



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

**“EVALUACIÓN Y PROPUESTAS DE SOLUCIONES DEL SISTEMA DE  
AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA JUAN BAUTISTA EN EL CANTÓN  
DAULE, PROVINCIA DEL GUAYAS”**

### **PROYECTO DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

### **INGENIERO CIVIL**

Presentado por:

**MARÍA FERNANDA GONZÁLEZ CRUZ**

**DAVID JOSÉ PINARGOTE GÓMEZ**

**GUAYAQUIL-ECUADOR**

**2018**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de manera especial a Dios, quien me dio la fortaleza y el enfoque para guiarme en cada paso. A mis padres, Orlando y Yolanda, quienes son mi motor de vida y me han dado su apoyo incondicional en cada etapa.

María Fernanda González Cruz

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto a Dios, a mis padres David Pinargote y Carolina Gómez, a mi hermana Carolina Pinargote por brindarme su afecto y apoyo a lo largo de mi vida. A mi compañera de proyecto a quien admiro y valoro por su apoyo, amistad y cariño durante esta etapa universitaria.

David José Pinargote Gómez

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica del Litoral. Se agradece de manera especial al Ph.D. David Matamoros, quien nos guió con sus conocimientos para el desarrollo y culminación de este trabajo.

Además, al Ing. Jaime Abel Páez director técnico de EMAPA EP y al Ph.D. Otto Córdova jefe de control de calidad y procesos en la planta de tratamiento de agua potable de Daule, quienes nos brindaron su ayuda e información necesaria para los estudios.

María Fernanda González Cruz

David José Pinargote Gómez

## **TRIBUNAL DEL PROYECTO**

---

**Ph.D. Hugo Egüez Álava  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

**Ph.D. Miguel Ángel Chávez  
DIRECTOR DE MATERIA INTEGRADORA**

---

**Ph.D. David Matamoros  
TUTOR**

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL)

---

**María Fernanda González Cruz**

---

**David José Pinargote Gómez**

## RESUMEN

En el presente proyecto se plantea la evaluación del sistema de agua potable de la parroquia Juan Bautista, Dicha evaluación estudia el funcionamiento de la planta de tratamiento de agua potable y su respectiva red de distribución, en base a ello se proponen soluciones viables.

El primer y segundo capítulo detallan el problema, los objetivos y el alcance a realizarse. Además, se recopila la información básica necesaria correspondiente al área de estudio, en la cual se detallan datos geográficos, poblacionales, físicos y bióticos. El tercer y cuarto capítulo presentan la evaluación de la situación actual y el diseño de cada una de las propuestas de solución, además de su respectivo presupuesto.

En el quinto capítulo se realiza la selección de la alternativa que cumple de mejor manera con los parámetros establecidos en la matriz de selección.

En el sexto capítulo se desarrolla el estudio de impacto ambiental para la alternativa seleccionada, y posteriormente su respectivo plan de manejo ambiental.

**Palabras Claves:** rehabilitación, conducción, red de distribución, simulación, parámetros, impacto.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	II
DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
TRIBUNAL DEL PROYECTO .....	V
DECLARACIÓN EXPRESA .....	VI
RESUMEN .....	7
ÍNDICE GENERAL.....	8
ABREVIATURAS .....	14
SIMBOLOGÍA .....	15
ÍNDICE DE FIGURAS.....	16
ÍNDICE DE TABLAS .....	19
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>23</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>23</b>
1.1 Antecedentes.....	24
1.2 Objetivos.....	25
1.2.1 Objetivo general .....	25
1.2.2 Objetivos específicos .....	25
1.3 Alcance .....	26
1.4 Justificación .....	27
1.5 Normativas vigentes .....	28



<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>30</b>
<b>INFORMACIÓN TÉCNICA BÁSICA.....</b>	<b>30</b>
2.1 Ubicación .....	31
2.1.1 Definición del área referencial .....	32
2.2 Perfil demográfico .....	33
2.2.1 Composición de la población por sexo y edad .....	33
2.2.2 Densidad poblacional .....	34
2.2.3 Crecimiento poblacional .....	36
2.3 Estudio del medio físico .....	39
2.3.1 Geología y geomorfología .....	39
2.3.2 Relieve .....	42
2.3.3 Hidrología .....	44
2.3.4 Calidad de agua .....	44
2.3.5 Precipitación.....	46
2.3.6 Climatología .....	46
2.3.7 Uso actual del suelo.....	47
2.4 Estudio de Medio Biótico .....	48
2.4.1 Flora.....	49
2.4.2 Fauna.....	49
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>52</b>
<b>EVALUACIÓN DE LA SITUACION ACTUAL .....</b>	<b>52</b>
3.1 Descripción general .....	53
3.2 Información necesaria, recopilada y validada para las evaluaciones	

3.2.1	Calidad de agua cruda y potable.....	53
3.2.1.1	Determinación del ICA (Índice de calidad del agua) .....	54
3.2.2	Infraestructura .....	55
3.2.3	Capacidad hidráulica.....	56
3.2.3.1	Topografía.....	56
3.2.3.2	Red actual de distribución de agua potable en la parroquia Juan Bautista .....	57
3.2.3.3	Dotación.....	58
3.2.3.4	Población .....	59
3.2.3.5	Obtención de Caudales de Diseño .....	59
3.2.3.6	Principios Básicos para el modelamiento hidráulico .....	61
3.2.3.7	Normativas por considerar .....	67
3.3	Evaluaciones de calidad de agua cruda y potable.....	71
3.3.1	Verificación del cumplimiento de las normativas .....	71
3.3.2	Análisis de resultados de la evaluación de calidad de agua cruda y potable por parámetros.....	75
3.4	Evaluación de la infraestructura.....	79
3.4.1	Evaluación de la Infraestructura de la PTAP Juan Bautista. ....	80
3.4.1.1	Análisis de Resultados de la PTAP Juan Bautista. ....	82
3.4.2	Evaluación de la Infraestructura de la PTAP Daule.....	83
3.4.2.1	Análisis de Resultados del Estado de la PTAP Daule. ....	85
3.4.3	Evaluación de la Infraestructura en la estación de Bombeo “Los Amarillos” .....	86
3.4.3.1	Análisis de Resultados de la estación de Bombeo “Los Amarillos” .....	87
3.5	Evaluación de la capacidad hidráulica del sistema de agua potable actual en la parroquia Juan Bautista .....	88

3.5.1	Disposiciones generales para la Simulación .....	89
3.5.2	Elaboración y Calibración Del Modelo Hidráulico.....	93
3.5.2.1	Comportamiento en flujo permanente .....	94
3.5.2.2	Comportamiento en flujo variable .....	97
3.5.3	Análisis de la simulación de comportamiento en flujo permanente y variable.....	105
<b>CAPÍTULO 4.....</b>		<b>109</b>
<b>DISEÑO DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS .....</b>		<b>109</b>
4.1	Propuesta de solución #1 .....	110
4.1.1	Descripción general de la propuesta .....	110
4.1.2	Disposiciones Generales del Diseño.....	110
4.1.3	Repotenciación de los elementos del sistema de tratamiento. ....	112
4.1.3.1	Captación.....	113
4.1.3.2	Clarificador.....	114
4.1.3.3	Filtración .....	121
4.1.3.4	Desinfección .....	122
4.1.3.5	Almacenamiento .....	126
4.1.3.6	Diseño de red de distribución.....	127
4.1.4	Presupuesto Referencial .....	136
4.2	Propuesta de solución #2 .....	137
4.2.1	Descripción general de la propuesta .....	137
4.2.2	Descripción de la planta de agua potable actual del cantón Daule 138	
4.2.3	Descripción de la Estación de Bombeo “Los Amarillos” .....	141
4.2.4	Disposiciones de diseño.....	143
4.2.5	Diseño Hidráulico .....	155

