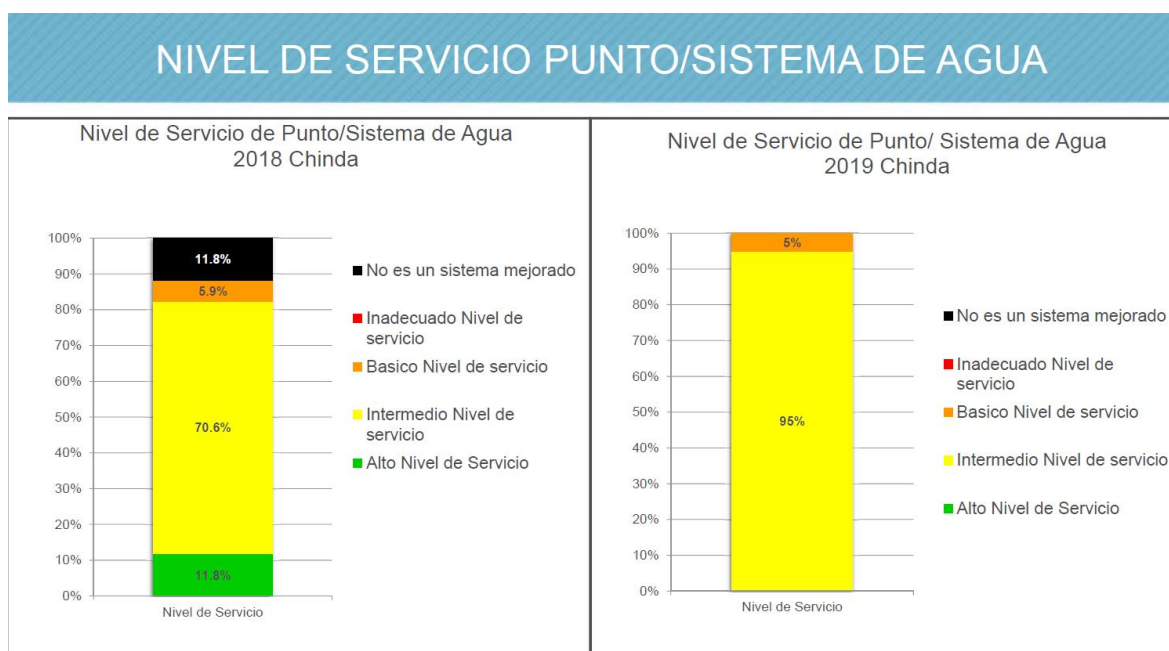
### **3.2. ANÁLISIS INTERNO**

Los esfuerzos de la junta de agua de Chinda por mejorar el abastecimiento de agua potable se han enfocado en la implementación del nuevo tanque de almacenamiento, antes mencionado, con una capacidad de 50,000 galones, el doble de la capacidad original de diseño, para abastecer tanto la red alta como la red baja. Sin embargo, esto, en lugar de generar una mejora en la

situación actual, ha causado el descontento de la población, puesto que, el suministro de agua ha disminuido y es menos eficiente.

Parte de esta problemática es debido a que, según el aforamiento realizado en el tanque en cuestión, se registró una disminución del caudal de entrada en comparación con el mismo de 20,000 galones, el cual está ubicado 40 metros por debajo aproximadamente.

Un estudio realizado por la organización Water for People, muestra los niveles de satisfacción de la población de Chinda, con respecto al servicio de agua en la comunidad. A pesar de que no se presenta un descontento mayoritario de los abonados, los resultados concluyen que las personas creen que el sistema de agua potable del sector es intermedio.



**Ilustración 9. Niveles de servicio de agua en Chinda**

Fuente: Water for People (2019)

### 3.3. TEORÍA DE SUSTENTO

Conociendo la problemática que se presenta en el casco urbano del municipio de Chinda, Santa Bárbara, y ya vistos el macroentorno, microentorno y análisis interno, se procede a conocer la teoría de sustento, cuya finalidad es determinar las normativas a utilizar y procedimientos para la realización de un diagnóstico técnico y planes de operación y mantenimiento.

Un sistema de agua potable en zonas rurales del país, debe estar regido por el Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillado. El manual del SANAA para acueductos rurales especifica los lineamientos y características con las que debe contar un proyecto de agua potable. El SANAA busca estandarizar y agilizar los procesos de estudio y diseños dentro de las comunidades rurales. Asimismo, son de mucha utilidad la Guía Peruana de métodos para renovar redes de distribución de agua potable, y el Manual Colombiano de operación y mantenimiento de redes de agua potable. En busca de enriquecer el conocimiento técnico respecto a medidas correctivas, se tomó en consideración la normativa española de Mantenimiento de redes de agua a presión (Parte I: Reparaciones), elaborada por la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento. El diagnóstico técnico en Chinda estará sustentado por dichas normativas, buscando las soluciones y criterios técnicos necesarios para el desarrollo del proyecto.

#### GUÍA DE MÉTODOS PARA RENOVAR REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

Esta guía constituye el marco normativo peruano que establece la metodología para que el prestador pueda optar por rehabilitar o renovar las redes de distribución de agua potable, y delinea criterios fundamentalmente económicos para conocer el momento más adecuado para llevarlo a cabo. El contenido de esta guía se precisa a continuación: en primer lugar, se analiza la información y experiencias que sugieren rehabilitar o renovar las redes de distribución de agua potable, y si las decisiones que se adoptan se encuentran apoyadas en el historial de accidentes y/o incidentes de las redes; en segundo lugar, se presenta la metodología de criterios económicos para la rehabilitación o renovación de redes. Finalmente, se presentan las principales metodologías de rehabilitación y renovación de las redes de distribución de agua potable.

Por otro lado, con una planificación apropiada es posible realizar la sustitución de las tuberías antes que empiecen a fallar, que permita asegurar los recursos financieros y la mano de obra calificada para rehabilitar las tuberías. Este enfoque reduce al mínimo las interrupciones del servicio, ya que se limita al tiempo usado en sustituir la tubería.

Lo mencionado en los párrafos precedentes, conlleva a establecer una metodología de evaluación del estado de los componentes de una red de distribución de agua potable, así como determinar los mecanismos de análisis, pues todo ello, es fundamental para poder decidir sobre su rehabilitación o renovación.

Cualquier prestador que desee mantener la calidad óptima de los servicios de agua potable debe rehabilitar o renovar sus sistemas de distribución. Por otro lado, con una planificación apropiada es posible realizar la sustitución de las tuberías antes que empiecen a fallar, que permita asegurar los recursos financieros y la mano de obra calificada para rehabilitar las tuberías. Este enfoque reduce al mínimo las interrupciones del servicio, ya que se limita al tiempo usado en sustituir la tubería. Lo mencionado en los párrafos precedentes, conlleva a establecer una metodología de evaluación del estado de los componentes de una red de distribución de agua potable, así como determinar los mecanismos de análisis, pues todo ello, es fundamental para decidir sobre su rehabilitación o renovación.

Para el caso de la presente guía, se tendrá en cuenta las siguientes definiciones:

Rehabilitación: Intervenciones orientadas a la recuperación de la capacidad normal de prestación del servicio, con acciones realizadas en las redes existentes, trabajando en el interior de las mismas. (DNS, 2012, p.8)

Renovación: Intervenciones orientadas a la recuperación de la capacidad normal de prestación del servicio, con acciones de cambio de las redes existentes por redes del mismo o diferente diámetro o material. (DNS, 2012, p.8)

### **Fase de perfil**

Se deberá efectuar en primer lugar una evaluación integral de la situación del sistema de agua potable y el plan de mejoras del área de influencia del proyecto, la que debe contener como mínimo: diagnóstico del sistema de agua existente, describir la forma de abastecimiento y áreas de servicio en lo que se refiere al agua potable, análisis y propuesta de solución para las redes de agua potable existentes, planeamiento para mejorar la sectorización existente, contribución con la actualización del catastro técnico y comercial en agua potable.

## **Elaboración del diagnóstico**

Para el caso de la presente guía se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

Evaluación de todos los componentes de la infraestructura de agua potable, estado físico, antigüedad, capacidad y régimen de funcionamiento actual, tanto a nivel de redes primarias como secundarias, para lo cual se desarrollarán planos temáticos. Los planes temáticos conciernen a: Redes primarias y/o secundarias de agua potable según el tipo de material de las tuberías, redes primarias y/o secundarias de agua potable según la antigüedad de las tuberías, redes primarias y/o secundarias de agua potable según la entidad ejecutora de la obra, plano de presiones de servicio de agua potable, plano de horarios de abastecimiento, plano de cobertura de micromedición, plano de abastecimiento de agua potable según el tipo de tarifas, evaluación del sistema de distribución de agua potable, estado operativo de las válvulas y accesorios en las redes, medición de caudales y presiones, funcionamiento hidráulico de los sistemas actuales, estado situacional y evaluación del funcionamiento actual de la infraestructura de redes de agua, detallando las condiciones operativas y de mantenimiento de las mismas, situación y desarrollo de los programas de vivienda en la zona de influencia del estudio y el efecto en las proyecciones de demanda de agua potable, análisis del proceso de densificación y del uso de suelo en la zona de influencia del estudio.

## **Análisis y propuesta para solucionar los problemas identificados.**

Elaboración de estudio técnico, económico, hidráulico que sustente tanto la necesidad y oportunidad de cambio de las redes de agua potable en función a su antigüedad e índice de incidencias operativas identificadas en el diagnóstico, los estudios deberán tener una metodología sustentada de tal manera que sean aceptados por las unidades evaluadoras. En base al estudio descrito anteriormente, se planteará las correcciones necesarias a las deficiencias y problemas encontrados: mejoramiento y/o rehabilitación para poder satisfacer los requerimientos solicitados por la población, programa de actividades por etapas para el mejoramiento y/o rehabilitación de redes de agua potable.

## **Evaluación de las tuberías existentes**

La decisión sobre la rehabilitación o renovación es sensible a la aparición de acontecimientos imprevistos (roturas, fugas, entre otros) ligados al deterioro de las tuberías. Este deterioro se puede clasificar en los siguientes tipos: Deterioro estructural, deterioro hidráulico y deterioro de la calidad del agua.

### *3.3.1.1. Alcance, ventajas y limitaciones*

Esta normativa hace un énfasis en la renovación de redes de agua potable, sin ahondar en temas de mantenimiento o parámetros de diseño de un sistema hidráulico. No obstante, consta de una sección en la que menciona los elementos a tomar en consideración para realizar un diagnóstico situacional de un sistema de abastecimiento. No se especifican pasos a seguir para operar un sistema de agua potable de una manera eficiente. Sin embargo, los métodos de renovación mencionados, resultan muy eficientes e innovadores. Se especifican alrededor de 14 metodologías de rehabilitación y cinco de renovación, detallando los casos en los que resulta más factible utilizar un determinado método, las ventajas y desventajas, y los materiales requeridos para efectuar una técnica en específico.

## **MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE REDES DE AGUA POTABLE**

El presente módulo contiene conocimientos generales sobre operación y mantenimiento de redes. Es un texto enfocado a corregir desperfectos que, rutinariamente, se presentan en el funcionamiento y puesta en marcha de las redes de distribución de agua potable. Reúne experiencias de varios profesionales que trabajaron en el rubro de Operación y Mantenimiento de Redes en Colombia, que, conociendo las deficiencias que existen en Latinoamérica, desean transmitir las mismas para beneficio de prestadores de servicio, permitiéndoles ampliar el conocimiento sobre sus labores rutinarias y apoyar el logro de una mayor eficiencia en la operación y mantenimiento de redes.

## **Mantenimiento del sistema de agua potable**

Es ineludible comunicar a la población que mientras se efectúen los métodos de limpieza y desinfección de la red de distribución no se dispondrá del servicio. Para tal fin se procederá a cerrar las válvulas de paso de las conexiones domiciliarias como medida de precaución. De preferencia, se deberá realizar las tareas de limpieza en horarios que no causen incomodidad al usuario.

En un sistema de agua potable siempre es recomendable tomar en cuenta medidas preventivas. Por temas económicos y operacionales, es preferible invertir en un mantenimiento preventivo que en acciones correctivas. De esta forma se reducen sustancialmente las probabilidades de que algunos sectores del sistema de abastecimiento, sufran por falta de racionamiento hídrico.

EMDUPAR (2012) afirma:

Este mantenimiento se refiere a la inspección de un elemento para tratar de evitar que se produzca su fallo. Todo esto se puede evitar con actividades de conservación tales como la lubricación, pintado, limpieza, etc. El mantenimiento preventivo está programado, el tiempo que el elemento no está en uso es el dedicado exclusivamente a la operación propiamente dicha. Por esta razón, el tiempo de mantenimiento preventivo es siempre inferior al tiempo de mantenimiento correctivo. Las razones principales de las causas que originan las fugas en los sistemas de distribución de agua son: la infraestructura y la presión. (p.11)

## **Mantenimiento correctivo**

EMDUPAR (2012) afirma:

Este es un mantenimiento de reparación que sigue después de un fallo o rotura en el sistema, no es programado previamente y es requerido por una determinada avería. El mantenimiento correctivo incluye cuatro períodos de tiempo durante los cuales no se tiene disponibilidad de un elemento: tiempo transcurrido desde que se produce la avería hasta que se detecta, o tiempo de respuesta, tiempo que transcurre hasta disponer de los recambios necesarios para reparar la falla, tiempo necesario para contar con quien efectúa la reparación (disponibilidad del personal técnico encargado de la reparación) y tiempo necesario para subsanar la avería. (p.16)

### 3.3.2.1. Alcances, ventajas y limitaciones

Este precepto se enfoca en el ámbito operacional y de mantenimiento de un sistema de racionamiento hídrico. Pormenoriza de forma taxativa, los lineamientos a practicar para operar de forma eficaz los sistemas de acueductos rurales. Desde otro punto de vista, se puntualizan los procedimientos a seguir para aplicar los mantenimientos correctivo y preventivo de una manera idónea. Esta normativa tiene flaquezas en el ámbito constructivo y de diseño. No se mencionan parámetros comparativos de diseño que permitan evaluar los componentes del sistema de agua potable, con el designio de concretar un diagnóstico técnico.

#### MANTENIMIENTO DE REDES DE AGUA A PRESIÓN. PARTE I: REPARACIONES

El fin de este documento es dar a conocer los diferentes sistemas de reparación de tuberías para el transporte de agua que se pueden utilizar en la actualidad. Tal y como se ha indicado, en una población habrá tuberías de diferentes materiales y características, por lo que se han desarrollado sistemas de reparación para los materiales que habitualmente pueden ser encontrados en las redes de agua potable. En ningún momento se pretende hacer una comparación entre tuberías de diferentes materiales, pues cada una tiene sus características propias, si bien las mismas deben tenerse en cuenta a la hora de definir el sistema de reparación a utilizar.

Cuando se sufre un desperfecto en la red de distribución, por acciones fortuitas o adrede, se ponen en marcha las acciones de reparación de la avería. Es una prioridad realice en el menor tiempo posible, buscando la solución más perdurable, procurando siempre afectar al menor número de abonados.

AEAS (2012) afirma: También se debe tener especial atención a los problemas que se pudieran ocasionar al tráfico y a peatones, por lo que, tras la solución del problema de servicio, una vez reparada la avería, se agilizarán los trabajos de obra civil para dejar expedita la vía pública. Las actuaciones de mantenimiento correctivo son más habituales en red de distribución, aunque es especialmente crítica en las redes de traídas y arteriales. Todo el proceso que se detalla es válido para todo tipo de redes. (p.9)

Deben hacerse exploraciones periódicas en el sistema hidráulico con equipos de detección de fugas, tales como: hidrófonos, prelocalizadores, geófonos, y correladores. Estos equipos dan muy buenos resultados y pueden confinar averías no manifiestas, connaturalmente si se procede en horas con bajo nivel de ruido ambiental, que suele ser en horarios nocturnos.

Cuando la avería sobre la red de agua sea importante o el caudal perdido por varias averías de una determinada zona sea significativo, se apreciará un incremento de caudal (caudal mínimo nocturno) en los contadores y caudalímetros de producción o sectorización, hecho que revelará que efectivamente hay que buscar una o varias averías.

### **Cierre del servicio**

En algunas circunstancias, puede ser provechoso dejar fuera de servicio fugazmente el tramo dañado, cerrando válvulas e instalando tapones, permitiendo de esta forma reintegrar el abastecimiento tradicional en el resto de los ramales. Hay que sopesar el tiempo que puede mantenerse esta solución provisional, la secuela de este cierre al resto del sistema y los abonados que puedan quedar sin servicio dentro del tramo que se deja fuera de servicio. Se puede dar el caso que el tramo que estará deshabilitado, sea el que alimenta a una institución que no puede contar con el servicio de agua potable, como un centro de salud. Este recurso se puede adoptar cuando la tubería es de un diámetro pequeño, ya que su cierre no repercute en el resto de la red y no se deja a ningún beneficiado sin racionamiento.

AEAS (2012) afirma:

Cuando se decide realizar la reparación de la avería, se deben tener en cuenta las dos posibles afecciones se consideran que se considerarán más críticas: el número de abonados afectados por la falta de servicio o merma de las condiciones consideradas como adecuadas de suministro, y el tiempo de la afección y la afección al tráfico rodado por ocupación de uno o varios carriles de circulación. Debe minimizarse el número de abonados afectados, por lo que el tramo de tubería que se deje fuera de servicio, será el menor posible. Se harán las comprobaciones necesarias que permitan situar el punto de la avería y dejar sin servicio el menor tramo de red. (p.15)

### 3.3.3.1. Alcance, ventajas y limitaciones

La anterior pauta define el procedimiento a emplear para realizar reparaciones en sistemas de distribución que funcionan por gravedad. La propuesta de valor de esta guía consiste en la especificación de los diferentes tipos de roturas que puede experimentar una tubería potable, haciendo hincapié en los variados métodos de reparación y los errores más comunes a la hora de intentar detectar fugas en un sistema de abastecimiento domiciliario. Se especifican alrededor de ocho métodos de reparación de tuberías y se detalla información sobre el cierre y apertura del servicio de agua potable. Esta normativa se ve limitada en el ámbito operativo y de mantenimiento, así como en los aspectos pertinentes a un diagnóstico técnico y normativas de diseño, ya que no se particularizan fragmentos informativos concernientes a estos tópicos.

#### SANAA

La normativa del SANAA es imprescindible a la hora de realizar un diagnóstico técnico. Esta guía permite la realización de una comparación íntegra entre la obra construida y los parámetros de diseño establecidos. Es así como se pueden determinar incoherencias dentro de lo construido, que degradan el funcionamiento óptimo de la red de distribución. En lo concerniente a los tanques de almacenamiento, está esquematizado como debe ser tratado el caudal entrante mediante el hipoclorador, con la respectiva dosificación de cloro respecto al volumen de agua que será desinfectado.

De la misma forma indica claramente el volumen que debe almacenar un tanque respecto a la población que recibirá los recursos hídricos. Los anteriores estatutos estandarizan los compendios a examinar internamente y en torno a los tanques.

Las ubicaciones idóneas de válvulas de aire y de limpieza están rotundamente ilustradas, por lo que agiliza las exploraciones pertinentes en estos sectores del acueducto urbano. El reglamento habla sobre las presiones hidrostáticas e hidrodinámicas, que van relacionados con las variaciones altimétricas entre la salida de los tanques de almacenamiento y las conexiones domiciliarias.

Los criterios mencionados instauran el procedimiento a seguir para realizar un plan de operación y mantenimiento, en consonancia con el enriquecimiento obtenido mediante normativas internacionales aplicables a este medio.

## **Ingeniería hidráulica**

La Ingeniería Hidráulica a lo largo de la historia ha tenido un papel fundamental en el desarrollo humano, debido a que el suministro de agua potable es indispensable para cualquier población humana. No sólo por ese factor, sino también en el desarrollo de técnicas para la eliminación y manejo adecuado de los residuos humanos generados, para así prevenir en lo posible la contaminación ambiental y evitar enfermedades. (Huánuco & Guillén, 2014, p. 1).

### **Concepto de abastecimiento de agua potable**

Un sistema de abastecimiento de agua potable es un conjunto de obras que permiten que una comunidad pueda adquirir el agua para propósitos de consumo doméstico, servicios públicos, industrial, entre otros. Consiste en proporcionar agua a la población de manera eficiente considerando la calidad (desde el punto de vista físico, químico y bacteriológico), volumen, constancia y confiabilidad de esta.

Comúnmente, los sistemas mencionados comienzan con la recepción de un enorme caudal que es acarreado desde una fuente de abastecimiento a una obra de captación. Posteriormente, este caudal es enviado mediante una línea de conducción hacia un sistema de tratamiento que desemboca en un tanque de almacenamiento. Seguidamente el agua es enviada hacia la red de distribución para su racionamiento hacia los domicilios.

### **Consumo**

En el diseño de un abastecimiento de agua potable, un factor esencial es el conocimiento de la cantidad de agua que se necesita para atender a una población, el cual dependerá del: consumo por habitante y cantidad de habitantes a considerar. El consumo por habitante por día se expresa en galones por persona y por día galones/hab/día a la cual se le denomina dotación. En una comunidad existen cuatro niveles de consumo: doméstico, industrial, público, y porcentaje de pérdida y desperdicios.

SANAA (2003) afirma: "La dotación generalizada para poblaciones menores de 2,000 habitantes será de 25 gppd. En las comunidades de poblaciones mayores de 2,000 habitantes las dotaciones deberán satisfacer todos los cuatro niveles de consumo". (p.26)

### **Variaciones del consumo**

El consumo de agua potable, en una población, sufre variaciones debido a las actividades, hábitos, condiciones de la ciudad, clima, costumbre, etc. Este consumo varía de año en año, varía durante los meses del año, varía durante los días del mes y durante las horas del día.

### **Variaciones diarias**

La variación que sufre el consumo durante los días del año es importante pues las estaciones tienen una influencia grande en el consumo. Así en el verano el consumo de agua aumenta mientras que en el invierno disminuye.

### **Fuentes de Abastecimiento de agua potable**

Las fuentes de agua constituyen el elemento fundamental en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable, y, antes de proceder con el diseño, es necesario definir su ubicación, tipo, cantidad y calidad. De acuerdo a la ubicación y naturaleza de la fuente de abastecimiento, así como a la topografía del terreno, se consideran dos tipos de sistemas: los de gravedad y los de bombeo.

En los sistemas de agua potable por gravedad, el nacimiento hídrico, debe estar situado por encima de la comunidad beneficiada, para que el agua fluya a través de las tuberías aprovechando al máximo la fuerza de la gravedad. En los sistemas de racionamiento hídrico por bombeo, la fuente de agua se encuentra localizada en elevaciones inferiores a las poblaciones de consumo. Para el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable, es importante seleccionar una fuente adecuada o una combinación de fuentes para abastecer la dotación requerida por la población. De acuerdo con la forma de abastecimiento se consideran tres tipos principales de fuente: aguas pluviales, aguas superficiales y aguas subterráneas.

## **Características del Lugar**

Para resguardo de la estructura y mantenimiento de la calidad del agua, el lugar designado deberá reunir ciertas condiciones estipuladas por el SANAA.

SANAA (2003) afirma:

La elevación de la obra de captación sobre el pueblo deberá ser suficiente para asegura buenas presiones en la red. En las elevaciones superiores a esta obra de captación, no deberá existir ninguna forma de contaminación. Dicho lugar deberá estar rodeado por una forestación abundante, así como el resto de la cuenca. El tramo escogido deberá ser un tramo recto de la quebrada, evitando las curvas y manteniendo una pendiente suave. Se le dará preferencia a los manantiales ya que estos garantizan una mejor calidad de las aguas. (p.27)

## **Línea de conducción**

Es el conjunto de tuberías que transporta el agua de la obra de captación hasta el tanque. Para un mejor desempeño, funcionará por gravedad y se diseñará para un caudal mínimo igual al consumo máximo diario. La fontanería deberá ser cerrada y trabajará a presión. Deberán ser incluidas todas las piezas requeridas para su protección, como: válvulas de limpieza y aire, anclajes de concreto y tanques rompecargas.

## **Tanques de almacenamiento**

Su estructura consistirá de paredes de ladrillo rafón. La tubería de entrada, contará con el mismo diámetro de la línea de conducción. Asimismo, se beneficiará de un tubo ranurado, el cual disipará la energía. Dispondrá, además, de tubería para el rebose y limpieza, cuyo diámetro será de dos pulgadas como mínimo. La salida será del diámetro inmediato superior al de diseño. Toda la tubería será HG. La función primordial de los tanques de almacenamiento, es abastecer reservas que puedan saciar las variaciones horarias del consumo de la comunidad, y las insuficiencias de ésta cuando sean necesarias reparaciones en la obra de captación o en la línea de conducción.

El tanque se situará en un lugar con características topográficas que permitan emanar una presión mínima de 10 metros columna de agua en la localización más alta de la red. Conjuntamente, se construirá en un área grande, llana, y a una distancia corta que favorezca el mantenimiento del mismo. En el caso de requerir un aumento en la capacidad del tanque existente, la ubicación de éste nuevo tanque será preferiblemente a la par, con el fin de mantener el mismo nivel en las tuberías de entrada y salida.

En el caso en que la topografía no permita ubicar ambos tanques a la par, se colocará lo más próximo al existente, para no alterar las presiones originales en la red. Esta nueva obra, incluirá una válvula check en la tubería de salida y sus respectivas tuberías de limpieza y rebose. Deberá llevarse a cabo un análisis de presiones de la red cuando el tanque complementario a una menor altura respecto al existente.

### **Volumen de Almacenamiento**

Está constituido que la capacidad del tanque representará de un 30% a 40% del consumo medio diario en los sistemas por gravedad. En los sistemas de bombeo la capacidad estará determinada por el tiempo de bombeo y por el período de bombeo; es decir, a mayor tiempo de bombeo, menor capacidad de tanque y viceversa, pero también existirán variaciones para un mismo tiempo de bombeo en función del horario o período que se seleccionan. En estos sistemas la capacidad del tanque será de un 20% a 50% del caudal medio.

### **Accesorios**

Los tanques llevarán: tubería de entrada y salida, rebose y limpieza, hipoclorador y respirador. La tubería de entrada será de HG del mismo diámetro que la línea de conducción, además, se colocará una válvula de igual diámetro y los accesorios correspondientes. La tubería de salida estará preferiblemente en el extremo opuesto de la entrada. Será de HG y tendrá el mismo diámetro que la red de distribución. El tubo de rebose estará a la altura útil, o sea a 0.20 metros del techo del tanque dejando este volumen para aireación, dejando en la salida un sifón hidráulico y del mismo diámetro del tubo de rebose. El tubo de limpieza será independiente del rebose, no llevará válvula sino solamente un tapón hembra HG, el diámetro de la tubería de limpieza y rebose dependerá del volumen del tanque, de la siguiente forma:

**Tabla 1. Variación del diámetro de tubería según volumen del tanque**

| <b>Volumen (galones)</b> | <b>Diámetro de tubería de limpieza y rebose</b> |
|--------------------------|---|
| 5,000                    | 2"  |
| 10,000                   | 3"  |
| 15,000                   | 3"  |
| 20,000 y mayor           | 4"  |

Fuente: SANAA (2003)

Como criterio se adoptará que este diámetro no sea menor que el de entrada al tanque. El tipo de tubería será de HG. El hipoclorador llevará tubería de HG de ½"Ø o de 1"Ø y se colocará un respirador de 1"Ø HG y sus respectivos accesorios.

### **Tratamiento de agua potable**

La desinfección del agua se forjará utilizando hipoclorito de calcio (HTH), el cual se aplicará al agua almacenada a través de un hipoclorador construido sobre el tanque.

Respecto a la dosificación y tiempo de cloración, el SANAA (2012) afirma:

Se ha establecido un mínimo de 30 minutos para que se verifique las acciones mutuas entre el cloro y el agua y lograr una desinfección eficaz. Se deberán obtener un cloro residual en la red de 0.2 mg/lit. La cantidad de solución dependerá de las aguas tratadas. Para aguas turbias se probará una dosis inicial de 1.6 mg/lit de HTH y para aguas claras 1 mg/lit. Deberá agregarse también una cantidad adicional, como cloro residual, para cualquier contaminación posterior. En todo caso se recomienda efectuar un análisis previo de la demanda de cloro. (p.35)

La cantidad de HTH para un período específico y basándose en la cantidad de agua a tratarse se calculará así:

$$G = \frac{CMD}{f}$$

#### **Ecuación 1. Cálculo de la cantidad de cloro HTH**

Fuente: SANAA (2003)

Donde:

G: Cantidad de cloro HTH en gramos.

C: Grado de concentración deseada de cloro en el agua tratada en mg/lit.

M: Cantidad de agua a tratar en metros cúbicos.

D: Número de días que durará la solución (no mayor de 7 días).

f: Factor de concentración primaria del cloro HTH.

## Dimensionamiento del Hipoclorador

“El volumen del hipoclorador tipo es de 384 lts. Será rectangular y se construirá sobre el tanque, llevará ciertos dispositivos que ajustarán el goteo calculado. La cantidad mínima de solución debe alimentar el sistema por ocho días consecutivos.” (SANAA, 2003, p.36)

**Tabla 2. Clasificación del agua según cantidad de coliformes**

|      | <b>Clasificación</b>   | <b>NMP/100 ml de bacterias coliformes</b> |
|------|--|---|
| I.   | Calidad bacteriológica que no exige más que un tratamiento desinfectante.  | 0 ~ 50                                    |
| II.  | Calidad bacteriológica que no exige o precisa de la aplicación de los métodos habituales de tratamiento (coagulación, filtración, desinfección).             | 50 ~ 5,000                                |
| III. | Contaminación intensa que obliga a tratamientos más activos.   | 5,000 ~ 50,000                            |
| IV.  | Contaminación muy intensa que hace inaceptable el agua a menos que se recurra a tratamientos especiales, estas fuentes solo se utilizarán en último extremo. | >50,000                                   |

Fuente: SANAA (2003)

## ■ LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN

### Línea de distribución

Se designa línea de distribución al componente del sistema que une al tanque de almacenamiento con la red de distribución. Su cálculo hidráulico, detalle de tubería y accesorios y de más obras especiales serán las mismas que se indicaron en la parte de la línea de conducción, con la única diferencia de que el caudal de diseño es el máximo horario. La velocidad máxima será de 2 m/seg, pero en el caso de altas cargas hidrostáticas y longitudes considerables deberá verificarse el “golpe de ariete” y reducir la velocidad del fluido a 1 m/seg u otra más adecuada. Se recomienda determinar el tiempo de cierre de la válvula para que no ocurra el “golpe de ariete”, es decir  $(T < T_c)^1$  o para que no se sobrepase algún límite de presión preestablecido. (SANAA, 2003, p.36)

### Red de distribución

La red de distribución es la parte del Sistema cuya función es poder entregar a la población un suministro eficiente y continuo de agua en cantidad y presión adecuadas durante todo el periodo de diseño.

<sup>1</sup> T: tiempo de cierre de válvula; Tc: Tiempo crítico de cierre de la válvula.

## **Diseño Hidráulico**

El diseño y análisis de la red debe hacerse para las condiciones más favorables y por esa razón se hará para las condiciones de consumo Máximo Horario.

$$C_{maxH} = K_2(CMD)$$

### **Ecuación 2. Fórmula de consumo máximo horario**

Fuente: SANAA (2003)

$K_2$ : Factor de variación de Hora Máxima: 2.25

La red debe funcionar con presiones de servicio mínimas, capaces de conducir el agua hacia los hogares. En otro orden de cosas, también existirán presiones máximas que no deberán ser rebasadas, de manera que no provoquen daño en las conexiones. Al hablar de presiones mínimas, se hace referencia a la presión hidrodinámica, que será de 10 metros columna de agua; y la presión máxima concierne a la presión hidrostática, que será de 60 metros columna de agua. Esto obligará a segregar las redes (alta y baja) cuando la topografía sea irregular, mediante tanques rompecargas o válvulas reductoras de presión.

## **Coefficiente de Rugosidad**

Para el cálculo de pérdidas por fricción en la tubería se utilizará la fórmula de Hazen Williams donde el coeficiente de rugosidad "C" a utilizarse será:

Tubería de Hierro Galvanizado (HG): 100

Tubería de Polivinilo (PVC): 140

## **Caudales**

La asignación de caudales se hará por el método "gasto unitario", áreas tributarias y densidad de población.

## **Tipos de Redes**

Se considerarán principalmente de acuerdo a su configuración dos tipos: redes abiertas y redes por circuitos cerrados. Preferiblemente se diseñarán redes con circuitos cerrados y sólo excepcionalmente se hará de otro tipo.

## **Ubicación de Válvulas**

El diseño de las válvulas es lograr que el sistema optimice su funcionamiento y se faciliten las labores de operación y mantenimiento. Para ello deberán ser colocadas estratégicamente, en lugares accesibles, y de acuerdo al criterio del diseñador. Las válvulas se protegerán mediante cajas de concreto armado.

## **Conexiones domiciliarias**

Todas las acometidas se instalarán con tubería de 1/2", con su respectiva llave espita, y los accesorios necesarios para su incorporación al sistema.

## **Llaves Públicas**

En ocasiones, debido a discrepancias altimétricas, distancias masivas o razones de índole económica, que no permiten transportar agua a una serie de viviendas, se recomienda la instalación de una llave pública, donde estos usuarios podrán abastecerse del recurso hídrico.

### *3.3.5.1. Alcance, ventajas y limitaciones*

La normativa del SANAA es una abundante fuente de información respecto a características de diseño, parámetros hidráulicos y lineamientos constructivos, que permiten confeccionar una serie de comparaciones y evaluar los elementos que componen un acueducto rural, facilitando el proceso de la elaboración de un diagnóstico técnico. Por otra parte, este manual no ofrece información concerniente a especificaciones operacionales ni de mantenimiento, lo cual no permite enriquecer dicha sección del entregable final.

## **3.4. MARCO CONCEPTUAL**

### 1) Horizonte de diseño

En ingeniería, se entiende por horizonte de proyecto al lapso de tiempo para el cual se estima que el proyecto debe cumplir cabalmente con sus objetivos. Dentro del cronograma de implementación del proyecto pueden estar contempladas varias etapas, con la finalidad de dosificar la inversión inicial, y adaptar las dimensiones de las obras a la efectiva demanda de un determinado servicio. (Del Valle Flores, 2012, p. 4).

## 2) Línea de conducción

Es el conjunto de tuberías, válvulas, accesorios, estructuras y obras de arte encargados de la conducción del agua desde la captación hasta el reservorio, aprovechando la carga estática existente. Debe utilizarse al máximo la energía disponible para conducir el gasto deseado, lo que en la mayoría de casos conllevará a la elección diámetro mínimo que permita presiones iguales o menores a la resistencia física que el material de la tubería soporte. (Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento, 2014, p. 24).

## 3) Juntas tipo Dresser :

“Las juntas se utilizan para unir dos tuberías, éstas al igual que las tuberías pueden ser de materiales rígidos, semirrígidos o flexibles, dentro de las primeras se encuentran por ejemplo las de metal.” (Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento, 2014, p. 18).

## 4) Red de distribución:

Una red de distribución de agua potable es el conjunto de instalaciones que la empresa de abastecimiento tiene para transportar desde el punto o puntos de captación y tratamiento hasta hacer llegar el suministro al cliente en unas condiciones que satisfagan sus necesidades.”(Moliá, 2009, p. 3).

## 5) Válvula de compuerta:

“Es un tipo de válvula que posee una compuerta o cuchilla, accionada por un vástago para abrir, cerrar o regular el flujo del líquido o gas que pasa por el orificio de paso que se encuentra en el cuerpo de la válvula” (Salazar, 2010, p. 77).

## 6) Cajas de registro de agua potable:

“Estructuras de mampostería que protegen las conexiones entre un tramo de tubería y otro, de tal forma que se permita el fácil acceso a su interior para poder llevar a cabo los trabajos de operación y mantenimiento.” (Siapa, 2014, p. 30).

## 7) Sistema de agua potable mejorado:

“Es un sistema que por el tipo de construcción protege apropiadamente el agua de contaminación exterior, en particular de la materia fecal.” (UNICEF, 2012, p. 1).

## 8) Calidad del agua:

Es un factor que incide directamente en la salud de los ecosistemas y el bienestar humano: de ella depende la biodiversidad, la calidad de los alimentos, las actividades económicas, etc. Por tanto, la calidad del agua es también un factor influyente en la determinación de la pobreza o riqueza de un país. (Jiménez Terán, 2013, p. 35).

Plan de acción:

“Son los documentos debidamente estructurados que forman parte del planeamiento estratégico, ya que por medio de estos se busca materializar los objetivos previamente establecidos, dotándoles de un elemento cuantitativo y verificable a lo largo del proyecto.” (Durán, 2004, p. 1).

## 9) Análisis bacteriológico

“Los análisis bacteriológicos consisten en una inspección de una muestra acuosa por medio de pruebas que permiten detectar si se presentan o no elementos patógenos, comúnmente de coliformes fecales y totales.” (Escobedo, 2015, p. 3).

## 10) Análisis fisicoquímico del agua:

El análisis fisicoquímico de aguas permite medir los minerales y compuestos presentes, disueltos o en suspensión. La calidad del agua se puede determinar por análisis cuantitativos en el laboratorio, tales como pH, sólidos totales, conductividad y otros elementos químicos. (Escobedo, 2015, p. 5).

## 11) Dotación:

“Cantidad de agua por habitante por día, que un sistema brinda a determinada población.” (Delgado Martínez, 2017, p. 14).

## 12) Saneamiento:

“Es la rama de la salubridad destinada a eliminar los riesgos del ambiente natural, sobre todo, resultantes de la vida en común, crear y promover en él, las condiciones óptimas para la salud.” (Delgado Martínez, 2017, p. 16).

## 13) Presión hidrostática:

“Se conoce como presión hidrostática a la parte de dicha presión en la que el peso de un fluido se encuentra en reposo”. (CIDEAD, 2014, p. 75).

14) Presión hidrodinámica:

“La presión hidrodinámica se encarga de estudiar a los fluidos incompresibles, ya que la densidad de los mismos no varía cuando se realizan cambios en la presión que se ejerce sobre ellos”. (Velasco, 2004, p. 33).

15) Capacidad de almacenamiento:

“Volumen de agua retenido en un tanque o embalse.” (Peralta, 2007, p. 8).

16) Catastro de redes:

Inventario de tuberías y accesorios existentes, incluyendo su localización, diámetro, profundidad, material y año de instalación. (Peralta, 2007, p. 9).

17) Caudal de diseño:

“Caudal estimado con el cual se diseñan los equipos, dispositivos y estructuras de un sistema determinado.” (Salas & Zamorano, 2013, p. 44).

18) Caudal máximo diario:

“Consumo máximo durante veinticuatro horas, observado en un periodo crítico de un año natural.” (Jiménez Terán, 2013, p. 44).

19) Caudal máximo horario:

“Consumo máximo durante una hora, observado en un periodo crítico de un año natural.” (Huánuco & Guillén, 2014, p. 21).

20) Caudal medio diario:

“Consumo medio durante veinticuatro horas, obtenido como el promedio de los consumos diarios en un periodo de un año.” (ECOFLUIDOS, 2012, p. 22).

21) Control de calidad de agua potable:

“Análisis organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos realizados al agua en cualquier punto de la red de distribución”. (ECOFLUIDOS, 2012, p. 22).

22) Fugas:

“Cantidad de agua que se pierde en un sistema de acueducto por accidentes en la operación, tales como rotura o fisura de tubos, rebose de tanques, o fallas en las uniones entre las tuberías y accesorios.” (EMDAPAR, 2012, p. 17).

23) Macromedición:

“Sistema de medición de grandes caudales, destinados a totalizar la cantidad de agua que está siendo transportada por la red de distribución en diferentes sectores”. (Beltrán, 2014, p. 52).

24) Micromedición:

“Sistema de medición de volumen de agua, destinado a conocer la cantidad de agua consumida en un determinado periodo de tiempo por cada suscriptor de un sistema de acueducto”. (Beltrán, 2014, p. 52).

25) Optimización:

“Proceso de diseño y/o construcción para lograr la mejor armonía y compatibilidad entre los componentes de un sistema o incrementar su capacidad, aprovechando al máximo todos los recursos disponibles”. (Norma de diseños EPM, 2009, p.35).

26) Válvula de aire:

Se colocarán en los puntos más elevados de la línea especialmente donde la línea piezométrica pasa muy cerca del terreno para evitar el estrangulamiento de la sección útil de la tubería por acumulación de aire. El diámetro de esta válvula será de 1/2” donde irá instalada dentro de una caja protectora. (SANAA, 2003, p. 32)

27) Válvulas de limpieza:

Estos son dispositivos que permiten la descarga de los sedimentos acumulados en la línea. Consta de una derivación de la línea principal con su válvula de compuerta de 1”Ø como mínimo. Se colocan en los puntos bajos de la línea hasta donde puedan ser arrastrados los depósitos. También irá protegida por su caja de válvulas correspondiente. (SANAA, 2003, p. 32)

28) Cruces de corriente:

En estos casos en que la tubería tendrá que ir superficialmente se utilizará hierro galvanizado perfectamente anclado. Si la quebrada es muy grande y profunda la tubería se pasará por alto por medio de cables y la longitud del cruce dependerá de la crecida de la quebrada. (SANAA, 2003, p. 33)

29) Tanques rompecarga:

“La función específica de esta obra será la reducción de la presión hidrostática en la tubería cuando ésta es tan excesiva que podrá sobrepasar la presión de trabajo de la tubería.” (SANAA, 2003, p. 33)

### **3.5. MARCO LEGAL**

Toda actividad se llevará a cabo bajo normas para su conciliación y eficacia. Los parámetros a tomar en cuenta respecto a futuros proyectos en el municipio de Chinda tomarán en cuenta las leyes correspondientes para la realización del mismo. Entre los diferentes estatutos se encuentran de comprendido general a especificaciones más precisas, tales como: la Constitución de la República de Honduras o el Código de la Salud.

Dichas disposiciones cumplen la equivalente función de prescribir una pauta hacia su correcta elaboración. Seguidamente, se exhibirán dichas leyes y estatutos, planteando su propósito dentro del marco operativo del proyecto a ejecutar.

#### **██████████ CÓDIGO NACIONAL DE LA SALUD**

##### *3.5.1.1. Capítulo I: Del agua.*

ARTÍCULO 29.- Las entidades encargadas del suministro de agua potable, velarán por la conservación y control de la cuenca y de la fuente de abastecimiento, con el fin de evitar su contaminación por cualquier causa.

ARTÍCULO 37.- En el diseño, construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de suministro de agua, deberán seguirse estrictamente las normas que al efecto establezcan los reglamentos.

#### **██████████ LEY MARCO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO**

Conforme a la Ley Marco del Sector de Agua Potable y Saneamiento de 2003, las políticas sectoriales son determinadas por el Consejo Nacional de Agua Potable y Saneamiento (CONASA), el cual es tutelado por el Ministro de Salud. La ordenación es adeudo del Ente Regulador de los

Servicios de Agua Potable y Saneamiento (ERSAPS). La dirección de los servicios de agua y saneamiento es regida por las Municipalidades y las Juntas de Agua. Esta prestación de servicios y sus contextos son diligencias estipuladas por la Ley Marco para tener una reseña acerca de los fines y objetivos que estas corporaciones deben consumir para brindar el más eficiente servicio del suministro de agua potable y saneamiento básico.

De acuerdo con las prácticas de la Ley de 2003, el SANAA transfirió en 2008 esta ocupación a las municipalidades concernientes y de esta forma se convirtió en una dependencia que ofrece asistencia técnica y asesoría a las municipalidades y Juntas de Agua. En 2006, el Gobierno de la República prorrumpió un plan estratégico para la evolución del Sector Agua a fin de fortificar la descentralización de los servicios. Esto fue llamado como Plan Estratégico de Modernización del Sector Agua Potable y Saneamiento (PEMAPS). Su régimen está soberanamente basado en la demarcación de la Ley Marco por la definición de las ocupaciones de las entidades comprometidas.

ARTICULO 16. Corresponde a las municipalidades, en su carácter de titulares de los servicios de agua potable y saneamiento, disponer la forma y condiciones de prestación de dichos servicios en su respectiva jurisdicción, observando lo prescrito en la presente Ley y demás normas aplicables. La titularidad a que se refiere este artículo es permanente e intransferible.