4.2.6	Propuesta final .....	174
4.2.7	Presupuesto Referencial .....	175
<b>CAPÍTULO 5</b> .....		<b>176</b>
<b>SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS</b> .....		<b>176</b>
5.1	Criterios de selección.....	177
5.2	Restricción de alternativas .....	180
5.3	Matriz de decisión .....	181
5.4	Determinación de la alternativa .....	182
<b>CAPÍTULO 6</b> .....		<b>183</b>
<b>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b> .....		<b>183</b>
6.1	Introducción .....	184
6.2	Objetivos.....	184
6.2.1	Objetivo General .....	184
6.2.2	Objetivos Específicos .....	184
6.3	Marco Legal .....	185
6.4	Descripción del lugar .....	186
6.5	Línea Base Ambiental.....	187
6.6	Actividades en las diferentes fases y recursos afectados.....	187
6.6.1	Actividades en las diferentes fases .....	187
6.6.2	Recursos afectados.....	189
6.7	Características del Medio (Factores Ambientales) .....	189
6.8	Matriz de Impacto Ambiental .....	190
6.8.1	Fase de construcción .....	193
6.8.2	Fase de operación y mantenimiento .....	201

6.9	Plan de manejo ambiental .....	206
6.9.1	Descripción .....	206
6.9.2	Diseño de plan de manejo ambiental .....	206
6.9.3	Medidas precautelares .....	207
6.9.4	Plan de control y prevención de impactos.....	210
6.9.5	Plan de mitigación de daños .....	215
6.9.6	Plan de contingencia.....	216
6.9.7	Plan de capacitación .....	217
<b>CAPÍTULO 7</b>	.....	<b>218</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	.....	<b>218</b>
CONCLUSIONES	.....	219
RECOMENDACIONES	.....	221
ANEXOS		
BIBLIOGRAFIA		

## **ABREVIATURAS**

INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
PVC	Policloruro de Vinilo
PEAD	Polietileno de alta densidad
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
PMA	Plan de Manejo Ambiental
VIA	Matriz de Valoración de Impacto Ambiental
PTAP	Planta de Tratamiento de Agua Potable
IEE	Instituto Espacial Ecuatoriano
ICA	Índice de calidad del agua

## SIMBOLOGÍA

$Q_{md}$	Caudal medio diario en L/s
$QMD$	Caudal máximo diario en L/s
$QMH$	Caudal máximo horario en L/s
$Q_{cond}$	Caudal de conducción L/s
$q$	Caudal unitario L/s m
$A$	Área
$H$	Altura en m.c.a.
$y$	Tirante del agua
$V$	Volumen de almacenamiento
$D$	Diámetro de tubería
$g$	Aceleración de la gravedad
$H_f$	Perdidas por fricción

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2. 1.</b> Ubicación del Proyecto .....	32
<b>Figura 2. 2</b> Mapa de densidad poblacional del cantón Daule.....	35
<b>Figura 2.3</b> Distribución de crecimiento poblacional (Wappaus, geométrico y exponencial).....	38
<b>Figura 2. 4</b> Mapa geológico parroquia Juan Bautista Aguirre .....	40
<b>Figura 2. 5</b> Mapa de relieve parroquia Juan Bautista Aguirre .....	43
<b>Figura 2. 6</b> Caracterización del suelo parroquia Juan Bautista .....	47
<b>Figura 3. 1</b> Esquema Actual de la red de distribución de agua potable. ....	58
<b>Figura 3. 2</b> Esquema del principio de Bernoulli .....	63
<b>Figura 3. 3</b> Esquema de identificación de tuberías, nodos, manzanas .....	93
<b>Figura 3. 4</b> Esquema de caudales y demandas .....	96
<b>Figura 3. 5</b> Esquema de presiones y velocidades.....	96
<b>Figura 3. 6</b> Velocidades en tuberías de la red - Régimen permanente .....	97
<b>Figura 3. 7</b> Presiones en los nodos de la red – Régimen permanente.....	97
<b>Figura 3. 8</b> Patrón de demandas horarias utilizado.....	98
<b>Figura 3. 9</b> Esquema de resultados de las velocidades y presiones en la red obtenidos por la simulación régimen variable a la hora pico 8:00 con el programa <i>EPANET 2.0</i> .....	100
<b>Figura 3. 10</b> Esquema de resultados de los caudales y demandas bases en la red obtenidos por la simulación régimen variable a la hora pico 8:00 con el programa <i>EPANET 2.0</i> .....	101



<b>Figura 3. 11</b> Esquema de resultados de los tiempos de permanencia y demanda base, en la red obtenidos por la simulación régimen variable a la hora pico 8:00 con el programa <i>EPANET 2.0</i> .....	102
<b>Figura 3. 12</b> Distribución de presiones del sistema actual régimen variable en nodos 3,5,27,16 .....	103
<b>Figura 3. 13</b> Distribución de velocidades del sistema actual régimen variable en nodos 3,5,18,26,16 .....	103
<b>Figura 3. 14</b> Distribución de caudales del sistema actual régimen variable en nodos 5,18,26,16 .....	103
<b>Figura 3. 15</b> Distribución de tiempos de permanencia del sistema actual régimen variable en nodos 3,5,13,27,16 .....	104
<b>Figura 3. 16</b> Perfil longitudinal de tiempo permanencia para régimen variable en nodos 1,3,6,25,27 .....	104
<b>Figura 4. 1</b> Esquema Geométrico del sistema de .....	114
<b>Figura 4. 2</b> Diagrama comparativo dosis óptima .....	116
<b>Figura 4. 3</b> Esquema Geométrico clarificador .....	120
<b>Figura 4. 4</b> Esquema de tanque de equilibrio .....	120
<b>Figura 4. 5</b> Esquema geométrico del filtrador .....	122
<b>Figura 4. 6</b> Esquema geométrico del filtro .....	125
<b>Figura 4. 7</b> Esquema geométrico del reservorio .....	126
<b>Figura 4. 8.</b> Esquema de red de distribución propuesta .....	129
<b>Figura 4. 9</b> Esquema de resultados de velocidades y .....	132
<b>Figura 4. 10</b> Tiempos de permanencia y demandas base en la hora pico .	133
<b>Figura 4. 11</b> Caudales y demandas bases en la hora pico .....	134
<b>Figura 4. 12</b> Esquema del área referente .....	138
<b>Figura 4. 13</b> Bomba Mark DS-9 .....	149
<b>Figura 4. 14</b> Placa descriptiva motor WEG .....	149
<b>Figura 4. 15</b> Curva característica Bomba Pedrollo .....	150
<b>Figura 4. 16</b> Bombas Pedrollo .....	151

<b>Figura 4. 17</b> Placa descriptiva Bomba.....	151
<b>Figura 4. 18</b> Anchos de zanjas recomendados .....	156
<b>Figura 4. 19</b> Profundidad de zanja recomendada .....	156
<b>Figura 4. 20</b> Implantación y perfil de trazado de la línea de conducción....	157
<b>Figura 4. 21</b> Esquema del sistema propuesto 2.....	162
<b>Figura 4. 22</b> Esquema de Caudales y demandas bases en hora pico- Simulación 1 .....	165
<b>Figura 4. 23</b> Esquema de Velocidades y presiones en hora pico- Simulación 1 .....	166
<b>Figura 4. 24</b> Esquema de Tiempo de permanencia y demandas bases en hora pico- Simulación 1.....	167
<b>Figura 4. 25</b> Esquema de Tiempo de permanencia y demandas bases en hora pico - Simulación 2.....	169
<b>Figura 4. 26</b> Esquema de Caudales y demandas bases en hora pico - Simulación 2 .....	170
<b>Figura 4. 27</b> Esquema de Velocidades y presiones en hora pico -Simulación 2 .....	171
<b>Figura 4. 28</b> Curva característica vs curva de operación .....	173