ARTICULO 21. El Gobierno Central, las Municipalidades y las Juntas Administradoras de Agua promoverán la gestión de recursos para el desarrollo de servicios de agua potable y saneamiento, estableciendo prioridades de desarrollo de proyectos, criterios de recuperación de la inversión, asignación de capital, los cuales se determinarán en base a estudios socioeconómicos y tomando en consideración la capacidad financiera respectiva.

Asimismo, con el fin de aliviar el desabastecimiento y evitar la especulación en los precios, impulsarán la ejecución de programas alternativos de almacenaje y entrega de agua en aquellos casos con justificación social, cuando no sea posible la prestación del servicio por cañerías. Las condiciones de la prestación de servicios se legalizarán mediante contrato.

## IV. METODOLOGÍA

En consonancia con el capítulo anterior, que dicta los lineamientos y soporte teórico que servirá como pauta para la realización del proyecto, se presenta la sección metodológica de esta tesis. Inicialmente, se enuncia la categoría de investigación metodológica a la cual pertenece el presente informe, especificando su enfoque, alcance, tipos de estudio y diseño. En base a la problemática a enfrentar, se establecen las variables dependientes, independientes y su desglose operacional. En otro orden de cosas, se enuncia la naturaleza de las diferentes técnicas e instrumentos, y la secuencia cronológica de las labores ejecutadas en este proyecto de grado, materializadas en un cronograma de actividades.

### 4.1. ENFOQUE

“Un enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías.” (Sampieri, 2014, p. 4)

“Un estudio descriptivo busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población.” (Sampieri, 2014, p. 92)

En conformidad con el contexto a analizar, se integra el tipo de investigación denominado cuantitativo, ya que se analizarán datos numéricos y se realizarán estudios técnicos, cuyos resultados se resumen en datos numéricos. Se designa transversal, no experimental y descriptivo, el cual consiste en describir situaciones e incidentes, manifestar en qué consiste y de qué manera se exterioriza determinado acontecimiento. Sampieri (2014) afirma: “Diseños transversales son aquellas investigaciones que recopilan datos en un momento único.” (p.154) En este capítulo se explicará la metodología de investigación empleada para la realización de este proyecto.

## 4.2. VARIABLES DE OPERACIONALIZACIÓN

### DIAGRAMA DE LAS VARIABLES DE OPERACIONALIZACIÓN

La variable dependiente es el diagnóstico técnico y la elaboración de planes de operación y mantenimiento, que es el entregable final que se espera para este proyecto. Las variables independientes son aquellas que tienen un efecto sobre el resultado final esperado.

**Tabla 3. Operacionalización de las variables**

| Titulo   |  |  |  |                          |   |
|--|--|--|--|--------------------------|---|
| Diagnóstico del sistema de agua potable de Chinda, Santa Bárbara, y elaboración de plan de operación y mantenimiento.  |  |  |  |                          |   |
| Problema   | Objetivo General   | Preguntas de Investigación   | Objetivos Específicos  | Variables Independientes | Variables Dependientes  |
| ¿En qué condiciones físicas se encuentra el sistema de agua potable y qué propuestas deben incluirse en el plan de acción para aumentar la eficiencia del sistema? | Proponer un plan operacional y de mantenimiento en función del daño en el sistema hidráulico en la comunidad de Chinda, de acuerdo a los parámetros de funcionamiento establecidos en la normativa del SAANA, para cumplir con la dotación establecida por esta misma. | 1) ¿Qué problemas presentan los sistemas hidráulicos del municipio de Chinda, Santa Barbara?   | 1) Identificar los problemas que presentan los sistemas hidráulicos del municipio de Chinda, Santa Barbara.  | Plan de mantenimiento    | Diagnóstico técnico del sistema de agua potable del casco urbano de Chinda, Santa Bárbara, y la elaboración de un plan de operación y mantenimiento |
|  |  | 2) ¿En función de la magnitud, ¿qué problemas serán tomados en cuenta para la elaboración de un plan de operación y mantenimiento del sistema de agua potable? | 2) Definir qué problemas serán tomados en cuenta, según su importancia, para la elaboración del plan de operación y mantenimiento del sistema de agua potable. | Plan de operación        |   |

Continuación Tabla 3...

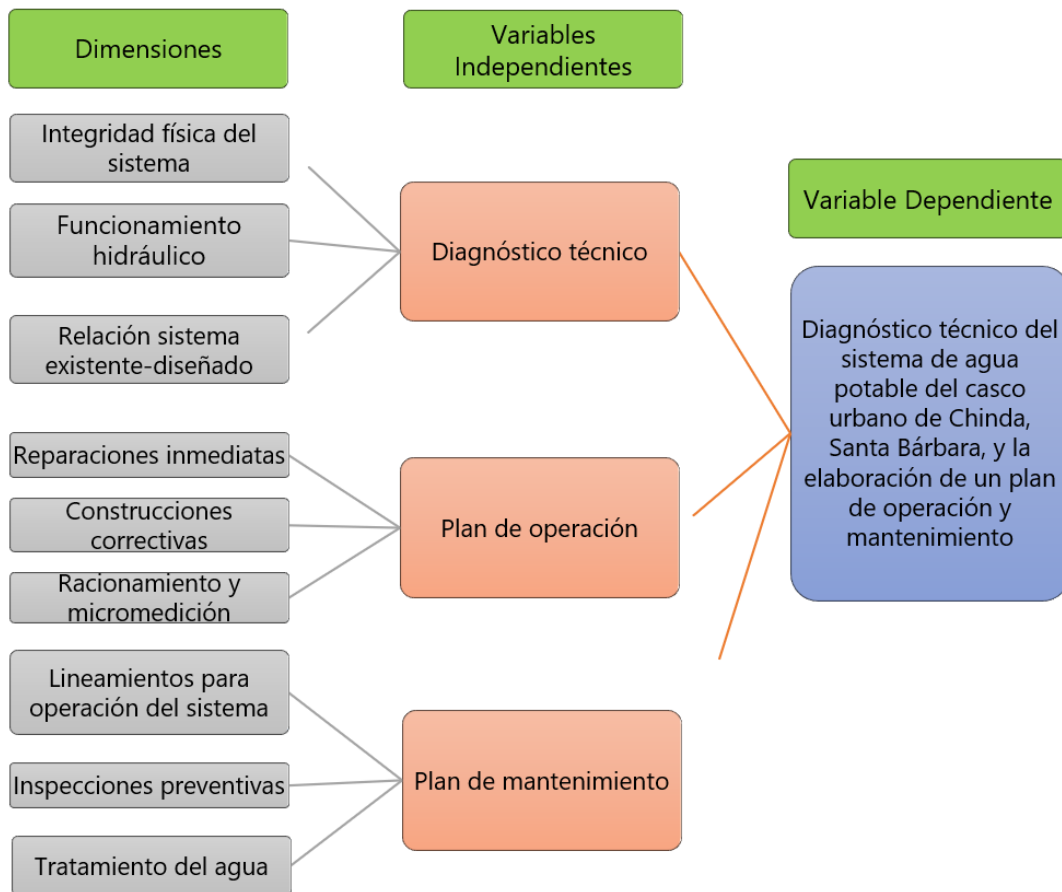
|  |  |                     |
|--|--|---------------------|
| 3) ¿Qué actividades correctivas deberán realizarse en el plan de operación del sistema de agua potable?  | 3) Establecer qué actividades correctivas deberán realizarse en el plan de operación del sistema de agua potable.  | Diagnóstico técnico |
| 4) Qué actividades preventivas se deberán incluirse en el plan de mantenimiento del sistema de agua potable?   | 4) Designar qué actividades preventivas se deberán incluirse en el plan de mantenimiento del sistema de agua potable.  |                     |
| 5) ¿Cuál será el costo total aproximado de la ejecución del plan de operación y mantenimiento del sistema de agua potable, así como las actividades correctivas y preventivas del mismo? | 5) Calcular el costo total aproximado de la ejecución del plan de operación y mantenimiento del sistema de agua potable, así como las actividades correctivas y preventivas del mismo. |                     |

Fuente: Propia

### DIAGRAMA DE LAS VARIABLES DE OPERACIONALIZACIÓN

El diagnóstico técnico del sistema de agua potable del casco urbano de Chinda, Santa Bárbara, y la elaboración de un plan de operación y mantenimiento es el resultado final que se espera para este proyecto, nuestra variable dependiente. Las variables independientes son aquellas que tienen un efecto sobre el resultado final esperado.

Una definición operacional constituye el conjunto de procedimientos que describe las actividades que el investigador debe realizar para poder obtener respuestas concretas, que indiquen la existencia del concepto teórico en menor o mayor escala (Hernández Sampieri, 2010). En palabras más entendibles, la operacionalización nos dicta que actividades o tareas debemos llevar a cabo para poder generar datos medibles de las variables designadas. A continuación, en la Ilustración 10, se presenta un diagrama de operacionalización con sus respectivas actividades y variables:



**Ilustración 10. Diagrama de Variables de Operacionalización**

Fuente: Propia

## OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

En la siguiente tabla se pueden visualizar puntos clave del proyecto al momento de planificarlo, los cuales son necesarios para poder llevarlo a la ejecución, con esta tabla se puede conocer mejor el proyecto, así como también identificar sus variables independientes y dependiente.

**Tabla 4. Variables de Operacionalización**

| <b>Variables Independientes</b> | <b>Definiciones</b>  |   | <b>Dimensiones</b>            | <b>Indicadores</b> | <b>Ítem</b>  | <b>Unidad</b> | <b>Escala</b> |  |
|---------------------------------|--|---|-------------------------------|--------------------|--|---------------|---------------|--|
| <b>Diagnóstico técnico</b>      | Conceptual   | Operacional   |                               |                    |  |               |               |  |
|                                 | El diagnóstico es un procedimiento ordenado y sistemático para establecer de manera clara una circunstancia, a partir de observaciones y datos concretos. Conlleva siempre una evaluación, con valoración de acciones en relación con objetivos. | Inspección física e hidráulica del funcionamiento e integridad de un sistema de agua potable, analizando cada uno de sus componentes en función del desempeño que se ha evaluado. | Integridad física del sistema | Tapaderas          | ¿Presentan desprendimientos de concreto?   | Si<br>No      |               |  |
|                                 |  |   |                               |                    | ¿Tienen agarraderas de acero?  | Si<br>No      | Cantidad      |  |
|                                 |  |   |                               |                    | ¿Se construyeron todas las tapaderas requeridas?   | Si<br>No      | Cantidad      |  |
|                                 |  |   |                               | Cajas de registro  | ¿Presentan desprendimientos de concreto?   | Si<br>No      |               |  |
|                                 |  |   |                               |                    | ¿Están enterradas correctamente?   | Si<br>No      |               |  |
|                                 |  |   |                               |                    | ¿Se construyó la cantidad total de cajas requeridas? De no cumplir, especifique cantidad.                | Si<br>No      |               |  |
|                                 |  |   |                               |                    | ¿Todas las cajas tienen la capa de repello requerida por el diseño? De no cumplir, especifique cantidad. | Si<br>No      |               |  |

|              |  |          |
|--------------|--|----------|
|              | ¿Todas las cajas tienen la capa de repello requerida por el diseño? De no cumplir, especifique cantidad. | Si<br>No |
| Válvulas     | ¿Las válvulas correspondientes a las tuberías municipales presentan óxido o señales de humedad?          | Si<br>No |
|              | ¿El mecanismo de apertura funciona correctamente?  | Si<br>No |
|              | ¿Cuentan con llave o han sido extraídas? De no tener llave, especifique cantidad.                        | Si<br>No |
|              | ¿Las válvulas pertenecientes a las conexiones domiciliarias presentan fugas?                             | Si<br>No |
|              | ¿El acueducto tiene válvulas expulsoras de aire?   | Si<br>No |
|              | ¿El acueducto tiene válvulas de limpieza?  | Si<br>No |
| Hipoclorador | ¿Tiene la capacidad volumétrica requerida por la norma del SANAA?  | Si<br>No |

Continuación Tabla 4...

|                          |   |   |
|--------------------------|---|---|
|                          | ¿El diámetro de la tubería es el idóneo?                                  | Si<br>No  |
|                          | ¿El filtro plástico se encuentra físicamente deteriorado?                 | Si  |
|                          | Especifique si hay perforaciones, quebraduras u otro tipo de daño físico. | No  |
| Tanque de almacenamiento | ¿La tapadera se encuentra en buen estado?                                 | Si<br>No  |
|                          | ¿La tapadera cuenta con una agarradera de acero?                          | Si<br>No  |
|                          | ¿Tiene realmente la capacidad de almacenamiento de 20,000 galones?        | Si<br>No  |
|                          | ¿En qué condiciones operacionales está la válvula de salida del tanque?   | Pésimo<br>o<br>estado<br>Mal<br>estado<br>Funcional<br>Óptimo |
|                          | ¿Las paredes del tanque presentan grietas o filtraciones?                 | Si<br>No  |
|                          |   | De presentar problemas, especificar cuáles.                   |

Continuación Tabla 4...

|   |          |
|---|----------|
| ¿Cuenta con la instalación de un macromedidor en la entrada y salida de flujo?                          | Si<br>No |
| ¿El diámetro de entrada al tanque coincide con el diámetro de la línea de conducción?                   | Si<br>No |
| ¿Está equipado con dispositivos que permiten controlar el nivel máximo de agua?                         | Si<br>No |
| ¿El diámetro de la tubería de limpieza y rebose cumple con las 4" especificadas por la norma del SANAA? | Si<br>No |
| ¿Cuenta con una escalera exterior?  | Si<br>No |
| ¿El tanque cuenta con una escalera interior?  | Si<br>No |
| ¿El interior del tanque cuenta con un recubrimiento apropiado de pintura?                               | Si<br>No |
| ¿El exterior del tanque cuenta con un recubrimiento apropiado de pintura?                               | Si<br>No |
| ¿Las vigas de carga presentan deterioro estructural?  | Si<br>No |

Continuación Tabla 4...

|  |                      |  |  |
|--|----------------------|--|--|
|  |                      | ¿Las columnas presentan deterioro estructural?   | Si<br>No   |
| Relación sistema construido o sistema diseñado | Diámetros de tubería | ¿Los diámetros existentes concuerdan con los propuestos por el diseño?                             | Si<br>No   |
|  |                      | ¿Qué porcentaje de los tramos de tubería muestran discrepancias respecto a lo diseñado?            |  |
|  |                      | ¿Los diámetros existentes cumplen con lineamientos del SANAA?<br>Especificar los tramos.           | Si<br>No   |
|  |                      | Tanques de almacenamiento  | ¿Se construyeron los tanques requeridos por el diseño?<br><br>¿Los tanques construidos están en la ubicación correcta? |
|  | Cajas protectoras    | ¿Se construyeron todas las cajas estipuladas por el diseño?<br>Especificar cantidad no construida. | Si<br>No   |
| Funcionamiento hidráulico                      | Velocidad            | ¿Las velocidades determinadas están dentro del rango permitido por la norma del SANAA?             | Si<br>No   |

Continuación Tabla 4...

|                   |   |  |                         |                          |   |   |              |
|-------------------|---|--|-------------------------|--------------------------|---|---|--------------|
|                   |   |  |                         |                          | Presión   | ¿Los análisis de presión en cada nodo satisface las exigencias del precepto del SANAA?  | Si<br><br>No |
|                   |   |  |                         |                          | Horas de servicio   | ¿Cuántas horas al día la población recibe el racionamiento hídrico?<br><br>¿Este lapso es suficiente para satisfacer la dotación requerida? |              |
| Plan de operación | Son los documentos debidamente estructurados que forman parte del planeamiento o estratégico, pues, por medio de estos se busca materializar los objetivos previamente establecidos | Documento que dictará los lineamientos operacionales para poner en marcha el sistema de agua potable con una mayor eficiencia. | Reparaciones inmediatas | Tanque de almacenamiento | ¿Qué actividades de restauración necesita el tanque de almacenamiento?  | Enunciar<br><br>No necesita renovaciones  |              |
|                   |   |  |                         | Válvulas de compuerta    | ¿Cuántas válvulas necesitan la instalación de una llave?<br><br>¿Cuántas válvulas requieren remoción de óxido y pintura?<br><br>¿Cuántas válvulas necesitan un reemplazo inmediato? | Cantidad<br><br>Cantidad<br><br>Cantidad  |              |
|                   |   |  |                         | Hipoclorador             | ¿Es posible restaurar el hipoclorador actual?   | Si<br><br>No  |              |

|                            |                        |  |
|----------------------------|------------------------|--|
|                            | Cajas protectoras      | ¿Cuántas cajas necesitan ser reforzadas?   |
|                            |                        | ¿Cuántas cajas necesitan una nueva capa de repello?                                  |
|                            | Red de distribución    | ¿Qué tramos necesitan ser enterrados?  |
| Construcciones correctivas | Tanque de distribución | ¿En qué elevación debería ser construido este tanque?                                |
|                            |                        | ¿Qué beneficios hidráulicos proporcionará esta construcción?                         |
|                            |                        | ¿Qué capacidad de almacenamiento deberá tener este tanque?                           |
|                            | Válvulas               | ¿En qué tramo de la red de distribución deberán instalarse las válvulas de aire?     |
|                            |                        | ¿En qué tramo de la red de distribución deberán instalarse las válvulas de limpieza? |
|                            |                        | De ser necesarias, ¿Qué cantidad de válvulas expulsoras de aire serán necesarias?    |

|                                 |                                |   |              |
|---------------------------------|--------------------------------|---|--------------|
|                                 |                                | De ser necesarias,<br>¿Qué cantidad de<br>válvulas de<br>limpieza serán<br>necesarias?  |              |
| Raciona<br>miento y<br>medición | Control del<br>uso del<br>agua | ¿Cómo se puede<br>orientar a la<br>población para<br>que utilice los<br>recursos hídricos<br>de forma<br>responsable?<br><br>¿Con qué<br>frecuencia deberá<br>inspeccionarse<br>los desperdicios<br>de agua en los<br>domicilios? |              |
|                                 | Macromedi<br>dor               | ¿Qué beneficios<br>tendrá la<br>instalación de un<br>macromedidor en<br>la salida del<br>tanque de<br>almacenamiento?<br><br>¿Es necesario<br>solo un<br>macromedidor en<br>el tanque?  | Si<br><br>No |
|                                 | Micromedi<br>dor               | ¿Cuántos<br>micromedidores<br>se habrán de<br>instalar?<br><br>¿Los<br>micromedidores<br>necesitarán un<br>anclaje de<br>concreto?  | Si<br><br>No |

Continuación Tabla 4...

| Plan de mantenimiento | Es el conjunto de tareas preventivas a realizar en una instalación con el fin de cumplir objetivos de disponibilidad, fiabilidad y costo, buscando aumentar al máximo la vida útil del sistema. | Acciones permanentes que se realizan con la finalidad de conservar un óptimo nivel de funcionamiento del sistema y sus componentes. | Lineamientos para operación del sistema | Operación de la válvula de salida del tanque                | ¿En qué horarios debería operarse esta válvula?  | Unidad | Escala |
|-----------------------|---|---|---|---|--|--------|--------|
|                       |   |   |   |   | ¿Deberá estar parcialmente abierta o totalmente abierta? ¿Cuántas vueltas?             |        |        |
|                       |   |   |   |   | ¿A qué nivel de llenado del tanque podrá abrirse esta válvula?                         |        |        |
|                       |   |   |   |   | ¿Con qué frecuencia deberá ser limpiada, aceiteada y pintada esta válvula?             |        |        |
|                       |   |   |   | Operación de válvulas de compuerta en línea de distribución | ¿Qué válvulas podrá manipular el operador del sistema y cuáles no deberán ser tocadas? |        |        |
|                       |   |   |   |   | ¿Con qué frecuencia podrán ser operadas estas válvulas?                                |        |        |
|                       |   |   |   |   | ¿Con qué frecuencia deberán ser limpiada, aceiteada y pintada estas válvulas?          |        |        |

Continuación Tabla 4...

|                          |                           |  |
|--------------------------|---------------------------|--|
| Inspecciones preventivas | Tanques de almacenamiento | ¿Con qué frecuencia deberán realizarse inspecciones dentro del tanque de almacenamiento?             |
|                          |                           | ¿Qué herramientas y materiales son necesarios para realizar la inspección en el tanque?              |
|                          |                           | ¿Quién será el inspector del tanque?   |
|                          |                           | ¿Qué elementos deberán ser evaluados?  |
|                          |                           | ¿Con qué frecuencia se deberá efectuar un lavado del tanque?   |
|                          | Válvulas                  | ¿Con qué frecuencia deberán realizarse inspecciones de los diferentes tipos de válvulas del sistema? |
|                          |                           | ¿Qué herramientas y materiales son necesarias para realizar la inspección de las válvulas?           |
|                          |                           | ¿Qué elementos deberán ser evaluados?  |

|                      |  |  |
|----------------------|--|--|
|                      |  | ¿Quién será el inspector de las válvulas?  |
|                      | Fugas visibles   | ¿Con qué frecuencia deberán visitarse los domicilios en búsqueda de fugas en inodoros o pilas?   |
|                      |  | ¿Con qué frecuencia deberán visitarse los institutos públicos en búsqueda de fugas?  |
|                      |  | ¿Con qué frecuencia deberá realizarse un cálculo de aforo en la entrada del tanque de almacenamiento?  |
|                      |  | ¿Con qué frecuencia deberán revisarse los medidores?   |
| Tratamiento del agua | Exámenes de calidad del agua en laboratorios del SANAA | ¿Cada cuánto deberán realizarse pruebas a la calidad del agua?<br>¿En qué zonas del acueducto deberán tomarse las muestras?<br>¿Quién será el encargado de tomar estas muestras? |

|                    |  |
|--------------------|--|
|                    | ¿Quién será el encargado de analizar los resultados de estas muestras?   |
| Cloración del agua | ¿Quién será el funcionario encargado de revisar la dosificación del hipoclorito de calcio?                           |
|                    | ¿Quién será el funcionario encargado de inspeccionar el tiempo de contacto entre el hipoclorito de calcio y el agua? |
|                    | ¿Quién será el funcionario encargado de inspeccionar los ocho días de alimentación de hipoclorito de calcio al agua? |

Fuente: Propia.

### 4.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

#### INSTRUMENTOS

##### 4.3.1.1. Cinta métrica

Alonzo (2008) afirma: "Instrumento de medida que consiste en una cinta flexible graduada, que se puede enrollar, haciendo que el transporte sea más fácil. También puede medir líneas y superficies curvas. Las cintas se fabrican de diferentes materiales y diferentes longitudes." (p.7).

#### *4.3.1.2. Recipiente volumétrico para aforo*

“Designa un recipiente cóncavo que permite almacenar sustancias, construido con diversos materiales y de distintos diámetros, por ende, distintas capacidades volumétricas. Pueden estar fijos o tener asas para mayor comodidad y mejor transportación.” (Harris, 2007, p. 414)

#### *4.3.1.3. GPS Garmin Edge*

El Global Position System (GPS) es un sistema global de navegación por satélite que permite determinar cualquier ubicación global, la posición de un objeto con una exactitud hasta de 1 metro. El GPS funciona mediante una red de 27 satélites (24 operativos y 3 de respaldo) en órbita sobre el globo, a 20.200 km, con trayectorias sincronizadas para cubrir toda la superficie de la Tierra. Cuando se desea determinar la posición, el receptor que se utiliza para ello localiza automáticamente como mínimo tres satélites de la red, de los que recibe unas señales indicando la posición y el reloj de cada uno de ellos. (Rincón, Vargas, & Gonzales, 2017, p. 27)

#### *4.3.1.4. Pinzas de presión*

Herramienta utilizada comúnmente para la apertura y cierre de válvulas que no cuentan con su mecanismo de apertura, ya que facilita la sujeción de piezas metálicas de diámetros diminutos. Está diseñada para sujetar firmemente piezas y materiales de trabajo por medio de un dispositivo que bloquea sus mordazas y ejerce una fuerza que puede ser regulada por medio de un tornillo en una de sus patas. Este tornillo no solo regula la fuerza de sujeción, sino también la abertura de las mordazas. (Ayescas, 2013, p.11)

#### *4.3.1.5. EPANET:*

Es una aplicación de software utilizada en todo el mundo para modelar sistemas de distribución de agua. Fue desarrollado como una herramienta para comprender el movimiento y destino de los componentes de agua potable dentro de los sistemas de distribución, y puede usarse para muchos tipos diferentes de aplicaciones en el análisis de sistemas de distribución. Hoy, los ingenieros y consultores usan EPANET para diseñar y dimensionar nueva infraestructura de agua, modernizar la infraestructura existente, optimizar las operaciones de tanques y bombas, reducir el uso de energía, investigar problemas de calidad del agua y prepararse para emergencias.

También se puede usar para modelar amenazas de contaminación y evaluar la resistencia a amenazas de seguridad o desastres naturales. (Rossman, 2012, p. 19)

#### *4.3.1.6. AutoCad 2019*

Instrumento útil para plasmar la información recolectada en el sitio de la red de distribución. Ayuda grandemente a brindar referencias concernientes a información del sitio y elementos constructivos que constituyen un sistema ya modelado. Así mismo sirve como asistente de otros softwares como EPANET o Akua. Carrera, (2017) afirma: "AutoCAD Civil 3D es un potente software para computadora que sirve para el cálculo y diseño de infraestructura diversa, principalmente relacionada con el movimiento de tierras, topografía y redes de tuberías" (p. 6).

#### *4.3.1.7. Google Earth:*

Escobar, (2015) "Google Earth es un programa que permite viajar por todo el planeta a través de imágenes satelitales, planos, mapas y fotografías en 3D" (p. 14). Google Earth permite la obtención de coordenadas y distancias, facilitando la comprobación de información conferida por los planos. De igual forma, es muy útil para la corroboración de cantidad de lotes en un trayecto en específico.

#### *4.3.1.8. Formato de encuestas Water For People*

Formato de preguntas a realizar a la población de interés con el fin de conocer a profundidad datos catastrales respecto a usuarios y redes. Esta ficha permite indagar en el nivel de servicio con el que cuenta un usuario, su tipo de conexiones y problemas existentes, con el fin de llevar un registro y posteriormente auxiliar o integrar al sistema a dicho usuario.

### TÉCNICAS

#### *4.3.2.1. Cálculos de aforo*

Consiste en la medición del volumen de agua que transcurre en una sección determinada en un intervalo de tiempo determinado. Este cálculo permite tener una noción acertada sobre el volumen de agua que entra a un tanque de almacenamiento, obra de captación o cámara distribuidora. Esta prueba se llevó a cabo utilizando un recipiente volumétrico de cinco galones y

un cronómetro. El flujo de agua entrante al cuerpo receptor que se está analizando, es captado en el recipiente volumétrico. Este tiempo es cronometrado buscando un valor en segundos. Con esta información se aplica la fórmula. Se realizaron cinco iteraciones con el fin de obtener resultados más precisos. Una ejecución periódica de este ensayo permite realizar comparaciones y determinar si el volumen entrante a un cuerpo receptor ha incrementado o disminuido.

$$Q = \frac{V \times 60}{T}$$

### **Ecuación 3. Cálculo del caudal de entrada al tanque**

Fuente: Propia

#### *4.3.2.2. Determinación de alturas mediante uso del GPS Garmin*

Consiste en situarse en un punto de estudio donde es esencial determinar la elevación sobre el nivel del mar. El lugar de estudio no debe ser techado ni estar excesivamente cubierto por vegetación, ya que esto impide la conexión con los satélites de referenciación, que son los que envían la información altimétrica al dispositivo utilizado.

En el caso del GPS Garmin, al encontrarse estacionado en la referencia que se apetece establecer, se utiliza la opción "mark waypoint", que significa marcar punto de referencia.



**Ilustración 11. Menú del GPS Garmin**

Fuente: Propia

Esto automáticamente envía la señal a, por lo menos, cuatro satélites globales que permiten la obtención de datos altimétricos mediante una trilateración. A continuación, se procede a la opción “waypoint manager”, que permite el acceso a la base de datos de puntos coleccionados. Es allí donde se puede examinar la hora del estudio, coordenadas UTM, latitud y longitud, y la elevación sobre el mar del punto analizado.



**Ilustración 12. Puntos de referencia y base de datos de puntos**

Fuente: Propia

#### *4.3.2.3. Encuestas a población*

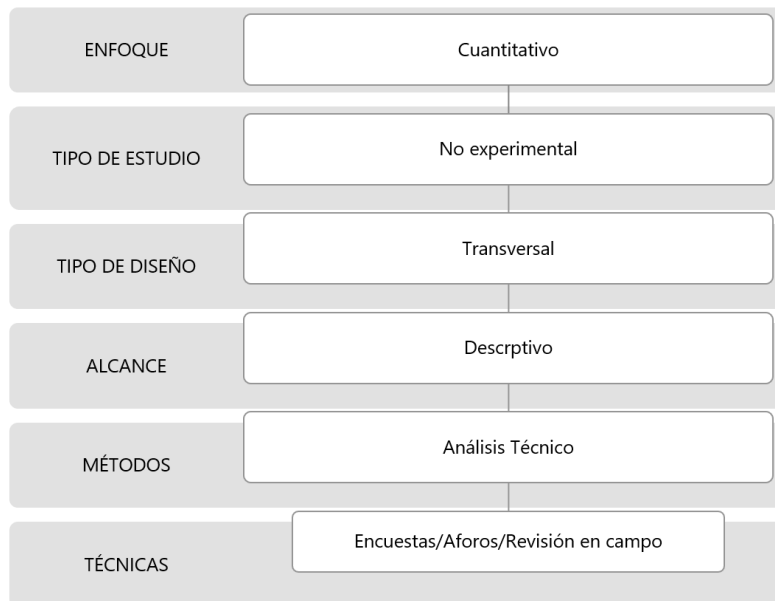
A través de encuestas en cada domicilio de la comunidad, se descubrió información vital para posteriores análisis. Se recopilaron datos catastrales como: número de personas que viven en el hogar, persona dueña del terreno, y si este domicilio está conectado al sistema municipal de agua potable como abonado. Asimismo, fueron compilados datos referentes a la cantidad de veces al día que cada hogar recibe la dotación de agua potable. Se indagó sobre las horas que dura este racionamiento, la calidad del agua y la presencia de presión de aire en la salida de las llaves. Por otro lado, se cuestionó si estos hogares utilizan inodoros o letrinas lavables, con el fin de ubicar posibles fugas en los sanitarios, y saber si dicho abonado está conectado al sistema municipal de alcantarillado o cuenta con un poso séptico.

#### 4.3.2.4. Inspección de cajas de registro y válvulas

Utilizando el plano de la planta general de red de distribución, fue posible ubicar aproximadamente las válvulas que rigen el sistema hidráulico y sus cajas protectoras. Por medio de barras lineales de acero, se logró levantar las tapaderas de concreto que protegen las cajas de registro, logrando el acceso físico hacia las válvulas y las tuberías de entrada y salida. Este acercamiento permite corroborar las discrepancias entre el plano otorgado y lo que realmente fue construido. Por otra parte, con la ayuda de esta proximidad, se pudo inspeccionar el estado de las válvulas como tal. En esta inspección se analiza el estado de las manijas que permiten abrir y cerrar las válvulas, la integridad de las uniones con las tuberías y la detección de fugas ya sea en dichas conexiones o en el cuerpo de la válvula.

#### 4.4. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

El diseño metodológico es muy importante, pues sobre él se registrará todo el procedimiento a seguir para la recolección y análisis de datos, y el reporte de los resultados, en función de las preguntas a las que se requiere dar respuesta, y a los objetivos que se quieren cumplir. El enfoque, como se indicó en el apartado 4.1, es cuantitativo.



**Ilustración 13. Tipo de diseño**

Fuente: Propia

## TIPO DE ESTUDIO

El diseño de la presente investigación es no experimental, pues se hace la recolección de datos sin interferir en el ambiente estudiado, o en las personas, o fenómenos involucrados; no existen variables modificables, o si las hay, no se pretende manipularlas. Los fenómenos son observados, o medidos de la misma manera en la que se dan en su contexto, para llevar a cabo el análisis posterior.

“En un estudio no experimental no se genera ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes (...) es un parteaguas de varios estudios cuantitativos, como las encuestas de opinión (...), los estudios ex post-facto retrospectivos y prospectivos, etc” (Hernández Sampieri, 2010, pág. 149).

## TIPO DE DISEÑO

“Los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado” (Hernández Sampieri, 2010, pág. 151).

El diseño de esta tesis es transversal puesto que la recolección de datos en el caso de estudio se realizará en el tiempo estipulado entre julio y septiembre de 2019.

## ALCANCE

La siguiente tabla muestra los diferentes tipos de alcance en una investigación:

**Tabla 5. Propósitos y valor de los diferentes alcances de las investigaciones**

| Alcance      | Propósito de las investigaciones   | Valor  |
|--------------|--|--|
| Exploratorio | Se realiza cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes. | Ayuda a familiarizarse con fenómenos desconocidos, obtener información para realizar una investigación más completa de un contexto particular, investigar nuevos problemas, identificar conceptos o variables promisorias, establecer prioridades para investigaciones futuras, o sugerir afirmaciones y postulados. |

Continuación Tabla 5...

|               |   |   |
|---------------|---|---|
| Descriptivo   | Busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis.  | Es útil para mostrar con precisión los ángulos o dimensiones de un fenómeno, suceso, comunidad, contexto o situación.   |
| Correlacional | Su finalidad es conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular.  | En cierta medida tiene un valor explicativo, aunque parcial, ya que el hecho de saber que dos conceptos o variables se relacionan aporta cierta información explicativa.                            |
| Explicativo   | Está dirigido a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Se enfoca en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables. | Se encuentra más estructurado que las demás investigaciones (de hecho, implica los propósitos de éstas); además de que proporciona un sentido de entendimiento del fenómeno a que hacen referencia. |

Fuente: (Hernández Sampieri, 2010)

El alcance del proyecto será descriptivo, puesto que se especificarán las propiedades y características del sistema de abastecimiento, así como datos sobre el suministro de agua en la comunidad, nivel de satisfacción de las personas y estado de los componentes de la red de distribución. Todo esto será el punto de partida para la elaboración del diagnóstico y determinación de obras de corrección.

#### 4.5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

**Tabla 6. Cronograma de actividades**

| Nombre de tarea   | Duración | Comienzo     | Fin          |
|---|----------|--------------|--------------|
| Cronograma de actividades Proyecto de Graduación          | 58 días? | mie 17/07/19 | Lun 4/16/18  |
| Inicio  | 0 días   | mie 17/07/19 | mie 17/07/19 |
| Semana 1  | 3 días   | mie 17/07/19 | vie 19/07/19 |
| Presentación Proyecto Fase 1                              | 1 día    | mie 17/07/19 | mie 17/07/19 |
| Primera clase de Proyecto Fase 1                          | 1 día    | jue 18/07/19 | jue 18/07/19 |
| Elaboración de introducción y planteamiento del problema  | 1 día    | vie 19/07/19 | vie 19/07/19 |
| Semana 2  | 5 días   | lun 22/07/19 | vie 26/07/19 |
| Asignación del proyecto por parte del asesor metodológico | 1 día    | lun 22/07/19 | lun 22/07/19 |
| Taller de asesoramiento de Water for People               | 1 día    | lun 22/07/19 | lun 22/07/19 |

Continuación Tabla 6...

|  |        |              |              |
|--|--------|--------------|--------------|
| Avance en presentación de primeros 2 capítulos                           | 4 días | mar 23/07/19 | vie 26/07/19 |
| Semana 3   | 5 días | lun 29/07/19 | vie 02/08/19 |
| Presentación capítulos 1 y 2   | 1 día  | mar 30/07/19 | mar 30/08/19 |
| Avance en la elaboración de los capítulos 3 y 4                          | 4 días | mié 31/07/19 | vie 02/08/19 |
| Semana 4   | 6 días | lun 05/08/19 | sáb 10/08/19 |
| Primera reunión con Ing. Carlos Lobo en las oficinas de Water for People | 1 día  | lun 05/08/19 | lun 05/08/19 |
| Primera asesoría con Ing. Óscar Castro                                   | 1 día  | mar 06/08/19 | mar 06/08/19 |
| Entrega de avance de capítulos 1 y 2                                     | 1 día  | mie 07/08/19 | mié 07/08/19 |
| Investigación y enriquecimiento del marco teórico                        | 4 días | jue 08/08/19 | vie 09/08/19 |
| Asesoría externa Ing. Kathia Ramos                                       | 1 día  | vie 09/08/19 | vie 09/08/19 |
| Primera visita a la comunidad de Chinda, Santa Bárbara                   | 1 día  | sáb 10/08/19 | sáb 10/08/19 |
| Semana 5   | 6 días | lun 12/08/19 | sáb 17/08/19 |
| Segunda reunión con Ing. Carlos Lobo en las oficinas de Water for People | 1 día  | mar 13/08/19 | mar 13/08/19 |
| Segunda visita a la comunidad de Chinda, Santa Bárbara                   | 1 día  | sáb 17/08/19 | sáb 17/08/19 |
| Semana 6   | 6 días | lun 19/08/19 | sáb 24/08/19 |
| Segunda asesoría con Ing. Óscar Castro                                   | 1 día  | jue 22/08/19 | jue 22/08/19 |
| Tercera visita a la comunidad de Chinda, Santa Bárbara                   | 1 día  | sáb 24/08/19 | sáb 24/08/19 |
| Semana 7   | 6 días | lun 26/08/19 | sáb 31/08/19 |
| Tercera reunión con Ing. Carlos Lobo en las oficinas de Water for People | 1 día  | jue 29/08/19 | jue 29/08/19 |
| Asesoría externa Ing. Otto Flores  | 1 día  | jue 29/08/19 | jue 29/08/19 |
| Cuarta visita a la comunidad de Chinda, Santa Bárbara                    | 1 día  | sáb 31/08/19 | sáb 31/08/19 |
| Semana 8   | 6 días | lun 02/09/19 | sáb 07/09/19 |
| Asesoría de Ing. José Velásquez  | 1 día  | mar 03/09/19 | mar 03/09/19 |
| Quinta visita a la comunidad de Chinda, Santa Bárbara                    | 1 día  | jue 05/09/19 | jue 05/09/19 |
| Sexta visita a la comunidad de Chinda, Santa Bárbara                     | 1 día  | sáb 07/09/19 | sáb 07/09/19 |
| Semana 9   | 6 días | lun 09/09/19 | sáb 14/09/19 |
| Cuarta reunión con Ing. Carlos Lobo en las oficinas de Water for People  | 1 día  | mie 11/09/19 | mie 11/09/19 |

Continuación Tabla 6...

|  |        |              |              |
|--|--------|--------------|--------------|
| Tercera asesoría con Ing. Óscar Castro                   | 1 día  | mie 11/09/19 | mie 11/09/19 |
| Sexta visita a la comunidad de Chinda,<br>Santa Bárbara  | 1 día  | sáb 14/09/19 | sáb 14/09/19 |
| Semana 10  | 5 días | lun 16/09/19 | vie 20/09/19 |
| Revisión capítulos 3 y 4                                 | 1 día  | mar 17/09/19 | mar 17/09/19 |
| Últimas instrucciones de Proyecto 1                      | 1 día  | mie 18/09/19 | mie 18/09/19 |
| Semana 11  | 5 días | lun 23/09/19 | vie 27/09/19 |
| Asesoría de Ing. José Velásquez                          | 1 día  | mie 25/09/19 | mie 25/09/19 |
| Entrega del proyecto al asesor temático<br>para revisión | 1 día  | vie 27/09/19 | vie 27/09/19 |

Fuente: Propia

## **V. ANÁLISIS Y RESULTADOS**

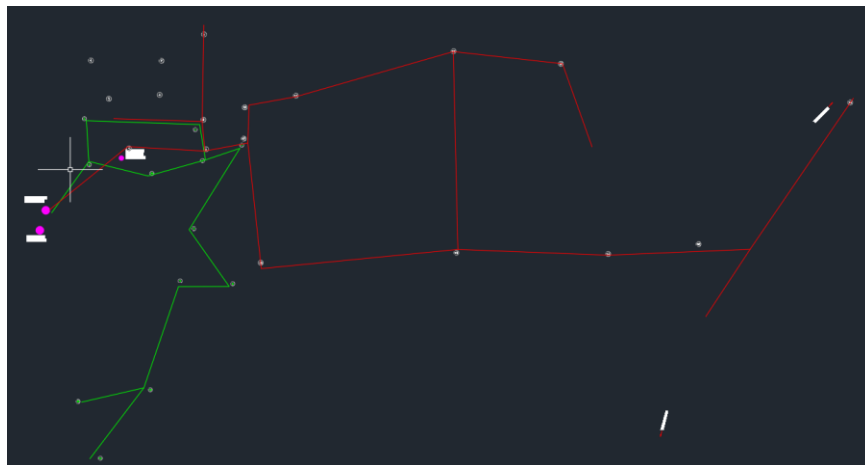
Con el fin de ofrecer una mejor visión del estado del sistema de agua potable en Chinda, en la sección de anexos, se presentará un plano general actualizado, indicando los cambios perpetrados respecto a lo construido. Así mismo, se modelará la red hidráulica en base a este plano, y en el mismo se verán plasmados los resultados del cálculo hidráulico, con la intención realizar una comparación.

### **5.1. ELABORACIÓN DE MODELO HIDRÁULICO EN EPANET**

En el desarrollo del diagnóstico técnico, se determinaron discrepancias entre el sistema construido y el diseñado originalmente. A partir de este hallazgo, nace la incógnita de saber en qué magnitud se ve afectado el funcionamiento hidráulico del acueducto, debido a que solo se construyó el 61% de la red de distribución. La finalidad de la elaboración de este modelo, es simular el funcionamiento actual que está desempeñando el acueducto, actualizando las propiedades de nodos y tuberías tal y como fueron construidos.

A través de esta simulación, se pueden determinar variaciones en las velocidades y presiones de los nodos y tuberías, respecto al cálculo inicial. Con el fin de corroborar que el sistema hidráulico de Chinda se construyó respetando los planos, se realizó un replanteo topográfico con ayuda de una estación total, buscando específicamente constatar las elevaciones de cada nodo. Se comprobó que el sistema fue construido respetando la topografía del diseño original.

Se comienza marcando en AutoCad las rutas que atraviesan las diferentes tuberías que conforman la red de distribución. Debido a las condiciones topográficas de Chinda, el acueducto está constituido por una red alta y una red baja, por lo que se realizó un trazo individual para cada red. Las líneas verdes representan a la red alta, mientras que las rojas representan a la red baja, tal como se puede ver en la siguiente ilustración.

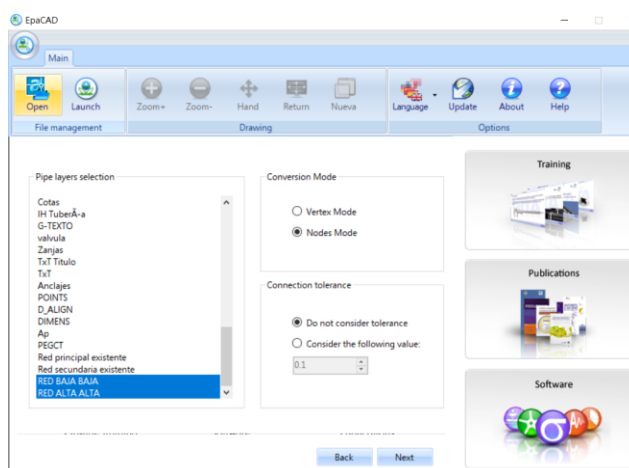


**Ilustración 14. Trazo de trayectoria de red alta y baja**

Fuente: Propia

Como muestra la imagen anterior, estas líneas respetan la trayectoria original de las tuberías, siendo corroborada esta ruta, tanto en los planos proporcionados, como en las visitas de campo. Por otra parte, fueron eliminados los tramos que no fueron construidos, y se añadieron las conexiones realizadas ajenas al diseño.

Posteriormente, se guarda el archivo en un formato .dxf, con el fin de abrirlo en el programa EpaCad. Este programa tiene la facultad de transformar la información plasmada en un dibujo de AutoCad, a un formato legible por EPANET, agilizando el proceso de introducción de información al modelo hidráulico. A continuación, una muestra.

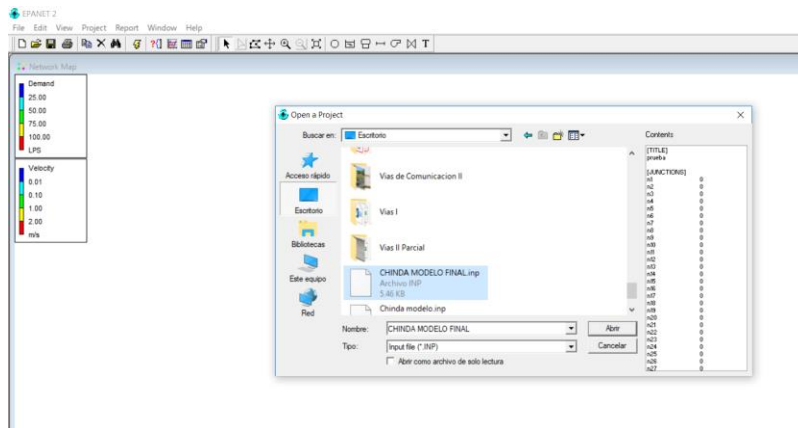


**Ilustración 15. Transformación de trazo a formato INP**

Fuente: Propia

Como se puede observar en esta imagen, el programa permite acceder a las diferentes capas creadas dentro del dibujo en formato CAD. Consecutivamente, se eligen las capas utilizadas para trazar las dos redes que conforman el sistema de racionamiento hídrico.

Una vez realizada la transformación del dibujo, desde EPANET se puede cargar el nuevo archivo con formato INP de la siguiente manera:

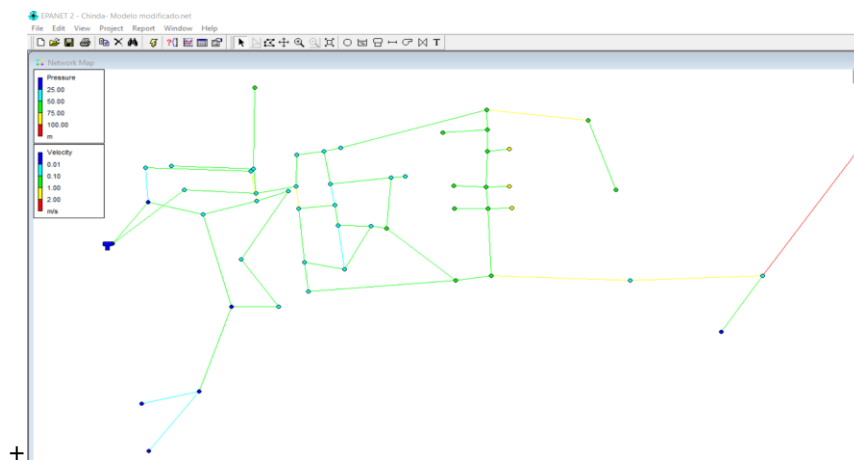


**Ilustración 16. Inserción de trazo de tuberías y nodos a EPANET**

Fuente: Propia

De la forma señalada en la anterior imagen, se selecciona el archivo creado para su apertura, y seguidamente se podrá observar la vista en planta del modelo en EPANET.

Una vez cargado el archivo, se visualizará de la siguiente forma:

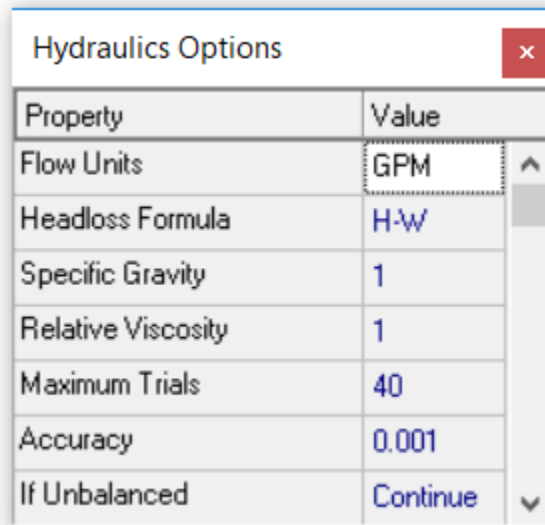


**Ilustración 17. Esqueleto del modelo físico**

Fuente: Propia

Tal y como se puede notar en la imagen superior, las anteriores herramientas representan un sustancial ahorro de tiempo y una alta precisión al momento de representar la estructura de tuberías y nodos que conforman este acueducto.

Al haber completado la fase de modelación, es posible comenzar a introducir parámetros hidráulicos que van a regir el comportamiento del análisis como tal. La configuración se perpetra de la siguiente forma:



| Property           | Value    |
|--------------------|----------|
| Flow Units         | GPM      |
| Headloss Formula   | H-W      |
| Specific Gravity   | 1        |
| Relative Viscosity | 1        |
| Maximum Trials     | 40       |
| Accuracy           | 0.001    |
| If Unbalanced      | Continue |

**Ilustración 18. Configuración hidráulica del modelo**

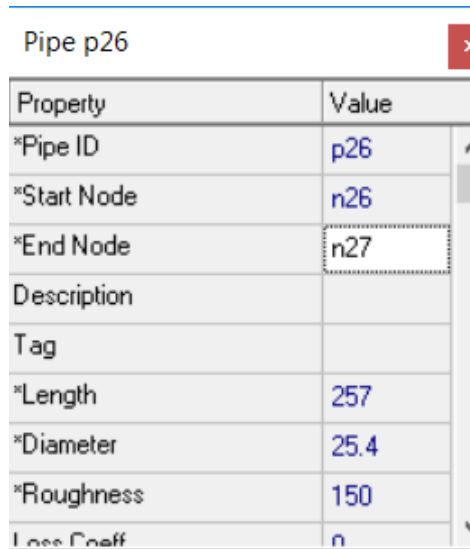
Fuente: Propia

La ilustración superior muestra la forma del cajetín de la ordenación hidráulica.

Entre las opciones hidráulicas, la más importante es la de unidades de flujo. Por default, están programadas en GPM (galones por minuto), pero deben ser modificadas a LPS (litros por segundo). De esta forma, se establece que las unidades de trabajo estarán regidas por el Sistema Internacional de Unidades. Así, los diámetros serán especificados en milímetros, las longitudes y elevaciones en metros, velocidades en m/s, y presiones en metros columna de agua. Igualmente, se establece la fórmula cálculo de velocidad a utilizar, siendo posible elegir entre Hazen-Williams, Chezy-Manning o Darcy-Weisbach. Además, en esta opción se puede establecer un multiplicador

de demanda, que de utilizar un 2.25, permite que la simulación hidráulica se desarrolle con las características del caudal máximo horario.

El orden de introducción de información en los nodos, tubería o tanque de almacenamiento es irrelevante. En este caso, se comenzó estableciendo propiedades de las tuberías de abastecimiento. Las propiedades de las tuberías se asignan de la siguiente manera:



| Property    | Value |
|-------------|-------|
| *Pipe ID    | p26   |
| *Start Node | n26   |
| *End Node   | n27   |
| Description |       |
| Tag         |       |
| *Length     | 257   |
| *Diameter   | 25.4  |
| *Roughness  | 150   |
| Loss Coeff  | n     |

**Ilustración 19. Asignación de propiedades a tuberías**

Fuente: Propia

Según la fórmula utilizada (Hazen-Williams en este caso) se declara el coeficiente de rugosidad a utilizar. En este caso se usa el valor de 140, que corresponde tuberías de PVC. La longitud se manifiesta en metros y el diámetro en milímetros.

En el caso de los nodos, es crucial conocer con certeza las elevaciones de los mismos. Esta información fue recopilada en el plano topográfico y posteriormente corroborada en el sitio. La demanda base fue calculado tomando en cuenta todos los abonados en torno a cada nodo, que consumen una determinada dotación.

La imagen a continuación muestra la configuración de los nodos.

| Junction n21      |         |
|-------------------|---------|
| Property          | Value   |
| *Junction ID      | n21     |
| X-Coordinate      | 1933.18 |
| Y-Coordinate      | -52.28  |
| Description       |         |
| Tag               | 145     |
| *Elevation        | 145     |
| Base Demand       | 0.2     |
| Demand Pattern    |         |
| Demand Categories | 1       |

**Ilustración 20. Asignación de propiedades a nodos**

Fuente: Propia

Como se manifiesta en la efigie anterior, las elevaciones se enuncian en metros, tomando como referencia el nivel del mar. Mientras que la demanda base, se manifiesta en litros por segundo.

En lo concerniente a tanques de almacenamiento, la introducción de información es similar. Se mantiene el uso de milímetros para diámetros y metros para alturas y elevaciones, lo cual es expuesto en la siguiente ilustración

| Tank 1         |         |
|----------------|---------|
| Property       | Value   |
| Y-Coordinate   | -187.05 |
| Description    |         |
| Tag            |         |
| *Elevation     | 188     |
| *Initial Level | 1.45    |
| *Minimum Level | 0.30    |
| *Maximum Level | 2.90    |
| *Diameter      | 5700    |
| Minimum Volume |         |

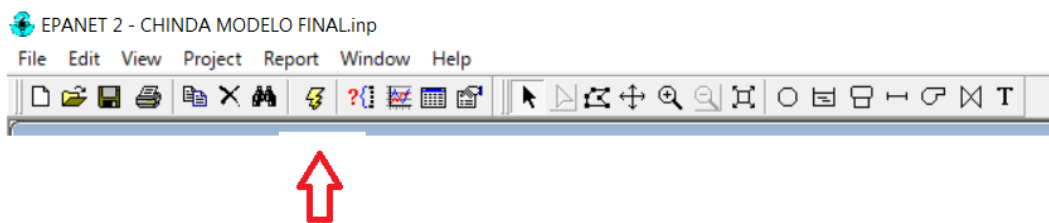
**Ilustración 21. Asignación de propiedades a tanque de almacenamiento**

Fuente: Propia

Como se aprecia en la Ilustración 21, según la información recopilada dentro del tanque, y los datos recopilados por los operadores del mismo, se determinaron los niveles de llenado en los que se mantiene.

Al haber establecido todos los valores correspondientes a elevaciones, diámetros, demanda base, coeficientes de rugosidad, alturas y longitudes, es recomendable realizar una revisión absoluta en cada elemento, constatando que esta información sea congruente respecto a lo que se quiere transmitir al software.

Al momento en que el modelo cuenta con todos los datos exigidos por el programa, se puede proceder a ejecutar el análisis como muestra la Ilustración 22.

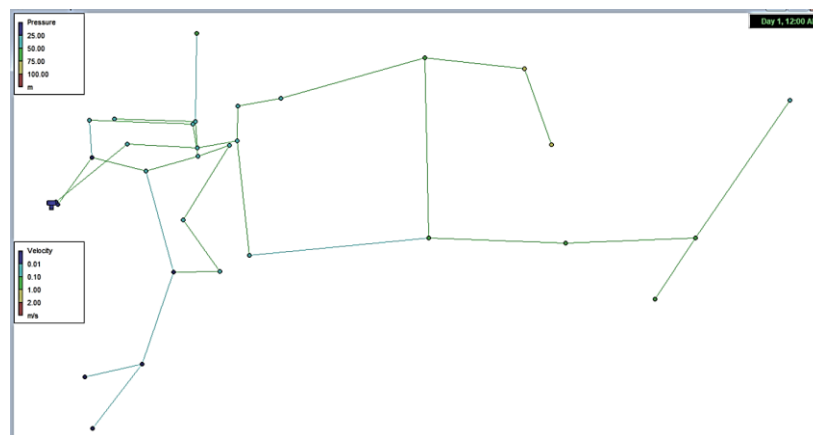


**Ilustración 22. Ejecución del análisis hidráulico**

Fuente: Propia

Se elige la octava opción de izquierda a derecha, la cual conlleva a la elaboración del análisis hidráulico inmediatamente

Una vez materializado el análisis, se puede visualizar de la siguiente forma:

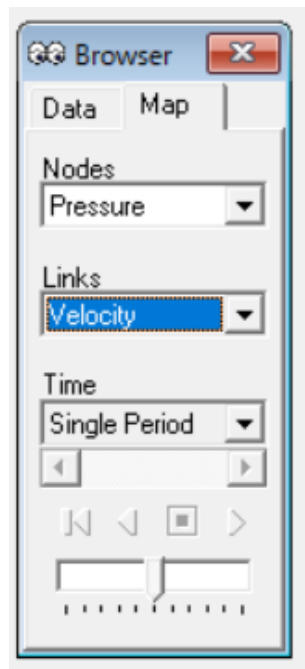


**Ilustración 23. Resultados del análisis hidráulico**

Fuente: Propia

Dentro del análisis, se pueden elegir los datos que el programa debería expresar. Es decir, si en la sección de nodos se elige "presión", el software mostrará un análisis específico de nodos. De la misma forma, si en el apartado de tuberías se elige "velocidad", se obtendrán resultados concernientes a la velocidad en metros por segundo de cada tramo.

El software facilita la utilización de un buscador, en el cual se pueden elegir los diferentes tramos, nodos o tanques de los cuales se quiere analizar la información introducida. La presentación del buscador está a la mira en la siguiente efigie:



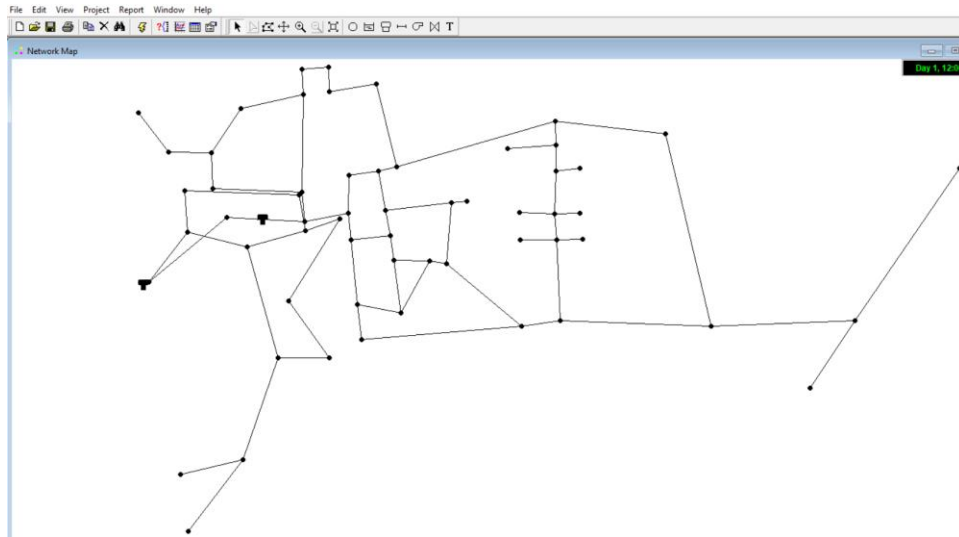
**Ilustración 24. Asignación de propiedades a tuberías**

Fuente: Propia

El buscador de la imagen anterior es sumamente útil, ya que permite apresurar el hallazgo de un nodo o tramo de interés.

Con el diseño de determinar los beneficios hidráulicos obtenidos a partir de la construcción total del acueducto, se desarrolló un modelo hidráulico que incluye un tanque rompecargas de 343 galones y 1175.46 metros lineales de tubería PVC.

**Ilustración 25. Modelo de red hidráulica completa**



Mediante esta optimización de la red existente, se solucionan los problemas de presiones en la red de distribución.

## **5.2. CÁLCULO DE DEMANDA BASE EN NODOS**

Se elaboró un catastro de usuarios, con la finalidad de identificar el nivel de servicio de agua potable para cada usuario, tomando en cuenta aspectos como: existencia de conexión de agua potable y aguas negras, diámetro y material de la tubería, promedio de horas diarias de servicio de agua potable, entre otros. (Ver Ilustraciones 53-60 en anexos)

Mediante este estudio se determinó la cantidad de hogares actualmente conectados al sistema de agua potable, con el fin de calcular la demanda base de cada nodo.

$$Q_{\text{medio}} = \frac{\text{Población} \times \text{Dotación}}{\text{Segundos en un día}}$$

**Ecuación 4. Caudal Medio**

Fuente: SANAA (2003)

Se utiliza el método de saturación. Se asignarán seis personas a cada hogar registrado, con el fin de obtener la población que tributa en un determinado tramo. Por otra parte, se utilizará una dotación de 151.2 litros por persona por día. Para realizar estos cálculos se tomó en cuenta el catastro municipal realizado por medio de los formatos de *Water For People* (véase Ilustración 56).

#### 5.2.1.1. Red Baja

*Tramo 1-2*

10 hogares

$$Q_{\text{medio}} = \frac{60 \text{ personas} \times 151.2 \text{ lppd}}{86,400 \text{ s}} = 0.1015 \text{ l/s}$$

*Tramo 2-17*

11 hogares

$$Q_{\text{medio}} = \frac{66 \text{ personas} \times 151.2 \text{ lppd}}{86,400 \text{ s}} = 0.1155 \text{ l/s}$$

*Tramo 17-10*

12 hogares

$$Q_{\text{medio}} = \frac{72 \text{ personas} \times 151.2 \text{ lppd}}{86,400 \text{ s}} = 0.13 \text{ l/s}$$

*Tramo 2-3*

20 hogares

$$Q_{\text{medio}} = \frac{120 \text{ personas} \times 151.2 \text{ lppd}}{86,400 \text{ s}} = 0.21 \text{ l/s}$$

*Tramo 3-8*

14 hogares

$$Q_{\text{medio}} = \frac{84 \text{ personas} \times 151.2 \text{ lppd}}{86,400 \text{ s}} = 0.147 \text{ l/s}$$

*Tramo 3-10*

14 hogares

$$Q_{\text{medio}} = \frac{48 \text{ personas} \times 151.2 \text{ lppd}}{86,400 \text{ s}} = 0.084 \text{ l/s}$$

*Tramo 3- 3'*

17 hogares

$$Q_{\text{medio}} = \frac{102 \text{ personas} \times 151.2 \text{ lppd}}{86,400 \text{ s}} = 0.1785 \text{ l/s}$$

*Tramo 17-16*

20 hogares

$$Q_{\text{medio}} = \frac{120 \text{ personas} \times 151.2 \text{ lppd}}{86,400 \text{ s}} = 0.21 \text{ l/s}$$

*Tramo 10-11*

9 hogares

$$Q_{\text{medio}} = \frac{54 \text{ personas} \times 151.2 \text{ lppd}}{86,400 \text{ s}} = 0.0945 \text{ l/s}$$

*Tramo 11-12*

14 hogares

$$Q_{\text{medio}} = \frac{84 \text{ personas} \times 151.2 \text{ lppd}}{86,400 \text{ s}} = 0.147 \text{ l/s}$$

*Tramo 12-13*

9 hogares

$$Q_{\text{medio}} = \frac{54 \text{ personas} \times 151.2 \text{ lppd}}{86,400 \text{ s}} = 0.0945 \text{ l/s}$$

Tramo 13-13'

2 hogares

$$Q_{\text{medio}} = \frac{12 \text{ personas} \times 151.2 \text{ lppd}}{86,400 \text{ s}} = 0.021 \text{ l/s}$$

Tramo 16-15

18 hogares

$$Q_{\text{medio}} = \frac{108 \text{ personas} \times 151.2 \text{ lppd}}{86,400 \text{ s}} = 0.189 \text{ l/s}$$

Tramo 12-15

11 hogares

$$Q_{\text{medio}} = \frac{66 \text{ personas} \times 151.2 \text{ lppd}}{86,400 \text{ s}} = 0.1155 \text{ l/s}$$

Tramo 15-14

8 hogares

$$Q_{\text{medio}} = \frac{48 \text{ personas} \times 151.2 \text{ lppd}}{86,400 \text{ s}} = 0.05 \text{ l/s}$$

Tramo 14-18

2 hogares

$$Q_{\text{medio}} = \frac{12 \text{ personas} \times 151.2 \text{ lppd}}{86,400 \text{ s}} = 0.020 \text{ l/s}$$

Tramo 18-19

11 hogares

$$Q_{\text{medio}} = \frac{66 \text{ personas} \times 151.2 \text{ lppd}}{86,400 \text{ s}} = 0.12 \text{ l/s}$$

Tramo 18-20

11 hogares

$$Q_{\text{medio}} = \frac{66 \text{ personas} \times 151.2 \text{ lppd}}{86,400 \text{ s}} = 0.1155 \text{ l/s}$$

### 5.2.1.2. Red alta

Tramo 1-2

5 hogares

$$Q_{\text{medio}} = \frac{30 \text{ personas} \times 151.2 \text{ lppd}}{86,400 \text{ s}} = 0.0525 \text{ l/s}$$

Tramo 2-3

3 hogares

$$Q_{\text{medio}} = \frac{18 \text{ personas} \times 151.2 \text{ lppd}}{86,400 \text{ s}} = 0.0315 \text{ l/s}$$

Tramo 2-13

4 hogares

$$Q_{\text{medio}} = \frac{24 \text{ personas} \times 151.2 \text{ lppd}}{86,400 \text{ s}} = 0.042 \text{ l/s}$$

Tramo 13-9

10 hogares

$$Q_{\text{medio}} = \frac{150 \text{ personas} \times 151.2 \text{ lppd}}{86,400 \text{ s}} = 0.20 \text{ l/s}$$

Tramo 5-13

6 hogares

$$Q_{\text{medio}} = \frac{36 \text{ personas} \times 151.2 \text{ lppd}}{86,400 \text{ s}} = 0.063 \text{ l/s}$$

*Tramo 9-10*

6 hogares

$$Q_{\text{medio}} = \frac{36 \text{ personas} \times 151.2 \text{ lppd}}{86,400 \text{ s}} = 0.063 \text{ l/s}$$

*Tramo 5-6*

5 hogares

$$Q_{\text{medio}} = \frac{30 \text{ personas} \times 151.2 \text{ lppd}}{86,400 \text{ s}} = 0.0525 \text{ l/s}$$

*Tramo 6-7*

6 hogares

$$Q_{\text{medio}} = \frac{36 \text{ personas} \times 151.2 \text{ lppd}}{86,400 \text{ s}} = 0.063 \text{ l/s}$$

*Tramo 7-8*

5 hogares

$$Q_{\text{medio}} = \frac{30 \text{ personas} \times 151.2 \text{ lppd}}{86,400 \text{ s}} = 0.0525 \text{ l/s}$$

*Tramo 8-9*

3 hogares

$$Q_{\text{medio}} = \frac{18 \text{ personas} \times 151.2 \text{ lppd}}{86,400 \text{ s}} = 0.0315 \text{ l/s}$$

### 5.3. RESULTADOS EPANET

Las siguientes tablas muestran los resultados obtenidos del análisis de nodos y tuberías de las redes de distribución alta y baja, realizado por medio del software EPANET.

**Tabla 7. Análisis de nodos Red Alta**

| <b>Nodo</b> | <b>Elevación (m)</b> | <b>Caudal máximo horario (l/s)</b> | <b>Presión (mca)</b> |
|-------------|----------------------|------------------------------------|----------------------|
| 1           | 185                  | 0.34                               | 4.21                 |
| 2           | 174                  | 0.25                               | 15.09                |
| 3           | 154                  | 0.14                               | 35.08                |
| 4           | 148                  | 0.18                               | 34.38                |
| 5           | 153                  | 0.14                               | 35.02                |
| 6           | 160                  | 0.36                               | 28.85                |
| 7           | 149                  | 0.25                               | 38.81                |
| 8           | 147                  | 0.27                               | 40.1                 |
| 9           | 149                  | 0.2                                | 38.42                |
| 10          | 166                  | 0.31                               | 22.76                |
| 11          | 179                  | 0.23                               | 9.66                 |
| 12          | 180                  | 0.02                               | 8.65                 |
| 13          | 180                  | 0.02                               | 8.64                 |

Fuente: Propia

Los nodos 1, 11, 12 y 13 no cumplen con la presión mínima de 10 mca establecida por el SANAA.

**Tabla 8. Análisis de nodos red baja**

| <b>Nodo</b> | <b>Elevación (m)</b> | <b>Caudal máximo horario (l/s)</b> | <b>Presión (mca)</b> |
|-------------|----------------------|------------------------------------|----------------------|
| 1           | 158                  | 0.11                               | 30.95                |
| 2           | 151                  | 0.36                               | 37.73                |
| 3           | 148                  | 0.58                               | 40.29                |
| 3''         | 150                  | 0.47                               | 32.83                |
| 4           | 137                  | 0.27                               | 51.22                |
| 10          | 145                  | 0.45                               | 43.45                |
| 11          | 141                  | 0.34                               | 47.23                |
| 12          | 116                  | 0.56                               | 71.64                |
| 13          | 105                  | 0.18                               | 72.38                |
| 14          | 109                  | 0.18                               | 152.5                |
| 15          | 115                  | 0.7                                | 186.52               |
| 16          | 149                  | 0.83                               | 37.54                |
| 17          | 147                  | 0.74                               | 41.64                |
| 18          | 105                  | 0.36                               | 130.26               |
| 19          | 110                  | 0.27                               | 21.06                |

|    |     |      |        |
|----|-----|------|--------|
| 20 | 108 | 0.15 | 129.48 |
|----|-----|------|--------|

Fuente: Propia

Los nodos 12, 13, 14, 15, 18 y 20 sobrepasan las presiones máximas permitidas por la norma de 60 mca.

**Tabla 9. Análisis de tuberías red alta**

| Tramo (nodo a nodo) | Longitud (m) | Diámetro (in) | Flujo (l/s) | Velocidad (m/s) |
|---------------------|--------------|---------------|-------------|-----------------|
| 1 al 2              | 107.31       | 4             | 2.36        | 0.29            |
| 2 al 3              | 47.61        | 2             | 0.2         | 0.1             |
| 3 al 4              | 140.16       | 2             | 0.07        | 0.59            |
| 4 al 5              | 38.91        | 1             | 0.11        | 1               |
| 2 al 13             | 81.92        | 3             | 1.91        | 0.42            |
| 13 al 5             | 70.56        | 1.5           | 0.64        | 0.56            |
| 13 al 9             | 153.15       | 3             | 0.91        | 0.2             |
| 5 al 6              | 46.94        | 1.5           | 0.39        | 0.34            |
| 6 al 7              | 137.46       | 1             | 0.14        | 0.29            |
| 7 al 8              | 81.11        | 1             | 0.13        | 0.25            |
| 8 al 9              | 56.3         | 1             | 0.33        | 0.65            |
| 9 al 10             | 144.71       | 2             | 0.27        | 0.13            |
| 10 al 11            | 84.92        | 1             | 0.02        | 0.04            |
| 10 al 12            | 103.87       | 1             | 0.03        | 0.066           |

Fuente: Propia

En la red alta, solo los tramos 1,5, 6 y 3 cumplen con la velocidad mínima requerida por el SANAA de 0.6 m/s.

**Tabla 10. Análisis de tuberías red baja**

| Tramo (nodo a nodo) | Longitud (m) | Diámetro (in) | Flujo (l/s) | Velocidad (m/s) |
|---------------------|--------------|---------------|-------------|-----------------|
| 1 a 2               | 105.78       | 6             | 9.93        | 0.54            |
| 2 a 3               | 40.87        | 2             | 1.33        | 0.65            |
| 3 a 3"              | 118.16       | 1             | 0.47        | 0.93            |
| 3 a 4               | 86.2         | 1             | 0.27        | 0.13            |
| 2 a 17              | 55.91        | 6             | 8.24        | 0.45            |
| 17 a 10             | 39.44        | 4             | 5.4         | 0.67            |
| 11 al 12            | 207.9        | 4             | 4.04        | 0.5             |
| 12 al 13            | 132.96       | 3             | 0.29        | 1.03            |

|          |        |     |      |      |
|----------|--------|-----|------|------|
| 13 al 14 | 240.32 | 2   | 0.11 | 0.89 |
| 15 al 14 | 187.9  | 1   | 0.99 | 1.95 |
| 14 al 18 | 121.85 | 1.5 | 0.81 | 1.6  |
| 18 al 19 | 268.94 | 1   | 0.27 | 2.13 |
| 18 al 20 | 712.6  | 1   | 0.18 | 0.36 |
| 10 al 11 | 58.53  | 4   | 2.84 | 0.35 |
| 17 al 16 | 168.26 | 2   | 0.88 | 0.43 |
| 16 al 15 | 257    | 1   | 0.04 | 0.09 |
| 12 al 15 | 261.31 | 3   | 1.64 | 0.36 |

Fuente: Propia

En la red baja, los tramos 2, 3, 6, 8, 9, 10, 11, y 12 cumplen con la velocidad mínima.

**Tabla 11. Análisis de nodos red baja, construyendo red en su totalidad**

| <b>Nodo</b> | <b>Elevación (m)</b> | <b>Caudal máximo horario (l/s)</b> | <b>Presión (mca)</b> |
|-------------|----------------------|------------------------------------|----------------------|
| 1           | 158                  | 0.11                               | 23.86                |
| 2           | 151                  | 0.36                               | 15.54                |
| 3           | 148                  | 0.58                               | 17.59                |
| 4           | 137                  | 0.27                               | 51.22                |
| 5           | 147                  | 0.08                               | 12.99                |
| 6           | 132                  | 0.05                               | 27.95                |
| 7           | 133                  | 0.18                               | 28.81                |
| 8           | 137                  | 0.12                               | 27.84                |
| 9           | 144                  | 0.23                               | 20.48                |
| 10          | 145                  | 0.45                               | 21.25                |
| 11          | 141                  | 0.34                               | 25.02                |
| 12          | 116                  | 0.56                               | 49.45                |
| 13          | 105                  | 0.18                               | 59.72                |
| 14          | 109                  | 0.18                               | 55.16                |
| 15          | 115                  | 0.7                                | 49.9                 |
| 16          | 149                  | 0.83                               | 15.44                |
| 17          | 147                  | 0.74                               | 19.46                |
| 18          | 105                  | 0.36                               | 36.92                |
| 19          | 110                  | 0.27                               | 21.06                |
| 20          | 108                  | 0.15                               | 31.14                |

Fuente: Propia

## MEDICIÓN DE PRESIONES EN EL SITIO

Con el propósito de realizar una comparación entre los resultados del modelo hidráulico y el comportamiento del sistema como tal, se procedió a la instalación de manómetros en el nodo 10 de la red baja y en el tramo de tubería que alimenta la calle principal del Barrio Andrés.

Los resultados de presiones en el nodo 10, tal y como muestra la siguiente ilustración, alcanzaron como máximo, 21 mca.

**Ilustración 26. Presión Nodo 10**



Esto difiere bastante de los resultados obtenidos en la modelación de la red existente, ya que refleja una presión de 43.45 mca.

El resultado de presiones en la tubería hacia Barrio San Andrés fue bastante bajo, alcanzando como máximo los 14 mca.

### Ilustración 27. Presión Nodo 11



Los resultados obtenidos en el modelo existente, reflejan presiones de 47.23 mca.

## 5.4. DIAGNÓSTICO TÉCNICO

### ■ TANQUE DE ALMACENAMIENTO

#### 5.4.1.1. Paredes

Las paredes que conforman el contorno del tanque, se encuentran altamente deterioradas por dentro y por fuera. Se detectaron numerosas grietas en la parte interna del tanque, que, con el paso del tiempo y la presión del agua, podrían ir incrementando o expandiéndose.

Algunas de estas grietas son de aproximadamente 40 centímetros de longitud, las cuales pueden provocar que rebabas de concreto se mezclen con el agua, afectando sus niveles de calidad y salubridad. Por otra parte, la pintura se encuentra mayoritariamente descascarada.

Debido a la exposición constante al agua y a que ha cumplido su vida útil, este estrato de pintura se notó sustancialmente estropeado, tal y como se puede determinar en la ilustración 17.



**Ilustración 28. Recubrimiento del contorno dañado**

Fuente: Propia

La inspección interna del tanque permitió recopilar información del daño interno del tanque, siendo muestra de ello la Ilustración 28.

Como se puede ver, el daño manifestado en los párrafos anteriores es bastante evidente en la totalidad del contorno del tanque



**Ilustración 29. Daño en pintura de paredes**

Fuente: Propia

Es importante inculcar las constantes revisiones dentro del tanque, ya que, de no efectuarlas, no se podrá constatar daños como el mostrado en la ilustración superior.

#### *5.4.1.2. Columnas y vigas de carga*

Las vigas de carga muestran vacíos estructurales y desprendimiento de porciones de concreto, que conforman el recubrimiento. Incluso, en una de las vigas, el desprendimiento de concreto es tal, que es posible observar una de las varillas del acero interno. No se descarta la posibilidad de que, con el paso del tiempo, las vigas sigan sufriendo desuniones de su capa de recubrimiento. Esto significa que una cantidad significativa del acero podría quedar a la intemperie, expuesto al contacto con el agua, lo cual compromete la resistencia e integridad física de la estructura.

Por otra parte, las columnas no presentan daños en la estructura de hormigón. Sin embargo, al igual que en las paredes perimetrales del tanque, se identificó un desprendimiento severo de la capa de sellador.

Los vacíos estructurales, como el de la siguiente imagen, deben ser evitados en su totalidad. La vida útil del tanque se ve reducida si no se toman las precauciones necesarias.



**Ilustración 30. Vacío estructural en viga de carga**

Fuente: Propia

La Ilustración 30 permite ver claramente la exposición del acero interno de esta viga central.

La siguiente efigie permite una observación en contexto del daño de esta viga.



**Ilustración 31. Exposición de acero de una viga de carga**

Fuente: Propia

En su longitud de desarrollo, la viga muestra otros vacíos estructurales, siendo menos severos que el tramo donde se expone el acero, pero que deben ser tratados con la misma importancia.

Esta es la columna central que sostiene la losa superior. Es importante que se encuentre en condiciones más favorables.



**Ilustración 32. Desprendimiento de pintura en columna central**

Fuente: Propia

Por lo pronto, las condiciones físicas de estas columnas no se ven amenazadas, pero la capa de sellador terminará descascarándose por completo en cuestión de tiempo, poniendo en riesgo las condiciones de estos componentes.

#### *5.4.1.3. Hipoclorador*

El hipoclorador cuenta con un volumen de 442 litros, por lo que cumple con el volumen requerido por la normativa del SANAA, que recomienda una capacidad de 384 litros. La estructura del hipoclorador como tal se encuentra dañada. Asimismo, la caja de inspección y su tapadera se encuentran deterioradas, presentando tanto grietas como desprendimientos de concreto. Igualmente, se carece de un gotero que permita dosificar la cantidad de cloro que ingresará al tanque.

El hipoclorador y la caja de inspección, como es tangible en la ilustración 22, sufren de una plaga de insectos, la cual obstruye las tuberías, ralentizando el proceso de cloración y aumentando la contaminación en el agua.



**Ilustración 33. Plaga de insectos y suciedad en hipoclorador**

Fuente: Propia

Se pudo constatar que el interior del hipoclorador no había sido explorado en los últimos años. Al no tener presente el daño actual que tiene este elemento, las medidas correctivas con el fin de reestablecer sus condiciones óptimas son nulas.

Fue posible identificar varias fisuras en el concreto, identificadas en la Ilustración 34.



**Ilustración 34. Grietas y fracturas en hipoclorador y caja de inspección**

Fuente: Propia

El hipoclorador necesita urgentemente un reacondicionamiento interno y externo, como muestra la ilustración anterior.

Por otra parte, el filtro plástico, ubicado en la caja de inspección, está quebrado y atascado por la invasión de insectos mencionada, lo que puede ser confirmado en la Ilustración 35.



**Ilustración 35. Filtro plástico quebrado y atascamiento por suciedad**

Fuente: Propia

Es importante realizar un lavado total en estos elementos y la sustitución del filtro.

#### *5.4.1.4. Tanque de distribución*

En la elevación a 158 msnm, se debió haber construido un tanque de distribución, que fue explícitamente enunciado tanto en el diseño original como en el plano de distribución. Este tanque es imprescindible, ya que el tanque existente de 20,000 galones se encuentra a una altura de 188 msnm, por lo que, al llegar a las zonas bajas de la ciudad, supera los 60 metros columna de agua de presión hidrodinámica que la norma permite. El caso omiso a la construcción de este tanque podría conllevar a daños en las tuberías, válvulas o acometidas domiciliarias. Por otra parte, este tanque podría contribuir a una separación adecuada de la red alta y la baja.

#### **■** VÁLVULAS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

La gran mayoría de válvulas de compuerta, que conforman la red de distribución, carecen de su respectiva llave de apertura. Esto ralentiza operación de las válvulas, ya que es imprescindible una pinza de presión para abrir o cerrar el mecanismo, lo cual va generando un daño en la válvula como tal. El proceso de forzar el dispositivo de apertura genera un desgaste del pistón metálico que conforma el cuerpo de la válvula. En total, se encontraron ocho válvulas sin un mecanismo de apertura, mientras que las dos restantes sí cuentan con este. Por otra parte, absolutamente todas las válvulas presentan indicios de oxidación.

Hay que tomar en cuenta que, aproximadamente, la mitad de los nodos no fueron construidos. Se construyeron los nodos: 1, 2, 3, 8, 10, 11, 12, 15, 16 y 17. Estos 10 nodos, en teoría deberían

incluir un total de 16 válvulas. No obstante, solo es posible acceder a 10 válvulas. Esto se debe a que una válvula, concerniente al nodo 2, quedó embebida bajo un muro perimetral; otra válvula, correspondiente al nodo 3, quedó enterrada y no cuenta con una caja protectora. Las demás válvulas quedaron bajo las capas de concreto hidráulico, imposibilitando el acceso a las mismas.

Respecto a las válvulas de compuerta pertenecientes la red alta, todas se encuentran enterradas bajo la capa de tierra de estas calles. Debido a falta de personal, herramientas y equipo para realizar las pertinentes excavaciones, no fue posible indagar el estado de estos elementos.

En lo concerniente a las válvulas que forman parte de las conexiones domiciliarias, fue muy recurrente el hallazgo de fugas. Los abonados dueños de estos hogares, no se percatan de esta situación. Debido a que estas conexiones fueron realizadas hace muchos años, normalmente no se vuelven a revisar. Al monitorear el estado de estos elementos, se notó que no tenían una caja de concreto para protección. En muchas de estas casas, a pesar de que las válvulas estaban enterradas, lo único que las protegía era una roca por encima de ellas.

Tal y como se puede observar en la siguiente imagen, ante una mala instalación e impactos externos, la válvula tiene una fuga.



**Ilustración 36. Fuga detectada y escombros alrededor de válvula de compuerta**

Fuente: Propia

Se recomienda la utilización de uniones universales para agilizar reparaciones en válvulas como la anterior.

En la siguiente imagen, se puede observar una fuga en un domicilio de Barrio Andrés



**Ilustración 37. Fuga en válvula de conexión domiciliar**

Fuente: Propia

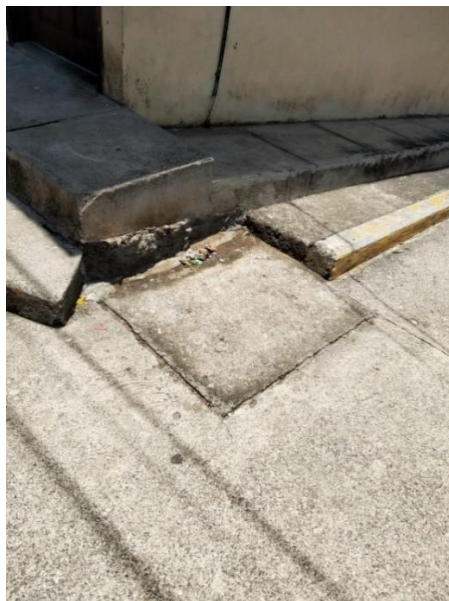
Como muestra la Ilustración 37, ante la falta de protección mediante cajas de registro, es normal que muchas válvulas se encuentren dañadas.

En otro orden de cosas, según la normativa del SANAA, el acueducto debería constar de válvulas expulsoras de aire en las elevaciones superiores y, por lo menos, una válvula de limpieza en las elevaciones más bajas. Empero a lo anterior, no se produjo la instalación de ninguno de estos dos tipos de válvulas, por lo que la eficiencia del sistema se ve disminuida.

#### CAJAS PROTECTORAS

El diseño estipula que la mampostería que constituye estas cajas, deberá ir repellada. Sin embargo, en ninguna de las cajas protectoras se cumplió esta condición. Por otra parte, cada caja de registro, según el diseño, debería contar con mangos de acero, siendo elaborados con varillas #4.

La siguiente imagen, es un prototipo de caja bastante común en Chinda, al no contar con agarraderas que faciliten su operación.



**Ilustración 38. Caja de registro de nodo 10 sin agarradera**

Fuente: Propia

Este tipo de cajas, obliga a que se necesiten, como mínimo, dos personas para realizar una inspección.

La Ilustración 39 muestra una caja con indicios de haber tenido una agarradera, pero la parte externa de la misma ha sido desprendida.



**Ilustración 39. Caja de registro de nodo 17 sin agarradera**

Fuente: Propia

Esta caja, al ser una de las más grandes, resulta excesivamente complicada si se apetece que una sola persona realice una revisión

Se encontró una caja protectora hundida bajo el cerco perimetral de una casa



**Ilustración 40. Caja de registro de nodo 2 hundida bajo muro perimetral**

Fuente: Propia

Ocurrencias como la mostrada en la Ilustración 40, impiden una eficiente operación o mantenimiento del sistema.

El sistema no fue erigido en su totalidad, por lo que solo la mitad de los nodos fueron construidos. Además, en la ubicación del nodo 3, se encuentra una válvula sin su respectiva caja protectora, por consiguiente, en realidad solo se construyeron once cajas.

En lo concerniente a la red alta, absolutamente ninguna caja protectora fue construida. Originalmente, deberían existir ocho cajas de registro, que protegerían a las válvulas que corresponden a esta red. La ausencia de cajas de registro, debilita sustancialmente la integridad física de elementos como válvulas. El hallazgo de fugas en las válvulas de las conexiones

domiciliares está directamente relacionado con la falta de seguridad ante agentes impactos externos. Lo mismo sucede en las válvulas atinentes a los ramales públicos.

#### TUBERÍAS DE ABASTECIMIENTO

Teóricamente, las tuberías del sistema de distribución, deberían recorrer una trayectoria de 4807.22 metros lineales, incluyendo tanto la red alta como la red baja. Sin embargo, los tramos entre los nodos 3-4, 4-5, 5-6, 4-7, 7-8, 8-9, 11-9, 13-14, 12-13, y 18-19, concernientes a la red baja, no fueron construidos o no se construyeron respetando el diseño. Estos tramos suman 1175.46 metros lineales, que constituyen casi un 25% de la trayectoria total de tuberías de agua potable. Se pudo constatar que en el tramo entre los nodos 12 y 13, la tubería que alimenta a las casas de esa zona, es de un diámetro de 3/4", cuando el mínimo estipulado por la norma es de 1".

Por otra parte, en base al diseño, la tubería que atraviesa esa zona debería ser de 3". Consecuentemente, el tramo entre los nodos 13 y 14, se construyó con un diámetro de 0.5", de nuevo quebrantando la normativa del SANAA y lo que sugiere el diseño, que es un diámetro de 2". El tramo entre los nodos 18-19, que va en dirección al sector carretero, está abastecido por una tubería de 0.5", cuando el diseño designa que debería ser una tubería de 1".

En condiciones ideales, todos los tramos de tubería habrían sido construidos, y por ende nutrirían de agua a los hogares de Barrio La Pila y El Guanacaste. Al carecer la construcción de los tramos de tubería alrededor de los barrios La Pila y El Guanacaste, se extendió una tubería de 1", que atraviesa el nodo 3 y culmina su trayectoria al final del Barrio La Pila, colindando con el Río Cañas. Esto ocasiona un desequilibrio hidráulico en los sectores aledaños, ya que la tubería que recorre del nodo 2 al 3 está teniendo una sobredemanda hidráulica, interrumpiendo el flujo que debería transportarse al resto de la comunidad.

En torno al Barrio La Pila, son notorias las conexiones clandestinas de agua potable, ya que estas son de PVC y no se encuentran enterradas. Además de generar una demanda excesiva en ciertos tramos, estas tuberías expuestas a la intemperie son susceptibles a sufrir fugas y permitir la filtración de agentes contaminantes. A pesar de haber extendido una tubería hacia este sector, existen casas que no pueden recibir el servicio de agua potable, debido a que las condiciones

topográficas y las pérdidas acarreadas en los tramos anteriores no permiten la llegada del fluido hasta esa zona.