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla I.</b>	Normativas Vigentes para Sistemas de Agua Potable .....	28
<b>Tabla II.</b>	Valores máximos permisibles de normativas.....	29
<b>Tabla III.</b>	Coordenadas Geográficas del Proyecto .....	31
<b>Tabla IV.</b>	Población clasificada por sexo .....	33
<b>Tabla V.</b>	Población según edad.....	33
<b>Tabla VI.</b>	Población, superficie, .....	34
<b>Tabla VII.</b>	Resumen de las ecuaciones de los.....	36
<b>Tabla VIII.</b>	Proyecciones de población – .....	37
<b>Tabla IX.</b>	Descripción del suelo – Juan Bautista Aguirre .....	41
<b>Tabla X.</b>	Procedencia del agua.....	45
<b>Tabla XI.</b>	Tipos de conexiones de agua .....	45
<b>Tabla XII.</b>	Precipitación máxima en 24 horas – Juan Bautista Aguirre (2012) .....	46
<b>Tabla XIII.</b>	Capacidad de uso de la tierra o CUT.....	48
<b>Tabla XIV.</b>	Calificación para la obtención del índice de cada parámetro.....	54
<b>Tabla XV.</b>	Peso por nivel de importancia.....	54
<b>Tabla XVI.</b>	Categorización de contaminación .....	55
<b>Tabla XVII.</b>	Factor de corrección .....	60
<b>Tabla XVIII.</b>	Rugosidad $\varepsilon$ de algunos materiales.....	67
<b>Tabla XIX.</b>	Velocidades máximas y mínimas permisibles en tuberías.....	70
<b>Tabla XX.</b>	Análisis de agua cruda e ICA – Río Los Tintos.....	72
<b>Tabla XXI.</b>	Análisis de agua tratada e ICA – Río Los Tintos .....	73
<b>Tabla XXII.</b>	Análisis de agua cruda e ICA – Río Daule.....	74
<b>Tabla XXIII.</b>	Análisis de agua tratada e ICA – Río Daule.....	75

<b>Tabla XXIV.</b> Ficha para evaluación de infraestructura PTAP Juan Bautista	80
<b>Tabla XXV:</b> Ficha para evaluación de infraestructura PTAP Daule.....	83
<b>Tabla XXVI.</b> Ficha para evaluación de infraestructura estación de bombeo “Los Amarillos” .....	86
<b>Tabla XXVII.</b> Resumen de datos iniciales para la simulación hidráulica.....	89
<b>Tabla XXVIII.</b> Información correspondiente .....	90
<b>Tabla XXIX.</b> Resumen de tuberías pertenecientes.....	90
<b>Tabla XXX.</b> Resumen de conexiones .....	91
<b>Tabla XXXI.</b> Resultados de variables hidráulicas en las tuberías.....	94
<b>Tabla XXXII.</b> Resumen de demandas del sistema .....	98
<b>Tabla XXXIII.</b> Resumen de datos iniciales para la simulación hidráulica....	111
<b>Tabla XXXIV.</b> Resumen de conexiones del sistema.....	111
<b>Tabla XXXV.</b> Resumen de datos Test de Jarras – Policloruro de Aluminio	115
<b>Tabla XXXVI.</b> Resumen de datos Test de Jarras – Sulfato de Aluminio ....	116
<b>Tabla XXXVII.</b> Dosis óptima recomendada .....	117
<b>Tabla XXXVIII.</b> Material de relleno del filtro .....	121
<b>Tabla XXXIX.</b> Información correspondiente.....	126
<b>Tabla XL.</b> Especificaciones de Tubosistemas de PEAD .....	129
<b>Tabla XLI.</b> Resumen de tuberías red de.....	130
<b>Tabla XLII</b> Presupuesto alternativa 1 .....	136
<b>Tabla XLIII.</b> Descripción de unidades PTAP de Daule .....	139
<b>Tabla XLIV.</b> Descripción de unidades PTAP de Daule.....	140
<b>Tabla XLV.</b> Descripción de unidades PTAP de Daule.....	141
<b>Tabla XLVI.</b> Descripción de estación de bombeo “Los Amarillos” .....	142
<b>Tabla XLVII.</b> Tabla de especificaciones de .....	147
<b>Tabla XLVIII.</b> Relación H vs Q – Bomba Mark DS-9 .....	148
<b>Tabla XLIX.</b> Relación H vs Q – Bomba Pedrollo .....	150
<b>Tabla L.</b> Información correspondiente al tanque de almacenamiento Juan Bautista.....	152

<b>Tabla LI.</b> Información correspondiente al tanque de almacenamiento “Los Amarillos” .....	152
<b>Tabla LII.</b> Resumen de conexiones pertenecientes.....	153
<b>Tabla LIII.</b> Resumen de datos iniciales para la simulación hidráulica.....	154
<b>Tabla LIV.</b> Características geométricas.....	163
<b>Tabla LV.</b> Resultados comparativos .....	173
<b>Tabla LVI.</b> Presupuesto de la propuesta #2 .....	175
<b>Tabla LVII.</b> Recursos disponibles de alternativas.....	177
<b>Tabla LVIII.</b> Presupuesto Referencial de Alternativas .....	178
<b>Tabla LIX.</b> Calidad del agua de alternativas .....	179
<b>Tabla LX.</b> Tiempo de construcción de alternativas .....	179
<b>Tabla LXI.</b> Impacto ambiental de alternativas .....	180
<b>Tabla LXII.</b> Ponderación de parámetros .....	181
<b>Tabla LXIII.</b> Matriz de decisión .....	181
<b>Tabla LXIV.</b> Marco legal del estudio de impacto ambiental.....	185
<b>Tabla LXV.</b> Matriz de identidad – Fase de construcción .....	193
<b>Tabla LXVI.</b> Matriz extensión – Fase de construcción.....	194
<b>Tabla LXVII.</b> Matriz duración – Fase de construcción .....	195
<b>Tabla LXVIII.</b> Matriz Signo - Fase de construcción.....	196
<b>Tabla LXIX.</b> Matriz Magnitud – Fase de construcción .....	197
<b>Tabla LXX.</b> Factores de Impacto .....	197
<b>Tabla LXXI.</b> Matriz de reversibilidad - Fase de construcción.....	198
<b>Tabla LXXII.</b> Matriz riesgo - Fase de construcción .....	199
<b>Tabla LXXIII.</b> Matriz de valoración de impacto ambiental (VIA) – Fase de construcción.....	200
<b>Tabla LXXIV.</b> Factores VIA.....	200
<b>Tabla LXXV.</b> Matriz de intensidad – Fase de operación y mantenimiento .	201
<b>Tabla LXXVI.</b> Matriz extensión – Fase de operación y mantenimiento .....	201
<b>Tabla LXXVII.</b> Matriz Duración – Fase de operación y mantenimiento .....	202
<b>Tabla LXXVIII.</b> Matriz signo – Fase de operación y mantenimiento .....	202

<b>Tabla LXXIX.</b> Matriz magnitud – Fase de operación y mantenimiento .....	203
<b>Tabla LXXX.</b> Factores de impacto.....	203
<b>Tabla LXXXI.</b> Matriz reversibilidad – Fase de operación y mantenimiento.	204
<b>Tabla LXXXII.</b> Matriz riesgo - Fase de operación y mantenimiento.....	204
<b>Tabla LXXXIII.</b> Matriz de valoración de impacto ambiental (VIA) – Fase de operación y mantenimiento.....	205
<b>Tabla LXXXIV.</b> Factores VIA .....	205

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**

## **1.1 Antecedentes**

Desde hace 15 años, la EMAPA-EP (Empresa Pública de Agua Potable) se encarga de dotar a la población del cantón Daule y a sus parroquias aledañas de este servicio básico.

La parroquia Juan Bautista Aguirre, perteneciente al cantón Daule, cuenta con una pequeña planta de tratamiento, desde la que EMAPA-EP distribuye el agua para toda esta comunidad. A pesar de esto, el servicio generado no satisface a los habitantes ya que estos afirman que esta agua no es apta para el consumo humano, por esta razón la población no la utiliza para el consumo, más sí para otras actividades como riego, limpieza, aseo personal, etc.

Dadas estas circunstancias, EMAPA-EP se encuentra realizando las gestiones para solucionar este problema, por lo que se planea, a futuro, realizar una intervención en lo que corresponde al sistema de agua potable de este sector. Por ello, mediante este trabajo se busca dar solución al problema mencionado, de una manera eficiente, económica y factible para la ciudadanía.



## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo general

Proponer soluciones alternativas al sistema de agua potable en la parroquia Juan Bautista del cantón Daule, provincia del Guayas.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar el estado y funcionamiento de la planta de agua potable existente, para evaluar su calidad y su infraestructura con ayuda de la normativa vigente.
- Revisar que la capacidad hidráulica del sistema de distribución del agua esté acorde con la demanda base requerida, a través de simulaciones en el *software* EPANET.
- Plantear alternativas de diseño para el mejoramiento del sistema de agua potable de la parroquia, de acuerdo con los parámetros que constan en las regulaciones correspondientes.
- Diseñar las alternativas de solución para el problema detectado en el sistema de agua potable a nivel de prefactibilidad, a través del análisis del agua, de los cálculos

hidráulicos y de las simulaciones mediante *software* especializado.

- Comparar las ventajas y desventajas de las alternativas propuestas, para seleccionar aquella que cumpla de manera óptima con los criterios técnicos, económicos y ambientales.

### **1.3 Alcance**

El propósito principal del proyecto es contar con un estudio que demuestre la viabilidad técnica, económica y ambiental para llevar a cabo la: “Evaluación y propuestas de soluciones del sistema de agua potable para la parroquia Juan Bautista en el cantón Daule, provincia del Guayas”, así como también permitirá establecer los parámetros y la tecnología constructiva más adecuada que ocasione el menor impacto negativo al entorno.

Sin embargo, el presente proyecto se desarrolla a nivel de prefactibilidad, puesto que no incluye los diseños definitivos de las soluciones propuestas. El proyecto contiene diseños esquemáticos y recomendaciones para que sean implementados como guía en futuros diseños definitivos.

Mediante el estudio se requiere obtener la información técnica, condiciones de movilidad, accesibilidad y caracterización de la zona de estudio, para determinar las condiciones de operatividad por medio de simulaciones del comportamiento hidráulico utilizando el *software* EPANET, que servirá de base para contar con soluciones que permitan mejorar el sistema de agua potable.

#### **1.4 Justificación**

El servicio de agua potable es un derecho humano, con el cual toda persona debe contar, sin embargo, existen algunas comunidades que aún no cuentan con este servicio fundamental, o deben conseguirlo con mucha dificultad y a un alto costo. Un ejemplo de esta situación es la parroquia Juan Bautista Aguirre en la ciudad de Daule, provincia del Guayas, la escasez de agua apta para el consumo humano se hace presente en este sector. Por lo que es necesario implementar medidas para solucionar este problema.

Como parte de la solución a esta necesidad, este proyecto tiene como meta plantear alternativas para corregir este déficit en el abastecimiento de agua potable a la parroquia. Realizando una evaluación de las condiciones actuales de sistema de agua potable en cada etapa, captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución, apoyándonos con las normativas vigentes con respecto a calidad del

agua, para brindar un recurso óptimo a la ciudadanía y pueda tener una vida saludable.

### 1.5 Normativas vigentes

Los criterios que se consideran adecuados para el desarrollo del presente proyecto se detallan por niveles de importancia en la siguiente tabla:

**Tabla I.** Normativas Vigentes para Sistemas de Agua Potable

<b>NIVEL 1</b>
Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (R.O.305, 6 ago. 2014)
INEN (Instituto Ecuatoriano de normalización) En especial (INEN 2655 - INEN 1108)
Texto Unificado Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (Decreto Ejecutivo 3516, última modificación: 2017)
<b>NIVEL 2</b>
Reglamento a la ley de recursos hídricos (R.O.483, 20 abr 2015)
<b>NIVEL 3</b>
Normativa Secundaria a la ley de aguas
Normativa Rural para Estudios y Diseño (IEOS)
Ordenanzas Municipales y Plan Maestro de Daule

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

A continuación, se muestran los requisitos microbiológicos entre las normas INEN 1108 y TULSMA:

**Tabla II.** Valores máximos permisibles de normativas de Agua Potable.

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>INEN 1108</b>	<b>TULSMA Libro VI Anexo 1</b>
<b>pH</b>		-	-
<b>Turbiedad</b>	NTU	5	-
<b>Color Verdadero</b>	Pt-Co	15	100
<b>Solidos totales disueltos</b>	mg/L		1000
<b>Coliformes Fecales</b>	mg/L	1,1	-
<b>Coliformes Totales</b>	mg/L		-
<b>Manganeso</b>	mg/L	0,4	0,1
<b>Níquel</b>	mg/L	0,07	-
<b>Plomo</b>	mg/L	0,01	0,05
<b>Nitratos</b>	mg/L	50	10
<b>Nitritos</b>	mg/L	0,2	1
<b>Arsénico</b>	mg/L	0,01	0,05
<b>Cadmio</b>	mg/L	0,003	0,01
<b>Cobre</b>	mg/L	2	1

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

Para el diseño de la planta de agua potable se toma en consideración la Norma INEN – 2655 la cual se refiere a los parámetros de implementación de plantas potabilizadoras prefabricadas en sistemas públicos de agua potable.

# **CAPÍTULO 2**

## **INFORMACIÓN TÉCNICA BÁSICA**

## 2.1 Ubicación

El proyecto se desarrolla en la parroquia Juan Bautista Aguirre (Los Tintos), perteneciente al cantón Daule, provincia del Guayas. La misma cuenta con dieciséis centros poblados y limita al este con el río Los Tintos, al norte con la parroquia Junquillal, al oeste con la parroquia Laurel, al suroeste con la cabecera cantonal Daule y al sur con las parroquias, Las Lojas y Sabanilla.

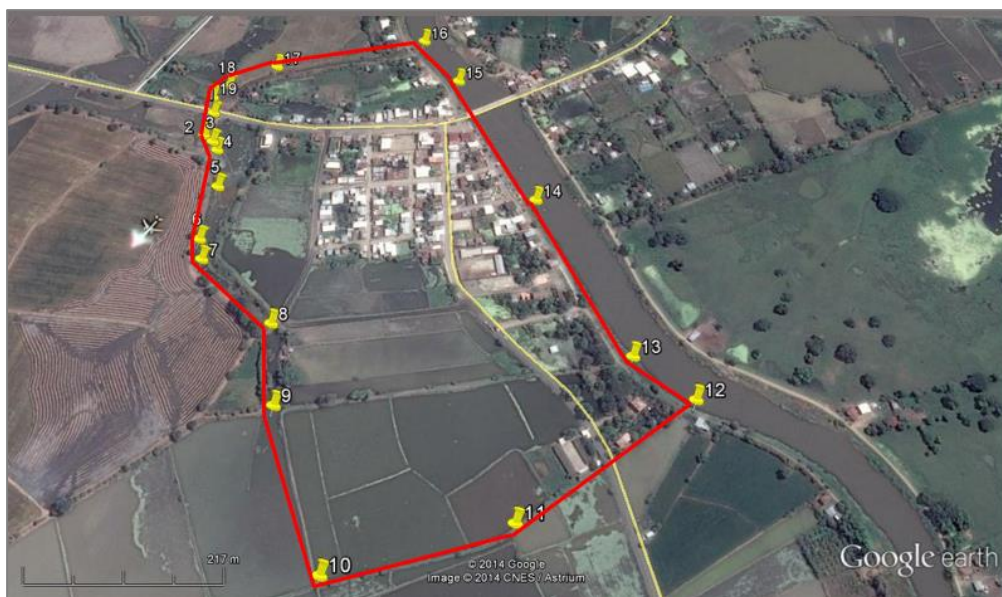
Su ubicación geográfica es:

**Tabla III.** Coordenadas Geográficas del Proyecto Juan Bautista Aguirre (Los Tintos)

Punto	Coordenadas (Georreferenciado-WGS 84)		
	X	Y	TIPO
1	626226.28	9792654.29	Polígono
2	626218.58	9792616.54	Polígono
3	626231.17	9792605.67	Polígono
4	626239.75	9792590.80	Polígono
5	626249.53	9792528.41	Polígono
6	626235.63	9792448.45	Polígono
7	626242.04	9792418.02	Polígono
8	626342.73	9792323.62	Polígono
9	626356.93	9792216.82	Polígono
10	626425.69	9792022.11	Polígono
11	626638.51	9792074.75	Polígono
12	626855.20	9792214.20	Polígono
13	626785.90	9792271.35	Polígono
14	626675.60	9792498.64	Polígono
15	626571.48	9792706.49	Polígono
16	626520.40	9792782.65	Polígono
17	626307.22	9792737.66	Polígono
18	626242.78	9792702.04	Polígono
19	626221.22	9792682.12	Polígono

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

A continuación, se muestra el área de estudio:



**Figura 2. 1. Ubicación del Proyecto**  
**Fuente: Google, 2014**

### 2.1.1 Definición del área referencial

La parroquia Juan Bautista Aguirre comprende un área de 13.35 ha., y tiene una altitud promedio de 22 (m.s.n.m.). Su topografía se caracteriza por ser regular plana con pequeñas variaciones.