Las zonas donde más se adolece de un desabastecimiento hídrico es en la zona central de la ciudad, alrededor del Barrio Andrés, y en el sector carretero, que forma parte de la Colonia Samaritana. Sin embargo, es importante recalcar que en los otros barrios también se carece de un servicio digno de agua potable, pero los sectores mencionados conforman las zonas más críticas del acueducto. Se pudo constatar que, al cerrar las válvulas de un determinado sector, en los demás barrios el servicio potable comenzó a llegar a barrios donde existía escasez. De esta forma se pudo confirmar la sectorización del flujo.

Se detectó un tramo de más de 20 metros de longitud, en las cercanías de barrio La Pila, que se encuentra al descubierto.



**Ilustración 41. Tubería PVC expuesta a la intemperie**

Fuente: Propia

Se debe planear una intervención en este sitio que sugiera el entierro de este tramo.

Existen dos derivaciones que alimentan una red alta y una red baja. Sin embargo, ambas redes nacen de la misma tubería, por lo que el funcionamiento de cada red no es totalmente independiente.



**Ilustración 42. Válvula de salida del tanque de almacenamiento**

Fuente: Propia

Lo ideal sería que, a partir del tanque de almacenamiento, se proyectaran dos tuberías que respectivamente abastezcan a cada red, sin tener relación entre ellas. Originalmente, la red alta debería comenzar a partir de un tanque de 25,000 galones, ubicado a una elevación de 228 msnm.

La red baja, debería comenzar también a partir de este tanque, pero trabajando con una tubería separada, que posteriormente alimentaría al tanque de 20,000 galones y al último tanque de 5,000 galones.

#### ANCLAJES DE CONCRETO

El diseño original, desarrollado por Water For People, incluye la incorporación de anclajes horizontales de concreto con dimensiones de 0.56 x 0.56 metros por lado y con espesor de 0.30 metros, mismos que se colocarían en todos los codos o cambios de dirección, así también en los tapones, tee y demás accesorios y puntos de la red en peligro de desplazamiento por acción de la presión una vez que el sistema entrara en operación. Cabe destacar que estas dimensiones y ubicaciones fueron extraídas de la memoria de cálculo entregada por el diseñador.

## SISTEMA DE MEDICIÓN

La red de distribución carece absolutamente de micromedidores, tanto en las conexiones domiciliarias como en los ramales de suministro. De igual forma, la salida del tanque se encuentra desprovista de un macromedidor. En base a lo anterior, se dictaminó que, por lo inmediato, la detección de fugas y desperdicios de agua, es sumamente difícil de efectuarse debido a la escasez de herramientas de medición.

## VISITA A CÁMARA DISTRIBUIDORA Y LÍNEA DE CONDUCCIÓN

En el acercamiento a la cámara distribuidora, se determinó que se encuentra a una elevación de 332 msnm. La estructura como tal de la cámara se encuentra en un buen estado; el concreto no presenta mayores desprendimientos.

No obstante, la capa repello se encuentra desprendido en su totalidad, tal y como se puede ver en la siguiente ilustración.



**Ilustración 43. Cámara Distribuidora**

Fuente: Propia

Como muestra la imagen anterior, es necesario renovar la capa de repello.

En las paredes externas se detectó presencia de moho, hecho que es notorio en la siguiente fotografía.



**Ilustración 44. Capa de moho en cámara distribuidora**

Fuente: Propia

A raíz de la falta de repello, las capas de moho se adhieren con mayor facilidad.

La válvula de salida presenta la ausencia de un mecanismo de apertura.



**Ilustración 45. Válvulas de salida en cámara distribuidora**

Fuente: Propia

La válvula que controla el flujo hacia San Rafael se encuentra en condiciones deplorables, ya que dentro de su mecanismo tiene un trozo de madera que ayuda a mantenerla abierta.

Se cuenta con un desarenador, que está funcionando correctamente. Asimismo, se realizó un cálculo de aforo, dando como resultado un caudal de entrada de 169 galones por minuto. Según información brindada por la Junta de Agua, el caudal de entrada a este elemento suele ser mayor, pero, debido a que un día antes del cálculo de aforo realizado hubo fuertes tormentas, se produjo el acarreo de sedimentos e impurezas en la obra de captación que mermaron el flujo.

En el recorrido por la línea de conducción, se detectaron válvulas en mal estado. En la siguiente figura se muestra una válvula de compuerta en mal estado



**Ilustración 46. Válvula de compuerta sin mariposa ni caja protectora**

Fuente: Propia

Es recurrente encontrar válvulas sin "mariposa" y sin cajas de protección, lo cual aumenta el riesgo de que se produzcan averías.

En los diferentes tramos, tanto de PVC como HG, se encontraron filtraciones. De manera repetida se observaron fugas en las uniones entre tubos y accesorios. Factores como el estado obsoleto de tramos de HG, y tramos de PVC que no están enterrados, contribuyen a la manifestación de fugas. Esta acumulación de pérdidas conlleva a que el flujo de entrada del tanque de

almacenamiento se reducido en gran manera. En el último tramo de la línea de conducción, que atraviesa una hacienda de ganado vacuno y bovino, se detectó una tubería totalmente expuesta a la intemperie. En adición a esto, se detectó una fuga importante en uno de los tubos, así como la existencia de heces fecales en los alrededores. Según la información recabada, vehículos de índole ganadera atraviesan esta zona, por lo que este tramo presenta un alto riesgo de mayores rupturas o desuniones de la tubería.

Por otra parte, una válvula expulsora de aire presenta problemas de secreción de agua como muestra la siguiente figura:



**Ilustración 47. Válvula expulsora de aire con fugas**

Fuente: Propia

La válvula expulsora de aire representada en la imagen anterior, en adición a la fuga, presenta altos niveles de oxidación.

## ■ CÁLCULO DE AFORO

Con la intención de detectar variaciones y tener una mayor certeza del caudal que normalmente entra al tanque de almacenamiento, se realizaron tres cálculos de aforo en diferentes fechas. En otro orden de cosas, también se calculó el caudal de entrada a la cámara distribuidora. Cada

cálculo consistió en cinco iteraciones, tal y como se menciona en el apartado de técnicas del capítulo IV. En cada iteración se considera un volumen de cinco galones correspondiente al recipiente utilizado. Se aplicará la ecuación 3, plasmada en el capítulo antes mencionado.

El primer cálculo de aforo se realizó el 10 de agosto de 2019, coincidiendo con la primera visita al tanque de almacenamiento. Se determinó un caudal de entrada de 81 galones por minuto.

**Tabla 12. Cálculo de aforo #1 en tanque**

| <b>Número de Prueba</b> | <b>Tiempo (Segundos)</b> |
|-------------------------|--------------------------|
| 1                       | 3.7                      |
| 2                       | 3.75                     |
| 3                       | 3.4                      |
| 4                       | 3.56                     |
| 5                       | 3.63                     |
| Promedio                | 3.61                     |

Fuente: Propia

El segundo cálculo de aforo se realizó el 24 de agosto de 2019. Se determinó un caudal de entrada de 99 galones por minuto.

**Tabla 13. Cálculo de aforo #2 en tanque**

| <b>Número de Prueba</b> | <b>Tiempo (Segundos)</b> |
|-------------------------|--------------------------|
| 1                       | 3.06                     |
| 2                       | 3.04                     |
| 3                       | 2.98                     |
| 4                       | 3.07                     |
| 5                       | 3.02                     |
| Promedio                | 3.034                    |

Fuente: Propia

El tercer cálculo de aforo se realizó el 14 de septiembre de 2019. Se determinó un caudal de entrada de 88 galones por minuto.

**Tabla 14. Cálculo de aforo #3 en tanque**

| <b>Número de Prueba</b> | <b>Tiempo (Segundos)</b> |
|-------------------------|--------------------------|
| 1                       | 3.41                     |
| 2                       | 3.33                     |
| 3                       | 3.37                     |
| 4                       | 3.45                     |
| 5                       | 3.42                     |
| Promedio                | 3.396                    |

Fuente: Propia

El cálculo de aforo en la cámara distribuidora permitió determinar un caudal de entrada de 169 galones por minuto.

**Tabla 15. Cálculo de aforo en cámara distribuidora**

| Número de Prueba | Tiempo (Segundos) |
|------------------|-------------------|
| 1                | 1.76              |
| 2                | 1.71              |
| 3                | 1.8               |
| 4                | 1.75              |
| 5                | 1.84              |
| Promedio         | 1.772             |

Fuente: Propia

Los resultados de los cálculos de aforo realizados, comprueban que la fuente que abastece a la comunidad de Chinda, está suministrando el volumen de agua necesario para que el acueducto funcione correctamente. En otro orden de cosas, la capacidad de almacenamiento del tanque existente, no se ve superada respecto a la demanda hidráulica del municipio.

#### ██████████ CATASTRO DE USUARIOS

Con el fin de actualizar la base de datos de usuarios abonados al sistema, se realizó un estudio poblacional, siguiendo los parámetros establecidos por el formato de encuestas de *Water For People*. Se determinó que el Casco Urbano de Chinda, actualmente cuenta con un total de 266 viviendas.

#### ██████████ NIVELES DE CONTAMINACIÓN

La municipalidad de Chinda, cuenta con registros de exámenes bacteriológicos realizados en el transcurso del año 2018. En el mes de agosto de 2019, se tomaron nuevas muestras; esta vez tanto en la red de distribución como en la obra de captación, con el fin de detectar variaciones que podrían dar indicios sobre las zonas donde los agentes contaminantes entran al flujo. Estos análisis bacteriológicos, fueron perpetrados principalmente en la red de distribución. Las muestras tomadas fueron enviadas a los laboratorios del SANAA y al Programa de Saneamiento Ambiental, dirigido por la secretaría de salud.

Las hojas de cada uno de los cuatro análisis se encuentran en el siguiente capítulo, correspondiente a anexos.

En el primer examen realizado, con fecha de 30 de enero de 2018, la muestra fue tomada directamente del acueducto. Se encontró una colonia de bacterias y una infestación de 100 coliformes fecales por cada mililitro de agua. Se determinó que el agua no era apta para el consumo humano, ya que se encontraba contaminada por heces fecales, independientemente si eran de naturaleza humana o animal. Se recomendó un proceso de cloración antes de consumir el agua y la realización de posteriores análisis con fines de vigilancia.

En el segundo examen realizado, con fecha de 12 de noviembre de 2018, los resultados fueron extrañamente positivos, ya que no se tomaron medidas de mitigación significativas respecto al primer análisis. No se encontraron indicios de coliformes termo-tolerantes ni totales. De igual forma, se llevó a cabo un análisis físico-químico, en el cual se estudiaron parámetros como: temperatura, turbiedad, conductividad, color aparente, pH, alcalinidad total, dureza total, entre otros. La muestra se determinó apta para consumo humano, sin embargo, siempre se recomienda la cloración.

El 29 de julio de 2019, se efectuaron dos análisis del agua, uno en la red de distribución de Chinda, y otro en la fuente de captación, San Andrés.

En lo concerniente a la muestra tomada en el acueducto, no se encontraron indicios de coliformes termo-tolerantes ni totales. Por otra parte, en el examen realizado en la fuente de San Andrés, tampoco se manifestó la presencia agentes contaminantes, que impidan que el agua se apta para consumo humano. De igual forma, no se pasa por alto la recomendación de llevar a cabo el proceso de cloración del agua.

## ■ PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Para la ejecución del plan de operación y mantenimiento, se tomaron en cuenta cinco diferentes conceptos constructivos: Preliminares, movimientos de tierra, estructuras de concreto, acabados, e instalaciones hidrosanitarias. Se ha estipulado una duración aproximada de 29 días laborales, trabajando de lunes a sábado, con frentes de trabajo independientes. El costo total aproximado de la ejecución del proyecto es de L. 759,656.23

### **5.5. PLAN DE OPERACIÓN**

#### ■ TANQUE DE ALMACENAMIENTO

##### *5.5.1.1. Paredes*

Se recomienda terminar de desprender la desgastada capa de pintura que, parcialmente, protege el interior del tanque. Antes de planear la aplicación de una nueva capa, es necesario que el espesor de repello esté libre de cualquier sustancia que impida la correcta adherencia de la pintura que se implementará posteriormente.

Inicialmente, el flujo de entrada del tanque debe ser detenido temporalmente. Esto evitará contratiempos y que se estropeen los materiales necesarios para esta actividad. Así mismo, por efectos de seguridad, es importante que el caudal pause su trayectoria. La entrada de este caudal puede ocasionar alteraciones en la posición de la escalera utilizada para el acceso y provocar un accidente. Por otra parte, es necesario que el piso esté totalmente seco, con el fin de evitar caídas y la producción de lodo con el ingreso del personal y el acarreo de materiales y herramientas. La tubería de limpieza puede facilitar la desinfección producida por las labores realizadas dentro del tanque, sin embargo, se sugiere evitar impurificaciones dentro del mismo.

Una de las medidas de mitigación que se recomienda tomar, es la protección del piso, tratando de prevenir que sufra derramamientos o golpes de cualquier naturaleza. La utilización de una serie de toldos es una de las opciones más viables para la protección de este suelo. Considerando que la elevación de este tanque es de 188 metros sobre el nivel del mar, el transporte de otro tipo de coberturas superficiales resulta sumamente complicado. Asimismo, no es recomendable la

manipulación de elementos muy pesados dentro del tanque, ya que el riesgo de causar daños en la estructura de concreto se eleva sustancialmente.

En el caso de utilizarse escaleras metálicas, es importante que esta supere por, al menos, 30 centímetros la altura de la losa superior del tanque. La altura interna del tanque, sumado al espesor de la losa de concreto, genera una altura total de 3 metros. Igualmente, se debe contemplar la utilización de escaleras de una altura inferior a los dos metros, las cuales servirán para la ejecución de obras civiles. Se recomienda que sean lo más bajas posibles, con el fin de permitir una operación cómoda por parte del personal encargado de esta renovación.

Ante la utilización de escaleras, se recalca la necesidad de que la superficie donde serán apoyadas, esté totalmente seca y libre de cualquier sustancia lodosa, con el objetivo de prevenir deslices y acciones desafortunadas.

El desprendimiento total de la capa de pintura será realizado de forma manual. Se deberán utilizar espátulas metálicas de dos y tres pulgadas. Las espátulas deben ser manipuladas en múltiples direcciones, tratando de encontrar el ángulo idóneo que permita descascarar totalmente esta película. Cuando se intenta atacar la pintura en una dirección singular, es normal encontrarse con porciones que, por su dureza y fijación, no suelen despegarse fácilmente.

En secciones donde, debido a la alta adherencia de la pintura con el concreto, no pueda ser desarraigada con el uso de espátulas, se sugiere la utilización de picoletas o cepillos de alambre. Se debe tener mucha precaución a la hora de utilizar picoletas, tratando de ejercer los golpes en un ángulo de 45 grados, con el fin de no dañar la estructura de concreto como tal. El objetivo es debilitar la película de pintura que no sale fácilmente mediante un método más pasivo. El cepillo de alambre puede ser utilizado de forma combinada junto a las espátulas. La manipulación del cepillo puede colaborar con la disminución de la adherencia de la pintura en algunos sectores, por lo que posteriormente al utilizar la espátula, el desprendimiento será hondamente más sencillo.

Al estar totalmente desceñido el estrato de pintura, se puede proceder a realizar una limpieza general del contorno de las paredes y columnas; esto con el propósito de eliminar partículas como el polvo, que pueden reducir las propiedades cohesivas de la pintura. Herramientas sencillas como

escobas y trapos pueden ser más que suficientes para realizar esta actividad. La preparación de la superficie debe realizarse de arriba hacia abajo.

Antes de comenzar a realizar las actividades de pintura, se recomienda corroborar que los toldos, instalados en la superficie inicialmente, sigan en buenas condiciones, con la finalidad de no generar contaminaciones dentro del tanque con las propiedades químicas de los productos a utilizar.

Es importante que todo el personal cuente con gafas, mascarillas y guantes de látex, ya que estarán expuestos ante químicos dañinos ante la exposición física. Se deberá contar con jabón y un depósito de agua limpia, con el designio de estar preparados ante un posible accidente en el que, por ejemplo, un trabajador sufra un derramamiento de pintura, ácido o sellador en sus ojos o manos. Una cubeta de cinco galones y un jabón desinfectante serían idóneos ante una de estas situaciones.

Con el fin de mejorar las propiedades de adherencia del concreto, se recomienda realizar un lavado con ácido muriático a la estructura como tal. La proporción será de una parte de ácido muriático por dos partes de agua. Se debe permitir que el ácido muriático actúe en un promedio de 20 minutos. Posteriormente se debe realizar un lavado con agua y esperar a que seque. Esto elevará el patrón de anclaje de la pintura a aplicar. El lavado se realizará con el flujo de entrada del tanque. Durante esta purificación, la salida de rebose y la tubería de expulsión hacia la red de distribución, deberán estar totalmente cerradas. La evacuación de los residuos del ácido muriático deberá proyectarse a través de la tubería de limpieza. Esto elevará el patrón de anclaje de la pintura a aplicar.

Una vez los elementos internos estén secos, se procede a la aplicación de una pintura selladora, que brindará una protección mayor a la estructura. Este sellador ayudará a llenar los poros de la superficie de concreto, aumentará la adherencia y permitirá que el acabado final tenga un mejor rendimiento. Por otra parte, las bondadosas características de estos selladores es que son una base propicia para pinturas de naturaleza epóxica, alquídica, de látex o poliuretano.

En el caso de utilizar una pintura a base de epoxi, se contará con dos recipientes, uno será de cinco galones y denominado componente A y el otro de un galón y un tercio, denominado

componente B. El componente A es una pintura epóxica mientras que el componente B es un catalizador poliamídico. Ambos componentes deben ser agitados manualmente por alrededor de 45 segundos. Se debe contar con un recipiente seco y libre de cualquier impureza para realizar la mezcla entre los dos componentes. Se considerará una dosificación de tres partes del componente A por una parte del componente B. Cabe mencionar que, una vez realizada la mezcla, esta tiene una vida útil de ocho horas, por lo que se recomienda inmediatamente aplicar la combinación.

La primera capa de pintura se puede aplicar a primera hora. Se pueden utilizar los métodos convencionales de pintado. Se recomienda el uso rodillos de ocho pulgadas y brochas de dos a tres pulgadas para la realización de cortes y pintado en rincones y zonas incómodas. Una vez completada, se deben esperar seis horas para la siguiente capa. Una vez aplicada la segunda capa, se repite la espera mínima de seis horas para aplicar la tercera y última capa. Una vez completada, se recomienda dejar el tanque abierto por ocho días, con el fin de alcanzar una evaporación total del solvente.

#### *5.5.1.2. Columnas y vigas de carga*

En lo relacionado al daño de la pintura en columnas, se tomará en cuenta exactamente el mismo proceso del pintado de paredes, especificado en la sección anterior. De hecho, la obra será realizada en las paredes y columna de forma paralela. En cuanto al daño estructural de las vigas de carga, será necesario impactar con un pico metálico el recubrimiento de estas vigas, a lo largo de toda su extensión. Esto servirá para detectar huecos en la estructura de concreto y terminar de desprender las porciones más débiles del mismo.

Se aconseja la acomodación de secciones de cartón o una serie de tablas de madera, con el fin de evitar dañar el piso de concreto ante la caída de porciones de concreto. Se debe tomar en cuenta que estas caídas serán desde una altura de 2.90 metros, por lo que se debe tener precaución a la hora de trabajar en las vigas. Las herramientas necesarias para esta actividad son: carreteas, cubetas con agarraderas en buen estado, sogas, cuchara de albañil, codal de 10" y picoleta. Asimismo, se recomienda la utilización de burros y guantes.

Una vez desprendidas todas las fracciones de concreto debilitado, se procederá a reconstruir el estrato de recubrimiento donde sea necesario. Se recomienda que se realice con la implementación de un grout estructural. El valor agregado de este material es la rapidez con la que puede alcanzar altas resistencias y que no necesita la añadidura de otros agregados, únicamente agua. Esto facilita la realización de la mezcla, ya que no será necesario el acarreo de grava y arena hasta la ubicación del tanque. Se estipula que, a las 24 horas de aplicación, esta mezcla alcanza alrededor de 2000 psi. La dosificación será de cuatro litros de agua por cada saco de 30 kilogramos. Se deberá monitorear que el piso esté cubierto por toldos de nylon, con el fin de evitar que partículas de mortero se adhieran al suelo del tanque. Con la pasta elaborada, se procede al enmasillado alrededor de las vigas donde se descubran desprendimientos. Se deberá tratar de mantener las dimensiones originales de la viga.

#### *5.5.1.3. Hipoclorador*

En lo pertinente al hipoclorador, actualmente se manejan dos opciones para volver a contar con un servicio de cloración del agua potable. La primera opción es rehabilitar el existente realizando las reparaciones necesarias, y, por otra parte, la instalación de un clorador en línea, que funcionaría mediante pastillas.

#### **Rehabilitación del hipoclorador existente**

Se recomienda realizar una fumigación en los alrededores. Asimismo, se debe efectuar una limpieza en las tuberías del hipoclorador, ya que las dos tuberías se encuentran atascadas por insectos y suciedad. Por otra parte, el filtro plástico debe ser reemplazado, ya que está quebrado. Se sugiere de igual forma, la compra de un gotero para dosificación del cloro.

#### **Clorador en línea**

Consiste en un dispositivo plástico, con tuberías de entrada y salida. Se conecta un tubo de alimentación, el cual se enlazará con una manguera plástica incluida en el clorador. La función de esta manguera es direccionar el agua hacia el núcleo donde las pastillas de cloro están actuando químicamente. Luego de pasar por esta fase, el agua pasará por otra manguera plástica, que en este caso será de salida. Esta última manguera es la que alimentará directamente el tanque de almacenamiento.

Tal y como se descubrió en el proceso de diagnóstico, el sistema carece de una válvula eliminadora de aire. Se indagó en la búsqueda de una ubicación que, aparte de estar en la parte más alta del sistema, también cuente con un cambio de altura considerable. Considerando que, el trayecto para subir al tanque está conformado por una pendiente muy pronunciada, la parte superior de este camino es una localización idónea para instalar una válvula de aire.

Inicialmente, la válvula de salida del tanque ha de estar cerrada totalmente, con el propósito de evitar desperdicios de agua y contratiempos en la instalación. Se deberá efectuar una excavación que permita, aproximadamente, un espacio de 60 centímetros alrededor de la tubería de cuatro pulgadas que sale del tanque, con la intención de facilitar las maniobras y requeridas. Es importante tener cuidado a la hora de realizar el zanjo, para no realizar rupturas en un tramo indeseado de la tubería. Para la realización de esta socavación, serán necesarias las siguientes herramientas: palas, palas curvas, piochas y barras lineales.

Los cortes en la tubería HG de cuatro pulgadas pueden realizarse con un cortatubo o una sierra de arco. Posteriormente deberán lijarse los extremos cortados, con el fin de evitar que queden residuos que impidan el correcto de los siguientes accesorios. Consecuentemente, en este espacio se unirá una Tee de HG de 4"x4"x2", la cual contará con una junta tipo Dresser de 4" en ambos extremos. De no ser posible utilizar una Tee reductora, se requerirá la implementación de un reductor de 4"x2".

En la parte superior de la Tee, se instalará una unión universal de dos pulgadas, cuya función será enlazar la Tee con una válvula de compuerta. Seguidamente, la válvula de compuerta requerirá la instalación de otra junta universal en su parte superior, que en este caso ejercerá la función de ensamblar, finalmente, la válvula de aire. La función de la válvula de compuerta será de operar el mecanismo de la válvula expulsora de aire.

El beneficio de esta instalación es que reduce el riesgo de que se produzca un golpe de ariete y las probabilidades de que se produzcan fallas de presión en la red de distribución, por ende, proporciona un ascenso en la calidad del funcionamiento hidráulico del acueducto.

Con el fin de garantizar resultados a largo plazo, y, cumplir con la vida útil estimada del sistema hidráulico, en lugar de realizar una restauración, es preferible reemplazar las válvulas de compuerta que conforman el acueducto. Debido a la presencia de óxido y la expansión del mismo en las diferentes válvulas, también se recomienda sustituir las respectivas uniones en cada extremo.

Las válvulas a reemplazar corresponden dos al nodo 8, y una a los nodos 2, 17, 12, 15, 16 y 3. Todas estas válvulas tienen un diámetro de 2", excepto las ubicadas en los nodos 12 y 15, que tienen un diámetro de 4" y 1" respectivamente

En lo concerniente a las válvulas de compuerta en las conexiones domiciliarias, se sugiere a la Junta de Agua y autoridades municipales, perpetrar una exploración mensual en cada domicilio en busca de fugas visibles y el funcionamiento de apertura y cierre. Se propone la construcción de cajas de registro en cada conexión domiciliaria. No se puede asegurar la ausencia de rupturas ni filtración de agentes contaminantes en estas conexiones mientras estas sigan simplemente enterradas. Las rupturas que ocasionan desperdicios del recurso hídrico no solo afectan la recepción del servicio en un hogar en específico, empero, genera un desequilibrio en el ramal que abastece ese sector.

En otro orden de ideas, se confirmó la carencia de una válvula de limpieza en el acueducto. Se sugiere que esta sea construida en uno de los puntos más bajos de la red. Una posible localización es en la Colonia Brisas del Ulua, en las cercanías a la salida hacia el sector carretero. En esta zona, las calles todavía no están pavimentadas, por lo que logística y económicamente, es rentable realizar la instalación en esta ubicación.

Para la excavación, se respeta exactamente el mismo proceso que el estipulado para la conexión de la válvula expulsora de aire.

Con el fin de independizar el funcionamiento de las redes, y de regular las presiones hidrostáticas que sobrepasan lo permitido por la norma, inicialmente se propuso la construcción del tanque de 5,000 galones. Sin embargo, buscando una solución más rápida y económicamente viable, se propone la instalación de válvulas reguladoras de presión en los tramos críticos de la red baja.

Los manorreductores funcionan según el principio de la reducción de presión. El regulador de presión consta de una carcasa metálica, una válvula interna con un resorte ajustable y una protección para el mismo resorte. Así mismo cuenta con un lector manométrico ajustable, que permite establecer los límites de presión permitida por este mecanismo. En el caso que la presión del flujo alcance el valor establecido como máximo, la membrana abre la válvula reguladora contra la fuerza del encaje y reduce la presión de salida. Si se excede la presión máxima, la válvula se cierra, y si no sobre pasa este límite, se abre y mantiene de forma constante la presión de salida.

Se recomienda la instalación de manorreductores en los nodos 15 y 12.

## CAJAS PROTECTORAS

Mediante el diagnóstico se determinó que, absolutamente todas las cajas de registro, carecen de la respectiva capa de repello, estipuladas por el diseño. Esto genera una desprotección ante factores externos como la infiltración de aguas pluviales, grises o negras, ya que se conoce que muchos usuarios todavía utilizan letrinas lavables. Antes de realizar los reemplazos de válvulas y accesorios de apoyo, se recomienda realizar los trabajos correctivos en las cajas protectoras, buscando mantener la integridad física de las nuevas piezas anexadas.

Cabe mencionar que el repello debe realizarse por dentro y por fuera. Ambas actividades deberán ser ejecutadas por un albañil capacitado, que tome las medidas necesarias para preservar los demás elementos de fontanería que rodean el área de trabajo. Estará acompañado por dos ayudantes, encargados de realizar las respectivas mezclas.

La dosificación para el repello será de 1:4; es decir, cuatro pies cúbicos de arena fina por cada bolsa de cemento tipo portland. Sumado a esto, se considerarán cinco galones de agua por cada bolsa de cemento utilizada. El personal necesitará contar con burros, carretas, palas, un recipiente volumétrico con capacidad de un pie cúbico y otro recipiente con cinco galones de almacenamiento, cuchara de albañil. Sumado a esto, se deberá contar con dos barras lineales para levantar las tapaderas de cada caja.

Desde otro ángulo, absolutamente todas las cajas de registro carecen de un mango de acero que facilite la apertura de las mismas. Para la realización de estas agarraderas, se necesitan las siguientes herramientas: Grifas para barra #4, brocas para concreto de 5/8", cizalla, metro y tiza para marcar en acero. En cuanto a equipo, se necesita: taladro y sierra de banco o pulidora.

Inicialmente, se pueden realizar las perforaciones en cada tapadera de forma simétrica. Se realizará con brocas de un diámetro levemente mayor a la varilla #4, con el propósito de facilitar la acomodación y manipulación de esta varilla. Se procede a marcar y cortar las porciones de acero. Estas pueden tener una longitud de, aproximadamente, 80 centímetros, tratando de que el posterior levantamiento de estas tapaderas no sea complicado y se puedan agilizar las labores de operación y mantenimiento.

En la red alta, se debe realizar la construcción de ocho cajas de registro. Mientras que, en la red baja, se debe construir la caja de registro que corresponde al nodo 3, ya que la válvula de compuerta en este nodo se encuentra únicamente enterrada.

Las cajas para las válvulas serán fabricadas con bloque de concreto de 4", repelladas por dentro y fuera, las paredes descansan sobre una solera de concreto que también sirve de piso. La solera perimetral al cerrar el perímetro, crea en el centro del piso o fondo de la caja un espacio hueco en donde se coloca un estrato de grava, de manera que permita la percolación y el drenaje del agua que pueda derramarse al realizar reparaciones.

Se considera un casquete o solera de remate fabricada con concreto reforzado. Cada caja deberá poseer su respectiva tapadera, fabricada también con concreto reforzado. Las cajas se localizarán exclusivamente en la proyección de la franja de área verde y al nivel de ésta, fuera del área de rodadura de los vehículos y separadas de las cunetas.

## TUBERÍAS DE ABASTECIMIENTO

Es imperativo que la Junta de Agua realice inspecciones, como mínimo, de forma mensual en las tuberías domiciliarias de cada abonado al sistema. Fue posible detectar conexiones domiciliarias con fugas, sin embargo, no todos los pobladores permitieron la realización de una correcta indagación en la fontanería de sus hogares.

A la hora de realizar las inspecciones, es necesario que los encargados revisen humedad visible en los alrededores de la tubería, constaten que existe una caja de registro y una válvula de compuerta funcional, que no exista más de una conexión, y, sobre todo, una observación pausada en la parte superior e inferior de la tubería. Muchas veces solo se revisa el lomo de la tubería, y es en la sección inferior donde sufre un desperfecto que despilfarra agua potable.

En el tramo final de la línea de conducción, se encontró un trayecto de aproximadamente 40 metros de tubería de PVC que no está enterrado



**Ilustración 48. Tramo de PVC expuesto en línea de conducción**

Fuente: Propia

Se le recomienda a la Junta de Agua realizar una excavación

A menos de 10 metros de esta tubería, se cría una gran cantidad de ganado, por lo que es un riesgo para la salud la exposición de estas tuberías



**Ilustración 49. Tramo de PVC expuesto en línea de conducción**

Fuente: Propia

Por otra parte, se detectó una fuga en este mismo tramo, por lo que se sugiere la sustitución de ese lance de tubería.

#### ■ SISTEMA DE MEDICIÓN

Se recomienda la instalación de micromedidores en la conexión domiciliaria de cada abonado del sistema. Esto otorgará las facultades que permiten llevar un control del consumo exacto de cada usuario, así como la detección de anomalías que pueden reflejar la posibilidad de la existencia de fugas en la conexión domiciliaria o en elementos internos de cada casa. Es muy recurrente que los inodoros o lavatrastos tengan fugas que pasan desapercibidas por los habitantes de cierto hogar. De igual forma, muchas casas alimentan su pila de lavado con una tubería directa, es decir, sin una llave que regula la salida del flujo, por lo que es común que haya desperdicios del recurso hídrico. Se incita la Junta de Agua a revisar, con el permiso de cada abonado, revisar estas instalaciones, como mínimo, de forma mensual. Al estar instalados los micromedidores, y detectar consumos de agua inusuales, se recomienda proceder a una revisión inmediata de la conexión municipal y todas las conexiones internas, hasta localizar la raíz de este aumento en el medidor.

Cabe recalcar la importancia de explicar al abonado que, la razón del implemento de micromedidores y las frecuentes inspecciones, es mantener un orden en el consumo y evitar desequilibrios hidráulicos en el acueducto, ya que esto conlleva a la saturación del servicio y el consiguiente desabastecimiento en el resto de la red.

De igual manera, se sugiera la instalación de micromedidores en los ramales principales de cada sector, ya que las posibles fugas pueden estar lejos de los domicilios, y encontrarse en las líneas de distribución municipales. En otro orden de cosas, es recomendable la instalación de un macromedidor en la salida del tanque de almacenamiento.

## **5.6. PLAN DE MANTENIMIENTO**

La elaboración de un plan de mantenimiento es indispensable en todo proyecto de agua y saneamiento. Este no solo reduce las probabilidades de que exista algún tipo de daño o problemas en la red de distribución, sino que asegura que el sistema cumpla la vida útil para la cual fue diseñado en su totalidad, e incluso, permanecer en un estado óptimo luego de alcanzarla.

Parte de los percances que puede presentar un proyecto, como ser, contaminación e impurezas dentro del agua, presiones de salida insuficientes y fugas en tuberías o válvulas, es debido a la ausencia de manuales con los cuales operar y administrar estos sistemas.

### **■ MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO EN CONEXIONES DOMICILIARIAS**

#### **Detección de fugas en válvulas y tuberías concernientes a conexiones domiciliarias**

Mientras no se instalen los respectivos micromedidores para cada abonado, deberán realizarse inspecciones semanales en todas las conexiones domiciliarias pertenecientes al acueducto. Mediante esta práctica preventiva, se podrá llevar un control que permita reducir los desperdicios de agua en la red. Normalmente, estas conexiones se encuentran enterradas. Con varias horas de anticipación respecto a la tirada del tanque, se deberán efectuar excavaciones lo suficientemente profundas que permitan inspeccionar la circunferencia total de los tubos.

Es un desliz muy frecuente en una reparación, el realizar una excavación en el sitio exacto donde se localiza un desperfecto y no detectarlo, al haber profundizado únicamente hasta llegar al lomo de la tubería.

Para perpetrar esta actividad, serán necesarias las siguientes herramientas y equipo: piochas, palas y compactador manual.

En ocasiones, la fuga se encuentra en la parte inferior del tubo, y el agua se desperdicia por el subsuelo. Debido a esto, es imperativo continuar siempre la excavación hasta descubrir la base de la tubería. Sin embargo, es necesario tener precaución a la hora de realizar la excavación, tratando de evitar pinchar una tubería que se encuentre en buen estado.

Una vez esté lista la excavación, habrá que prepararse para divisar cualquier anomalía al momento de la entrada del flujo al domicilio bajo revisión. Inicialmente, la válvula de compuerta o globo que gobierna el paso de agua hacia el hogar, deberá estar cerrada. De esta forma, se sabe con total certeza que no deberá suscitarse absolutamente ningún indicio de humedad. De lo contrario, deberá programarse inmediatamente el reemplazo de las piezas que conforman esta conexión.

Otra prueba que se debe realizar, es el comportamiento del fluido en la conexión, mientras la respectiva válvula se encuentra abierta. A veces, no se sufre de problemas en lo que respecta a tuberías, sino que el problema se encuentra en la válvula que rige la dotación domiciliar. Un posible escenario es que, internamente el domicilio esté recibiendo agua, sin embargo, otro porcentaje de fluido se está desperdiciando a través de las hendiduras de la válvula. Esto genera un descontrol hídrico que, despilfarra un recurso que podría ser aprovechado por otro abonado.

Para la realización de las reparaciones en las conexiones domiciliarias, se deberá contar con las siguientes herramientas, materiales y equipo: sierra de arco o cortatubos, uniones universales o camisas inyectadas, cinta de teflón, y pegamento para PVC. Siempre se utilizará la pala y el compactador manual para que, una vez efectuada la reparación, se vuelva a proteger correctamente la conexión.

## **Revisión interna en hogares**

En otro orden de cosas, se recomienda que la Junta Administradora de Agua, examine las condiciones en las que se encuentran las pilas de almacenamiento y, de poseer, los inodoros dentro de los hogares. Comúnmente, las pilas son llenadas mediante un tubo que las abastece directamente, sin contar con una espita. Esto se debe a que, durante la noche, debido al bajo consumo en general de los pobladores, se goza de un servicio potable constante. Por ende, las personas aprovechan para dejar llenando las pilas, y durante el día, en caso de escasez, contar con un abastecimiento. Sin embargo, es muy probable que, en el transcurso de la noche, el nivel del agua comience a rebosar y se desperdicie una cantidad importante de agua. Se recomienda sugerir la instalación de espitas y brindar charlas concernientes al cuidado de los recursos hídricos.

Por otra parte, con el flujo del tanque de almacenamiento enviado, se debe revisar que elementos como lavamanos, lavatrastos e inodoros no están sufriendo fugas. Muchas veces estos desperdicios hídricos pasan desapercibidos por los pobladores, pero, las autoridades con estos lineamientos, pueden ejercer intervenciones que con el transcurso del tiempo controlarán el consumo general.

## **RED DE DISTRIBUCIÓN**

### **Inspección de conexiones ilegales**

Es importante que, desde la tubería de salida del tanque de almacenamiento, hasta el último trayecto de la línea de distribución, se revise constantemente que no se anexas pegas clandestinas que, aparte de generar un desequilibrio hidráulico, se convierten en un consumo que no tributa económicamente al ente regulador. Se recomienda ejecutar estas evaluaciones semanalmente. Es imperativo instruir a la comunidad para que, de percatarse de estas conexiones ilícitas, informen inmediatamente a la Junta Administradora de Agua. De igual forma, es muy importante explicar a la población por qué es importante que se hagan estas denuncias, ya que generan un beneficio en común para todos los abonados al sistema.

## **Detección de fugas**

De forma quincenal, es necesario recorrer la línea de distribución en búsqueda de fugas visibles. La instalación de micromedidores agilizaría sustancialmente esta actividad. Se puede tomar el conteo de los micromedidores y, posteriormente, con las válvulas circundantes totalmente cerrado, se pueden notar variaciones en el conteo que se traducen a la presencia de fugas. En el caso de que el desperfecto en el acueducto sea significativo o el caudal perdido por varias averías de un área en específico sea excesivamente alto, será notorio un aumento del caudal nocturno en los contadores de los ramales, hecho que revelará que indudablemente hay que indagar en base a varios detrimentos. Aditivo a esto, es importante trabajar de forma mancomunada con los habitantes, con el fin de que colaboren con información de fallas en el sistema y que permitan la instalación de medidores que regulen anomalías en el acueducto.

## **Reparación de fugas**

Cuando se sufre una avería en la red de abastecimiento, ya seas por causas fortuitas u ocasionado adrede, se pone en acción la operativa de reparación de la fuga, con la finalidad de que se lleve a cabo en el menor término posible, y proporcionando la solución más perenne, procurando siempre impactar a la mínima cantidad de abonados. Asimismo, también se debe tener especial atención a los inconvenientes que se podrían causar al tráfico y a caminantes, por lo que, tras la reparación del problema de servicio, se acelerarán los trabajos de obra civil para dejar despejada la vía pública.

Una vez ubicada la avería, el ente regulador del servicio deberá considerar la opción de proporcionar un suministro alternativo de forma provisional desde otro punto de la red a la zona afectada. En ocasiones, puede ser beneficioso dejar fuera de servicio transitoriamente el tramo dañado, cerrando válvulas e instalando tapones, y poder así reintegrar el racionamiento usual en el resto de la red. Hay que sopesar el tiempo que puede mantenerse esta solución momentánea, la secuela de esta interrupción al resto de la red, y los usuarios que puedan quedar sin prestación dentro del tramo que se deja suspendido.

Regularmente, esta solución se puede adoptar cuando la tubería es de pequeño diámetro, su cierre no repercute al resto del acueducto y no se deja a ningún abonado sin suministro. La reparación definitiva se cumplirá subsiguientemente en un momento en que sea más conveniente.

Cuando se decide realizar la reparación de la avería, se deben tener en cuenta las dos posibles afecciones que se considerarán más críticas:

La cantidad de usuarios perjudicados por la ausencia de servicio o merma de las condiciones consideradas como idóneas de racionamiento y el tiempo de la afección. La afección al tráfico rodado por ocupación de uno o varios carriles de circulación.

Durante el proceso de reparación, se debe tener un específico cuidado en el tapado de bocas y puntos por los que pueda introducirse elementos, cuerpos extraños e incluso animales en las tuberías. No se almacenarán, bajo ningún motivo, objetos dentro de la tubería a reparar ni el tramo nuevo a instalar. Siempre deberán considerarse los necesarios equipos de protección individual y colectiva, tanto para los trabajadores como para personas ajenas a la obra. Entre éstas deberán realizarse taludes adecuados para evitar derrumbes.

Para la realización de las reparaciones en las tuberías, se deberá contar con las siguientes herramientas, materiales y equipo: sierra de arco o cortatubos, uniones universales o camisas inyectadas, cinta de teflón, pegamento para PVC, tapones, palas, piochas, y compactador manual.

### **Revisión de la integridad de las válvulas y mantenimiento correctivo**

En lo concerniente a las válvulas de compuerta, expulsoras de aire y de limpieza, es recomendable que, cada dos semanas, estas se manipulen a favor y en contra de las manecillas del reloj, con el fin de corroborar que no presentan atascamientos y no necesitan aceite.

Esta es una medida preventiva que permitirá alargar la vida útil de las válvulas. Si en un determinado caso se producen obstrucciones, debido a óxido o alguna otra causa natural, y se pasa por alto por un periodo prolongado de tiempo, al momento de intentar manipular las válvulas se realizará de manera forzada, lo que puede generar deterioros en la integridad física de la válvula como tal.

Si deja de ser factible la rehabilitación de una válvula, y es necesario reemplazarla por una nueva, se recomienda tomar las siguientes medidas:

Cesar el abastecimiento potable en el área donde se encuentra la válvula atrofiada. Realizar una excavación, marcando un perímetro de, al menos, 60 centímetros, para facilitar las maniobras requeridas. Se deberá contar con llaves de tubo, pinzas de presión, llave inglesa, cortatubos o sierra de arco, y tapones. Se puede proceder a extraer la válvula con sus respectivos accesorios. Con el fin de garantizar una reparación que perdure por un largo periodo de tiempo, se sugiere utilizar una válvula y accesorios totalmente nuevos. Contando con las piezas necesarias, se puede instalar la nueva válvula, auxiliándose de cinta de teflón y pegamento para PVC. Se deberán perpetrar ensayos, para constatar que el comportamiento hidráulico de la nueva válvula está siendo el óptimo.

### **Registro de operación de válvulas**

Cada vez que se operen las válvulas concernientes a los ramales, es importante tener un registro de cuantas vueltas de apertura se realizaron en el mecanismo, con el designio de que en la próxima ocasión que se manipule una determinada válvula, el funcionario pueda detectar si una persona particular ha maniobrado estos mecanismos sin autorización alguna.

### **Expulsión de sedimentos**

Es crucial que, al menos, una vez al mes se realice una limpieza general en el recorrido de las tuberías. Para esto es necesaria la instalación de válvulas de purga o limpieza en los puntos más bajos del sistema. Se recomienda perpetrar esta limpieza en las horas de menor consumo. A partir de la media noche es una hora propicia para efectuar la expulsión de sedimentos.

**Tabla 16. Mantenimiento Preventivo de la Red de Distribución**

| <b>Frecuencia</b> | <b>Trabajo a realizar</b>   |
|-------------------|---|
| Diario            | <ul style="list-style-type: none"><li>a) Compruebe si existen instalaciones clandestinas, ya sea por quejas o denuncias, por evidencias o rastros de su ejecución.</li><li>b) Revise y repare fugas en todos los tramos para evitar el desperdicio de agua.</li><li>c) Instruya a la comunidad para que informe oportunamente los daños o fugas a la Junta de Agua.</li></ul> |
| Semanal           | <ul style="list-style-type: none"><li>a) Verifique si el terreno está cediendo en la zona donde está instalada la tubería. En caso de presentarse esta situación es necesario excavar porque esto generalmente señal de que existe una posible fuga en la tubería.</li></ul>  |

---

|           |  |
|-----------|--|
|           | b) Observe si las uniones están corridas.  |
|           | c) Observe si hay humedad o encharcamiento sobre la zona de la tubería.  |
|           | d) Determine si hay desplazamiento de la tubería por topografía quebrada.  |
|           | d) Se debe verificar que el nivel del tanque de almacenamiento no baje en las horas de la noche, cuando no existe consumo en las viviendas. Si esto sucede, verifique que no sea por causa de fugas en la red, desperdicio a nivel domiciliario o uso del agua para fines distintos del uso doméstico.           |
| Quincenal | e) Abra y cierre las válvulas con unas pocas vueltas para evitar que se peguen. Se recomienda aplicar, si es necesario, unas gotas de aceite lubricante.   |
| Mensual   | f) Por lo menos una vez al mes se deben lavar las tuberías para eliminar sedimentos que se hayan formado o acumulado. Para realizar esta actividad se deben abrir las válvulas de purga en la noche y en las horas de más bajo consumo. Si hay hidrantes, deje salir el agua por estos aparatos durante un rato. |

---

Fuente: CARE Internacional-Avina. (2012)

## ■ TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Al igual que en la red de distribución del sistema, es importante verificar que no existan conexiones ilegales tanto en la entrada del tanque, por la tubería de conducción de la obra toma, así como en la salida, en la cámara donde se encuentra la tubería que abastece las dos redes existentes en la comunidad. Asimismo, es importante prevenir el acceso de personas ajenas a la Junta Reguladora o de animales que rondan las cercanías del lugar, al interior del tanque de almacenamiento, puesto que significaría un riesgo potencial de contaminación o alteración de la calidad del agua suministrada al sistema. Para ello, es fundamental salvaguardar el acceso a estos mecanismos de regulación y de acceso, por medio de la implementación de candados y cadenas en las entradas a estos lugares, los cuales estarán bajo la administración del Ente Regulador y solo estos podrán regular su uso o permitir la entrada.

Para el mantenimiento del tanque, deben realizarse las siguientes actividades: mantener las tapas de las cámaras de válvulas cerradas y aseguradas como se mencionó anteriormente; limpieza de sedimentos, ya sea por medio de la válvula de limpieza, lo cual no requiere la entrada, o, limpieza de los sedimentos ingresando al tanque, lo cual requiere una desinfección posterior y un lavado completo; retoque y pintura en la totalidad del tanque, esto por lo general se efectúa anualmente, dependiendo de los niveles de corrosión o erosión de las paredes del tanque.

También es necesario hacer revisiones periódicas de las paredes internas, en busca de alguna fuga o grieta considerable, que necesite una reparación inmediata. Esto es muy importante ya que, no solo se corre el riesgo de que la estructura del tanque pueda fallar y dar pie a un colapso del sistema, pues también la exposición a los componentes metálicos (varillas de acero) del concreto, puede generar una alteración considerable en la potabilidad y pureza del agua, lo cual podría generar enfermedades o malestar a los abonados de la comunidad.

De igual manera es vital cerciorarse de que las válvulas reguladoras estén en perfecto estado, y reparar cualquier anomalía en estas. También el cercamiento del sector debe ser corregido de cualquier defecto que pueda presentar. Cada una de estas labores de mantenimiento debe ser monitoreada y registrada en un formato establecido por la Junta de Agua, con el fin de mantener un control en cada una de las actividades y evitar gastos innecesarios por labores realizadas dos veces sin necesidad o la no realización de estas.

A continuación, se muestra en la Tabla 17, un desglose de actividades de mantenimiento del tanque de almacenamiento, indicando la regularidad y los utensilios y herramientas necesarios para su realización.

**Tabla 17. Mantenimiento Preventivo del Tanque de Almacenamiento**

| <b>Frecuencia</b> | <b>Materiales requeridos</b>              | <b>Trabajo a realizar</b>   |
|-------------------|---|---|
| Diario            | Mortero, arena y herramientas apropiadas. | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Revise que las tapas o compuertas de las cámaras de válvulas estén bien cerradas y aseguradas.</li> <li>2) Observe si existen grietas, fugas y rajaduras para corregirlas.</li> <li>3) Revise si el tanque tiene sedimentos.</li> <li>4) Proteja el agua del tanque de la entrada de la presencia de agentes extraños. Instale tapas o compuertas o cambie los empaques protectores.</li> </ol> |
| Cada dos semanas  | Cepillo, balde, manguera, botas, llaves.  | Limpie los sedimentos manipulando la válvula de desagüe sin ingresar al tanque. En temporada de lluvias, realice toda la actividad dependiendo del volumen de lodos acumulados.   |
| Cada mes          | Cepillo, balde, manguera, botas, llaves.  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Limpie los sedimentos. ingrese al tanque para evaluar si requiere ser lavado. Antes de ingresar al tanque quite todas las tapas y déjelo ventilar por lo menos durante una hora. Revise la escalera de acceso al tanque, verifique que las tuercas y los tornillos estén bien ajustados.</li> </ol>   |

|               |   |  |
|---------------|---|--|
|               |   | 2) Revise en el interior del tanque si existen grietas, fugas o desprendimientos de la pared y realice los correctivos necesarios. <b>Recuerde que, por su seguridad, siempre que ingresa a un tanque otra persona debe quedar afuera pendiente de su actividad.</b> |
| Anual         | Pintura anticorrosiva, brocha, balde.   | 1) Pinte las escaleras de acceso al tanque.  |
| Cada dos años | Mortero, arena y herramientas apropiadas.   | 2) Retoque, resane y pinte el tanque externamente.<br>Recubra las paredes interiores del tanque con mortero impermeabilizado   |
| Observaciones | 1) Deje registro escrito de todas las actividades de mantenimiento realizadas en el tanque.<br>2) Informe al administrador/a o Junta Administradora de la OCSAS sobre las actividades realizadas y sobre cualquier novedad o daño encontrado que no se haya podido reparar. |  |

Fuente: CARE Internacional-Avina. (2012)

### Tratamiento del agua y mantenimiento del hipoclorador

Un funcionario capacitado será el encargado de aplicar la solución de hipoclorito de sodio. Para obtener la cantidad requerida de este componente, se aplicará la Ecuación 1.

$$G = \frac{CMD}{f}$$

C= Grado de concentración deseado. En este caso se utilizarán 0.16 g/litro, debido a la presencia de contaminación en la obra toma.

M= Volumen de agua a tratar, que hace referencia a los 20,000 galones del tanque convertidos a 75,710 litros.

D= Días que durará la solución. Se considera un periodo de siete días, para realizar este proceso una vez a la semana.

f= Factor de concentración primaria del cloro HTHT. Para efectos de la cloración en Chinda, se considerará un factor del 65%.

$$G = \frac{0.16g/litro \times 75,710litros \times 7días}{65} = 1,305 \text{ gramos}$$

Semanalmente, deberán aplicarse 1305 gramos de hipoclorito de calcio al tanque de distribución. El encargado de aplicar el tratamiento al agua, deberá constatar que se cumpla el mínimo periodo de contacto entre la solución de cloro y el agua, que es de 30 minutos. Es decir, que antes de que la válvula de salida del tanque sea habilitada para abastecer a la red, deberán pasar al menos 30 minutos para que se logra una desinfección eficaz.

Las condiciones de las tuberías, válvula, y estructura del hipoclorador como tal, deberán ser evaluadas semanalmente. Preferiblemente antes de realizar el proceso de cloración. El mismo encargado de aplicar el tratamiento al agua, deberá comprobar que las tuberías no se encuentran obstruidas bajo ninguna circunstancia, y que la solución podrá atravesar exitosamente. De encontrarse indicios de suciedad o atascamiento por la sustancia utilizada, deberá realizarse una limpieza con agua desinfectada.

El estado físico del filtro de ingreso al tanque deberá ser evaluado cada semana. Este elemento debe tratarse cuidadosamente, debido a que es susceptible a sufrir fracturas y mermar el funcionamiento del hipoclorador. Durante el diagnóstico, se constató que el filtro existente se encontraba roto, por lo que se recomienda evitar esta situación nuevamente.

La válvula de globo deberá ser ensayada durante cada visita, con el designio de percatarse inmediatamente si se encuentra dañada. Se debe verificar que no presenta filtraciones de ningún tipo y que el mecanismo de cierre funciona correctamente. Estas medidas preventivas permitirán identificar inmediatamente si uno de los componentes del hipoclorador debe ser tratado o reemplazado, con el fin de evitar retrasos en el proceso de cloración.

**Tabla 18. Resumen de diagnóstico técnico**

| Item                            | Diagnóstico   | Recomendación  | Observaciones   |
|---------------------------------|---|--|---|
| Tanque de almacenamiento        | Grietas en paredes perimetrales, capa de pintura descascarada, desprendimiento de porciones de concreto en vigas y columnas. Cuenta con solo una tubería de salida, cuando el diseño original estipula que debería tener dos salidas para la red alta y red baja de distribución respectivamente. | Remoción de capa de pintura, resane de grietas con masilla, aplicación de nueva capa de pintura, reposición de porciones de concreto con grout estructural de alta resistencia | El tanque de almacenamiento cuenta con el volumen propuesto de 20,000 galones.                                |
| Válvulas en red de distribución | Ausencia de válvulas de limpieza y expulsoras de aire. Válvulas de compuerta en red de distribución obsoletas y con señales de oxidación y filtraciones.  | Instalación de válvula de limpieza y expulsora de aire. Reposición de válvulas de compuerta en red de distribución.  | Se recomienda una revisión y posible sustitución de válvulas de compuerta o bola en conexiones domiciliarias. |
| Cajas protectoras de concreto   | Las cajas no cuentan con agarraderas de acero, ausencia total de cajas de registro en red alta y una caja inexistente en red baja, hallazgo de caja protectora embebida bajo muro perimetral, falta de capa de repello en todas las cajas.  | Aplicación de capa de repello en cajas existentes, y construcción de ocho cajas de registro en red alta y una en red baja.   |   |

Continuación Tabla 18...

| Item                            | Diagnóstico  | Recomendación  | Observaciones  |
|---------------------------------|--|--|--|
| Tuberías en red de distribución | Se determinó que la red alta fue construida en su totalidad, mientras que 1,175.46 metros lineales de tubería en la red baja no fueron instalados. Se encontraron tramos de tubería con diámetros de 1/2" y 3/4" en la red baja, lo cual infringe las normas del SANAA. Se encontraron conexiones clandestinas y fugas cerca del centro del municipio. | Se propone la instalación de los 1,175.46 metros lineales de tubería que no fueron instalados o que infringen el cumplimiento del diámetro mínimo de 1". | Se recomiendan constantes revisiones, con el fin de reducir paulatinamente las conexiones ilícitas dentro de la red de distribución, e identificar las diferentes fugas que afectan el servicio de agua potable. |
| Sistema de medición             | No se cuenta con micromedidores en ningún punto del casco urbano de Chinda.  | Deben instalarse 266 micromedidores, con el fin de que el consumo exacto de cada abonado pueda ser monitoreado.  |  |
| Cálculos de aforo               | El caudal de entrada promedio en el tanque de almacenamiento (90 galones por minuto) y en la cámara distribuidora (169 galones por minuto), confirman que el Casco Urbano de Chinda no sufre deficiencias de captación de agua.  |  |  |

Continuación Tabla 18...

| Item                 | Diagnóstico   | Recomendación | Observaciones |
|----------------------|---|---------------|---------------|
| Catastro de usuarios | Se determinó que, actualmente, el Casco Urbano de Chinda cuenta con 266 abonados. |               |               |

## VI. CONCLUSIONES

- 1) El casco urbano de Chinda presenta problemas de sectorización del servicio de agua potable, falta de tratamiento del agua, fugas en el sistema, ausencia de controles del consumo de agua, válvulas obsoletas y cajas de registro inexistentes y disfuncionales. La fuente que abastece al municipio y la capacidad de almacenamiento del tanque existente fueron descartados como elementos que disminuyan el rendimiento óptimo del sistema.
- 2) Para el plan de operación se tomarán en cuenta el nivel de deterioro y funcionamiento hidráulico de elementos como: Tanque de almacenamiento, hipoclorador, válvulas de compuerta, aire y limpieza, tramos de tubería y conexiones domiciliarias. Por otra parte, para el plan de mantenimiento se considerarán componentes como: operación errónea de la válvula de salida del tanque y válvulas del acueducto, falta de inspección en las conexiones domiciliarias, ausencia de hipocloración en el tanque de almacenamiento e implementación de medidas de concientización respecto a la utilización del agua.
- 3) Se deberá restaurar el tanque de almacenamiento y su hipoclorador, instalar micromedidores en las conexiones domiciliarias, incorporar válvulas expulsoras de aire y válvulas de limpieza al sistema, rehabilitar las cajas de registro existentes y erigir las faltantes, así como enterrar los tramos de tubería de PVC expuestos a la intemperie. Se construirá un tanque rompecargas, con capacidad de 343 galones, y se añadirán los 1175.46 metros lineales de tubería en la red baja de distribución.
- 4) En lo respectivo al plan de mantenimiento, se hace especial énfasis en el tanque de almacenamiento y las redes de distribución. En el caso del primero, es fundamental que las revisiones sean periódicas, y que se asegure que los sistemas de seguridad están en perfecto estado, reparando cualquier falla o avería con prontitud, con el debido procedimiento. En lo concerniente a la red de distribución, es importante tomar un control de todas y cada una de las válvulas y cajas de registro, verificando su estado y funcionamiento, limpiando periódicamente cada uno de sus componentes, y asegurándose que no existe manipulación indebida por parte de las personas ajenas a la Junta de Agua.
- 5) El costo total aproximado de la ejecución del plan de operación y mantenimiento asciende a L. 858,647.67

- 6) La duración estipulada para la ejecución del plan de operación y mantenimiento consta de 29 días hábiles, incluyendo sábados.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- 1) Se recomienda incorporación de anclajes horizontales de concreto, mismos que se colocarán en todos los codos o cambios de dirección, así también en los tapones, tee y diferentes válvulas del sistema.
- 2) Se sugiere la ejecución de excavaciones en los tramos de PVC de la línea de conducción que se encuentran expuestos a la intemperie y a contaminación producida por el ganado vacuno y bovino de los alrededores. Asimismo, la sustitución de válvulas expulsoras de aire dañadas en la línea de conducción.
- 3) Se recomienda la impartición de charlas y talleres referentes al racionamiento y cuidado del agua.
- 4) Se incita a la pronta instalación de micromedidores, o como alternativa, el aumento a la tarifa mensual de cada abonado, debido a que actualmente los pagos por el servicio no pueden satisfacer las necesidades operativas y de mantenimiento del acueducto.
- 5) Se propone la implementación correcta de todas las medidas y procesos expuestos en el plan de mantenimiento, para mejorar el funcionamiento del servicio en la comunidad y preservar la vida útil de todo el proyecto de agua potable. Asimismo, se incita a la Junta de Agua a motivar a la población a contribuir con las medidas necesarias para mantener en perfecto estado el sistema de distribución.
- 6) Se propone la construcción de un tanque rompecargas en la cota 966, en base al plano topográfico original, y la instalación de los tramos correspondientes de tubería PVC SDR-26 de diámetros de 1", 2" y 3"

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- ACUA. (2012). *Diagnóstico situacional de 15 sistemas de abastecimiento de agua rurales, Municipio de La Libertad. La libertad, El Salvador.*
- CONRED. (2016). *Informe situacional de los sistemas de agua potable, saneamiento e higiene del departamento de Chiquimula. Chiquimula, Guatemala.*
- Garcés, J. (2016). *Diagnóstico técnico del acueducto urbano del municipio de Quipile, Cundinamarca. Cundinamarca, Colombia.*
- CONASA. (2015). *Diagnóstico y análisis del sector Agua Potable y Saneamiento. La Paz, Honduras.*
- FHIS. (2014). *Diagnóstico sectorial de agua potable y saneamiento en La Fraternidad, Ocotepeque. Ocotepeque, Honduras.*
- CONASA. (2014). *Diagnóstico y análisis del sector Agua Potable y Saneamiento. Teusapenti, El Paraíso.*
- DNS. (2014). *Guía de métodos para rehabilitar o renovar redes de distribución de agua potable. Lima, Perú.*
- EMDUPAR. (2012). *Manual de operación y mantenimiento de redes de agua potable. Valledupar, Colombia.*
- AEAS. (2012). *Mantenimiento de redes de agua a presión. Parte I: Reparaciones. España.*
- SANAA. (2003). *Norma de diseño para acueductos rurales. Honduras.*
- Huánuco & Guillén. (2014). *Mejoramiento del sistema de agua potable de Valle Esmeralda. Ica, Perú.*
- Del Valle Flores. (2012). *Evaluación de proyectos. Obtenido de: <http://www.ingenieria.unam.mx/javica1/planeacion/Evaluacion/Evaluacion%20.html>*
- Moliá R. (2009). *Redes de distribución. Módulo: Abastecimiento y saneamiento urbano. Madrid, España.*

ECURED. (2010). *Válvulas de compuerta*. Obtenido de: <http://www.ecured.cu/V%C3%A1lvuladecompuerta>

SIAPA. (2014). *Manual de agua potable, alcantarillados y saneamiento*. México.

UNICEF. (2012). *Progresos sobre el agua potable y saneamiento*.

Duran Esquivel Gabriel. (2004). *Plan de acción para la ejecución de metas y tareas*. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/plan-accion-ejecucion-metas-tareas/>

Camacho A. (2009). *Técnicas para el análisis microbiológico*. México.

Delgado Martínez. (2007). *Diagnóstico municipal de agua potable y saneamiento ambiental de San Antón Palopó*. Sololá, Guatemala.

CIDEAD. (2014). *Fuerza y presión en los fluidos*. España.

Velasco R. (2004). *Introducción A La Hidrodinámica Clásica*. Fondo De Cultura Económica, USA.

Peralta J. (2007). *Diagnóstico y evaluación técnica del sistema de acueducto urbano del municipio de Sampués, Sucre*. Sucre, Guatemala.

Jiménez Terán. (2013). *MANUAL PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO*

Beltrán Niño. (2014). *ANÁLISIS DE LA DEMANDA Y LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA EN EL MUNICIPIO DE ARACATACA, COLOMBIA*.

ECOFUIDOS. (2012). *ESTUDIO DE LA CALIDAD DE FUENTES UTILIZADAS PARA CONSUMO HUMANO Y PLAN DE MITIGACIÓN POR CONTAMINACIÓN PARA USO DOMÉSTICO*. Lima, Perú.

EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN. (2009). *Normas de Diseño de Sistemas de Acueducto de Colombia*.

Congreso Nacional de Honduras. *Código de la salud*.

CONASA. (2003). *Ley Marco del Sector de Agua Potable y Saneamiento*.

Sampieri R. (2014). *Metodología de la investigación*.

Alonzo. (2008). Análisis de la cinta métrica recuperado a través de: <https://es.scribd.com/doc/2537919/Analisis-de-Objeto-Tecnico-La-Cinta-Metrica>


Rincon Villalba, M. A., & Vargas Vargas, W. E. (2018). *Topografía: Conceptos y Aplicaciones*. Ecoe Ediciones.

Lewis Rossman. (2017). Manual de usuarios EPANET 2.0. Universitat Politècnica de València.

Carrera, G. J. (23 de Julio de 2017). *¿Qué es y para qué sirve AutoCAD Civil 3D?* Obtenido de LinkedIn: <https://www.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-es-y-para-sirve-autocad-civil-3d-gilberto-jara-/>

CARE Internacional-Avina. (2012). *Programa Unificado de Fortalecimiento de Capacidades. Módulo 5. Operación y mantenimiento de sistemas de agua potable*. Ecuador.

## IX. ANEXOS


  
 SECRETARIA DE SALUD  
 PROGRAMA DE SANEAMIENTO AMBIENTAL  
 REGION SANITARIA N° 16  
 HOJA DE ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA

**TOMA DE MUESTRA:**  
 Fecha: 30 Enero 2018  
 Comunidad: Chinda (Casco) Municipio: Chinda  
 Región N° 16  
 Nombre del Analista: José Arnold Mazariegos Trejo

**TIPO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA:**  
 Pozo:  Manantial:  Río o Quebrada:  Acueducto:

**RESULTADO DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO:**


| Tipo de Agua | Cant. De Agua Filtrada | Col. De Bacteria contada | Coliformes totales/100 ml | Coliformes Fecales/100 ml | Tiempo de incubación |
|--------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|
| Cruda        | 1 ml.                  | 1                        | 0                         | 100                       | 24 horas             |

**RESULTADO DE ANÁLISIS QUÍMICOS:**

| Análisis         | Valores Normales (MG/TLS) | Resultado (MG/LTS) |
|------------------|---------------------------|--------------------|
| PH               | 6.5-8.5                   |                    |
| DUREZA           | 400                       |                    |
| COLOR LIBRE (Cl) | 0.5-1.5                   |                    |
| COLOR TOTAL (Cl) |                           |                    |
| AMONIO (NH4)     | 0.05-0.5                  |                    |
| NITRATOS (NO3)   | 25-50                     |                    |
| NITRITOS (NO3)   | 0.1-3.0                   |                    |
| FOSFATOS (PO4)   | 0.01                      |                    |
| HIERROS (fe)     | 0.3                       |                    |
| CLORUROS (NaCl)  | 25-250                    |                    |

**Observaciones:** Agua no apta al consumo humano, Por estar contaminada con heces fecales ya sea de seres humanos o de animal, se recomienda clorarla antes de beberla, análisis para la vigilancia de la salud.

Santa Bárbara 31 Enero 2018  
 Lugar y Fecha


  
 Firma del analista

**Ilustración 50. Análisis bacteriológico 30-01-2018 en acueducto**

Fuente: Municipalidad de Chinda



SERVICIO AUTONOMO NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS  
SANA A - DIVISION NORTE



HOJA DE RESULTADOS

LABORATORIO REGIONAL DE CALIDAD DE AGUA  
SANA A EL PROGRESO, YORO. TEL. 647 44 02

INF. No.: 8,777

RECOLECTOR DE MUESTRA IDANIA REYES AGENCIA VECINOS HONDURAS  
FECHA DE MUESTRA 12/11/2018 HORA 8:37 A.M. NOMBRE DE FUENTE LLAVE RED  
COMUNIDAD CASCO URBANO CHINDA DEPARTAMENTO SANTA BARBARA  
MUNICIPIO CHINDA

TIPO DE FUENTE

|           |  |
|-----------|--|
| POZO      |  |
| MANANTIAL |  |
| QUEBRADA  |  |

SITIO DE MUESTREO

|        |   |          |  |
|--------|---|----------|--|
| POZO   |   | CISTERNA |  |
| PRESA  |   | OTRO     |  |
| TANQUE |   |          |  |
| RED    | X |          |  |

ANALISIS BACTERIOLOGICO

FECHA: 12/11/2018 HORA: 1:05 PM

| COLIFORMES FECALES                      |                   | COLIFORMES TOTALES             |                   |
|---|-------------------|--------------------------------|-------------------|
| ml Filtrados                            | No. Col. Contadas | ml Filtrados                   | No. Col. Contadas |
| 50                                      | 0                 | 50                             | 0                 |
| Coliformes Termo tolerantes/ 100 ml : 0 |                   | Coliformes Totales / 100 ml: 0 |                   |

ANALISIS FISICO QUIMICO

FECHA: 13/11/2018 HORA: 8:25 AM

| PARAMETRO                    | UNID. | NORMA   | RESULTADO | PARAMETRO                                | UNID. | NORMA   | RESULTADO |
|------------------------------|-------|---------|-----------|--|-------|---------|-----------|
| TEMPERATURA                  | °C    | 18-30   | 23.6      | NITROGENO NITRATO                        | mg/L  | 25      | 4.4       |
| TURBIEDAD                    | NTU   | 1-5     | 1.2       | NITROGENO NITRITO                        | mg/L  | 0.1-3.0 | 0.020     |
| CONDUCTIVIDAD                | µS/cm | 400     | 282       | NITROGENO AMONIACO                       | mg/L  | 0.50    | 0.01      |
| COLOR APARENTE               | UC    | -       | 2.5       | FOSFATO (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> ) | mg/L  | -       | 0.15      |
| PH                           |       | 6.5-8.5 | 7.8       | SULFATO (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> ) | mg/L  | 250     | 4.2       |
| TOTAL SOL. DISUELT.          | mg/L  | 1000    | 141.1     |  |       |         |           |
| ALCALINIDAD TOTAL            | mg/L  | -       | -         |  |       |         |           |
| DUREZA TOTAL                 | mg/L  | 400     | 82.5      |  |       |         |           |
| CALCIO (Ca <sup>+2</sup> )   | mg/L  | 100     | 33.1      |  |       |         |           |
| MAGNESIO (Mg <sup>+2</sup> ) | mg/L  | 50      | 12.1      |  |       |         |           |
| HIERRO TOTAL (Fe)            | mg/L  | 0.3     | 0.01      |  |       |         |           |
| CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )  | mg/L  | 250     | 11        |  |       |         |           |

OBSERVACIONES: En el Análisis Bacteriológico no presento Contaminación Bacteriana por Coliformes fecales y totales. Se recomienda clorar el agua antes de ser consumida. En el Análisis Físicoquímico todos los parámetros analizados se encuentran dentro de la Norma Técnica Nacional para Aguas de Consumo Humano.

ANÁLIZADO POR: DR. RAÚL SALAZAR  
SANA A EL PROGRESO, YORO

Ilustración 51. Análisis bacteriológico 12-11-2018 en acueducto

Fuente: Municipalidad de Chinda

SERVICIO AUTONOMO NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS  
SANAA.- DIVISION NORTE



HOJA DE RESULTADOS

LABORATORIO REGIONAL DE CALIDAD DE AGUA  
SANAA EL PROGRESO, YORO. TEL. 647 44 02

INF. No.: 9,444

RECOLECTOR DE MUESTRA IDANIA REYES AGENCIA VECINOS HONDURAS  
FECHA DE MUESTRA 29/07/2019 HORA 8:25 A.M NOMBRE DE FUENTE LLAVE RED  
COMUNIDAD CHUNDA  
MUNICIPIO CHUNDA DEPARTAMENTO SANTA BARBARA

TIPO DE FUENTE

|           |  |
|-----------|--|
| POZO      |  |
| MANANTIAL |  |
| QUEBRADA  |  |

SITIO DE MUESTREO

|        |   |          |  |
|--------|---|----------|--|
| POZO   |   | CISTERNA |  |
| PRESA  |   | OTRO     |  |
| TANQUE | X |          |  |
| RED    | X |          |  |

ANALISIS BACTERIOLOGICO

FECHA: 29/07/2019 HORA: 1:10 PM

| COLIFORMES FECALES                      |                   | COLIFORMES TOTALES             |                   |
|---|-------------------|--------------------------------|-------------------|
| ml Filtrados                            | No. Col. Contadas | ml Filtrados                   | No. Col. Contadas |
| 50                                      | 0                 | 50                             | 0                 |
| Coliformes Termo tolerantes/ 100 ml : 0 |                   | Coliformes Totales / 100 ml: 0 |                   |

ANALISIS FISICO QUIMICO

| PARÁMETRO                    | UNID. | NORMA   | RESULTADO | PARAMETRO                                | UNID. | NORMA   | RESULTADO |
|------------------------------|-------|---------|-----------|--|-------|---------|-----------|
| TEMPERATURA                  | °C    | 18-30   | -         | NITROGENO NITRATO                        | mg/L  | 25      | -         |
| TURBIEDAD                    | NTU   | 1-5     | -         | NITROGENO NITRITO                        | mg/L  | 0.1-3.0 | -         |
| CONDUCTIVIDAD                | µS/cm | 400     | -         | NITROGENO AMONIACO                       | mg/L  | 0.50    | -         |
| COLOR APARENTE               | UC    | -       | -         | FOSFATO (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> ) | mg/L  | -       | -         |
| PH                           |       | 6.5-8.5 | -         | SULFATO (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> ) | mg/L  | 250     | -         |
| TOTAL SOL. DISUELT.          | mg/L  | 1000    | -         |  |       |         |           |
| ALCALINIDAD TOTAL            | mg/L  | -       | -         |  |       |         |           |
| DUREZA TOTAL                 | mg/L  | 400     | -         |  |       |         |           |
| CALCIO (Ca <sup>+2</sup> )   | mg/L  | 100     | -         |  |       |         |           |
| MAGNESIO (Mg <sup>+2</sup> ) | mg/L  | 50      | -         |  |       |         |           |
| HIERRO TOTAL (Fe)            | mg/L  | 0.3     | -         |  |       |         |           |
| CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )  | mg/L  | 250     | -         |  |       |         |           |

OBSERVACIONES: En el Análisis Bacteriológico no presento Contaminación Bacteriana por Coliformes fecales y totales. Se recomienda clorar el agua antes de ser consumida.

Ilustración 52. Análisis bacteriológico 29-07-2019 en acueducto

Fuente: Municipalidad de Chinda

SERVICIO AUTONOMO NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS  
SANAA.- DIVISIÓN NORTE



HOJA DE RESULTADOS

LABORATORIO REGIONAL DE CALIDAD DE AGUA  
SANAA EL PROGRESO, YORO. TEL 647 44 82

INF. No.: 9,439

RECOLECTOR DE MUESTRA IDANIA REYES AGENCIA VECINOS HONDURAS  
FECHA DE MUESTRA 29/07/2019 HORA 6:00 AM NOMBRE DE FUENTE SAN ANDRES  
COMUNIDAD SAN RAFAEL  
MUNICIPIO CHINDA DEPARTAMENTO SANTA BARBARA

TIPO DE FUENTE

|           |   |
|-----------|---|
| POZO      |   |
| MANANTIAL | X |
| QUEBRADA  |   |

SITIO DE MUESTREO

|        |   |             |   |
|--------|---|-------------|---|
| POZO   |   | CISTERNA    |   |
| PRESA  |   | TOMA FUENTE | X |
| TANQUE | X |             |   |
| RED    | X |             |   |

ANALISIS BACTERIOLOGICO

FECHA: 29/07/2019 HORA: 1:10 PM

| COLIFORMES TERMOTOLERANTES              |                   | COLIFORMES TOTALES              |                   |
|---|-------------------|---------------------------------|-------------------|
| ml Filtrados                            | No. Col. Contadas | ml Filtrados                    | No. Col. Contadas |
| 25                                      | 0                 | 50                              | 1                 |
| Coliformes Termo tolerantes/ 100 ml : 0 |                   | Coliformes Totales / 100 ml : 2 |                   |

ANALISIS FISICO QUIMICO

| PARÁMETRO                    | UNID. | NORMA   | RESULTADO | PARAMETRO                                | UNID. | NORMA   | RESULTADO |
|------------------------------|-------|---------|-----------|--|-------|---------|-----------|
| TEMPERATURA                  | °C    | 18-30   | -         | NITROGENO NITRATO                        | mg/L  | 25      | -         |
| TURBIEDAD                    | NTU   | 1-5     | -         | NITROGENO NITRITO                        | mg/L  | 0.1-3.0 | -         |
| CONDUCTIVIDAD                | µS/cm | 400     | -         | NITROGENO AMONIACO                       | mg/L  | 0.50    | -         |
| COLOR APARENTE               | UC    | -       | -         | FOSFATO (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> ) | mg/L  | -       | -         |
| PH                           |       | 6.5-8.5 | -         | SULFATO (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> ) | mg/L  | 250     | -         |
| TOTAL SOL. DISUELT.          | mg/L  | 1000    | -         |  |       |         |           |
| ALCALINIDAD TOTAL            | mg/L  | -       | -         |  |       |         |           |
| DUREZA TOTAL                 | mg/L  | 400     | -         |  |       |         |           |
| CALCIO (Ca <sup>+2</sup> )   | mg/L  | 100     | -         |  |       |         |           |
| MAGNESIO (Mg <sup>+2</sup> ) | mg/L  | 50      | -         |  |       |         |           |
| HIERRO TOTAL (Fe)            | mg/L  | 0.3     | -         |  |       |         |           |
| CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )  | mg/L  | 250     | -         |  |       |         |           |

OBSERVACIONES: En el Analisis Bacteriológico no presenta Contaminacion por coliformes Fecales, pero si presento crecimiento bacteriano por coliformes totales. Se recomienda clorar el agua antes de ser consumida.



Ilustración 53. Análisis bacteriológico 29-07-2019 en obra de captación

Fuente:

Municipalidad

de

Chinda

| <b>Formato de reporte de mantenimiento de componentes del sistema de agua potable</b> |  |
|---|--|
| <b>OCSAS</b>  |  |
| FECHA   |  |
| OPERADOR/A  |  |
| ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN LA CAPTACIÓN  |  |
|   |  |
|   |  |
| ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO                           |  |
|   |  |
|   |  |
|   |  |
| ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO                           |  |
|   |  |
|   |  |
|   |  |
| ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN LA RED DE ADUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN                     |  |
|   |  |
|   |  |
|   |  |
| ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN VÁLVULAS  |  |
|   |  |
|   |  |
|   |  |
| ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN HIDRANTES   |  |
|   |  |
|   |  |
|   |  |
| OBSERVACIONES   |  |
|   |  |
|   |  |

**Ilustración 54. Formato de reporte de mantenimiento**

Fuente: Propia

| <b>Formato de reporte de reparación de daños en el sistema de agua potable</b> |  |
|--|--|
| <b>OCSAS</b>   |  |
| <b>FECHA</b>   |  |
| <b>LOCALIZACIÓN DE DAÑO</b>  |  |
|  |  |
| <b>CARACTERÍSTICAS DEL DAÑO</b>  |  |
|  |  |
| <b>CAUSA DEL DAÑO</b>  |  |
|  |  |
|  |  |
| <b>TIPO DE TRABAJO REALIZADO</b>   |  |
|  |  |
|  |  |
| <b>MATERIALES EMPLEADOS</b>  |  |
|  |  |
|  |  |
| <b>OBSERVACIONES</b>   |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| <b>TIEMPO EMPLEADO</b>   |  |
|  |  |
| <b>RESPONSABLE</b>   |  |

**Ilustración 55. Formato de reporte de reparación**

Fuente: Propia

| SECTOR | BARRIO | RUTA | MANZANA | LOTE | # CONEXIONES | NO. DE FICHA                 | NOMBRE PROPIETARIO           | NOMBRE DEL USUARIO | RESPONSABLE DE PAGO | SECTOR CATASTRAL | SISTEMA MUNICIPAL | CLAVE CATASTRAL | BARRIO O COLONIA | TIPO DE PROPIEDAD | TIPO DE PREDIO | CATEGORIA DE USUARIO | TIPO DE CONEXION | PAVIMENTO | ACERA | DIAMETRO | MATERIAL | DIAMETRO | MATERIAL | FRECUENCIA DE AP | MAS DE UNA CONEXION LEGAL EN EL PREDIO | LEVANTADO POR | FECHA | REVI |
|--------|--------|------|---------|------|--------------|------------------------------|------------------------------|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|-----------------|------------------|-------------------|----------------|----------------------|------------------|-----------|-------|----------|----------|----------|----------|------------------|--|---------------|-------|------|
| 1      | 001    | 00   | 001     | 010  | 002          | NH                           | NH                           | NH                 | 01                  | 1                | 010001001010      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 10       | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 2      | 001    | 00   | 001     | 020  | 003          | Armando Borjas               | Armando Borjas               | 01                 | 1                   | 1                | 010001001020      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 10       | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 3      | 001    | 00   | 001     | 030  | 004          | Orelia Arias Manica          | Orelia Arias Manica          | 01                 | 1                   | 1                | 010001001030      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 4        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 4      | 001    | 00   | 001     | 040  | 005          | NH                           | NH                           | 01                 | 1                   | 1                | 010001001040      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 4        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 5      | 001    | 00   | 001     | 050  | 006          | Orelia Arias Manica          | Orelia Arias Manica          | 01                 | 1                   | 1                | 010001001050      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 2        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 6      | 001    | 00   | 001     | 060  | 007          | Denora Arias                 | Denora Arias                 | 01                 | 1                   | 1                | 010001001060      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 3        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 7      | 001    | 00   | 001     | 070  | 008          | Juan Carlos Arias            | Juan Carlos Arias            | 01                 | 1                   | 1                | 010001001070      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 3        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 8      | 001    | 00   | 001     | 080  | 009          | NH                           | NH                           | 01                 | 1                   | 1                | 010001001080      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 6        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 9      | 001    | 00   | 001     | 090  | 010          | NH                           | NH                           | 01                 | 1                   | 1                | 010001001090      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 5        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 10     | 001    | 00   | 001     | 100  | 011          | Carlos Roberto Lopez         | Carlos Roberto Lopez         | 01                 | 1                   | 1                | 010001001100      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 5        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 11     | 001    | 00   | 001     | 110  | 012          | NH                           | NH                           | 01                 | 1                   | 1                | 010001001110      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 5        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 12     | 001    | 00   | 001     | 120  | 013          | Maria Rubenia Caballero      | Maria Rubenia Caballero      | 01                 | 1                   | 1                | 010001001120      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 5        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 13     | 001    | 00   | 001     | 130  | 014          | Maria Rubenia Caballero      | Maria Rubenia Caballero      | 01                 | 1                   | 1                | 010001001130      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 5        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 14     | 001    | 00   | 001     | 140  | 015          | Maria Rubenia Caballero      | Maria Rubenia Caballero      | 01                 | 1                   | 1                | 010001001140      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 5        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 15     | 001    | 00   | 001     | 150  | 016          | Maria Teresa Sarmiento       | Maria Teresa Sarmiento       | 01                 | 1                   | 1                | 010001001150      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 5        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 16     | 001    | 00   | 001     | 160  | 017          | Maria Teresa Sarmiento       | Maria Teresa Sarmiento       | 01                 | 1                   | 1                | 010001001160      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 1        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 17     | 001    | 00   | 001     | 170  | 018          | Erick Rivera                 | Erick Rivera                 | 01                 | 1                   | 1                | 010001001170      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 10       | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 18     | 001    | 00   | 001     | 180  | 019          | Carlos Sanchez               | Carlos Sanchez               | 01                 | 1                   | 1                | 010001001180      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 8        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 19     | 001    | 00   | 001     | 190  | 020          | Elmín Rivera                 | Elmín Rivera                 | 01                 | 1                   | 1                | 010001001190      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 8        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 20     | 001    | 00   | 001     | 200  | 021          | NH                           | NH                           | 01                 | 1                   | 1                | 010001001200      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 8        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 21     | 001    | 00   | 001     | 210  | 022          | Pilarco Santos               | Pilarco Santos               | 01                 | 1                   | 1                | 010001001210      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 8        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 22     | 001    | 00   | 001     | 220  | 023          | NH                           | NH                           | 01                 | 1                   | 1                | 010001001220      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 5        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 23     | 001    | 00   | 001     | 230  | 024          | Juana Rodriguez              | Juana Rodriguez              | 01                 | 1                   | 1                | 010001001230      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 3        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 24     | 001    | 00   | 001     | 240  | 025          | Jose Martinez                | Jose Martinez                | 01                 | 1                   | 1                | 010001001240      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 3        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 25     | 001    | 00   | 001     | 250  | 026          | Leonia Sarmiento             | Leonia Sarmiento             | 01                 | 1                   | 1                | 010001001250      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 3        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 26     | 001    | 00   | 001     | 260  | 027          | Enriquez Alves               | Enriquez Alves               | 01                 | 1                   | 1                | 010001001260      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 6        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 27     | 001    | 00   | 001     | 270  | 028          | NH                           | NH                           | 01                 | 1                   | 1                | 010001001270      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 6        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 28     | 001    | 00   | 001     | 280  | 029          | Delmira Linarez              | Delmira Linarez              | 01                 | 1                   | 1                | 010001001280      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 4        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 29     | 001    | 00   | 001     | 290  | 030          | Fastina Mejia                | Fastina Mejia                | 01                 | 1                   | 1                | 010001001290      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 4        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 30     | 001    | 00   | 001     | 300  | 031          | Rosa Gomez                   | Rosa Gomez                   | 01                 | 1                   | 1                | 010001001300      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 5        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 31     | 001    | 00   | 001     | 310  | 032          | Maria Auxiliadora Galias     | Maria Auxiliadora Galias     | 01                 | 1                   | 1                | 010001001310      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 5        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 32     | 001    | 00   | 001     | 320  | 033          | Siraya Aguilar               | Siraya Aguilar               | 01                 | 1                   | 1                | 010001001320      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 5        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 33     | 001    | 00   | 001     | 330  | 034          | Aurora Murillo Gomez         | Aurora Murillo Gomez         | 01                 | 1                   | 1                | 010001001330      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 4        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 34     | 001    | 00   | 001     | 340  | 035          | Arnoldo Brijones Gomez       | Arnoldo Brijones Gomez       | 01                 | 1                   | 1                | 010001001340      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 3        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 35     | 001    | 00   | 001     | 350  | 036          | Veronica Lethy Serna Herrera | Veronica Lethy Serna Herrera | 01                 | 1                   | 1                | 010001001350      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 3        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 36     | 001    | 00   | 001     | 360  | 037          | Acacely Lopez Borjas         | Acacely Lopez Borjas         | 01                 | 1                   | 1                | 010001001360      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 3        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 37     | 001    | 00   | 001     | 370  | 038          | Ricardo Amaya                | Ricardo Amaya                | 01                 | 1                   | 1                | 010001001370      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 3        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 38     | 001    | 00   | 001     | 380  | 039          | Carlatino Brijones           | Carlatino Brijones           | 01                 | 1                   | 1                | 010001001380      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 3        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 39     | 001    | 00   | 001     | 390  |              |                              |                              | 01                 | 1                   | 1                | 010001001390      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 3        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |
| 40     | 001    | 00   | 001     | 400  |              |                              |                              | 01                 | 1                   | 1                | 010001001400      | Barrio Andres   | Barrio Andres    | 1                 | 2              | 2                    | 5                | 3         | 1/2"  | PVC      | 6.00"    | PVC      | 3        | 2                | Christian Medel                        | 24/08/2019    |       |      |