Es de resaltar que el área a beneficiar en el presente proyecto comprende únicamente el sector céntrico de la parroquia Juan Bautista.



## 2.2 Perfil demográfico

### 2.2.1 Composición de la población por sexo y edad

En la siguiente tabla se detalla los datos obtenidos en el VI Censo de Población y V de Vivienda 2010 de la población de la parroquia Juan Bautista Aguirre según el sexo:

**Tabla IV.** Población clasificada por sexo

<b>Juan Bautista Aguirre</b>	<b>Hombre</b>	<b>Mujer</b>	<b>Total</b>
	2.825	2.677	5.502

**Fuente:** INEC, 2010

A continuación, se muestra la clasificación por edad, desde 1 año hasta 100 años y más.

**Tabla V.** Población según edad  
Juan Bautista Aguirre

<b>Grupos de edad</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>	<b>Total</b>
<b>Menor de 1 año</b>	50	52	102
<b>De 1 a 4 años</b>	226	239	465
<b>De 5 a 9 años</b>	320	265	585
<b>De 10 a 14 años</b>	301	268	569
<b>De 15 a 19 años</b>	234	226	460
<b>De 20 a 24 años</b>	200	207	407
<b>De 25 a 29 años</b>	175	209	384
<b>De 30 a 34 años</b>	206	199	405
<b>De 35 a 39 años</b>	194	214	408
<b>De 40 a 44 años</b>	188	167	355
<b>De 45 a 49 años</b>	148	142	290
<b>De 50 a 54 años</b>	128	117	245
<b>De 55 a 59 años</b>	111	98	209

<b>Grupos de edad</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>	<b>Total</b>
<b>De 60 a 64 años</b>	100	81	181
<b>De 65 a 69 años</b>	90	69	159
<b>De 70 a 74 años</b>	65	49	114
<b>De 75 a 79 años</b>	43	30	73
<b>De 80 a 84 años</b>	28	27	55
<b>De 85 a 89 años</b>	8	14	22
<b>De 90 a 94 años</b>	7	2	9
<b>De 95 a 99 años</b>	2	1	3
<b>De 100 años y mas</b>	1	1	2
<b>Total</b>	<b>2825</b>	<b>2677</b>	<b>5502</b>

Fuente: INEC, 2010

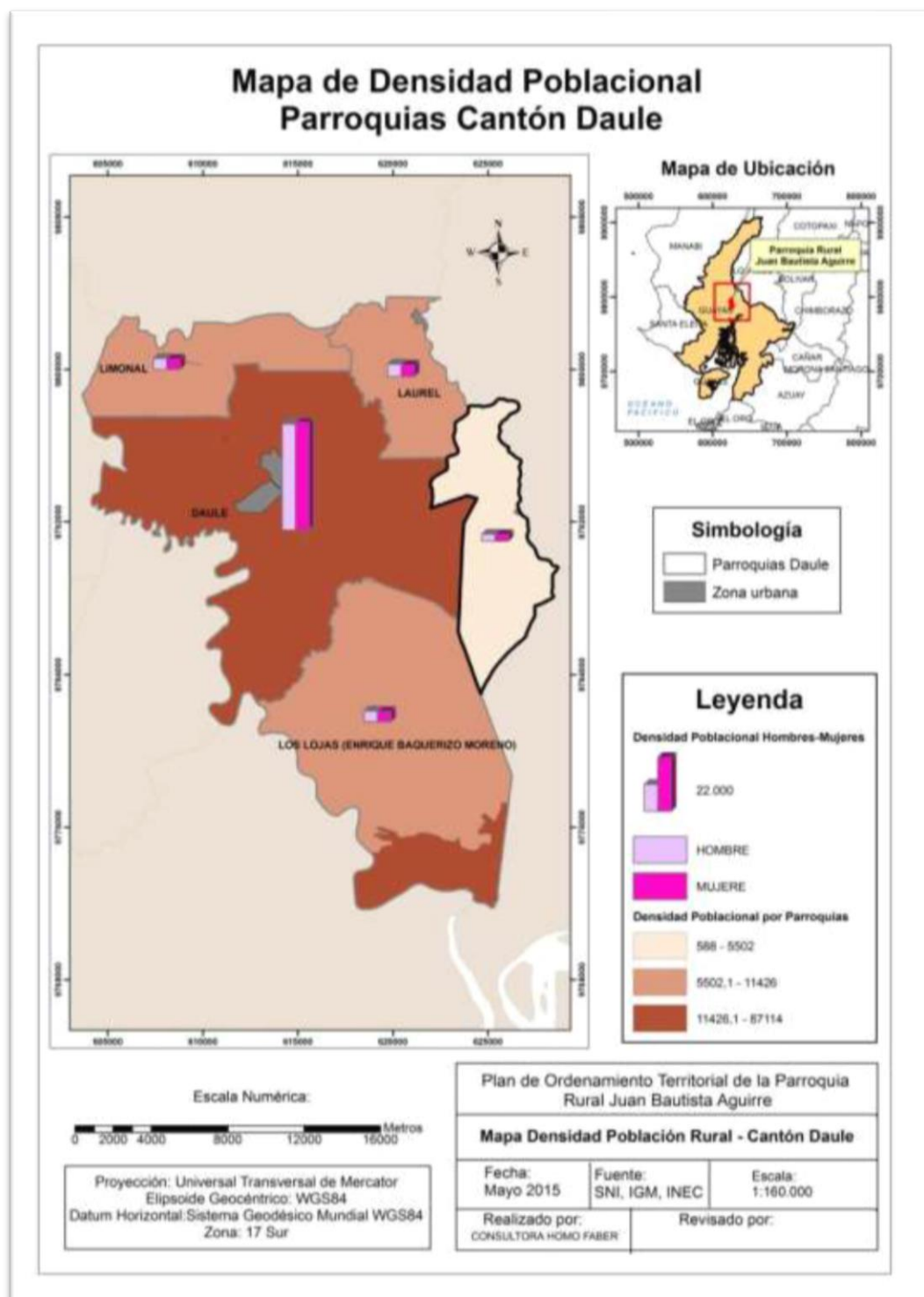
### 2.2.2 Densidad poblacional

Posteriormente, se presentan los datos de la población, superficie ( $Km^2$ ) y densidad poblacional de la parroquia Juan Bautista Aguirre.

**Tabla VI.** Población, superficie, densidad poblacional – Juan Bautista Aguirre

<b>Juan Bautista</b>	<b>Población</b>	<b>Superficie de la parroquia (km2)</b>	<b>Densidad poblacional</b>
	5502	49.49	111.17

Fuente: INEC, 2010



**Figura 2. 2** Mapa de densidad poblacional del cantón Daule  
**Fuente:** Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial GAD Juan Bautista Aguirre, 2015-2019

### 2.2.3 Crecimiento poblacional

Para obtener el crecimiento poblacional de la parroquia Juan Bautista Aguirre, se realizan proyecciones utilizando tres métodos. (IEOS, 2015). La proyección se calcula mediante el promedio del método geométrico, wappaus y exponencial.