Ilustración 56. Catastro Municipal

Fuente: Propia

| SECTOR HIDRAULICO | BARRIO | RUTA | MANZANA | LOTE | # CONEXIONES | NO. DE FICHA | NOMBRE PROPIETARIO    | NOMBRE DEL USUARIO | RESPONSABLE DE PACO | SECTOR CATASTRAL | SISTEMA MUNICIPAL | CLAVE CATASTRAL | BARRIO O COLONIA | TIPO DE PROPIEDAD | TIPO DE PREDIO | CATEGORIA DE USUARIO | TIPO DE CONEXION | PAVIMENTO | ACERA | DIAMETRO   | MATERIAL    | DIAMETRO | MATERIAL | FRECUENCIA DE AP | MAS DE UNA CONEXION LEGAL EN EL PREDIO | LEVANTADO POR | FECHA | REVIS |
|-------------------|--------|------|---------|------|--------------|--------------|-----------------------|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|-----------------|------------------|-------------------|----------------|----------------------|------------------|-----------|-------|------------|-------------|----------|----------|------------------|--|---------------|-------|-------|
| 44                | 01     | 001  | 00      | 003  | 002          | 002          | Bora Mejia            |                    |                     | 01               |                   | 0100000002      | Boras del Lila   | 1                 | 1              | 1                    | 1                |           |       | 1,27 - PVC | 6,00" PVC 6 |          |          |                  |  |               |       |       |
| 44                | 01     | 001  | 00      | 003  | 003          | 003          | Bora Marin            |                    |                     | 01               |                   | 0100000003      | Boras del Lila   | 1                 | 1              | 1                    | 1                |           |       | 1,27 - PVC | 6,00" PVC 6 |          |          |                  |  |               |       |       |
| 44                | 01     | 001  | 00      | 003  | 004          | 004          | Bernardo Rojas        |                    |                     | 01               |                   | 0100000004      | Boras del Lila   | 1                 | 1              | 1                    | 1                |           |       | 1,27 - PVC | 6,00" PVC 6 |          |          |                  |  |               |       |       |
| 44                | 01     | 001  | 00      | 003  | 005          | 005          | Benito Flores         |                    |                     | 01               |                   | 0100000005      | Boras del Lila   | 1                 | 1              | 1                    | 1                |           |       | 1,27 - PVC | 6,00" PVC 6 |          |          |                  |  |               |       |       |
| 44                | 01     | 001  | 00      | 003  | 006          | 006          | Sandra Benavente      |                    |                     | 01               |                   | 0100000006      | Boras del Lila   | 1                 | 1              | 1                    | 1                |           |       | 1,27 - PVC | 6,00" PVC 6 |          |          |                  |  |               |       |       |
| 49                | 01     | 001  | 00      | 003  | 007          | 007          | Lorely Mejia          |                    |                     | 01               |                   | 0100000007      | Boras del Lila   | 1                 | 1              | 1                    | 1                |           |       | 1,27 - PVC | 6,00" PVC 6 |          |          |                  |  |               |       |       |
| 51                | 01     | 001  | 00      | 003  | 008          | 008          | NH                    |                    |                     | 01               |                   | 0100000008      | Boras del Lila   | 1                 | 1              | 1                    | 1                |           |       | 1,27 - PVC | 6,00" PVC 6 |          |          |                  |  |               |       |       |
| 51                | 01     | 001  | 00      | 003  | 009          | 009          | NH                    |                    |                     | 01               |                   | 0100000009      | Boras del Lila   | 1                 | 1              | 1                    | 1                |           |       | 1,27 - PVC | 6,00" PVC 6 |          |          |                  |  |               |       |       |
| 51                | 01     | 001  | 00      | 003  | 010          | 010          | NH                    |                    |                     | 01               |                   | 0100000010      | Boras del Lila   | 1                 | 1              | 1                    | 1                |           |       | 1,27 - PVC | 6,00" PVC 6 |          |          |                  |  |               |       |       |
| 51                | 01     | 001  | 00      | 003  | 011          | 011          | Renardo Mejia         |                    |                     | 01               |                   | 0100000011      | Boras del Lila   | 1                 | 1              | 1                    | 1                |           |       | 1,27 - PVC | 6,00" PVC 6 |          |          |                  |  |               |       |       |
| 51                | 01     | 001  | 00      | 003  | 012          | 012          | NH                    |                    |                     | 01               |                   | 0100000012      | Boras del Lila   | 1                 | 1              | 1                    | 1                |           |       | 1,27 - PVC | 6,00" PVC 6 |          |          |                  |  |               |       |       |
| 51                | 01     | 001  | 00      | 003  | 013          | 013          | NH                    |                    |                     | 01               |                   | 0100000013      | Boras del Lila   | 1                 | 1              | 1                    | 1                |           |       | 1,27 - PVC | 6,00" PVC 6 |          |          |                  |  |               |       |       |
| 51                | 01     | 001  | 00      | 003  | 014          | 014          | Balera Nava           |                    |                     | 01               |                   | 0100000014      | Boras del Lila   | 1                 | 1              | 1                    | 1                |           |       | 1,27 - PVC | 6,00" PVC 6 |          |          |                  |  |               |       |       |
| 51                | 01     | 001  | 00      | 003  | 015          | 015          | Patricia Carrera      |                    |                     | 01               |                   | 0100000015      | Boras del Lila   | 1                 | 1              | 1                    | 1                |           |       | 1,27 - PVC | 6,00" PVC 6 |          |          |                  |  |               |       |       |
| 51                | 01     | 001  | 00      | 003  | 016          | 016          | Patricia Carrera      |                    |                     | 01               |                   | 0100000016      | Boras del Lila   | 1                 | 1              | 1                    | 1                |           |       | 1,27 - PVC | 6,00" PVC 6 |          |          |                  |  |               |       |       |
| 51                | 01     | 001  | 00      | 003  | 017          | 017          | Roger Castillo        |                    |                     | 01               |                   | 0100000017      | Boras del Lila   | 1                 | 1              | 1                    | 1                |           |       | 1,27 - PVC | 6,00" PVC 6 |          |          |                  |  |               |       |       |
| 51                | 01     | 001  | 00      | 003  | 018          | 018          | Maria Mejia           |                    |                     | 01               |                   | 0100000018      | Boras del Lila   | 1                 | 1              | 1                    | 1                |           |       | 1,27 - PVC | 6,00" PVC 6 |          |          |                  |  |               |       |       |
| 61                | 01     | 001  | 00      | 003  | 019          | 019          | NH                    |                    |                     | 01               |                   | 0100000019      | Boras del Lila   | 1                 | 1              | 1                    | 1                |           |       | 1,27 - PVC | 6,00" PVC 6 |          |          |                  |  |               |       |       |
| 61                | 01     | 001  | 00      | 003  | 020          | 020          | NH                    |                    |                     | 01               |                   | 0100000020      | Boras del Lila   | 1                 | 1              | 1                    | 1                |           |       | 1,27 - PVC | 6,00" PVC 6 |          |          |                  |  |               |       |       |
| 61                | 01     | 001  | 00      | 003  | 021          | 021          | Carla Alvarez Estrada |                    |                     | 01               |                   | 0100000021      | Boras del Lila   | 1                 | 1              | 1                    | 1                |           |       | 1,27 - PVC | 6,00" PVC 6 |          |          |                  |  |               |       |       |
| 61                | 01     | 001  | 00      | 003  | 022          | 022          | Sandra Andrade        |                    |                     | 01               |                   | 0100000022      | Boras del Lila   | 1                 | 1              | 1                    | 1                |           |       | 1,27 - PVC | 6,00" PVC 6 |          |          |                  |  |               |       |       |
| 61                | 01     | 001  | 00      | 003  | 023          | 023          | Juan Ricardo Perez    |                    |                     | 01               |                   | 0100000023      | Boras del Lila   | 1                 | 1              | 1                    | 1                |           |       | 1,27 - PVC | 6,00" PVC 6 |          |          |                  |  |               |       |       |
| 61                | 01     | 001  | 00      | 003  | 024          | 024          | NH                    |                    |                     | 01               |                   | 0100000024      | Boras del Lila   | 1                 | 1              | 1                    | 1                |           |       | 1,27 - PVC | 6,00" PVC 6 |          |          |                  |  |               |       |       |
| 61                | 01     | 001  | 00      | 003  | 025          | 025          | NH                    |                    |                     | 01               |                   | 0100000025      | Boras del Lila   | 1                 | 1              | 1                    | 1                |           |       | 1,27 - PVC | 6,00" PVC 6 |          |          |                  |  |               |       |       |
| 61                | 01     | 001  | 00      | 003  | 026          | 026          | NH                    |                    |                     | 01               |                   | 0100000026      | Boras del Lila   | 1                 | 1              | 1                    | 1                |           |       | 1,27 - PVC | 6,00" PVC 6 |          |          |                  |  |               |       |       |
| 61                | 01     | 001  | 00      | 003  | 027          | 027          | Marta Aguilar         |                    |                     | 01               |                   | 0100000027      | Boras del Lila   | 1                 | 1              | 1                    | 1                |           |       | 1,27 - PVC | 6,00" PVC 6 |          |          |                  |  |               |       |       |
| 61                | 01     | 001  | 00      | 003  | 028          | 028          | NH                    |                    |                     | 01               |                   | 0100000028      | Boras del Lila   | 1                 | 1              | 1                    | 1                |           |       | 1,27 - PVC | 6,00" PVC 6 |          |          |                  |  |               |       |       |
| 61                | 01     | 001  | 00      | 003  | 029          | 029          | NH                    |                    |                     | 01               |                   | 0100000029      | Boras del Lila   | 1                 | 1              | 1                    | 1                |           |       | 1,27 - PVC | 6,00" PVC 6 |          |          |                  |  |               |       |       |
| 61                | 01     | 001  | 00      | 003  | 030          | 030          | NH                    |                    |                     | 01               |                   | 0100000030      | Boras del Lila   | 1                 | 1              | 1                    | 1                |           |       | 1,27 - PVC | 6,00" PVC 6 |          |          |                  |  |               |       |       |
| 61                | 01     | 001  | 00      | 003  | 031          | 031          | José Santos Martinez  |                    |                     | 01               |                   | 0100000031      | Boras del Lila   | 1                 | 1              | 1                    | 1                |           |       | 1,27 - PVC | 6,00" PVC 6 |          |          |                  |  |               |       |       |
| 61                | 01     | 001  | 00      | 003  | 032          | 032          | José Carlos Perez     |                    |                     | 01               |                   | 0100000032      | Boras del Lila   | 1                 | 1              | 1                    | 1                |           |       | 1,27 - PVC | 6,00" PVC 6 |          |          |                  |  |               |       |       |

Ilustración 57. Catastro Municipal

Fuente: Propia

| SECTOR HIDRAULICO | BARRIO | RUTA | MANZANA | LOTE | # CONEXIONES | NO. DE FICHA | NOMBRE PROPIETARIO     | NOMBRE DEL USUARIO | RESPONSABLE DE PAGO | SECTOR CATASTRAL | SISTEMA MUNICIPAL | CLAVE CATASTRAL | BARRIO O COLONIA   | TIPO DE PROPIEDAD | TIPO DE PREDIO | CATEGORIA DE USUARIO | TIPO DE CONEXION | PAVIMENTO | ACERA | DIAMETRO       | MATERIAL | DIAMETRO | MATERIAL | FRECUENCIA DE AP | MAS DE UNA CONEXION LEGAL EN EL PREDIO | LEVANTADO POR   | FECHA      | REVI |  |
|-------------------|--------|------|---------|------|--------------|--------------|------------------------|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|-----------------|--------------------|-------------------|----------------|----------------------|------------------|-----------|-------|----------------|----------|----------|----------|------------------|--|-----------------|------------|------|--|
| 1                 |        |      |         |      |              |              |                        |                    |                     |                  |                   |                 |                    |                   |                |                      |                  |           |       |                |          |          |          |                  |  |                 |            |      |  |
| 77.01             | 001    | 00   | 003     | 010  | 001          |              | Jorge Castro Funez     |                    |                     | 01               | 01                | 01001003310     | Colonia Samaritana | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 3    | 2        | 2        | 2                | 2                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 78.01             | 001    | 00   | 003     | 020  | 002          |              | NH                     |                    |                     | 01               | 01                | 01001003350     | Colonia Samaritana | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 6    | 3        | 3        | 3                | 3                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 79.01             | 001    | 00   | 003     | 030  | 003          |              | Victor Lireras         |                    |                     | 01               | 01                | 01001003360     | Colonia Samaritana | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 4    | 3        | 3        | 3                | 3                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 80.01             | 001    | 00   | 003     | 040  | 004          |              | NH                     |                    |                     | 01               | 01                | 01001003370     | Colonia Samaritana | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 4    | 3        | 3        | 3                | 3                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 81.01             | 001    | 00   | 003     | 050  | 005          |              | NH                     |                    |                     | 01               | 01                | 01001003380     | Colonia Samaritana | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 4    | 3        | 3        | 3                | 3                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 82.01             | 001    | 00   | 003     | 060  | 006          |              | NH                     |                    |                     | 01               | 01                | 01001003390     | Colonia Samaritana | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 4    | 3        | 3        | 3                | 3                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 83.01             | 001    | 00   | 003     | 070  | 007          |              | NH                     |                    |                     | 01               | 01                | 01001003400     | Colonia Samaritana | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 4    | 3        | 3        | 3                | 3                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 84.01             | 001    | 00   | 003     | 082  | 008          |              | NH                     |                    |                     | 01               | 01                | 01001003410     | Colonia Samaritana | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 4    | 3        | 3        | 3                | 3                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 85.01             | 001    | 00   | 003     | 090  | 009          |              | NH                     |                    |                     | 01               | 01                | 01001003420     | Colonia Samaritana | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 4    | 3        | 3        | 3                | 3                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 86.01             | 001    | 00   | 003     | 100  | 010          |              | Eva Trijo              |                    |                     | 01               | 01                | 01001003430     | Colonia Samaritana | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 4    | 3        | 3        | 3                | 3                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 87.01             | 001    | 00   | 003     | 110  | 011          |              | Abigail Cruz           |                    |                     | 01               | 01                | 01001003440     | Colonia Samaritana | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 4    | 3        | 3        | 3                | 3                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 88.01             | 001    | 00   | 003     | 120  | 012          |              | Oliver Fuentes         |                    |                     | 01               | 01                | 01001003450     | Colonia Samaritana | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 4    | 3        | 3        | 3                | 3                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 89.01             | 001    | 00   | 003     | 130  | 013          |              | Escuela                |                    |                     | 01               | 01                | 01001003460     | Colonia Samaritana | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 4    | 3        | 3        | 3                | 3                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 90.01             | 001    | 00   | 003     | 140  | 014          |              | Centro de Salud        |                    |                     | 01               | 01                | 01001003470     | Colonia Samaritana | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 4    | 3        | 3        | 3                | 3                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 91.01             | 001    | 00   | 003     | 150  | 015          |              | Juan Zedivar           |                    |                     | 01               | 01                | 01001003480     | Colonia Samaritana | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 4    | 3        | 3        | 3                | 3                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 92.01             | 001    | 00   | 003     | 160  | 016          |              | Jorge Lopez            |                    |                     | 01               | 01                | 01001003490     | Colonia Samaritana | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 4    | 3        | 3        | 3                | 3                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 93.01             | 001    | 00   | 003     | 170  | 017          |              | NH                     |                    |                     | 01               | 01                | 01001003500     | Colonia Samaritana | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 4    | 3        | 3        | 3                | 3                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 94.01             | 001    | 00   | 003     | 180  | 018          |              | NH                     |                    |                     | 01               | 01                | 01001003510     | Colonia Samaritana | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 4    | 3        | 3        | 3                | 3                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 95.01             | 001    | 00   | 003     | 190  | 019          |              | Santos Lopez           |                    |                     | 01               | 01                | 01001003520     | Colonia Samaritana | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 4    | 3        | 3        | 3                | 3                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 96.01             | 001    | 00   | 003     | 200  | 020          |              | Trifonia Fernandez     |                    |                     | 01               | 01                | 01001003530     | Colonia Samaritana | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 4    | 3        | 3        | 3                | 3                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 97.01             | 001    | 00   | 003     | 210  | 021          |              | Gerard Rodriguez       |                    |                     | 01               | 01                | 01001003540     | Colonia Samaritana | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 4    | 3        | 3        | 3                | 3                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 98.01             | 001    | 00   | 003     | 220  | 022          |              | NH                     |                    |                     | 01               | 01                | 01001003550     | Colonia Samaritana | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 4    | 3        | 3        | 3                | 3                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 99.01             | 001    | 00   | 003     | 230  | 023          |              | Jose Inocencio Diaz    |                    |                     | 01               | 01                | 01001003560     | Colonia Samaritana | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 4    | 3        | 3        | 3                | 3                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 100.01            | 001    | 00   | 003     | 240  | 024          |              | Jose Inocencio Diaz    |                    |                     | 01               | 01                | 01001003570     | Colonia Samaritana | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 4    | 3        | 3        | 3                | 3                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 101.01            | 001    | 00   | 003     | 250  | 025          |              | Carlos Alberto Herrera |                    |                     | 01               | 01                | 01001003580     | Colonia Samaritana | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 4    | 3        | 3        | 3                | 3                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 102.01            | 001    | 00   | 003     | 260  | 026          |              | Erick Gerardo Ardas    |                    |                     | 01               | 01                | 01001003590     | Colonia Samaritana | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 4    | 3        | 3        | 3                | 3                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 103               |        |      |         |      |              |              |                        |                    |                     |                  |                   |                 |                    |                   |                |                      |                  |           |       |                |          |          |          |                  |  |                 |            |      |  |
| 104               |        |      |         |      |              |              |                        |                    |                     |                  |                   |                 |                    |                   |                |                      |                  |           |       |                |          |          |          |                  |  |                 |            |      |  |
| 105.01            | 001    | 00   | 003     | 100  | 001          |              | NH                     |                    |                     | 01               | 01                | 01001003610     | Barrio Guadalupe   | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 3    | 2        | 2        | 2                | 2                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 106.01            | 001    | 00   | 003     | 110  | 002          |              | NH                     |                    |                     | 01               | 01                | 01001003620     | Barrio Guadalupe   | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 3    | 2        | 2        | 2                | 2                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 107.01            | 001    | 00   | 003     | 120  | 003          |              | NH                     |                    |                     | 01               | 01                | 01001003630     | Barrio Guadalupe   | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 3    | 2        | 2        | 2                | 2                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 108.01            | 001    | 00   | 003     | 130  | 004          |              | Reye Leonardo Galles   |                    |                     | 01               | 01                | 01001003640     | Barrio Guadalupe   | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 4    | 10       | 2        | 2                | 2                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 109.01            | 001    | 00   | 003     | 140  | 005          |              | Gloria Mejia           |                    |                     | 01               | 01                | 01001003650     | Barrio Guadalupe   | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 4    | 10       | 2        | 2                | 2                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 110.01            | 001    | 00   | 003     | 150  | 006          |              | NH                     |                    |                     | 01               | 01                | 01001003660     |                    | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 4    | 10       | 2        | 2                | 2                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 111.01            | 001    | 00   | 003     | 160  | 006          |              | NH                     |                    |                     | 01               | 01                | 01001003670     |                    | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 4    | 10       | 2        | 2                | 2                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 112.01            | 001    | 00   | 003     | 170  | 007          |              | NH                     |                    |                     | 01               | 01                | 01001003680     |                    | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 4    | 10       | 2        | 2                | 2                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 113.01            | 001    | 00   | 003     | 180  | 008          |              | NH                     |                    |                     | 01               | 01                | 01001003690     |                    | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 4    | 10       | 2        | 2                | 2                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |
| 114.01            | 001    | 00   | 003     | 190  | 009          |              | NH                     |                    |                     | 01               | 01                | 01001003700     |                    | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1/2" PVC 6.00" | PVC 4    | 10       | 2        | 2                | 2                                      | Cristian Medhez | 31/08/2019 |      |  |

Ilustración 58. Catastro Municipal

Fuente: Propia

| SECTOR | BARRIO | RUTA | MANZANA | LOTE | # CONEXIONES | NO. DE FICHA | NOMBRE PROPIETARIO      | NOMBRE DEL USUARIO | RESPONSABLE DE PAGO | SECTOR CATASTRAL | SISTEMA MUNICIPAL | CLAVE CATASTRAL | BARRIO O COLONIA | TIPO DE PROPIEDAD | TIPO DE PREDIO | CATEGORIA DE USUARIO | TIPO DE CONEXION | PAVIMENTO | ACERA | DIAMETRO MATERIAL | DIAMETRO MATERIAL | FRECUENCIA DE AP | MAS DE UNA CONEXION LEGAL EN EL PREDIO | LEVANTADO POR  | FECHA      | REVI |  |
|--------|--------|------|---------|------|--------------|--------------|-------------------------|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|-----------------|------------------|-------------------|----------------|----------------------|------------------|-----------|-------|-------------------|-------------------|------------------|--|----------------|------------|------|--|
| 1      |        |      |         |      |              |              |                         |                    |                     |                  |                   |                 |                  |                   |                |                      |                  |           |       |                   |                   |                  |  |                |            |      |  |
| 117/01 | 001    | 00   | 003     | 010  | 001          | 001          | Rosalina Fernandez      |                    | 01                  | 1                |                   | 01001003010     | Barrio el Zapote | 1                 | 1              | 1                    | 5                | 5         | 3     | 1/2" PVC 6.00"    | PVC               | 2                |  | Cristian Medel | 31/08/2019 |      |  |
| 118/01 | 001    | 00   | 003     | 030  | 002          | 003          | José Paz                |                    | 01                  | 1                |                   | 01001003020     | Barrio el Zapote | 1                 | 1              | 1                    | 5                | 5         | 3     | 1/2" PVC 6.00"    | PVC               | 2                |  | Cristian Medel | 31/08/2019 |      |  |
| 119/01 | 001    | 00   | 003     | 030  | 003          | 004          | NH                      |                    | 01                  | 1                |                   | 01001003030     | Barrio el Zapote | 1                 | 1              | 1                    | 5                | 5         | 3     | 1/2" PVC 6.00"    | PVC               | 2                |  | Cristian Medel | 31/08/2019 |      |  |
| 120/01 | 001    | 00   | 003     | 040  | 004          | 004          | Vilma Trochez           |                    | 01                  | 1                |                   | 01001003040     | Barrio el Zapote | 1                 | 1              | 1                    | 5                | 5         | 3     | 1/2" PVC 6.00"    | PVC               | 2                |  | Cristian Medel | 31/08/2019 |      |  |
| 121/01 | 001    | 00   | 003     | 050  | 005          | 005          | Ariel Lara              |                    | 01                  | 1                |                   | 01001003050     | Barrio el Zapote | 1                 | 1              | 1                    | 5                | 5         | 3     | 1/2" PVC          |                   |                  |  |                |            |      |  |
| 122/01 | 001    | 00   | 003     | 060  | 006          | 006          | Yolanda Lopez           |                    | 01                  | 1                |                   | 01001003060     | Barrio el Zapote | 1                 | 1              | 1                    | 5                | 5         | 3     | 1/2" PVC          |                   |                  |  |                |            |      |  |
| 123/01 | 001    | 00   | 003     | 070  | 007          | 007          | Irma de Jesus Barera    |                    | 01                  | 1                |                   | 01001003070     | Barrio el Zapote | 1                 | 1              | 1                    | 5                | 5         | 3     | 1/2" PVC          |                   |                  |  |                |            |      |  |
| 124/01 | 001    | 00   | 003     | 080  | 008          | 008          | Maria Florencia Barera  |                    | 01                  | 1                |                   | 01001003080     | Barrio el Zapote | 1                 | 1              | 1                    | 5                | 5         | 3     | 1/2" PVC          |                   |                  |  |                |            |      |  |
| 125/01 | 001    | 00   | 003     | 090  | 009          | 009          | NH                      |                    | 01                  | 1                |                   | 01001003090     | Barrio el Zapote | 1                 | 1              | 1                    | 5                | 5         | 3     | 1/2" PVC          |                   |                  |  |                |            |      |  |
| 126/01 | 001    | 00   | 003     | 100  | 010          | 010          | Carlos Roberto Linares  |                    | 01                  | 1                |                   | 01001003100     | Barrio el Zapote | 1                 | 1              | 1                    | 5                | 5         | 3     | 1/2" PVC          |                   |                  |  |                |            |      |  |
| 127/01 | 001    | 00   | 003     | 110  | 011          | 011          | Juan Carlos Barahona    |                    | 01                  | 1                |                   | 01001003110     | Barrio el Zapote | 1                 | 1              | 1                    | 5                | 5         | 3     | 1/2" PVC          |                   |                  |  |                |            |      |  |
| 128/01 | 001    | 00   | 003     | 120  | 012          | 012          | Buenaventura Linares    |                    | 01                  | 1                |                   | 01001003120     | Barrio el Zapote | 1                 | 1              | 1                    | 5                | 5         | 3     | 1/2" PVC          |                   |                  |  |                |            |      |  |
| 129/01 | 001    | 00   | 003     | 130  | 013          | 013          | NH                      |                    | 01                  | 1                |                   | 01001003130     | Barrio el Zapote | 1                 | 1              | 1                    | 5                | 5         | 3     | 1/2" PVC          |                   |                  |  |                |            |      |  |
| 130/01 | 001    | 00   | 003     | 140  | 014          | 014          | María de Jesus Bledones |                    | 01                  | 1                |                   | 01001003140     | Barrio el Zapote | 1                 | 1              | 1                    | 5                | 5         | 3     | 1/2" PVC          |                   |                  |  |                |            |      |  |
| 131/01 | 001    | 00   | 003     | 150  | 015          | 015          | Yolanda Barera          |                    | 01                  | 1                |                   | 01001003150     | Barrio el Zapote | 1                 | 1              | 1                    | 5                | 5         | 3     | 1/2" PVC          |                   |                  |  |                |            |      |  |
| 132/01 | 001    | 00   | 003     | 160  | 016          | 016          | Kenia Aulas             |                    | 01                  | 1                |                   | 01001003160     | Barrio el Zapote | 1                 | 1              | 1                    | 5                | 5         | 3     | 1/2" PVC          |                   |                  |  |                |            |      |  |

Ilustración 59. Catastro Municipal

Fuente: Propia

| SECTOR | BARRIO            | RUTA   | MANZANA | LOTE | # CONEXIONES | NO. DE FICHA | NOMBRE PROPIETARIO             | NOMBRE DEL USUARIO | RESPONSABLE DE PAGO | SECTOR CATASTRAL | SISTEMA MUNICIPAL | CLAVE CATASTRAL | BARRIO O COLONIA    | TIPO DE PROPIEDAD | TIPO DE PREDIO | CATEGORIA DE USUARIO | TIPO DE CONEXION | PAVIMENTO | ACERA | DIAMETRO | MATERIAL | DIAMETRO | MATERIAL | FRECUENCIA DE AP | MAS DE UNA CONEXION LEGAL EN EL PREDIO | LEVANTADO POR | FECHA | REVI |
|--------|-------------------|--------|---------|------|--------------|--------------|--------------------------------|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|-----------------|---------------------|-------------------|----------------|----------------------|------------------|-----------|-------|----------|----------|----------|----------|------------------|--|---------------|-------|------|
| 1      | SECTOR HIDRAULICO | BARRIO | MANZANA | LOTE | # CONEXIONES | NO. DE FICHA | NOMBRE PROPIETARIO             | NOMBRE DEL USUARIO | RESPONSABLE DE PAGO | SECTOR CATASTRAL | SISTEMA MUNICIPAL | CLAVE CATASTRAL | BARRIO O COLONIA    | TIPO DE PROPIEDAD | TIPO DE PREDIO | CATEGORIA DE USUARIO | TIPO DE CONEXION | PAVIMENTO | ACERA | DIAMETRO | MATERIAL | DIAMETRO | MATERIAL | FRECUENCIA DE AP | MAS DE UNA CONEXION LEGAL EN EL PREDIO | LEVANTADO POR | FECHA | REVI |
| 138701 | 001               | 00     | 004     | 010  | 002          | NH           | Novia Borjas                   |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004010      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 7        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 138701 | 001               | 00     | 004     | 020  | 003          | NH           | Ornela Rojas                   |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004020      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 7        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 138701 | 001               | 00     | 004     | 030  | 004          | NH           | Ornela Rojas                   |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004030      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 8        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 138701 | 001               | 00     | 004     | 040  | 005          | NH           | Ornela Rojas                   |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004040      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 8        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 14701  | 001               | 00     | 004     | 060  | 006          | NH           | Luis Lopez                     |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004060      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 7        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 14701  | 001               | 00     | 004     | 070  | 007          | NH           | Luis Lopez                     |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004070      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 7        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 14201  | 001               | 00     | 004     | 080  | 008          | NH           | Maria Carolina                 |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004080      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 8        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 14401  | 001               | 00     | 004     | 100  | 010          | NH           | Arturo Correa                  |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004100      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 4        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 14401  | 001               | 00     | 004     | 110  | 011          | NH           | Arturo Correa                  |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004110      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 4        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 14601  | 001               | 00     | 004     | 120  | 012          | NH           | Arturo Correa                  |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004120      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 4        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 14701  | 001               | 00     | 004     | 130  | 013          | NH           | Maria Carolina                 |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004130      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 7        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 14801  | 001               | 00     | 004     | 140  | 014          | NH           | Maria Carolina                 |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004140      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 7        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 15001  | 001               | 00     | 004     | 160  | 016          | NH           | Rafael Moreno                  |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004160      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 5        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 15101  | 001               | 00     | 004     | 170  | 017          | NH           | Marilyn Viquez                 |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004170      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 5        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 15201  | 001               | 00     | 004     | 180  | 018          | NH           | Marilyn Viquez                 |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004180      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 5        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 15301  | 001               | 00     | 004     | 190  | 019          | NH           | Marilyn Viquez                 |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004190      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 5        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 15401  | 001               | 00     | 004     | 200  | 020          | NH           | Marilyn Viquez                 |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004200      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 5        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 15501  | 001               | 00     | 004     | 210  | 021          | NH           | Olivia Madrid Encinos          |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004210      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 5        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 15601  | 001               | 00     | 004     | 220  | 022          | NH           | Jose Ciro                      |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004220      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 5        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 15701  | 001               | 00     | 004     | 230  | 023          | NH           | Jose Ciro                      |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004230      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 5        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 15801  | 001               | 00     | 004     | 240  | 024          | NH           | Santiago Lopez River           |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004240      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 7        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 15901  | 001               | 00     | 004     | 250  | 025          | NH           | Santiago Lopez River           |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004250      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 7        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 16001  | 001               | 00     | 004     | 260  | 026          | NH           | Santiago Lopez River           |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004260      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 7        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 16101  | 001               | 00     | 004     | 270  | 027          | NH           | Jorge Alexander Garcia         |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004270      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 7        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 16201  | 001               | 00     | 004     | 280  | 028          | NH           | Jorge Alexander Garcia         |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004280      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 7        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 16301  | 001               | 00     | 004     | 290  | 029          | NH           | Denis Rivera Garcia            |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004290      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 7        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 16401  | 001               | 00     | 004     | 300  | 030          | NH           | Josef Pardo                    |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004300      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 7        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 16501  | 001               | 00     | 004     | 310  | 031          | NH           | Josef Pardo                    |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004310      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 7        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 16601  | 001               | 00     | 004     | 320  | 032          | NH           | Josef Pardo                    |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004320      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 7        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 16701  | 001               | 00     | 004     | 330  | 033          | NH           | Jesus Lopez/Maria Luisa Borjas |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004330      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 7        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 16801  | 001               | 00     | 004     | 340  | 034          | NH           | Jesus Lopez/Maria Luisa Borjas |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004340      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 7        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 16901  | 001               | 00     | 004     | 350  | 035          | NH           | Jesus Lopez/Maria Luisa Borjas |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004350      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 7        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 17001  | 001               | 00     | 004     | 360  | 036          | NH           | Jesus Lopez/Maria Luisa Borjas |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004360      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 7        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 17101  | 001               | 00     | 004     | 370  | 037          | NH           | Jesus Lopez/Maria Luisa Borjas |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004370      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 7        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 17201  | 001               | 00     | 004     | 380  | 038          | NH           | Edna Yolbeth Muriel            |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004380      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 7        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 17301  | 001               | 00     | 004     | 390  | 039          | NH           | Edna Yolbeth Muriel            |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004390      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 7        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 17401  | 001               | 00     | 004     | 400  | 040          | NH           | Edna Yolbeth Muriel            |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004400      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 7        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |
| 17501  | 001               | 00     | 004     | 410  | 041          | NH           | Edna Yolbeth Muriel            |                    | 1                   | 01               | 01                | 0001004410      | Barrio El Tamarindo | 1                 | 1              | 1                    | 3                | 3         | 12"   | PVC      | 6.00"    | PVC      | 7        | 1                | Christian Meeker                       | 31/08/2019    |       |      |

Ilustración 60. Catastro Municipal

Fuente: Propia

| 1      | SECTOR HIDRAULICO | BARRIO | RUTA | MANZANA | LOTE | # CONEXIONES | NO. DE FICHA | NOMBRE PROPIETARIO | NOMBRE DEL USUARIO | RESPONSABLE DE PAGO | SECTOR CATASTRAL | SISTEMA MUNICIPAL | CLAVE CATASTRAL | BARRIO O COLONIA     | TIPO DE PROPIEDAD | TIPO DE PREDIO | CATEGORIA DE USUARIO | TIPO DE CONEXION | PAVIMENTO | ACERA | DIAMETRO | MATERIAL | DIAMETRO | MATERIAL | FRECUENCIA DE AP | MAS DE UNA CONEXION LEGAL EN EL PREDIO | LEVANTADO POR | FECHA | REVI |
|--------|-------------------|--------|------|---------|------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|-----------------|----------------------|-------------------|----------------|----------------------|------------------|-----------|-------|----------|----------|----------|----------|------------------|--|---------------|-------|------|
| 179/01 | 001               | 00     | 005  | 010     | 001  | 002          | NH           |                    |                    |                     | 01               |                   | 01001005010     | Barrio el Guanacaste | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1/2" PVC  | 6.00" | PVC      | 6.00"    | PVC      | 3        | 1                | Christian Medheer                      | 31/08/2019    |       |      |
| 180/01 | 001               | 00     | 005  | 030     | 002  | 003          | NH           |                    |                    |                     | 01               |                   | 01001005030     | Barrio el Guanacaste | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1/2" PVC  | 6.00" | PVC      | 6.00"    | PVC      | 3        | 1                | Christian Medheer                      | 31/08/2019    |       |      |
| 181/01 | 001               | 00     | 005  | 040     | 003  | 004          | NH           |                    |                    |                     | 01               |                   | 01001005040     | Barrio el Guanacaste | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1/2" PVC  | 6.00" | PVC      | 6.00"    | PVC      | 3        | 1                | Christian Medheer                      | 31/08/2019    |       |      |
| 182/01 | 001               | 00     | 005  | 050     | 004  | 005          | NH           |                    |                    |                     | 01               |                   | 01001005050     | Barrio el Guanacaste | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1/2" PVC  | 6.00" | PVC      | 6.00"    | PVC      | 3        | 1                | Christian Medheer                      | 31/08/2019    |       |      |
| 183/01 | 001               | 00     | 005  | 060     | 005  | 006          | NH           |                    |                    |                     | 01               |                   | 01001005060     | Barrio el Guanacaste | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1/2" PVC  | 6.00" | PVC      | 6.00"    | PVC      | 3        | 1                | Christian Medheer                      | 31/08/2019    |       |      |
| 184/01 | 001               | 00     | 005  | 070     | 006  | 007          | NH           |                    |                    |                     | 01               |                   | 01001005070     | Barrio el Guanacaste | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1/2" PVC  | 6.00" | PVC      | 6.00"    | PVC      | 3        | 1                | Christian Medheer                      | 31/08/2019    |       |      |
| 185/01 | 001               | 00     | 005  | 080     | 007  | 008          | NH           |                    |                    |                     | 01               |                   | 01001005080     | Barrio el Guanacaste | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1/2" PVC  | 6.00" | PVC      | 6.00"    | PVC      | 3        | 1                | Christian Medheer                      | 31/08/2019    |       |      |
| 186/01 | 001               | 00     | 005  | 090     | 008  | 009          | NH           |                    |                    |                     | 01               |                   | 01001005090     | Barrio el Guanacaste | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1/2" PVC  | 6.00" | PVC      | 6.00"    | PVC      | 3        | 1                | Christian Medheer                      | 31/08/2019    |       |      |
| 187/01 | 001               | 00     | 005  | 100     | 009  | 010          | NH           |                    |                    |                     | 01               |                   | 01001005100     | Barrio el Guanacaste | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1/2" PVC  | 6.00" | PVC      | 6.00"    | PVC      | 3        | 1                | Christian Medheer                      | 31/08/2019    |       |      |
| 188/01 | 001               | 00     | 005  | 110     | 010  | 011          | NH           |                    |                    |                     | 01               |                   | 01001005110     | Barrio el Guanacaste | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1/2" PVC  | 6.00" | PVC      | 6.00"    | PVC      | 3        | 1                | Christian Medheer                      | 31/08/2019    |       |      |
| 189/01 | 001               | 00     | 005  | 120     | 011  | 012          | NH           |                    |                    |                     | 01               |                   | 01001005120     | Barrio el Guanacaste | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1/2" PVC  | 6.00" | PVC      | 6.00"    | PVC      | 3        | 1                | Christian Medheer                      | 31/08/2019    |       |      |
| 190/01 | 001               | 00     | 005  | 130     | 012  | 013          | NH           |                    |                    |                     | 01               |                   | 01001005130     | Barrio el Guanacaste | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1/2" PVC  | 6.00" | PVC      | 6.00"    | PVC      | 3        | 1                | Christian Medheer                      | 31/08/2019    |       |      |
| 191/01 | 001               | 00     | 005  | 140     | 013  | 014          | NH           |                    |                    |                     | 01               |                   | 01001005140     | Barrio el Guanacaste | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1/2" PVC  | 6.00" | PVC      | 6.00"    | PVC      | 3        | 1                | Christian Medheer                      | 31/08/2019    |       |      |
| 192/01 | 001               | 00     | 005  | 150     | 014  | 015          | NH           |                    |                    |                     | 01               |                   | 01001005150     | Barrio el Guanacaste | 1                 | 1              | 1                    | 1                | 1/2" PVC  | 6.00" | PVC      | 6.00"    | PVC      | 3        | 1                | Christian Medheer                      | 31/08/2019    |       |      |

Ilustración 61. Catastro Municipal

Fuente: Propia

| SECTOR HIDRAULICO | BARRIO | CALITA | MANZANA | LOTE | # CONEXIONES | NO. DE RICA | NOMBRE PROPIETARIO       | NOMBRE DEL USUARIO | RESPONSABLE DE PAGO | SECTOR CATASTRAL | SISTEMA MUNICIPAL | CLAVE CATASTRAL | BARRIO O COLONIA | TIPO DE PROPIEDAD | TIPO DE PREDIO | CATEGORIA DE USUARIO | TIPO DE CONEXION | PAVIMENTO | ACERA | DIAMETRO MATERIAL | DIAMETRO MATERIAL | FRECUENCIA DE AR | MAS DE UNA CONEXION LEGAL EN EL PREDIO | LEVANTADO POR  | FECHA      | REVISOR |  |
|-------------------|--------|--------|---------|------|--------------|-------------|--------------------------|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|-----------------|------------------|-------------------|----------------|----------------------|------------------|-----------|-------|-------------------|-------------------|------------------|--|----------------|------------|---------|--|
| 1                 |        |        |         |      |              |             |                          |                    |                     |                  |                   |                 |                  |                   |                |                      |                  |           |       |                   |                   |                  |  |                |            |         |  |
| 1967/01           | 0001   | 00     | 006     | 010  | 001          | 001         | Carlos Bogran            |                    |                     |                  |                   | 010101000010    | BARRIO BARRIO    |                   |                |                      |                  |           |       | J2 - PVC 6.00"    | PVC 5             |                  |  | CRISHAN MANDER | 31/08/2019 |         |  |
| 1970/01           | 0001   | 00     | 006     | 010  | 002          | 002         | Antonio Barrios          |                    |                     |                  |                   | 010101000010    | BARRIO BARRIO    |                   |                |                      |                  |           |       | J2 - PVC 6.00"    | PVC 5             |                  |  | CRISHAN MANDER | 31/08/2019 |         |  |
| 1981/01           | 0001   | 00     | 006     | 010  | 003          | 003         | NH                       |                    |                     |                  |                   | 010101000010    | BARRIO BARRIO    |                   |                |                      |                  |           |       | J2 - PVC 6.00"    | PVC 5             |                  |  | CRISHAN MANDER | 31/08/2019 |         |  |
| 1982/01           | 0001   | 00     | 006     | 010  | 004          | 004         | Edelfa Hernandez         |                    |                     |                  |                   | 010101000010    | BARRIO BARRIO    |                   |                |                      |                  |           |       | J2 - PVC 6.00"    | PVC 5             |                  |  | CRISHAN MANDER | 31/08/2019 |         |  |
| 2007/01           | 0001   | 00     | 006     | 010  | 005          | 005         | Rosa Estefania Hernandez |                    |                     |                  |                   | 010101000010    | BARRIO BARRIO    |                   |                |                      |                  |           |       | J2 - PVC 6.00"    | PVC 5             |                  |  | CRISHAN MANDER | 31/08/2019 |         |  |
| 2011/01           | 0001   | 00     | 006     | 010  | 006          | 006         | NH                       |                    |                     |                  |                   | 010101000010    | BARRIO BARRIO    |                   |                |                      |                  |           |       | J2 - PVC 6.00"    | PVC 5             |                  |  | CRISHAN MANDER | 31/08/2019 |         |  |
| 2021/01           | 0001   | 00     | 006     | 010  | 007          | 007         | NH                       |                    |                     |                  |                   | 010101000010    | BARRIO BARRIO    |                   |                |                      |                  |           |       | J2 - PVC 6.00"    | PVC 5             |                  |  | CRISHAN MANDER | 31/08/2019 |         |  |
| 2022/01           | 0001   | 00     | 006     | 010  | 008          | 008         | NH                       |                    |                     |                  |                   | 010101000010    | BARRIO BARRIO    |                   |                |                      |                  |           |       | J2 - PVC 6.00"    | PVC 5             |                  |  | CRISHAN MANDER | 31/08/2019 |         |  |
| 2028/01           | 0001   | 00     | 006     | 010  | 009          | 009         | Maria Santos             |                    |                     |                  |                   | 010101000010    | BARRIO BARRIO    |                   |                |                      |                  |           |       | J2 - PVC 6.00"    | PVC 5             |                  |  | CRISHAN MANDER | 31/08/2019 |         |  |
| 2029/01           | 0001   | 00     | 006     | 010  | 010          | 010         | NH                       |                    |                     |                  |                   | 010101000010    | BARRIO BARRIO    |                   |                |                      |                  |           |       | J2 - PVC 6.00"    | PVC 5             |                  |  | CRISHAN MANDER | 31/08/2019 |         |  |
| 2030/01           | 0001   | 00     | 006     | 010  | 011          | 011         | Alma Martinez            |                    |                     |                  |                   | 010101000010    | BARRIO BARRIO    |                   |                |                      |                  |           |       | J2 - PVC 6.00"    | PVC 5             |                  |  | CRISHAN MANDER | 31/08/2019 |         |  |
| 2031/01           | 0001   | 00     | 006     | 010  | 012          | 012         | Alma Martinez            |                    |                     |                  |                   | 010101000010    | BARRIO BARRIO    |                   |                |                      |                  |           |       | J2 - PVC 6.00"    | PVC 5             |                  |  | CRISHAN MANDER | 31/08/2019 |         |  |
| 2032/01           | 0001   | 00     | 006     | 010  | 013          | 013         | Enay Lopez               |                    |                     |                  |                   | 010101000010    | BARRIO BARRIO    |                   |                |                      |                  |           |       | J2 - PVC 6.00"    | PVC 5             |                  |  | CRISHAN MANDER | 31/08/2019 |         |  |
| 2033/01           | 0001   | 00     | 006     | 010  | 014          | 014         | Maria Diaz               |                    |                     |                  |                   | 010101000010    | BARRIO BARRIO    |                   |                |                      |                  |           |       | J2 - PVC 6.00"    | PVC 5             |                  |  | CRISHAN MANDER | 31/08/2019 |         |  |
| 2034/01           | 0001   | 00     | 006     | 010  | 015          | 015         | Maria Diaz               |                    |                     |                  |                   | 010101000010    | BARRIO BARRIO    |                   |                |                      |                  |           |       | J2 - PVC 6.00"    | PVC 5             |                  |  | CRISHAN MANDER | 31/08/2019 |         |  |
| 2110/01           | 0001   | 00     | 006     | 010  | 016          | 016         | NH                       |                    |                     |                  |                   | 010101000010    | BARRIO BARRIO    |                   |                |                      |                  |           |       | J2 - PVC 6.00"    | PVC 5             |                  |  | CRISHAN MANDER | 31/08/2019 |         |  |
| 2111/01           | 0001   | 00     | 006     | 010  | 017          | 017         | NH                       |                    |                     |                  |                   | 010101000010    | BARRIO BARRIO    |                   |                |                      |                  |           |       | J2 - PVC 6.00"    | PVC 5             |                  |  | CRISHAN MANDER | 31/08/2019 |         |  |
| 2112/01           | 0001   | 00     | 006     | 010  | 018          | 018         | Diana Armas              |                    |                     |                  |                   | 010101000010    | BARRIO BARRIO    |                   |                |                      |                  |           |       | J2 - PVC 6.00"    | PVC 5             |                  |  | CRISHAN MANDER | 31/08/2019 |         |  |
| 2113/01           | 0001   | 00     | 006     | 010  | 019          | 019         | Alma Carlos C Rivas      |                    |                     |                  |                   | 010101000010    | BARRIO BARRIO    |                   |                |                      |                  |           |       | J2 - PVC 6.00"    | PVC 5             |                  |  | CRISHAN MANDER | 31/08/2019 |         |  |
| 2114/01           | 0001   | 00     | 006     | 010  | 020          | 020         | Sandra Maria Mendez      |                    |                     |                  |                   | 010101000010    | BARRIO BARRIO    |                   |                |                      |                  |           |       | J2 - PVC 6.00"    | PVC 5             |                  |  | CRISHAN MANDER | 31/08/2019 |         |  |
| 2115/01           | 0001   | 00     | 006     | 010  | 021          | 021         | Alma Carlos C Rivas      |                    |                     |                  |                   | 010101000010    | BARRIO BARRIO    |                   |                |                      |                  |           |       | J2 - PVC 6.00"    | PVC 5             |                  |  | CRISHAN MANDER | 31/08/2019 |         |  |
| 2116/01           | 0001   | 00     | 006     | 010  | 022          | 022         | Alma Luz Perez           |                    |                     |                  |                   | 010101000010    | BARRIO BARRIO    |                   |                |                      |                  |           |       | J2 - PVC 6.00"    | PVC 5             |                  |  | CRISHAN MANDER | 31/08/2019 |         |  |
| 2117/01           | 0001   | 00     | 006     | 010  | 023          | 023         | NH                       |                    |                     |                  |                   | 010101000010    | BARRIO BARRIO    |                   |                |                      |                  |           |       | J2 - PVC 6.00"    | PVC 5             |                  |  | CRISHAN MANDER | 31/08/2019 |         |  |
| 2118/01           | 0001   | 00     | 006     | 010  | 024          | 024         | NH                       |                    |                     |                  |                   | 010101000010    | BARRIO BARRIO    |                   |                |                      |                  |           |       | J2 - PVC 6.00"    | PVC 5             |                  |  | CRISHAN MANDER | 31/08/2019 |         |  |
| 2119/01           | 0001   | 00     | 006     | 010  | 025          | 025         | NH                       |                    |                     |                  |                   | 010101000010    | BARRIO BARRIO    |                   |                |                      |                  |           |       | J2 - PVC 6.00"    | PVC 5             |                  |  | CRISHAN MANDER | 31/08/2019 |         |  |
| 2120/01           | 0001   | 00     | 006     | 010  | 026          | 026         | NH                       |                    |                     |                  |                   | 010101000010    | BARRIO BARRIO    |                   |                |                      |                  |           |       | J2 - PVC 6.00"    | PVC 5             |                  |  | CRISHAN MANDER | 31/08/2019 |         |  |
| 2121/01           | 0001   | 00     | 006     | 010  | 027          | 027         | NH                       |                    |                     |                  |                   | 010101000010    | BARRIO BARRIO    |                   |                |                      |                  |           |       | J2 - PVC 6.00"    | PVC 5             |                  |  | CRISHAN MANDER | 31/08/2019 |         |  |
| 2122/01           | 0001   | 00     | 006     | 010  | 028          | 028         | Enay Lopez               |                    |                     |                  |                   | 010101000010    | BARRIO BARRIO    |                   |                |                      |                  |           |       | J2 - PVC 6.00"    | PVC 5             |                  |  | CRISHAN MANDER | 31/08/2019 |         |  |
| 2123/01           | 0001   | 00     | 006     | 010  | 029          | 029         | Enay Lopez               |                    |                     |                  |                   | 010101000010    | BARRIO BARRIO    |                   |                |                      |                  |           |       | J2 - PVC 6.00"    | PVC 5             |                  |  | CRISHAN MANDER | 31/08/2019 |         |  |
| 2124/01           | 0001   | 00     | 006     | 010  | 030          | 030         | Gregorio Hernandez       |                    |                     |                  |                   | 010101000010    | BARRIO BARRIO    |                   |                |                      |                  |           |       | J2 - PVC 6.00"    | PVC 5             |                  |  | CRISHAN MANDER | 31/08/2019 |         |  |

Ilustración 62. Catastro Municipal

Fuente: Propia

| SECTOR | HIDRAULICO | BARRIO | RUTA | MANZANA | LOTE | # CONEXIONES | NO. DE FICHA | NOMBRE PROPIETARIO | NOMBRE DEL USUARIO | RESPONSABLE DE PAGO | SECTOR CATASTRAL | SISTEMA MUNICIPAL | CLAVE CATASTRAL | BARRIO O COLONIA    | TIPO DE PROPIEDAD | TIPO DE PREDIO | CATEGORIA DE USUARIO | TIPO DE CONEXION | PAVIMENTO | ACERA | DIAMETRO | MATERIAL | DIAMETRO | MATERIAL | FRECUENCIA DE AP | MAS DE UN CONEXION LEGAL EN EL PREDIO | LEVANTADO POR | FECHA | REVI |
|--------|------------|--------|------|---------|------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|-----------------|---------------------|-------------------|----------------|----------------------|------------------|-----------|-------|----------|----------|----------|----------|------------------|---------------------------------------|---------------|-------|------|
| 1      |            |        |      |         |      |              |              |                    |                    |                     |                  |                   |                 |                     |                   |                |                      |                  |           |       |          |          |          |          |                  |                                       |               |       |      |
| 228/02 | 001        | 00     | 007  | 007     | 010  | 001          | 001          | Carlos Gomez       |                    |                     |                  |                   | 010001007010    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 229/02 | 001        | 00     | 007  | 007     | 020  | 002          | 002          | Daniela Perez      |                    |                     |                  |                   | 010001007020    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 230/02 | 001        | 00     | 007  | 007     | 030  | 003          | 003          | Maria Perez        |                    |                     |                  |                   | 010001007030    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 231/02 | 001        | 00     | 007  | 040     | 040  | 004          | 004          | Alan Martinez      |                    |                     |                  |                   | 010001007040    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 232/02 | 001        | 00     | 007  | 050     | 050  | 005          | 005          | Juan Lopez         |                    |                     |                  |                   | 010001007050    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 233/02 | 001        | 00     | 007  | 060     | 060  | 006          | 006          | Mario Lopez        |                    |                     |                  |                   | 010001007060    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 234/02 | 001        | 00     | 007  | 070     | 070  | 007          | 007          | Rafaela Herrera    |                    |                     |                  |                   | 010001007070    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 235/02 | 001        | 00     | 007  | 080     | 080  | 008          | 008          | Yolanda Garcia     |                    |                     |                  |                   | 010001007080    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 236/02 | 001        | 00     | 007  | 090     | 090  | 009          | 009          | Josefa Perez       |                    |                     |                  |                   | 010001007090    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 237/02 | 001        | 00     | 007  | 100     | 100  | 010          | 010          | Mary Perez         |                    |                     |                  |                   | 010001007100    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 238/02 | 001        | 00     | 007  | 110     | 110  | 011          | 011          | Maria Garcia       |                    |                     |                  |                   | 010001007110    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 239/02 | 001        | 00     | 007  | 120     | 120  | 012          | 012          | Maria Garcia       |                    |                     |                  |                   | 010001007120    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 240/02 | 001        | 00     | 007  | 130     | 130  | 013          | 013          | Lidia Perez        |                    |                     |                  |                   | 010001007130    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 241/02 | 001        | 00     | 007  | 140     | 140  | 014          | 014          | Maria Perez        |                    |                     |                  |                   | 010001007140    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 242/02 | 001        | 00     | 009  | 150     | 150  | 015          | 015          | Maria Mejia        |                    |                     |                  |                   | 010001009150    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 243/02 | 001        | 00     | 009  | 160     | 160  | 016          | 016          | NH                 |                    |                     |                  |                   | 010001009160    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 244/02 | 001        | 00     | 009  | 170     | 170  | 017          | 017          | NH                 |                    |                     |                  |                   | 010001009170    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 245/02 | 001        | 00     | 009  | 180     | 180  | 018          | 018          | NH                 |                    |                     |                  |                   | 010001009180    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 246/02 | 001        | 00     | 009  | 190     | 190  | 019          | 019          | NH                 |                    |                     |                  |                   | 010001009190    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 247/02 | 001        | 00     | 009  | 200     | 200  | 020          | 020          | Medina Perez       |                    |                     |                  |                   | 010001009200    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 248/02 | 001        | 00     | 009  | 210     | 210  | 021          | 021          | Medina Lopez       |                    |                     |                  |                   | 010001009210    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 249/02 | 001        | 00     | 009  | 220     | 220  | 022          | 022          | NH                 |                    |                     |                  |                   | 010001009220    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 250/02 | 001        | 00     | 009  | 230     | 230  | 023          | 023          | NH                 |                    |                     |                  |                   | 010001009230    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 251/02 | 001        | 00     | 010  | 240     | 240  | 024          | 024          | NH                 |                    |                     |                  |                   | 010001010240    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 252/02 | 001        | 00     | 010  | 250     | 250  | 025          | 025          | NH                 |                    |                     |                  |                   | 010001010250    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 253/02 | 001        | 00     | 010  | 260     | 260  | 026          | 026          | NH                 |                    |                     |                  |                   | 010001010260    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 254/02 | 001        | 00     | 010  | 270     | 270  | 027          | 027          | Ivan Perez         |                    |                     |                  |                   | 010001010270    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 255/02 | 001        | 00     | 010  | 280     | 280  | 028          | 028          | NH                 |                    |                     |                  |                   | 010001010280    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 256/02 | 001        | 00     | 010  | 290     | 290  | 029          | 029          | NH                 |                    |                     |                  |                   | 010001010290    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 257/02 | 001        | 00     | 010  | 300     | 300  | 030          | 030          | Mercedes Alvarez   |                    |                     |                  |                   | 010001010300    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 258/02 | 001        | 00     | 010  | 310     | 310  | 031          | 031          | Madina Medina      |                    |                     |                  |                   | 010001010310    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 259/02 | 001        | 00     | 010  | 320     | 320  | 032          | 032          | Adriana Medina     |                    |                     |                  |                   | 010001010320    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 260/02 | 001        | 00     | 010  | 330     | 330  | 033          | 033          | NH                 |                    |                     |                  |                   | 010001010330    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 261/02 | 001        | 00     | 010  | 340     | 340  | 034          | 034          | NH                 |                    |                     |                  |                   | 010001010340    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 262/02 | 001        | 00     | 010  | 350     | 350  | 035          | 035          | Tina Garcia        |                    |                     |                  |                   | 010001010350    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 263/02 | 001        | 00     | 010  | 360     | 360  | 036          | 036          | NH                 |                    |                     |                  |                   | 010001010360    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 264/02 | 001        | 00     | 010  | 370     | 370  | 037          | 037          | NH                 |                    |                     |                  |                   | 010001010370    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 265/02 | 001        | 00     | 010  | 380     | 380  | 038          | 038          | NH                 |                    |                     |                  |                   | 010001010380    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 266/02 | 001        | 00     | 010  | 390     | 390  | 039          | 039          | Jeremias Rivas     |                    |                     |                  |                   | 010001010390    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 267/02 | 001        | 00     | 011  | 400     | 400  | 040          | 040          | NH                 |                    |                     |                  |                   | 010001011400    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |
| 268/02 | 001        | 00     | 011  | 410     | 410  | 041          | 041          | Angel Briones      |                    |                     |                  |                   | 010001011410    | Barrio El Zapote RA | 1                 | 2              | 1                    | 1                | 1         | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        | 1                | 1                                     |               |       |      |

Ilustración 63. Catastro Municipal

Fuente: Propia

| Propuesta de ejecución de plan de operación y mantenimiento |   |        |                  |                 |  |                   |
|---|---|--------|------------------|-----------------|--|-------------------|
| No.   | Descripción   | Unidad | Cantidad de Obra | Precio Unitario | Precio de venta                                      | Total             |
| <b>1.00</b>   |   |        |                  |                 |  |                   |
|   | <b>Preliminares</b>   |        |                  |                 |  |                   |
| 1.01  | Trasado y marcado de tubería de línea de distribución   | ML     | 1,175.46         | 18.0            | 21.1   | 24,758.46         |
| <b>2.00</b>   | <b>Movimientos de Tierra</b>  |        |                  |                 |  | <b>2.88%</b>      |
| 2.01  | Excavación para instalación de válvulas de limpieza   | M3     | 0.34             | 275.00          | 321.75   | 1,088.11          |
| 2.02  | Excavación para instalación de válvulas de aire   | M3     | 0.17             | 275.00          | 321.75   | 54.05             |
| 2.03  | Excavación para instalación de válvulas reductoras de presión                                 | M3     | 0.34             | 275.00          | 321.75   | 1,088.11          |
| 2.04  | Excavación para instalación de micromedidores   | M3     | 23.94            | 275.00          | 321.75   | 7,702.20          |
| 2.05  | Excavación para instalación de tubería PVC de 1" en red de distribución                       | M3     | 192.52           | 275.00          | 321.75   | 61,944.34         |
| 2.06  | Excavación para instalación de tubería PVC de 2" en red de distribución                       | M3     | 31.91            | 275.00          | 321.75   | 10,267.17         |
| 2.07  | Excavación para instalación de tubería PVC de 3" en red de distribución                       | M3     | 57.68            | 275.00          | 321.75   | 18,557.51         |
| 2.08  | Relleno con material del sitio y compactación en zanjos para tubería de red de agua potable   | M3     | 281.21           | 266.20          | 311.46   | 87,585.00         |
| 2.09  | Excavación para tanque de almacenamiento de 343 galones                                       | M3     | 0.71             | 275.00          | 321.75   | 229.73            |
|   |   |        |                  |                 | <b>Subtotal Movimientos de Tierra</b>                | <b>186,556.71</b> |
| <b>3.00</b>   | <b>Concreto</b>   |        |                  |                 |  |                   |
| 3.01  | Resane de elementos estructurales en tanque de almacenamiento                                 | ML     | 15.00            | 120.67          | 141.19   | 2,117.79          |
| 3.02  | Resane de hipoclorador  | M2     | 2.52             | 528.60          | 618.46   | 1,558.52          |
| 3.03  | Trasados de concreto para caja de registro  | UND    | 15.00            | 627.48          | 734.15   | 11,012.20         |
| 3.04  | Cajab de concreto para protección de válvulas y micromedidores                                | UND    | 274.00           | 382.57          | 447.60   | 122,643.41        |
| 3.05  | Comentación de tanque de almacenamiento   | UND    | 1                | 2,700.00        | 3,159.00   | 3,159.00          |
| 3.06  | Parades de bloque de 4" para tanque de almacenamiento   | M2     | 10.41            | 534.51          | 625.38   | 6,503.92          |
| 3.07  | Losaj superior tanque de almacenamiento   | M2     | 1.31             | 4,394.47        | 5,188.33   | 6,744.83          |
|   |   |        |                  |                 | <b>Subtotal Concreto</b>                             | <b>153,739.66</b> |
| <b>4.00</b>   | <b>Achabados</b>  |        |                  |                 |  |                   |
| 4.01  | Repllo en paredes de cajas de registro de agua potable  | M2     | 17.6             | 47.48           | 55.56  | 833.35            |
| 4.02  | Tallado en el interior del tanque de almacenamiento   | ML     | 15.00            | 514.21          | 601.63   | 31,063.39         |
| 4.03  | Aplicación de capa de sellador y pintura epoxica en tanque de almacenamiento                  | M2     | 51.63            | 514.21          | 601.63   | 31,063.39         |
|   |   |        |                  |                 | <b>Subtotal Achabados</b>                            | <b>35,737.91</b>  |
| <b>5.00</b>   | <b>Instalaciones en red de agua potable</b>   |        |                  |                 |  |                   |
| 5.01  | Instalación de válvulas de limpieza   | U      | 1.00             | 1,399.05        | 1,601.79   | 1,601.79          |
| 5.02  | Instalación de válvulas de aire   | U      | 1.00             | 1,618.60        | 1,893.77   | 1,893.77          |
| 5.03  | Instalación de válvulas reductoras de presión   | U      | 2.000            | 1,401.63        | 1,659.90   | 3,279.81          |
| 5.04  | Suministro e instalación de tubería PVC 1", SDR-26  | ML     | 802.18           | 79.83           | 93.40  | 74,925.80         |
| 5.05  | Suministro e instalación de tubería PVC 2", SDR-26  | ML     | 240.32           | 123.08          | 144.00   | 34,605.85         |
| 5.06  | Suministro e instalación de tubería PVC 3", SDR-26  | ML     | 132.96           | 132.80          | 155.38   | 20,659.28         |
| 5.07  | Instalación de micromedidores en conexiones domiciliarias                                     | U      | 266.00           | 987.83          | 1,155.77   | 307,433.62        |
| 5.08  | Instalación de tubería de entrada y salida, válvulas y accesorios en tanque de almacenamiento | Global | 1.00             | 11,500.00       | 13,455.00  | 13,455.00         |
|   |   |        |                  |                 | <b>Subtotal Instalaciones en red de agua potable</b> | <b>457,854.92</b> |
|   |   |        |                  |                 | <b>GRAN TOTAL</b>                                    | <b>858,647.67</b> |
|   |   |        |                  |                 |  | <b>53.32%</b>     |

Ilustración 64. Formato de oferta

Fuente: Propia

| Ficha de Costo Unitario                                |   |        |             |                         |                     |                     |
|--|---|--------|-------------|-------------------------|---------------------|---------------------|
| Actividad  | Trazado y marcado de tubería de línea de distribución       |        |             |                         |                     | Cantidad de Obra    |
| Item   | Descripción   | Unidad | Rendimiento | Cantidad Compra/Entrega | Costo Unitario Neto | Sub total           |
| <b>1.00</b>  |   |        |             |                         |                     |                     |
| <b>Materiales</b>                                      |   |        |             |                         |                     |                     |
| 1.01   | Madera para estacas   | PT     | 0.0340      | 40.00                   | L. 15.00            | L. 600.00           |
| 1.02   | Sacos de cal  | Saco   | 0.0102      | 12.00                   | L. 90.00            | L. 1,080.00         |
| 1.03   | Cuerda de nylon   | Rollo  | 0.0306      | 36.00                   | L. 60.00            | L. 2,160.00         |
| <b>Sub total Materiales</b>                            |   |        |             |                         |                     | <b>L. 1,680.00</b>  |
| <b>ISV</b>   |   |        |             |                         |                     | <b>L. 252.00</b>    |
| <b>Sub total Materiales/Unidad de Obra</b>             |   |        |             |                         |                     | <b>L. 1.64</b>      |
| <b>2.00</b>  |   |        |             |                         |                     |                     |
| <b>Mano de Obra</b>                                    |   |        |             |                         |                     |                     |
| 2.01   | Marceaje topográfico, incluye alquiler de equipo y personal | ML     | 0.0111      | 13.06                   | L. 800.00           | L. 10,448.53        |
| 2.02   | Ayudantes   | ML     | 0.0111      | 13.061                  | L. 600.00           | L. 7,836.40         |
| <b>Sub total Mano de Obra</b>                          |   |        |             |                         |                     | <b>L. 18,284.93</b> |
| <b>Sub total Mano de Obra/Unidad de Obra</b>           |   |        |             |                         |                     | <b>L. 15.556</b>    |
| <b>3.00</b>  |   |        |             |                         |                     |                     |
| <b>Herramientas y Equipos</b>                          |   |        |             |                         |                     |                     |
| 3.01   | Herramientas y Equipos                                      |        | 0.0500      | 15.56                   | L. 0.78             | L. 914.247          |
| <b>Sub Total</b>                                       |   |        |             |                         |                     | <b>L. 914.25</b>    |
| <b>Sub Total Herramienta y equipos/ Unidad de Obra</b> |   |        |             |                         |                     | <b>L. 0.78</b>      |
| <b>Costo Total</b>                                     |   |        |             |                         |                     | <b>L. 21,131.18</b> |
| <b>Costo Total/Unidad de Obra</b>                      |   |        |             |                         |                     | <b>L. 17.98</b>     |

**Ilustración 65. Ficha de costo unitario 1.01**

Fuente: Propia







| Ficha de Costo Unitario           |                            |             |             |                            |                        |  |                    |
|-----------------------------------|----------------------------|-------------|-------------|----------------------------|------------------------|--|--------------------|
| Ítem                              | Actividad<br>Descripción   | Unidad      | Rendimiento | Cantidad<br>Compra/Entrega | Costo Unitario<br>Neto | Cantidad de Obra<br>Sub total                | Observaciones      |
|                                   |                            |             |             |                            |                        |  |                    |
| <b>1.00</b>                       |                            |             |             |                            |                        |  |                    |
| <b>Mano de Obra</b>               |                            |             |             |                            |                        |  |                    |
| 1.01                              | Excavación a mano          | Día         | 0.2500      | 5.99                       | L. 1,000.00            | L. 5,985.00                                  |                    |
|                                   |                            |             |             |                            |                        | <b>Sub total Mano de Obra</b>                | <b>L. 5,985.00</b> |
|                                   |                            |             |             |                            |                        | <b>Sub total Mano de Obra/Unidad de Obra</b> | <b>L. 250.00</b>   |
| <b>2.00</b>                       |                            |             |             |                            |                        |  |                    |
| <b>Herramienta y equipo menor</b> |                            |             |             |                            |                        |  |                    |
| 2.01                              | Herramienta y equipo menor | Rendimiento | 0.1000      | 250.00                     | L. 25.00               | L. 25.00                                     |                    |
|                                   |                            |             |             |                            |                        | <b>Sub total Mano de Obra</b>                | <b>L. 25.00</b>    |
|                                   |                            |             |             |                            |                        | <b>Sub total Mano de Obra/Unidad de Obra</b> | <b>L. 275.00</b>   |
|                                   |                            |             |             |                            |                        | <b>Total Neto</b>                            | <b>L. 6,583.50</b> |

**Ilustración 69. Ficha de costo unitario 2.04**

Fuente: Propia

|             |                            | Ficha de Costo Unitario   |             |                            |                        |  |                     |  |  |
|-------------|----------------------------|---|-------------|----------------------------|------------------------|--|---------------------|--|--|
|             |                            | Excavación para instalación de tubería PVC de 1" en línea de distribución |             |                            |                        |  |                     |  |  |
| Ítem        | Actividad<br>Descripción   | Unidad  | Rendimiento | Cantidad<br>Compra/Entrega | Costo Unitario<br>Neto | Cantidad de Obra<br>Sub total                | Observaciones       |  |  |
| <b>1.00</b> |                            | <b>Mano de Obra</b>   |             |                            |                        |  |                     |  |  |
| 1.01        | Excavación a mano          | Día   | 0.1250      | 24.07                      | L. 2,000.00            | L. 48,130.00                                 |                     |  |  |
|             |                            |   |             |                            |                        | <b>Sub total Mano de Obra</b>                | <b>L. 48,130.00</b> |  |  |
|             |                            |   |             |                            |                        | <b>Sub total Mano de Obra/Unidad de Obra</b> | <b>L. 250.00</b>    |  |  |
| <b>2.00</b> |                            | <b>Herramienta y equipo menor</b>   |             |                            |                        |  |                     |  |  |
| 2.01        | Herramienta y equipo menor | Rendimiento   | 0.1000      | 250.00                     | L. 25.00               | L. 25.00                                     |                     |  |  |
|             |                            |   |             |                            |                        | <b>Sub total Mano de Obra</b>                | <b>L. 25.00</b>     |  |  |
|             |                            |   |             |                            |                        | <b>Sub total Mano de Obra/Unidad de Obra</b> | <b>L. 275.00</b>    |  |  |
|             |                            |   |             |                            |                        | <b>Total Neto</b>                            | <b>L. 62,472.74</b> |  |  |

**Ilustración 70. Ficha de costo unitario 2.05**

Fuente: Propia

| <p style="text-align: center;"> <b>Ficha de Costo Unitario</b><br/>           Excavación para instalación de tubería PVC de 2" en red de distribución         </p> |                                   |             |             |                         |                     |  |                    |               |  |
|--|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------------------|---------------------|--|--------------------|---------------|--|
| Item   | Actividad Descripción             | Unidad      | Rendimiento | Cantidad Compra/Entrega | Costo Unitario Neto | Cantidad de Obra                             | Sub total          | Observaciones |  |
| <b>1.00</b>  | <b>Mano de Obra</b>               |             |             |                         |                     |  |                    |               |  |
| 1.01   | Excavación a mano                 | Día         | 0.1250      | 3.99                    | L. 2,000.00         | L. 7,977.50                                  |                    |               |  |
|  |                                   |             |             |                         |                     | <b>Sub total Mano de Obra</b>                | <b>L. 7,977.50</b> |               |  |
|  |                                   |             |             |                         |                     | <b>Sub total Mano de Obra/Unidad de Obra</b> | <b>L. 250.00</b>   |               |  |
| <b>2.00</b>  | <b>Herramienta y equipo menor</b> |             |             |                         |                     |  |                    |               |  |
| 2.01   | Herramienta y equipo menor        | Rendimiento | 0.1000      | 250.00                  | L. 25.00            | L. 25.00                                     |                    |               |  |
|  |                                   |             |             |                         |                     | <b>Sub total Mano de Obra</b>                | <b>L. 25.00</b>    |               |  |
|  |                                   |             |             |                         |                     | <b>Sub total Mano de Obra/Unidad de Obra</b> | <b>L. 275.00</b>   |               |  |
|  |                                   |             |             |                         |                     | <b>Total Neto</b>                            | <b>L. 8,775.25</b> |               |  |

**Ilustración 71. Ficha de costo unitario 2.06**

Fuente: Propia

| <b>Ficha de Costo Unitario</b><br><b>Excavación para instalación de tubería PVC de 3" en red de distribución</b> |  |               |                    |                                |                            |  |                      | <b>Cantidad de Obra</b><br>57.68 | M3 |
|--|--|---------------|--------------------|--------------------------------|----------------------------|--|----------------------|----------------------------------|----|
| <b>Item</b>  | <b>Actividad</b><br><b>Descripción</b> | <b>Unidad</b> | <b>Rendimiento</b> | <b>Cantidad Compra/Entrega</b> | <b>Costo Unitario Neto</b> | <b>Sub total</b>                             | <b>Observaciones</b> |                                  |    |
| <b>Mano de Obra</b>  |  |               |                    |                                |                            |  |                      |                                  |    |
| 1.00   | Excavación a mano                      | Día           | 0.1250             | 7.21                           | L. 2,000.00                | L. 14,420.00                                 |                      |                                  |    |
|  |  |               |                    |                                |                            | <b>Sub total Mano de Obra</b>                | <b>L. 14,420.00</b>  |                                  |    |
|  |  |               |                    |                                |                            | <b>Sub total Mano de Obra/Unidad de Obra</b> | <b>L. 250.00</b>     |                                  |    |
| <b>Herramienta y equipo menor</b>  |  |               |                    |                                |                            |  |                      |                                  |    |
| 2.00   | Herramienta y equipo menor             | Rendimiento   | 0.1000             | 250.00                         | L. 25.00                   | L. 25.00                                     |                      |                                  |    |
|  |  |               |                    |                                |                            | <b>Sub total Mano de Obra</b>                | <b>L. 25.00</b>      |                                  |    |
|  |  |               |                    |                                |                            | <b>Sub total Mano de Obra/Unidad de Obra</b> | <b>L. 275.00</b>     |                                  |    |
|  |  |               |                    |                                |                            | <b>Total Neto</b>                            | <b>L. 15,862.00</b>  |                                  |    |

**Ilustración 72. Ficha de costo unitario 2.07**

Fuente: Propia

| Actividad   |                            |             |             |                         |                     |                                       | Relleno con material del sitio y compactación en zanjos para tubería de red de agua potable |                  |  | Cantidad de Obra | Observaciones |  |
|-------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------------------|---------------------|---------------------------------------|---|------------------|--|------------------|---------------|--|
| Item        | Descripción                | Unidad      | Rendimiento | Cantidad Compra/Entrega | Costo Unitario Neto | Sub total                             |   |                  |  |                  |               |  |
| <b>1.00</b> |                            |             |             |                         |                     |                                       | <b>Materiales</b>   |                  |  |                  |               |  |
| 1.01        | Arena de río               | Día         | 0.2432      | 69.00                   | L. 400.00           | L. 27,600.00                          |   |                  |  |                  |               |  |
|             |                            |             |             |                         |                     | <b>Sub total Materiales</b>           | <b>L. 31,740.00</b>   |                  |  |                  |               |  |
|             |                            |             |             |                         |                     |                                       | <b>Sub total Materiales/Unidad de Obra</b>  | <b>L. 112.87</b> |  |                  |               |  |
| <b>2.00</b> |                            |             |             |                         |                     |                                       | <b>Mano de obra</b>   |                  |  |                  |               |  |
| 2.01        | Relleno y compactación     | Rendimiento | 0.0667      | 18.75                   | L. 2,000.00         | L. 37,494.67                          |   |                  |  |                  |               |  |
|             |                            |             |             |                         |                     | <b>Sub total Mano de Obra</b>         | <b>L. 37,494.67</b>   |                  |  |                  |               |  |
|             |                            |             |             |                         |                     |                                       | <b>Sub total Mano de Obra/Unidad de Obra</b>  | <b>L. 133.33</b> |  |                  |               |  |
| <b>3.01</b> |                            |             |             |                         |                     |                                       | <b>Herramienta y equipo menor</b>   |                  |  |                  |               |  |
| 3.02        | Herramienta y equipo menor | Rendimiento | 0.1500      | 133.33                  | L. 20.00            | L. 5,624.20                           |   |                  |  |                  |               |  |
|             |                            |             |             |                         |                     | <b>Sub total Herramienta y equipo</b> | <b>L. 5,624.20</b>  |                  |  |                  |               |  |
|             |                            |             |             |                         |                     |                                       | <b>Sub total Herramientas y equipo/Unidad de Obra</b>                                       | <b>L. 20.00</b>  |  |                  |               |  |
|             |                            |             |             |                         |                     | <b>Costo total</b>                    | <b>74,858.87</b>  |                  |  |                  |               |  |
|             |                            |             |             |                         |                     | <b>Costo total/Unidad de Obra</b>     | <b>L. 266.20</b>  |                  |  |                  |               |  |

**Ilustración 73. Ficha de costo unitario 2.08**

Fuente: Propia

| Ficha de Costo Unitario                |                            |  |             |                         |                     |           |               |  |  |
|--|----------------------------|--|-------------|-------------------------|---------------------|-----------|---------------|--|--|
| Actividad                              |                            | Excavación para cimiento de tanque de almacenamiento |             |                         | Cantidad de Obra    |           | Observaciones |  |  |
| Item                                   | Descripción                | Unidad   | Rendimiento | Cantidad Compra/Entrega | Costo Unitario Neto | Sub total |               |  |  |
| <b>1.00</b>                            | <b>Mano de Obra</b>        |  |             |                         |                     |           |               |  |  |
| 1.01                                   | Excavación a mano          | Día  | 0.1250      | 0.09                    | L. 2,000.00         | L. 177.50 | 0.71 M3       |  |  |
| Sub total Mano de Obra                 |                            |  |             |                         |                     | L. 177.50 |               |  |  |
| Sub total Mano de Obra/Unidad de Obra  |                            |  |             |                         |                     | L. 250.00 |               |  |  |
| <b>2.00 Herramienta y equipo menor</b> |                            |  |             |                         |                     |           |               |  |  |
| 2.01                                   | Herramienta y equipo menor | Rendimiento  | 0.1000      | 250.00                  | L. 25.00            | L. 25.00  |               |  |  |
| Sub total Mano de Obra                 |                            |  |             |                         |                     | L. 25.00  |               |  |  |
| Sub total Mano de Obra/Unidad de Obra  |                            |  |             |                         |                     | L. 275.00 |               |  |  |
| Total Neto                             |                            |  |             |                         |                     | L. 195.25 |               |  |  |

**Ilustración 74. Ficha de costo unitario 2.09**

| Fecha de Costo Unitario |  |   |             |                         |  |                    |                  |       |    |  |
|-------------------------|--|---|-------------|-------------------------|--|--------------------|------------------|-------|----|--|
| Actividad               |  | Resane de elementos estructurales en tanque de almacenamiento |             |                         |  |                    | Cantidad de Obra | 15.00 | ML |  |
| Ítem                    | Descripción  | Unidad  | Rendimiento | Cantidad Compra/Entrega | Costo Unitario Neto                                    | Sub total          | Observaciones    |       |    |  |
| <b>1.00</b>             | <b>Materiales</b>  |   |             |                         |  |                    |                  |       |    |  |
| 1.01                    | Mortero SikaGrout  | Saco  | 0.5000      | 1.00                    | L. 700.80  | L. 700.80          |                  |       |    |  |
| 1.02                    | Agua   | M3  | 0.0156      | 0.23                    | L. 25.00   | L. 5.83            |                  |       |    |  |
|                         |  |   |             |                         | <b>Sub total Materiales</b>                            | <b>L. 706.63</b>   |                  |       |    |  |
|                         |  |   |             |                         | <b>Sub total Materiales/Unidad de Obra</b>             | <b>L. 106.00</b>   |                  |       |    |  |
|                         |  |   |             |                         |  | <b>L. 54.18</b>    |                  |       |    |  |
| <b>2.00</b>             | <b>Mano de obra</b>  |   |             |                         |  |                    |                  |       |    |  |
| 2.01                    | Aplicación de grout estructural en el exterior de elementos estructurales. | ML  | 1.0000      | 15.00                   | L. 63.33   | L. 949.95          |                  |       |    |  |
|                         |  |   |             |                         | <b>Sub total Mano de Obra</b>                          | <b>L. 949.95</b>   |                  |       |    |  |
|                         |  |   |             |                         | <b>Sub total Mano de Obra/Unidad de Obra</b>           | <b>L. 63.33</b>    |                  |       |    |  |
| <b>3.00</b>             | <b>Herramientas y Equipos</b>  |   |             |                         |  |                    |                  |       |    |  |
| 3.01                    | Herramientas y Equipos   |   | 0.0500      | 63.33                   | L. 3.17  | L. 47.50           |                  |       |    |  |
|                         |  |   |             |                         | <b>Sub Total</b>                                       | <b>L. 47.50</b>    |                  |       |    |  |
|                         |  |   |             |                         | <b>Sub Total Herramienta y equipos/ Unidad de Obra</b> | <b>L. 3.17</b>     |                  |       |    |  |
|                         |  |   |             |                         | <b>Costo Total</b>                                     | <b>L. 1,810.08</b> |                  |       |    |  |
|                         |  |   |             |                         | <b>Costo Total/Unidad de Obra</b>                      | <b>L. 120.67</b>   |                  |       |    |  |

**Ilustración 75. Ficha de costo unitario 3.01**

Fuente: Propia

| Ficha de Costo Unitario |   |                        |             |                         |                     |  |                    |      |    |
|-------------------------|---|------------------------|-------------|-------------------------|---------------------|--|--------------------|------|----|
| Actividad               |   | Resane de hipoclorador |             |                         |                     |  | Cantidad de Obra   | 2.52 | M2 |
| Ítem                    | Descripción   | Unidad                 | Rendimiento | Cantidad Compra/Entrega | Costo Unitario Neto | Sub total  | Observaciones      |      |    |
| <b>1.00</b>             | <b>Materiales</b>   |                        |             |                         |                     |  |                    |      |    |
| 1.01                    | Mortero SikaGrout   | Saco                   | 0.5000      | 1.00                    | L. 700.80           | L. 700.80  |                    |      |    |
| 1.02                    | Agua  | M3                     | 0.0156      | 0.04                    | L. 25.00            | L. 0.98  |                    |      |    |
|                         |   |                        |             |                         |                     | <b>Sub total Materiales</b>                            | <b>L. 701.78</b>   |      |    |
|                         |   |                        |             |                         |                     | <b>Sub total Materiales/Unidad de Obra</b>             | <b>L. 320.26</b>   |      |    |
| <b>2.00</b>             | <b>Mano de obra</b>   |                        |             |                         |                     |  |                    |      |    |
| 2.01                    | Aplicación de grout estructural en paredes del hipoclorador | Día                    | 1.0000      | 2.52                    | L. 198.42           | L. 500.02  |                    |      |    |
|                         |   |                        |             |                         |                     | <b>Sub total Mano de Obra</b>                          | <b>L. 500.02</b>   |      |    |
|                         |   |                        |             |                         |                     | <b>Sub total Mano de Obra/Unidad de Obra</b>           | <b>L. 198.42</b>   |      |    |
| <b>3.00</b>             | <b>Herramientas y Equipos</b>                               |                        |             |                         |                     |  |                    |      |    |
| 3.01                    | Herramientas y Equipos                                      |                        | 0.0500      | 198.42                  | L. 9.92             | L. 25.00   |                    |      |    |
|                         |   |                        |             |                         |                     | <b>Sub Total</b>                                       | <b>L. 25.00</b>    |      |    |
|                         |   |                        |             |                         |                     | <b>Sub Total Herramienta y equipos/ Unidad de Obra</b> | <b>L. 1.67</b>     |      |    |
|                         |   |                        |             |                         |                     | <b>Costo Total</b>                                     | <b>L. 1,332.07</b> |      |    |
|                         |   |                        |             |                         |                     | <b>Costo Total/Unidad de Obra</b>                      | <b>L. 528.60</b>   |      |    |

**Ilustración 76. Ficha de costo unitario 3.02**

Fuente: Propia

| Actividad                          |                                    |        |             |                         |                     |  | Tapaderas de concreto para caja de registro |  |  | 15.00 | UND           |
|------------------------------------|------------------------------------|--------|-------------|-------------------------|---------------------|--|---|--|--|-------|---------------|
| Actividad                          |                                    |        |             |                         |                     |  | Tapaderas de concreto para caja de registro |  |  | Obra  | Observaciones |
| Item                               | Descripción                        | Unidad | Rendimiento | Cantidad Compra/Entrega | Costo Unitario Neto | Sub total  |   |  |  |       |               |
| <b>1.00 Materiales</b>             |                                    |        |             |                         |                     |  |   |  |  |       |               |
| 1.01                               | Arena de río lavada                | M3     | 0.0457      | 0.69                    | L. 400.00           | L. 274.36  |   |  |  |       |               |
| 1.02                               | Madera rústica                     | PT     | 0.6667      | 10.00                   | L. 15.65            | L. 156.50  |   |  |  |       |               |
| 1.03                               | Clavo de hierro negro.             | Libra  | 0.0800      | 1.20                    | L. 15.00            | L. 18.00   |   |  |  |       |               |
| 1.04                               | Varilla corrugada de 1/2"x30'      | Lance  | 0.1067      | 1.60                    | L. 155.00           | L. 248.00  |   |  |  |       |               |
| 1.05                               | Varilla corrugada de 1/4"x30'      | Lance  | 1.3500      | 20.25                   | L. 50.00            | L. 1,012.50  |   |  |  |       |               |
| 1.06                               | Varilla corrugada de 3/8"x30'      | Lance  | 1.1000      | 16.50                   | L. 85.00            | L. 1,402.50  |   |  |  |       |               |
| 1.07                               | Alambre de amarre de hierro negro. | Libra  | 2.2500      | 33.75                   | L. 15.00            | L. 506.25  |   |  |  |       |               |
| 1.08                               | Grava 3/4"                         | M3     | 0.0686      | 1.03                    | L. 400.00           | L. 411.54  |   |  |  |       |               |
| 1.09                               | Cemento GU                         | Saco   | 0.6724      | 15.0                    | L. 165.00           | L. 2,475.00  |   |  |  |       |               |
| 1.10                               | Agua                               | M3     | 0.0070      | 0.11                    | L. 25.00            | L. 2.63  |   |  |  |       |               |
|                                    |                                    |        |             |                         |                     | <b>Sub total Materiales</b>                            | <b>L. 6,507.28</b>                          |  |  |       |               |
|                                    |                                    |        |             |                         |                     | <b>ISV</b>   | <b>L. 976.09</b>                            |  |  |       |               |
|                                    |                                    |        |             |                         |                     | <b>Sub total Materiales/Unidad de Obra</b>             | <b>L. 498.89</b>                            |  |  |       |               |
| <b>2.00 Mano de obra</b>           |                                    |        |             |                         |                     |  |   |  |  |       |               |
| 2.01                               | Albañil                            | UND    | 0.5000      | 11.00                   | L. 137.00           | L. 1,507.00  |   |  |  |       |               |
| 2.02                               | Ayudante                           | UND    | 0.5000      | 11.00                   | L. 85.00            | L. 935.00  |   |  |  |       |               |
|                                    |                                    |        |             |                         |                     | <b>Sub total Mano de Obra</b>                          | <b>L. 2,442.00</b>                          |  |  |       |               |
|                                    |                                    |        |             |                         |                     | <b>Sub total Mano de Obra/Unidad de Obra</b>           | <b>L. 162.80</b>                            |  |  |       |               |
| <b>3.00 Herramientas y Equipos</b> |                                    |        |             |                         |                     |  |   |  |  |       |               |
| 3.01                               | Herramientas y Equipos             |        | 0.0500      | 162.80                  | L. 8.14             | L. 122.10  |   |  |  |       |               |
|                                    |                                    |        |             |                         |                     | <b>Sub Total</b>                                       | <b>L. 122.10</b>                            |  |  |       |               |
|                                    |                                    |        |             |                         |                     | <b>Sub Total Herramienta y equipos/ Unidad de Obra</b> | <b>L. 11.10</b>                             |  |  |       |               |
|                                    |                                    |        |             |                         |                     | <b>Costo Total</b>                                     | <b>L. 10,047.47</b>                         |  |  |       |               |
|                                    |                                    |        |             |                         |                     | <b>Costo Total/Unidad de Obra</b>                      | <b>L. 669.83</b>                            |  |  |       |               |

**Ilustración 77. Ficha de costo unitario 3.03**

Fuente: Propia

| Ficha de Costo Unitario |                                    |  |             |                               |  |                      |               |  |
|-------------------------|------------------------------------|--|-------------|-------------------------------|--|----------------------|---------------|--|
| Actividad               |                                    | Cajas de concreto para válvulas y micromedidores |             |                               |  |                      |               |  |
| Item                    | Descripción                        | Unidad   | Rendimiento | Cantidad                      | Costo  | Cantidad de Obra     | Observaciones |  |
|                         |                                    |  | o           | Compra/Entrega                | Unitario Neto  | Sub total            |               |  |
| <b>1.00</b>             |                                    |  |             | <b>Materiales</b>             |  |                      |               |  |
| 1.01                    | Arena de río lavada                | M3   | 0.0457      | 12.53                         | L. 400.00  | L. 5,011.66          |               |  |
| 1.02                    | Madera rústica                     | PT   | 0.0316      | 8.67                          | L. 15.65   | L. 135.63            |               |  |
| 1.03                    | Clavo de hierro negro.             | Libra  | 0.0047      | 1.30                          | L. 15.00   | L. 19.50             |               |  |
| 1.04                    | Varilla corrugada de 1/4"x30'      | Lance  | 0.9000      | 246.60                        | L. 50.00   | L. 12,330.00         |               |  |
| 1.05                    | Varilla corrugada de 3/8"x30'      | Lance  | 0.3889      | 106.56                        | L. 85.00   | L. 9,057.22          |               |  |
| 1.06                    | Alambre de amarre de hierro negro. | Libra  | 0.3600      | 98.64                         | L. 15.00   | L. 1,479.60          |               |  |
| 1.07                    | Grava 3/4"                         | M3   | 0.0686      | 18.79                         | L. 400.00  | L. 7,517.49          |               |  |
| 1.08                    | Cemento GU                         | Saco   | 0.6724      | 184.23                        | L. 165.00  | L. 30,398.07         |               |  |
| 1.09                    | Agua                               | M3   | 0.0269      | 7.37                          | L. 25.00   | L. 184.23            |               |  |
|                         |                                    |  |             |                               | <b>Sub total Materiales</b>                            | <b>L. 66,133.41</b>  |               |  |
|                         |                                    |  |             |                               | ISV  | <b>L. 9,920.01</b>   |               |  |
|                         |                                    |  |             |                               | <b>Sub total Materiales/Unidad de Obra</b>             | <b>L. 277.57</b>     |               |  |
| <b>2.00</b>             |                                    |  |             | <b>Mano de obra</b>           |  |                      |               |  |
| 2.01                    | Albañil                            | UND  | 0.0833      | 22.83                         | L. 450.00  | L. 10,275.00         |               |  |
| 2.02                    | Ayudante                           | UND  | 0.0833      | 22.83                         | L. 750.00  | L. 17,125.00         |               |  |
|                         |                                    |  |             |                               | <b>Sub total Mano de Obra</b>                          | <b>L. 27,400.00</b>  |               |  |
|                         |                                    |  |             |                               | <b>Sub total Mano de Obra/Unidad de Obra</b>           | <b>L. 100.00</b>     |               |  |
| <b>3.00</b>             |                                    |  |             | <b>Herramientas y Equipos</b> |  |                      |               |  |
| 3.01                    | Herramientas y Equipos             |  | 0.0500      | 100.00                        | L. 5.00  | L. 1,370.00          |               |  |
|                         |                                    |  |             |                               | <b>Sub Total</b>                                       | <b>L. 1,370.00</b>   |               |  |
|                         |                                    |  |             |                               | <b>Sub Total Herramienta y equipos/ Unidad de Obra</b> | <b>L. 5.00</b>       |               |  |
|                         |                                    |  |             |                               | <b>Costo Total</b>                                     | <b>L. 104,823.42</b> |               |  |
|                         |                                    |  |             |                               | <b>Costo Total/Unidad de Obra</b>                      | <b>L. 382.57</b>     |               |  |