**Tabla VII.** Resumen de las ecuaciones de los métodos de proyección poblacional

<b>Método Por Emplear</b>	<b>Ecuaciones</b>
<b>Geométrico</b>	$P_t = P_{uc} * (1 + r)^{T_f - T_{uc}} ;$ $r = \left( \frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{T_{uc} - T_{ci}}} - 1 ;$
<b>Wappaus</b>	$P_f = P_{ci} * \frac{200 + i * (T_f - T_{ci})}{200 - i * (T_f - T_{ci})} ;$
<b>Exponencial</b>	$P_f = P_{ci} * e^{k * (T_f - T_{ci})} ;$ $k = \frac{\ln(P_{cp}) - \ln(P_{ca})}{T_{cp} - T_{ca}} ;$

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

$P_f$  = Población (habitantes) correspondientes al año que se quiere proyectar la población.

$P_{uc}$  = Población (habitantes) correspondientes al último año censado con información.

$P_{ci}$  = Población (habitantes) correspondientes al censo inicial con información.

$T_{uc}$  = Año correspondiente al último censo con información.

$T_{ci}$  = Año correspondiente al censo inicial con información

$T_f$  = Año al cual se quiere proyectar la información.

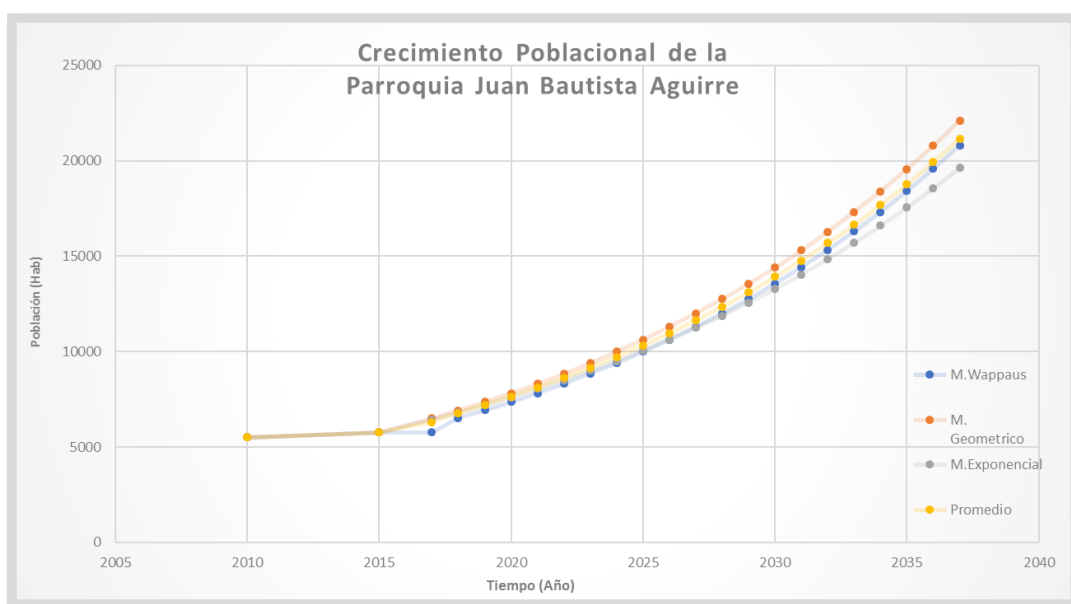
En la siguiente tabla se detallan las proyecciones de la población de la parroquia Juan Bautista basados en los censos publicados por el INEC, cabe recalcar que la estimación es para 20 años partiendo desde el 2017.

**Tabla VIII.** Proyecciones de población –  
Juan Bautista Aguirre (2010-2037)

<b>Año</b>	<b>M. Geométrica</b>	<b>M. Wappaus</b>	<b>M. Exponencial</b>	<b>Promedio</b>
2010	5502	5502	5502	5502
2015	5927	5764	5764	5818
2017	6106	5766	5940	5937
2018	6198	5939	6029	6055
2019	6291	6028	6120	6147
2020	6385	6119	6213	6239
2021	6481	6210	6307	6333
2022	6578	6304	6402	6428
2023	6677	6398	6499	6525
2024	6777	6494	6597	6623
2025	6879	6591	6697	6722

Año	M. Geométrica	M. Wappaus	M. Exponencial	Promedio
2026	6982	6690	6798	6823
2027	7087	6791	6901	6926
2028	7193	6893	7005	7030
2029	7301	6996	7111	7136
2030	7410	7101	7218	7243
2031	7522	7207	7327	7352
2032	7634	7316	7438	7463
2033	7749	7425	7551	7575
2034	7865	7537	7665	7689
2035	7983	7650	7781	7804
2036	8103	7764	7898	7922
2037	8224	7881	8018	<b>8041</b>

Fuente: González, M., Pinargote, D., 2018.



**Figura 2.3** Distribución de crecimiento poblacional (Wappaus, geométrico y exponencial)

Fuente: González, M., Pinargote, D., 2018.

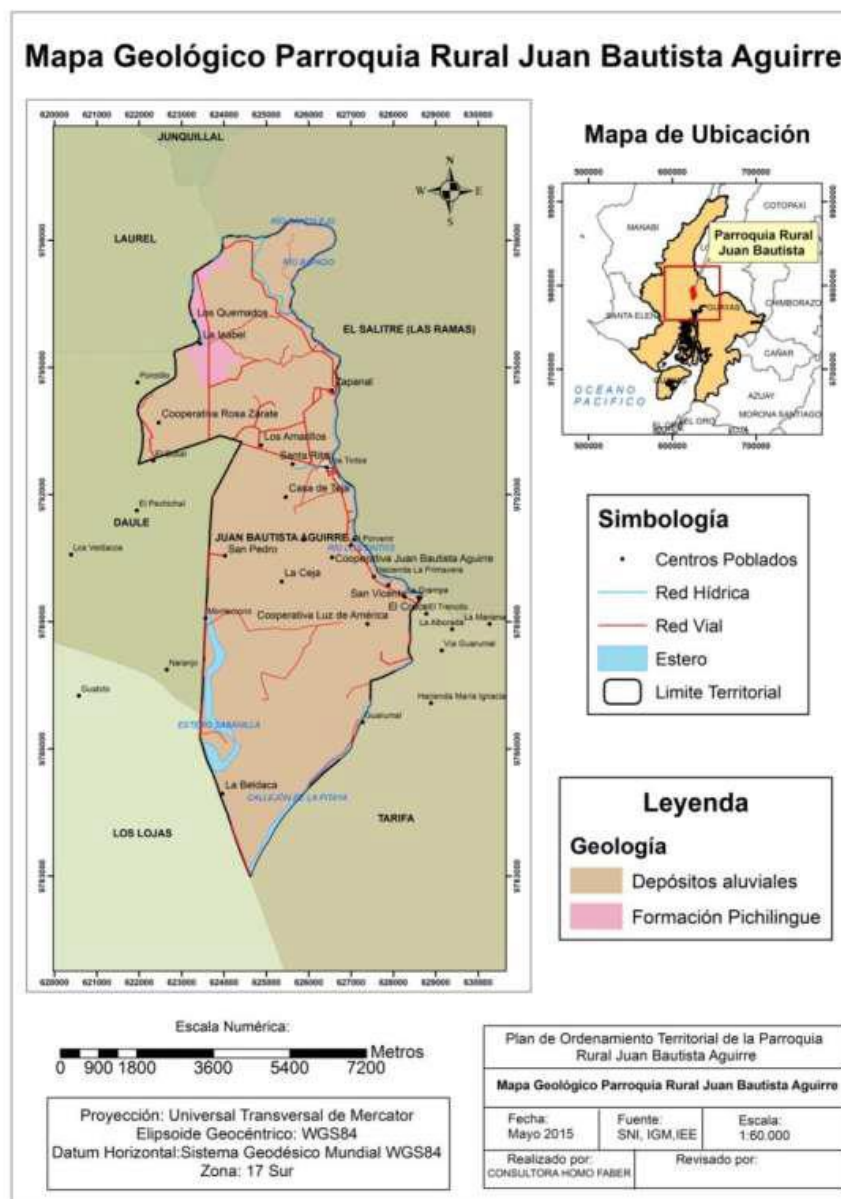
## **2.3 Estudio del medio físico**

Posteriormente se detallan aspectos como la geología, geomorfología, hidrología, precipitaciones, climatología, tipo y uso de suelos, calidad del agua, aire y paisaje natural de la parroquia Juan Bautista Aguirre, cantón Daule.

### **2.3.1 Geología y geomorfología**

En esta parroquia existe una llanura aluvial donde predominan sedimentos del cuaternario y es una zona plana en casi toda su extensión. Los materiales que se encuentran presentes en el área son de fácil erosión, en especial en temporadas de intensas precipitaciones. Este cuaternario aluvial constituye la zona inundable actual del río Daule y sus tributarios. Estos suelos son se han depositado recientemente y no han sido alterados por agentes externos (agua, clima, etc.). Los sedimentos presentes en el cuaternario son arcilla y limo los cuales se depositan en temporadas de inundaciones. Adicionalmente, se pueden identificar gravas y arenas sueltas, depositadas en los meandros de los diferentes ríos.

Además, en esta parroquia se identifica la formación Pichilingue en los sectores de Los Quemados, La Isabel y Santa Rita.



**Figura 2. 4** Mapa geológico parroquia Juan Bautista Aguirre  
**Fuente:** Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial GAD Juan Bautista Aguirre, 2015-2019



**Tabla IX.** Descripción del suelo – Juan Bautista Aguirre

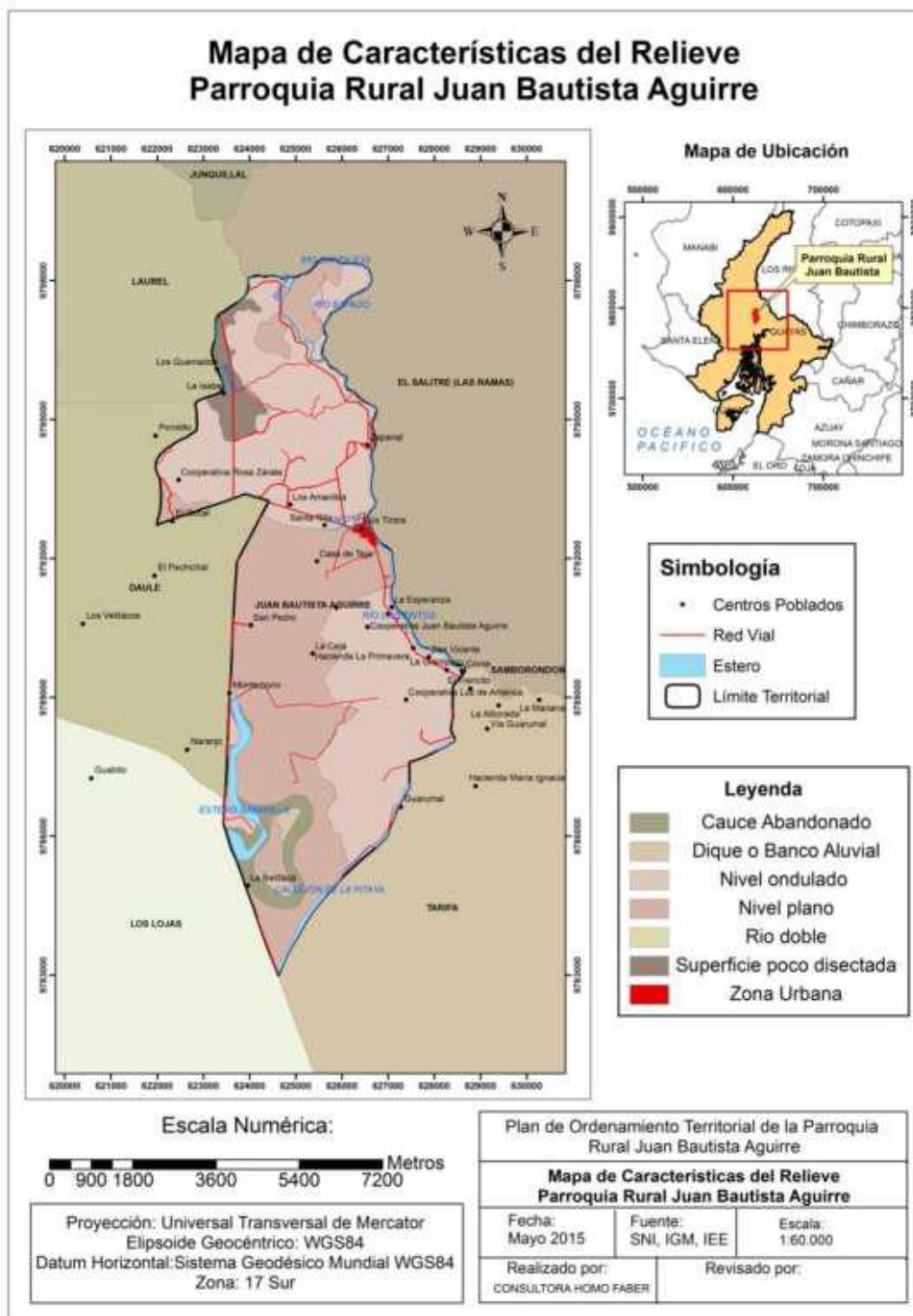
Características	Descripción	Ubicación
<b>Textura fina</b>	Vertisoles, inceptisoles, molisoles (poca extensión), y combinado vertisol-inceptisol en la mayoría del territorio parroquial. Ph: entre ligeramente, medianamente y muy ácido.	Todo el territorio
<b>Tipo de roca</b>	Arcillas y limos color café amarillento; arenas de grano fino a medio; Genreralmente son arcillas y limos con intercalación de arenas poco consolidadas.	Todo el territorio
<b>Tipo de suelos</b>	Suelos arcillosos a franco arcillosos	La Beldaca
	Suelos arcillosos pesados, mal drenados, moderadamente profundos.	La Beldaca y los Quemados
	Suelos arcillosos pesados, mal drenados, poco profundos.	La Beldaca, La Ceja, Cooperativa Rosa Zárate San Pedro, Santa Rita,
	Suelos arcillosos, mal drenados, moderadamente Los profundos.	Santa Rita, Amarillos, Cooperativa Rosa Zárate, Zapanal
	Suelos arcillosos, mal drenados, poco profundo	San Vicente, Los Cruce, Cooperativa Luz de América
	Suelos arcillosos, mal drenados, poco profundos, pH ácido	La Beldaca
	Suelos arcillosos, mal drenados, poco profundos, toxicidad por aluminio.	Cooperativa Rosa , Zarate, Los Amarillos, Santa Rita,
	Suelos franco arcillosos, con drenaje moderado.	La Isabel, Los Quemados

**Fuente:** Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial GAD Juan Bautista Aguirre, 2015-2019

### 2.3.2 Relieve

La mayor parte del territorio de la parroquia Juan Bautista Aguirre presenta relieves planos y relieves ondulados. Existen 3 tipos de relieves que se pueden identificar, entre los cuales constan:

- Niveles Ondulados con presencia de agua: Localizados en las cooperativas Luz de América, San Vicente, El cruce, Juan Bautista Aguirre, San Pedro, La esperanza, Los Amarillos, Santa Rita, Rosa Zárate y Zapanal. Son relieves que cuentan con pendientes muy suaves del 2% al 5%, y un desnivel relativo que varía entre 0 a 5 metros.
- Niveles planos: Identificados en las cooperativas La Ceja, San Pedro, Santa Rita, Zona Río Bapado, Río Candilejo y Rosa Zárate. Sus pendientes son muy pequeñas (0 al 2%) por lo cual se caracterizan como zonas planas y tienen un desnivel relativo que varía de 0 a 5 metros.
- Bancos Aluviales por cauces abandonados y superficies poco disectadas: Presentes en la cooperativa La Beldaca, sus pendientes son muy suaves, del 2% al 5%.