Ilustración 78. Ficha de costo unitario 3.04

Fuente: Propia

| Ficha de Costo Unitario                      |   |   |             |                         |                     |                    |  |      |               |
|--|---|---|-------------|-------------------------|---------------------|--------------------|--|------|---------------|
| Actividad                                    |   | Cimentación de tanque de almacenamiento |             |                         |                     | Cantidad de Obra   |  | 1.00 | Observaciones |
| Item   | Descripción   | Unidad                                  | Rendimiento | Cantidad Compra/Entrega | Costo Unitario Neto | Sub total          |  |      |               |
| <b>1.00</b>                                  |   |   |             |                         |                     |                    |  |      |               |
| <b>Materiales</b>                            |   |   |             |                         |                     |                    |  |      |               |
| 1.01   | Agua  | Galón                                   | 18.0000     | 18.00                   | L. 5.00             | L. 90.00           |  |      |               |
| 1.02   | Grava 3/4"  | M3                                      | 0.2556      | 0.26                    | L. 450.00           | L. 115.02          |  |      |               |
| 1.03   | Cemento GU  | Saco                                    | 3.0000      | 3                       | L. 202.00           | L. 606.00          |  |      |               |
| 1.04   | Arena triturada                                       | M3                                      | 0.1704      | 0.17                    | L. 450.00           | L. 76.68           |  |      |               |
| 1.05   | Tabla de madera rústica de 1"x6"x12' - forro 2 caras. | PT                                      | 6.6667      | 6.67                    | L. 15.65            | L. 104.33          |  |      |               |
| 1.06   | Clavo de hierro negro.                                | Libra                                   | 1.0000      | 1.00                    | L. 13.04            | L. 13.04           |  |      |               |
| 1.07   | Varilla corrugada de 1/2"x30', grado 60 -             | Lance                                   | 4.0000      | 4.00                    | L. 110.00           | L. 440.00          |  |      |               |
| 1.08   | Alambre de amarre de hierro negro.                    | Libra                                   | 3.0000      | 3.00                    | L. 11.40            | L. 34.20           |  |      |               |
| <b>Sub total Materiales</b>                  |   |   |             |                         |                     | <b>L. 1,479.27</b> |  |      |               |
| <b>ISV</b>                                   |   |   |             |                         |                     | <b>L. 221.89</b>   |  |      |               |
| <b>Sub total Materiales/Unidad de Obra</b>   |   |   |             |                         |                     | <b>L. 1,701.16</b> |  |      |               |
| <b>2.00</b>                                  |   |   |             |                         |                     |                    |  |      |               |
| <b>Mano de Obra, Herramientas y Equipos</b>  |   |   |             |                         |                     |                    |  |      |               |
| 2.01   | Corte y armado de acero.                              | UND                                     | 1.0000      | 1.00                    | L. 350.00           | L. 350.00          |  |      |               |
| 2.02   | Corte y armado de encofrado.                          | UND                                     | 1.0000      | 1.00                    | L. 800.00           | L. 800.00          |  |      |               |
| 2.03   | Colocación, regado, vibrado y acabado en concreto.    | UND                                     | 1.0000      | 1.00                    | L. 1,200.00         | L. 1,200.00        |  |      |               |
| 2.04   | Desencofrado y limpieza.                              | UND                                     | 1.0000      | 1.00                    | L. 350.00           | L. 350.00          |  |      |               |
| <b>Sub total Mano de Obra</b>                |   |   |             |                         |                     | <b>L. 2,700.00</b> |  |      |               |
| <b>Sub total Mano de Obra/Unidad de Obra</b> |   |   |             |                         |                     | <b>L. 2,700.00</b> |  |      |               |
| <b>Costo Total</b>                           |   |   |             |                         |                     | <b>L. 4,401.16</b> |  |      |               |
| <b>Costo Total/Unidad de Obra</b>            |   |   |             |                         |                     | <b>L. 4,401.16</b> |  |      |               |

**Ilustración 79. Ficha de costo unitario 3.05**

| Actividad   |                                   | Pared de bloque de 4" |             |                         |  | Cantidad de Obra   | 10.40         | M2 |
|-------------|-----------------------------------|-----------------------|-------------|-------------------------|--|--------------------|---------------|----|
| Item        | Descripción                       | Unidad                | Rendimiento | Cantidad Compra/Entrega | Costo Unitario Neto                          | Sub total          | Observaciones |    |
| <b>1.00</b> | <b>Materiales</b>                 |                       |             |                         |  |                    |               |    |
| 1.01        | Cemento gris tipo Portland        | Bolsa                 | 0.36        | 4.00                    | 200.00                                       | L. 800.00          |               |    |
| 1.02        | Arena de Rio                      | M3                    | 0.05        | 0.56                    | 445.00                                       | L. 249.91          |               |    |
| 1.03        | Agua                              | M3                    | 0.01        | 0.09                    | 5.00   | L. 0.47            |               |    |
| 1.04        | Bloque de concreto de 4"          | Unidad                | 13.13       | 136.50                  | 13.00  | L. 1,774.50        |               |    |
| 1.05        | Madera rustica                    | PT                    | 2.10        | 21.84                   | 17.00  | L. 371.28          |               |    |
| 1.06        | Clavos de hierro negro            | Lb                    | 1.00        | 10.40                   | 17.00  | L. 176.80          |               |    |
|             |                                   |                       |             |                         | <b>Sub total Materiales</b>                  | <b>L. 3,372.96</b> |               |    |
|             |                                   |                       |             |                         | <b>ISV</b>                                   | <b>L. 505.94</b>   |               |    |
|             |                                   |                       |             |                         | <b>Sub total Materiales/Unidad de Obra</b>   | <b>L. 372.97</b>   |               |    |
| <b>2.00</b> | <b>Mano de Obra</b>               |                       |             |                         |  |                    |               |    |
| 2.01        | Albañil                           | M2                    | 0.24        | 2.00                    | L. 500.00                                    | L. 1,000.00        |               |    |
| 2.02        | Ayudante                          | M2                    | 0.24        | 2.00                    | L. 300.00                                    | L. 600.00          |               |    |
|             |                                   |                       |             |                         | <b>Sub total Mano de Obra</b>                | <b>L. 1,600.00</b> |               |    |
|             |                                   |                       |             |                         | <b>Sub total Mano de Obra/Unidad de Obra</b> | <b>L. 153.85</b>   |               |    |
| <b>3.00</b> | <b>Herramienta y equipo menor</b> |                       |             |                         |  |                    |               |    |
| 3.01        | Herramienta y equipo menor        | Rendimiento           | 0.0500      | 153.85                  | L. 153.85                                    | L. 7.69            |               |    |
|             |                                   |                       |             |                         | <b>Sub total Mano de Obra</b>                | <b>L. 7.69</b>     |               |    |
|             |                                   |                       |             |                         | <b>Sub total Mano de Obra/Unidad de Obra</b> | <b>L. 534.51</b>   |               |    |

Ilustración 80. Ficha de costo unitario 3.06

| Actividad                                    |  | Losas superior tanque de almacenamiento de 343 galones |                    |                                |                            | Costo Unitario     | Cantidad de Obra     | Observaciones |
|--|--|--|--------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------|----------------------|---------------|
| <b>Item</b>                                  | <b>Descripción</b>   | <b>Unidad</b>  | <b>Rendimiento</b> | <b>Cantidad Compra/Entrega</b> | <b>Costo Unitario Neto</b> | <b>Sub total</b>   | <b>Observaciones</b> |               |
| <b>1.00 Materiales</b>                       |  |  |                    |                                |                            |                    |                      |               |
| 1.01   | Agua   | Galón  | 12.0000            | 15.60                          | L. 3.00                    | L. 46.80           |                      |               |
| 1.02   | Grava 3/4"   | M3   | 0.1704             | 0.22                           | L. 450.00                  | L. 99.68           |                      |               |
| 1.03   | Cemento GU   | Saco   | 2.0000             | 3                              | L. 202.00                  | L. 525.20          |                      |               |
| 1.04   | Arena  | M3   | 0.1136             | 0.15                           | L. 450.00                  | L. 66.46           |                      |               |
| 1.05   | Tabla de madera rústica de 1"x4"x12' - forro 2 caras.        | PT   | 4.4444             | 13.00                          | L. 15.65                   | L. 203.45          |                      |               |
| 1.06   | Clavo de hierro negro.                                       | Libra  | 1.5000             | 1.95                           | L. 13.04                   | L. 25.43           |                      |               |
| 1.07   | Varilla corrugada de 3/8"x30', grado 60 -                    | Lance  | 4.0000             | 5.20                           | L. 110.00                  | L. 572.00          |                      |               |
| 1.08   | Alambre de amarre de hierro negro.                           | Libra  | 5.0000             | 12.00                          | L. 11.40                   | L. 136.80          |                      |               |
| <b>Sub total Materiales</b>                  |  |  |                    |                                |                            | <b>L. 1,675.82</b> |                      |               |
| <b>Sub total Materiales/Unidad de Obra</b>   |  |  |                    |                                |                            | <b>L. 251.37</b>   |                      |               |
| <b>Sub total Materiales/Unidad de Obra</b>   |  |  |                    |                                |                            | <b>L. 1,482.45</b> |                      |               |
| <b>Mano de Obra, Herramientas y Equipos</b>  |  |  |                    |                                |                            |                    |                      |               |
| <b>2.00</b>                                  | <b>Mano de Obra, Herramientas y Equipos</b>                  |  |                    |                                |                            |                    |                      |               |
| 2.01   | Corte y armado de acero, encofrado, fundición y desencofrado | M2   | 0.7692             | 1.00                           | L. 3,000.00                | L. 3,000.00        |                      |               |
| <b>Sub total Mano de Obra</b>                |  |  |                    |                                |                            | <b>L. 3,000.00</b> |                      |               |
| <b>Sub total Mano de Obra/Unidad de Obra</b> |  |  |                    |                                |                            | <b>L. 2,307.69</b> |                      |               |
| <b>Costo Total</b>                           |  |  |                    |                                |                            | <b>L. 5,764.81</b> |                      |               |
| <b>Costo Total/Unidad de Obra</b>            |  |  |                    |                                |                            | <b>L. 4,434.47</b> |                      |               |

**Ilustración 81. Ficha de costo unitario 3.07**

Fuente: Propia

| Actividad                                    |                            |             |             |        |           |             | Repello en paredes de cajas de registro de agua potable |             |                         | 17.60               |           |               |
|--|----------------------------|-------------|-------------|--------|-----------|-------------|---|-------------|-------------------------|---------------------|-----------|---------------|
| Descripción                                  |                            |             |             |        |           |             | Unidad  | Rendimiento | Cantidad Compra/Entrega | Costo Unitario Neto | Sub total | Observaciones |
| <b>1.00</b>                                  |                            |             |             |        |           |             |   |             |                         |                     |           |               |
| <b>Materiales</b>                            |                            |             |             |        |           |             |   |             |                         |                     |           |               |
| 1.01   | Clavos                     | Libra       | 0.007       | 0.12   | L. 14.00  | L. 1.72     |   |             |                         |                     |           |               |
| 1.02   | Madera rústica             | PT          | 0.19        | 3.34   | L. 15.50  | L. 51.83    |   |             |                         |                     |           |               |
| 1.03   | Arena de río lavada        | M3          | 0.026069708 | 0.46   | L. 400.00 | L. 183.53   |   |             |                         |                     |           |               |
| 1.04   | Cemento GU.                | Saco        | 0.23        | 4.05   | L. 165.00 | L. 667.92   |   |             |                         |                     |           |               |
| 1.05   | Agua                       | M3          | 0.03        | 0.53   | L. 25.00  | L. 13.20    |   |             |                         |                     |           |               |
| <b>Sub total Materiales</b>                  |                            |             |             |        |           |             |   |             |                         | <b>L. 918.21</b>    |           |               |
| <b>ISV</b>                                   |                            |             |             |        |           |             |   |             |                         | <b>L. 137.73</b>    |           |               |
| <b>Sub total Materiales/Unidad de Obra</b>   |                            |             |             |        |           |             |   |             |                         | <b>L. 60.00</b>     |           |               |
| <b>2.00</b>                                  |                            |             |             |        |           |             |   |             |                         |                     |           |               |
| <b>Mano de Obra</b>                          |                            |             |             |        |           |             |   |             |                         |                     |           |               |
| 2.01   | Albañil                    | M2          | 0.1300      | 17.60  | L. 70.00  | L. 1,232.00 |   |             |                         |                     |           |               |
| 2.02   | Ayudante                   | M2          | 0.1300      | 17.60  | L. 45.00  | L. 792.00   |   |             |                         |                     |           |               |
| <b>Sub total Mano de Obra</b>                |                            |             |             |        |           |             |   |             |                         | <b>L. 2,024.00</b>  |           |               |
| <b>Sub total Mano de Obra/Unidad de Obra</b> |                            |             |             |        |           |             |   |             |                         | <b>L. 115.00</b>    |           |               |
| <b>3.00</b>                                  |                            |             |             |        |           |             |   |             |                         |                     |           |               |
| <b>Herramienta y equipo menor</b>            |                            |             |             |        |           |             |   |             |                         |                     |           |               |
| 3.01   | Herramienta y equipo menor | Rendimiento | 0.1000      | 115.00 | L. 11.50  | L. 202.40   |   |             |                         |                     |           |               |
| <b>Sub total Herramienta y equipos</b>       |                            |             |             |        |           |             |   |             |                         | <b>L. 11.50</b>     |           |               |
| <b>Costo Total</b>                           |                            |             |             |        |           |             |   |             |                         | <b>3,282.34</b>     |           |               |
| <b>Costo Total/Unidad de Obra</b>            |                            |             |             |        |           |             |   |             |                         | <b>L. 186.50</b>    |           |               |

M2

### Ilustración 82. Ficha de costo unitario 4.01

Fuente: Propia

| Actividad  |                            | Tallado en elementos estructurales del tanque de almacenamiento |             |                         |                     | Cantidad de Obra | 15.00         |
|--|----------------------------|---|-------------|-------------------------|---------------------|------------------|---------------|
| Item   | Descripción                | Unidad  | Rendimiento | Cantidad Compra/Entrega | Costo Unitario Neto | Sub total        | Observaciones |
| <b>1.00</b>  |                            |   |             |                         |                     |                  |               |
| <b>Materiales</b>                                    |                            |   |             |                         |                     |                  |               |
| 1.01   | Agua                       | M3  | 0,0011      | 0,02                    | 68,00               | L. 1,12          |               |
| 1.02   | Clavos                     | Libra   | 0,009       | 0,14                    | 18,00               | L. 2,43          |               |
| 1.03   | Madera Rustica de Pino     | PT  | 0,214       | 3,21                    | 19,00               | L. 60,99         |               |
| <b>Sub total Materiales</b>                          |                            |   |             |                         |                     | <b>L. 64,54</b>  |               |
| <b>Sub total Materiales/Unidad de Obra</b>           |                            |   |             |                         |                     | <b>L. 4,30</b>   |               |
| <b>2.00</b>  |                            |   |             |                         |                     |                  |               |
| <b>Mano de Obra</b>                                  |                            |   |             |                         |                     |                  |               |
| 2.01   | Albañil                    | ML  | 0,10        | 15,00                   | L. 45,00            | L. 675,00        |               |
| <b>Sub total Mano de Obra</b>                        |                            |   |             |                         |                     | <b>L. 675,00</b> |               |
| <b>Sub total Mano de Obra/Unidad de Obra</b>         |                            |   |             |                         |                     | <b>L. 45,00</b>  |               |
| <b>3.00</b>  |                            |   |             |                         |                     |                  |               |
| <b>Herramienta y equipo menor</b>                    |                            |   |             |                         |                     |                  |               |
| 3.01   | Herramienta y equipo menor | Rendimiento   | 0,0500      | 45,00                   | L. 2,25             | L. 33,75         |               |
| <b>Sub total herramienta y equipo</b>                |                            |   |             |                         |                     | <b>L. 33,75</b>  |               |
| <b>Sub total herramienta y equipo/Unidad de Obra</b> |                            |   |             |                         |                     | <b>L. 2,25</b>   |               |
| <b>Costo Total</b>                                   |                            |   |             |                         |                     | <b>713,05</b>    |               |
| <b>Costo Total/Unidad de Obra</b>                    |                            |   |             |                         |                     | <b>L. 47,54</b>  |               |

**Ilustración 83. Ficha de costo unitario 4.02**

Fuente: Propia



| Ficha de Costo Unitario                                |  |                                     |             |                         |                     |                    |                  |      |               |
|--|--|-------------------------------------|-------------|-------------------------|---------------------|--------------------|------------------|------|---------------|
| Actividad  |  | Instalación de válvulas de limpieza |             |                         |                     |                    | Cantidad de Obra | 1.00 | Observaciones |
| Item   | Descripción  | Unidad                              | Rendimiento | Cantidad Compra/Entrega | Costo Unitario Neto | Sub total          |                  |      |               |
| <b>1.00</b>  |  |                                     |             |                         |                     |                    |                  |      |               |
| <b>Materiales</b>                                      |  |                                     |             |                         |                     |                    |                  |      |               |
| 1.01   | Válvula de compuerta de bronce de 1"                     | UND                                 | 1.0000      | 1.00                    | L. 292.00           | L. 292.00          |                  |      |               |
| 1.02   | Adaptador PVC hembra de 1"                               | UND                                 | 2.0000      | 2.00                    | L. 12.25            | L. 24.50           |                  |      |               |
| 1.03   | Adaptador PVC macho de 1"                                | UND                                 | 1.0000      | 1.00                    | L. 13.50            | L. 13.50           |                  |      |               |
| 1.04   | Niple HG de 1"x4"  | UND                                 | 4.0000      | 4.00                    | L. 21.00            | L. 84.00           |                  |      |               |
| 1.05   | Tee de HG de 1"  | UND                                 | 2.0000      | 2.00                    | L. 25.00            | L. 50.00           |                  |      |               |
| 1.06   | Teflón   | UND                                 | 1.0000      | 1.00                    | L. 7.96             | L. 7.96            |                  |      |               |
| 1.07   | Pegamento PVC Durman 1/4 Galón                           | Galón                               | 1.0000      | 1.00                    | L. 262.00           | L. 262.00          |                  |      |               |
| <b>Sub total Materiales</b>                            |  |                                     |             |                         |                     | <b>L. 733.96</b>   |                  |      |               |
| <b>Sub total Materiales/Unidad de Obra</b>             |  |                                     |             |                         |                     | <b>L. 110.09</b>   |                  |      |               |
| <b>ISV</b>   |  |                                     |             |                         |                     |                    |                  |      |               |
| <b>Sub total Materiales/Unidad de Obra</b>             |  |                                     |             |                         |                     | <b>L. 844.05</b>   |                  |      |               |
| <b>2.00</b>  |  |                                     |             |                         |                     |                    |                  |      |               |
| <b>Mano de Obra</b>                                    |  |                                     |             |                         |                     |                    |                  |      |               |
| 2.01   | Instalación de válvula de purga con fontanero y ayudante | UND                                 | 0.5000      | 1.00                    | L. 500.00           | L. 500.00          |                  |      |               |
| <b>Sub total Mano de Obra</b>                          |  |                                     |             |                         |                     | <b>L. 500.00</b>   |                  |      |               |
| <b>Sub total Mano de Obra/Unidad de Obra</b>           |  |                                     |             |                         |                     | <b>L. 500.00</b>   |                  |      |               |
| <b>3.00</b>  |  |                                     |             |                         |                     |                    |                  |      |               |
| <b>Herramientas y Equipos</b>                          |  |                                     |             |                         |                     |                    |                  |      |               |
| 3.01   | Herramientas y Equipos                                   |                                     | 0.0500      | 500.00                  | L. 25.00            | L. 25.00           |                  |      |               |
| <b>Sub Total Herramienta y equipos/ Unidad de Obra</b> |  |                                     |             |                         |                     | <b>L. 25.00</b>    |                  |      |               |
| <b>Sub Total</b>                                       |  |                                     |             |                         |                     | <b>L. 25.00</b>    |                  |      |               |
| <b>Costo Total</b>                                     |  |                                     |             |                         |                     | <b>L. 1,369.05</b> |                  |      |               |
| <b>Costo Total/Unidad de Obra</b>                      |  |                                     |             |                         |                     | <b>L. 1,369.05</b> |                  |      |               |

Ilustración 85. Ficha de costo unitario 5.01

Fuente: Propia

| Ficha de Costo Unitario                         |   |        |             |                         |                     |               |
|---|---|--------|-------------|-------------------------|---------------------|---------------|
| Actividad                                       | Instalación de válvulas de aire                         |        |             | Cantidad de Obra        | 1.00                | Observaciones |
| Item  | Descripción   | Unidad | Rendimiento | Cantidad Compra/Entrega | Costo Unitario Neto | Sub total     |
| <b>1.00</b>                                     |   |        |             |                         |                     |               |
| Materiales                                      |   |        |             |                         |                     |               |
| 1.01  | Válvula expulsora de aire de 1/2", Bronce.              | UND    | 1,0000      | 1.00                    | L. 292.00           | L. 292.00     |
| 1.02  | Reductor HG de 4"x1/2"                                  | UND    | 1,0000      | 1.00                    | L. 90.00            | L. 90.00      |
| 1.03  | Tee de HG de 4"   | UND    | 1,0000      | 1.00                    | L. 150.00           | L. 150.00     |
| 1.04  | Niple HG de 4"  | UND    | 3,0000      | 3.00                    | L. 45.00            | L. 135.00     |
| 1.05  | Niple HG de 1/2"  | Rollo  | 1,0000      | 1.00                    | L. 14.00            | L. 14.00      |
| 1.06  | Rollo de teñón  | Rollo  | 1,0000      | 1.00                    | L. 7.96             | L. 7.96       |
|   | Pegamento PVC Durman 1/4 galón                          | Galón  | 1,0000      | 1.00                    | L. 262.00           | L. 262.00     |
| Sub total Materiales                            |   |        |             |                         | L. 950.96           |               |
| Sub total Materiales/Unidad de Obra             |   |        |             |                         | L. 142.64           |               |
| ISV   |   |        |             |                         |                     |               |
| Sub total Materiales/Unidad de Obra             |   |        |             |                         | L. 1,093.60         |               |
| <b>2.00</b>                                     |   |        |             |                         |                     |               |
| Mano de Obra, Herramientas y Equipos            |   |        |             |                         |                     |               |
| 2.01  | Instalación de válvula de aire con fontanero y ayudante | UND    | 0.5000      | 1.00                    | L. 500.00           | L. 500.00     |
| Sub total Mano de Obra                          |   |        |             |                         | L. 500.00           |               |
| Sub total Mano de Obra/Unidad de Obra           |   |        |             |                         | L. 500.00           |               |
| <b>3.00</b>                                     |   |        |             |                         |                     |               |
| Herramientas y Equipos                          |   |        |             |                         |                     |               |
| 3.01  | Herramientas y Equipos                                  |        | 0.0500      | 500.00                  | L. 25.00            | L. 25.00      |
| Sub Total                                       |   |        |             |                         | L. 25.00            |               |
| Sub Total Herramienta y equipos/ Unidad de Obra |   |        |             |                         | L. 25.00            |               |
| Costo Total                                     |   |        |             |                         | L. 1,618.60         |               |
| Costo Total/Unidad de Obra                      |   |        |             |                         | L. 1,618.60         |               |

**Ilustración 86. Ficha de costo unitario 5.02**

Fuente: Propia

| Actividad   |  |                  |             |                         |                     |  |                    |  |  | Instalación de válvulas reductoras de presión |  |  | 2.00 |
|-------------|--|------------------|-------------|-------------------------|---------------------|--|--------------------|--|--|---|--|--|------|
| Actividad   |  |                  |             |                         |                     |  |                    |  |  | Instalación de válvulas reductoras de presión |  |  | 2.00 |
| Item        | Descripción  | Unidad           | Rendimiento | Cantidad Compra/Entrega | Costo Unitario Neto | Sub total  | Observaciones      |  |  |   |  |  |      |
| <b>1.00</b> |  |                  |             |                         |                     |  |                    |  |  | <b>Materiales</b>                             |  |  |      |
| 1.01        | Válvula reductora de presión de 1/2"                                 | UND              | 1.0000      | 2.00                    | L. 573.91           | L. 1,147.82  |                    |  |  |   |  |  |      |
| 1.02        | Reductor HG de 1"x1/2"   | UND              | 1.0000      | 1.00                    | L. 7.00             | L. 7.00  |                    |  |  |   |  |  |      |
| 1.03        | Reductor HG 1 1/2 " x 1/2"   | UND              | 1.0000      | 1.00                    | L. 15.00            | L. 15.00   |                    |  |  |   |  |  |      |
| 1.04        | Niple HG de 1"x4"  | UND              | 1.0000      | 1.00                    | L. 21.00            | L. 21.00   |                    |  |  |   |  |  |      |
| 1.05        | Niple HG de 1/2"x4"  | UND              | 1.0000      | 2.00                    | L. 14.00            | L. 28.00   |                    |  |  |   |  |  |      |
| 1.06        | Niple HG de 1 1/2"x4"  | UND              | 1.0000      | 1.00                    | L. 27.83            | L. 27.83   |                    |  |  |   |  |  |      |
| 1.05        | Rollo de teflón  | Rollo            | 1.0000      | 2.00                    | L. 7.96             | L. 15.92   |                    |  |  |   |  |  |      |
| 1.06        | Pegamento PVC Durman 1/4 Galón                                       | Galón            | 1.0000      | 1.00                    | L. 262.00           | L. 262.00  |                    |  |  |   |  |  |      |
|             |  |                  |             |                         |                     | <b>Sub total Materiales</b>                            | <b>L. 1,524.57</b> |  |  |   |  |  |      |
|             |  |                  |             |                         |                     | <b>Sub total Materiales/Unidad de Obra</b>             | <b>L. 228.69</b>   |  |  |   |  |  |      |
|             |  |                  |             |                         |                     | <b>ISV</b>   | <b>L. 228.69</b>   |  |  |   |  |  |      |
|             |  |                  |             |                         |                     | <b>Sub total Materiales/Unidad de Obra</b>             | <b>L. 876.63</b>   |  |  |   |  |  |      |
| <b>2.00</b> |  |                  |             |                         |                     |  |                    |  |  | <b>Mano de Obra, Herramientas y Equipos</b>   |  |  |      |
| 2.01        | Instalación de válvula reductora de presión con fontanero y ayudante | Unidad instalada | 0.0417      | 5.00                    | L. 200.00           | L. 1,000.00  |                    |  |  |   |  |  |      |
|             |  |                  |             |                         |                     | <b>Sub total Mano de Obra</b>                          | <b>L. 1,000.00</b> |  |  |   |  |  |      |
|             |  |                  |             |                         |                     | <b>Sub total Mano de Obra/Unidad de Obra</b>           | <b>L. 500.00</b>   |  |  |   |  |  |      |
| <b>3.00</b> |  |                  |             |                         |                     |  |                    |  |  | <b>Herramientas y Equipos</b>                 |  |  |      |
| 3.01        | Herramientas y Equipos   |                  | 0.0500      | 500.00                  | L. 25.00            | L. 50.00   |                    |  |  |   |  |  |      |
|             |  |                  |             |                         |                     | <b>Sub Total</b>                                       | <b>L. 50.00</b>    |  |  |   |  |  |      |
|             |  |                  |             |                         |                     | <b>Sub Total Herramienta y equipos/ Unidad de Obra</b> | <b>L. 25.00</b>    |  |  |   |  |  |      |
|             |  |                  |             |                         |                     | <b>Costo Total</b>                                     | <b>2,803.256</b>   |  |  |   |  |  |      |
|             |  |                  |             |                         |                     | <b>Costo Total/Unidad de Obra</b>                      | <b>L. 1,401.63</b> |  |  |   |  |  |      |

Ilustración 87. Ficha de costo unitario 5.03

Fuente: Propia

| Ficha de Costo Unitario |  |        |             |                         |  |                     |                  | ML     |
|-------------------------|--|--------|-------------|-------------------------|--|---------------------|------------------|--------|
| Actividad               | Suministro e instalación de tubería PVC 1", SDR-26 |        |             |                         |  |                     | Cantidad de Obra | 802.18 |
| Item                    | Descripción  | Unidad | Rendimiento | Cantidad Compra/Entrega | Costo Unitario Neto                                    | Sub total           | Observaciones    |        |
| <b>1.00</b>             | <b>Materiales</b>                                  |        |             |                         |  |                     |                  |        |
| 1.01                    | Tubería PVC 1" SDR-26                              | Lance  | 0.1667      | 89.00                   | L. 99.00   | L. 8,811.00         |                  |        |
| 1.02                    | 1/4 galón de pegamento PVC Durman                  | Galón  | 0.0249      | 20.00                   | L. 262.00  | L. 5,240.00         |                  |        |
|                         |  |        |             |                         | <b>Sub total Materiales</b>                            | <b>L. 8,811.00</b>  |                  |        |
|                         |  |        |             |                         | ISV  | <b>L. 1,321.65</b>  |                  |        |
|                         |  |        |             |                         | <b>Sub total Materiales/Unidad de Obra</b>             | <b>L. 12.63</b>     |                  |        |
| <b>2.00</b>             | <b>Mano de Obra, Herramientas y Equipos</b>        |        |             |                         |  |                     |                  |        |
| 2.01                    | Instalación de tubería PVC 1" SDR-26               | ML     | 0.0200      | 16.04                   | L. 3,200.0   | L. 51,339.52        |                  |        |
|                         |  |        |             |                         | <b>Sub total Mano de Obra</b>                          | <b>L. 51,339.52</b> |                  |        |
|                         |  |        |             |                         | <b>Sub total Mano de Obra/Unidad de Obra</b>           | <b>L. 64.00</b>     |                  |        |
| <b>3.00</b>             | <b>Herramientas y Equipos</b>                      |        |             |                         |  |                     |                  |        |
| 3.01                    | Herramientas y Equipos                             |        | 0.0500      | 64.00                   | L. 3.20  | L. 2,566.98         |                  |        |
|                         |  |        |             |                         | <b>Sub Total</b>                                       | <b>L. 2,566.98</b>  |                  |        |
|                         |  |        |             |                         | <b>Sub Total Herramienta y equipos/ Unidad de Obra</b> | <b>L. 3.20</b>      |                  |        |
|                         |  |        |             |                         | <b>Costo Total</b>                                     | <b>64,039.146</b>   |                  |        |
|                         |  |        |             |                         | <b>Costo Total/Unidad de Obra</b>                      | <b>L. 79.83</b>     |                  |        |

Ilustración 88. Ficha de costo unitario 5.04

Fuente: Propia

| Ficha de Costo Unitario |   |   |             |                         |  |                     |                  |        |    |
|-------------------------|---|---|-------------|-------------------------|--|---------------------|------------------|--------|----|
| Actividad               |   | Suministro e instalación de tubería PVC 2" , SDR-26 |             |                         |  |                     | Cantidad de Obra | 240.32 | ML |
| Item                    | Descripción                                 | Unidad  | Rendimiento | Cantidad Compra/Entrega | Costo Unitario Neto                                    | Sub total           | Observaciones    |        |    |
| <b>1.00</b>             | <b>Materiales</b>                           |   |             |                         |  |                     |                  |        |    |
| 1.01                    | Tubería PVC 2" SDR-26                       | Lance   | 0.1667      | 41.00                   | L. 271.00  | L. 11,111.00        |                  |        |    |
| 1.02                    | 1/4 galón de pegamento PVC Durman           | Galón   | 0.0333      | 8.00                    | L. 262.00  | L. 2,096.00         |                  |        |    |
|                         |   |   |             |                         | <b>Sub total Materiales</b>                            | <b>L. 11,111.00</b> |                  |        |    |
|                         |   |   |             |                         | ISV  | L. 1,666.65         |                  |        |    |
|                         |   |   |             |                         | <b>Sub total Materiales/Unidad de Obra</b>             | <b>L. 53.17</b>     |                  |        |    |
| <b>2.00</b>             | <b>Mano de Obra, Herramientas y Equipos</b> |   |             |                         |  |                     |                  |        |    |
| 2.01                    | Instalación de tubería PVC 2" SDR-26        | ML  | 0.0200      | 5.00                    | L. 3,200.0   | L. 16,000.00        |                  |        |    |
|                         |   |   |             |                         | <b>Sub total Mano de Obra</b>                          | <b>L. 16,000.00</b> |                  |        |    |
|                         |   |   |             |                         | <b>Sub total Mano de Obra/Unidad de Obra</b>           | <b>L. 66.58</b>     |                  |        |    |
| <b>3.00</b>             | <b>Herramientas y Equipos</b>               |   |             |                         |  |                     |                  |        |    |
| 3.01                    | Herramientas y Equipos                      |   | 0.0500      | 66.58                   | L. 3.33  | L. 800.00           |                  |        |    |
|                         |   |   |             |                         | <b>Sub Total</b>                                       | <b>L. 800.00</b>    |                  |        |    |
|                         |   |   |             |                         | <b>Sub Total Herramienta y equipos/ Unidad de Obra</b> | <b>L. 3.33</b>      |                  |        |    |
|                         |   |   |             |                         | <b>Costo Total</b>                                     | <b>29,577.650</b>   |                  |        |    |
|                         |   |   |             |                         | <b>Costo Total/Unidad de Obra</b>                      | <b>L. 123.08</b>    |                  |        |    |

Ilustración 89. Ficha de costo unitario 5.05

Fuente: Propia

| Actividad   |   |        |             |                         |                     |  |                    | Suministro e instalación de tubería PVC 3", SDR-26 |  | Cantidad de Obra | 132.96 | Observaciones |
|-------------|---|--------|-------------|-------------------------|---------------------|--|--------------------|--|--|------------------|--------|---------------|
| Item        | Descripción                                 | Unidad | Rendimiento | Cantidad Compra/Entrega | Costo Unitario Neto | Sub total  |                    |  |  |                  |        |               |
| <b>1.00</b> | <b>Materiales</b>                           |        |             |                         |                     |  |                    |  |  |                  |        |               |
| 1.01        | Tubería PVC 3 " SDR-26                      | Lance  | 0.1667      | 23.00                   | L. 350.00           | L. 8,050.00  |                    |  |  |                  |        |               |
| 1.02        | 1/4 galón de pegamento PVC Durman           | Galón  | 0.0301      | 4.00                    | L. 262.00           | L. 1,048.00  |                    |  |  |                  |        |               |
|             |   |        |             |                         |                     | <b>Sub total Materiales</b>                            | <b>L. 8,050.00</b> |  |  |                  |        |               |
|             |   |        |             |                         |                     | <b>Sub total Materiales/Unidad de Obra</b>             | <b>L. 1,207.50</b> |  |  |                  |        |               |
|             |   |        |             |                         |                     | <b>Sub total Materiales/Unidad de Obra</b>             | <b>L. 69.63</b>    |  |  |                  |        |               |
| <b>2.00</b> | <b>Mano de Obra, Herramientas y Equipos</b> |        |             |                         |                     |  |                    |  |  |                  |        |               |
| 2.01        | Instalación de tubería PVC 1 1/2 " SDR-26   | ML     | 0.0200      | 2.50                    | L. 3,200.0          | L. 8,000.00  |                    |  |  |                  |        |               |
|             |   |        |             |                         |                     | <b>Sub total Mano de Obra</b>                          | <b>L. 8,000.00</b> |  |  |                  |        |               |
|             |   |        |             |                         |                     | <b>Sub total Mano de Obra/Unidad de Obra</b>           | <b>L. 60.17</b>    |  |  |                  |        |               |
| <b>3.00</b> | <b>Herramientas y Equipos</b>               |        |             |                         |                     |  |                    |  |  |                  |        |               |
| 3.01        | Herramientas y Equipos                      |        | 0.0500      | 60.17                   | L. 3.01             | L. 400.00  |                    |  |  |                  |        |               |
|             |   |        |             |                         |                     | <b>Sub Total</b>                                       | <b>L. 400.00</b>   |  |  |                  |        |               |
|             |   |        |             |                         |                     | <b>Sub Total Herramienta y equipos/ Unidad de Obra</b> | <b>L. 3.01</b>     |  |  |                  |        |               |
|             |   |        |             |                         |                     | <b>Costo Total</b>                                     | <b>17,657.500</b>  |  |  |                  |        |               |
|             |   |        |             |                         |                     | <b>Costo Total/Unidad de Obra</b>                      | <b>L. 132.80</b>   |  |  |                  |        |               |

**Ilustración 90. Ficha de costo unitario 5.06**

Fuente: Propia

| Actividad   |   |                  |             |                         |                     |               | Actividad  |  |                      |  |  |
|-------------|---|------------------|-------------|-------------------------|---------------------|---------------|--|--|----------------------|--|--|
| Descripción |   |                  |             |                         |                     |               | Descripción  |  |                      |  |  |
| Item        | Descripción   | Unidad           | Rendimiento | Cantidad Compra/Entrega | Costo Unitario Neto | Sub total     | Observaciones  |  |                      |  |  |
| <b>1.00</b> |   |                  |             |                         |                     |               | <b>Materiales</b>                                      |  |                      |  |  |
| 1.01        | Micromedidores calibrados por SANAA                               | UND              | 1.0000      | 266.00                  | L. 800.00           | L. 212,800.00 |  |  |                      |  |  |
| 1.02        | Codos PVC Inyectados de 1/2"                                      | UND              | 4.0000      | 1,064.00                | L. 2.50             | L. 2,660.00   |  |  |                      |  |  |
| 1.03        | Rollo de teñón  | Rollo            | 0.1241      | 33.00                   | L. 7.96             | L. 262.68     |  |  |                      |  |  |
| 1.04        | Adaptadores macho PVC de 1/2"                                     | UND              | 2.0000      | 532.00                  | L. 3.50             | L. 1,862.00   |  |  |                      |  |  |
| 1.05        | Pegamento PVC Durman 1/4 Galón                                    | Galón            | 0.0113      | 3.00                    | L. 262.00           | L. 786.00     |  |  |                      |  |  |
|             |   |                  |             |                         |                     |               | <b>Sub total Materiales</b>                            |  | <b>L. 218,370.68</b> |  |  |
|             |   |                  |             |                         |                     |               | <b>Sub total Materiales/Unidad de Obra</b>             |  | <b>ISV</b>           |  |  |
|             |   |                  |             |                         |                     |               |  |  | <b>L. 32,755.60</b>  |  |  |
|             |   |                  |             |                         |                     |               | <b>Sub total Materiales/Unidad de Obra</b>             |  | <b>L. 944.08</b>     |  |  |
| <b>2.00</b> |   |                  |             |                         |                     |               | <b>Mano de Obra, Herramientas y Equipos</b>            |  |                      |  |  |
| 2.01        | Instalación de válvula de micromedidores con fontanero y ayudante | Unidad instalada | 0.0208      | 5.54                    | L. 2,000.00         | L. 11,083.33  |  |  |                      |  |  |
|             |   |                  |             |                         |                     |               | <b>Sub total Mano de Obra</b>                          |  | <b>L. 11,083.33</b>  |  |  |
|             |   |                  |             |                         |                     |               | <b>Sub total Mano de Obra/Unidad de Obra</b>           |  | <b>L. 41.67</b>      |  |  |
| <b>3.00</b> |   |                  |             |                         |                     |               | <b>Herramientas y Equipos</b>                          |  |                      |  |  |
| 3.01        | Herramientas y Equipos  |                  | 0.0500      | 41.67                   | L. 2.08             | L. 554.17     |  |  |                      |  |  |
|             |   |                  |             |                         |                     |               | <b>Sub Total</b>                                       |  | <b>L. 554.17</b>     |  |  |
|             |   |                  |             |                         |                     |               | <b>Sub Total Herramienta y equipos/ Unidad de Obra</b> |  | <b>L. 2.08</b>       |  |  |
|             |   |                  |             |                         |                     |               | <b>Costo Total</b>                                     |  | <b>262,763.782</b>   |  |  |
|             |   |                  |             |                         |                     |               | <b>Costo Total/Unidad de Obra</b>                      |  | <b>L. 987.83</b>     |  |  |

**Ilustración 91. Ficha de costo unitario 5.07**

Fuente: Propia

| ID | Modo de tarea                            | Nombre de tarea  | Duración | Comienzo    |
|----|--|--|----------|-------------|
| 1  | Inicio                                   | Proyecto Chinda  | 19 días  | lun 2/3/20  |
| 2  | Preliminares                             | Inicio   | 0 días   | lun 2/3/20  |
| 3  | Trazo y marcaje en línea de distribución | Trazo y marcaje en línea de distribución                                       | 10 días  | lun 2/3/20  |
| 4  | Movimientos de tierra                    | Excavación para instalación de válvulas de limpieza                            | 8 días   | lun 2/3/20  |
| 5  |  | Excavación para instalación de válvulas de aire                                | 1 día    | lun 2/3/20  |
| 6  |  | Excavación para instalación de válvulas reductora de presión                   | 1 día    | lun 2/3/20  |
| 7  |  | Excavación para instalación de micromedidores                                  | 6 días   | lun 2/3/20  |
| 8  |  | Excavación para instalación de tubería PVC de 1" en línea de distribución      | 8 días   | lun 2/3/20  |
| 9  |  | Excavación para instalación de tubería PVC de 3" en línea de distribución      | 2 días   | lun 2/3/20  |
| 10 |  | Excavación para instalación de tubería PVC de 2" en línea de distribución      | 4 días   | lun 2/3/20  |
| 11 |  | Excavación para cimentación de tanque de almacenamiento                        | 1 día    | lun 2/3/20  |
| 12 |  | Concreto   | 8 días   | lun 2/3/20  |
| 13 |  | Solera de remate en cajas de registro, de 0.10x0.10 m, con 2 varillas #3 y #26 | 8 días   | lun 2/3/20  |
| 14 |  | Resane de elementos estructurales en tanque de almacenamiento                  | 2 días   | lun 2/3/20  |
| 15 |  | Resane de hipoclorador   | 1 día    | lun 2/3/20  |
| 16 |  | Tapaderas de concreto para caja de registro                                    | 3 días   | lun 2/3/20  |
| 17 |  | Cimentación de tanque de almacenamiento  | 2 días   | lun 2/3/20  |
| 18 |  | Paredes de bloque de 4" para tanque de almacenamiento                          | 2 días   | lun 2/3/20  |
| 19 |  | Losa superior tanque de almacenamiento   | 2 días   | lun 2/3/20  |
| 20 |  | Acabados   | 4 días   | mar 2/12/20 |
| 21 |  | Repello en paredes de cajas de registro de agua potable                        | 2 días   | mar 2/12/20 |
| 22 |  | Tallado en el interior del tanque de almacenamiento                            | 1 día    | mar 2/12/20 |
| 23 |  | Aplicación de capa de sellador y pintura epóxica en tanque de almacenamiento   | 4 días   | mar 2/12/20 |
| 24 |  | Instalaciones en red de agua potable   | 18 días  | mar 2/12/20 |
| 25 |  | Instalación de válvulas de limpieza  | 1 día    | mar 2/12/20 |
| 26 |  | Instalación de válvulas de aire  | 1 día    | mar 2/12/20 |
| 27 |  | Instalación de válvulas reductoras de presión                                  | 1 día    | mar 2/12/20 |
| 28 |  | Suministro e instalación de tubería PVC 1", SDR-26                             | 11 días  | mar 2/12/20 |
| 29 |  | Suministro e instalación de tubería PVC 2", SDR-26                             | 5 días   | mar 2/12/20 |
| 30 |  | Suministro e instalación de tubería PVC 3", SDR-26                             | 3 días   | mar 2/12/20 |
| 31 |  | Instalación de micromedidores en conexiones domiciliarias                      | 3 días   | mar 2/12/20 |
| 32 |  | Instalación de tubería de entrada y salida, válvulas y accesorios en tanque de | 3 días   | mar 2/12/20 |
| 33 |  |  |          |             |
| 34 |  |  |          |             |

Ilustración 92. Cronograma de actividades