**Figura 2. 5** Mapa de relieve parroquia Juan Bautista Aguirre  
**Fuente:** Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial GAD Juan Bautista Aguirre, 2015-2019

### **2.3.3 Hidrología**

Al margen izquierdo de la parroquia Juan Bautista se encuentra el río Los Tintos como fuente hídrica principal del sector. Además, la mencionada parroquia está constituida en su sistema hídrico por los ríos Bapado, Candilejo y Callejón de la Pitaya, y el estero Sabanilla.

Es importante resaltar que a nivel macro se delimita con los afluentes del río Daule y Babahoyo. Adicionalmente En la parroquia Juan Bautista Aguirre se encuentra el Humedal “La Lagartera”, de espesor menor a 2 metros de profundidad, la consistencia del suelo es arenosa, y forma en épocas de lluvia zonas de inundación por el aumento del nivel de agua en los ríos Tintos y Vinces.

### **2.3.4 Calidad de agua**

En la zona céntrica de la parroquia Juan Bautista existe una planta de tratamiento de agua y abastece a dicho sector, a pesar de esto existen poblaciones lejanas que no cuentan con el mencionado servicio. A continuación, se presentan datos acerca de la procedencia del agua potable y el tipo de conexiones usadas en el sector de estudio.

**Tabla X.** Procedencia del agua existente en Juan Bautista Aguirre

<b>Procedencia principal del agua</b>	<b>Casos</b>
De pozo	445
De río, vertiente, acequia o canal	650
De carro repartidor	363
Otro (Agua lluvia/albarrada)	61
<b>Total</b>	<b>1519</b>

**Fuente:** INEC, 2010

Con respecto a las conexiones de agua;

**Tabla XI.** Tipos de conexiones de agua en la parroquia Juan Bautista

<b>Conexión del Agua</b>	<b>Casos</b>
Por tubería dentro de la vivienda	14
Por tubería fuera de la vivienda, pero dentro del edificio, lote o terreno	11
Por tubería fuera del edificio, lote o terreno	103
No recibe agua por tubería sino por otros medios	1391
<b>Total</b>	<b>1519</b>

**Fuente:** INEC, 2010

El mencionado estudio revela cifras impactantes ya que solo al 8.42% de la población en la parroquia hace uso del agua tratada, y dicha agua es utilizada para la limpieza de los alimentos, lavado de ropa y baño. Esta situación los obliga a adquirir agua por bidones para el consumo, porque la calidad del agua que se genera en la actual planta no cumple con los parámetros que establecen las normativas para definir agua potable. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial GAD Juan Bautista Aguirre, 2015-2019)

### 2.3.5 Precipitación

Con respecto a los datos de precipitación de la parroquia, La estación meteorológica más cercana en el sector de estudio, es “La Capilla”, cuyas coordenadas son 1° 47'50"S, 80° 1'57"W a 7msnm, en el cantón Daule.

Según el Anuario Meteorológico del INAMHI publicado en el 2012, de acuerdo con registros pluviométricos obtenidos en la estación, la precipitación máxima en 24 horas. tiene una precipitación promedio de 67.5 mm.

**Tabla XII.** Precipitación máxima en 24 horas estación la capilla

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Max en 24 h
2012	254.8	348.5	391.5	255	226.8	4.1	0	0	1.8	0.8	1.7	48.8	67.5

**Fuente:** INAMHI, 2012

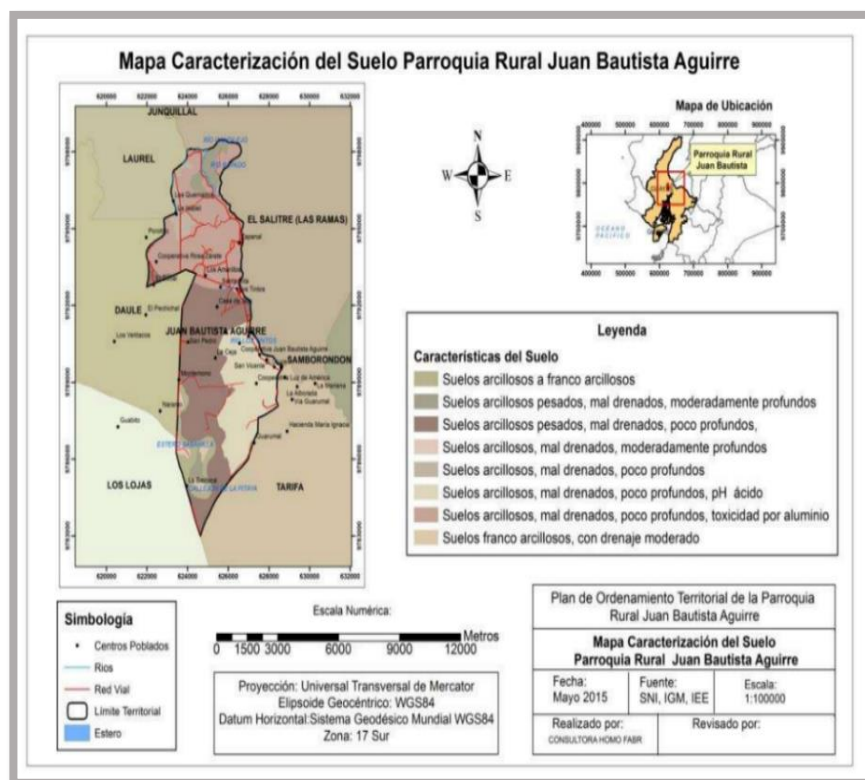
### 2.3.6 Climatología

Juan Bautista Aguirre se caracteriza por tener un clima cálido y seco, cuya temperatura varía entre 24 a 25 grados (Cartografía del Instituto Espacial Ecuatoriano) que corresponden al subtipo climático de sabana tropical. Las estaciones presentes en esta parroquia son invierno y verano. La temporada de lluvias se da

entre los meses de diciembre y abril y la temporada seca entre los meses de mayo y noviembre.

### 2.3.7 Uso actual del suelo.

En los siguientes cuadros se resume las características del suelo y los CUT (capacidad de uso de la tierra) de la parroquia Juan Bautista Aguirre. Dichos datos fueron obtenidos del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial GAD Juan Bautista Aguirre 2015-2019.



**Figura 2. 6** Caracterización del suelo parroquia Juan Bautista

**Fuente:** Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial GAD Juan Bautista Aguirre, 2015-2019

**Tabla XIII.** Capacidad de uso de la tierra o CUT

CUT	Superficie	Características Superficie
<b>Clase II</b>	47.891.200 m <sup>2</sup>	Tierras arables para desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias o forestales adaptadas ecológicamente a la zona. Tienen ligeras limitaciones, con pendientes menores al 5%. Sin límites para el uso de maquinaria y riego.
<b>Clase III</b>	1.797.190 m <sup>2</sup>	Tierras arables, en las cuales se reduce la posibilidad de elección de cultivos anuales a desarrollar o se incrementan los costos de producción debido a la presencia de ligeras a moderadas limitaciones, por lo que existe la necesidad de usar prácticas de manejo de suelo y agua.

**Fuente:** Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial GAD Juan Bautista Aguirre, 2015-2019

#### 2.4 Estudio de Medio Biótico

La parroquia cuenta con un área urbana totalmente poblada por los habitantes, y se ha realizado la extracción de vegetación para el desarrollo y crecimiento de la parroquia hacia sus alrededores, aprovechando de mejor manera el espacio físico disponible, construyendo viviendas y obras públicas. En esta parroquia no existen especies de flora y fauna únicas, raras o en peligro de extinción.

A continuación, se detallan las especies más representativas de la flora y fauna encontrada en esta parroquia.



### 2.4.1 Flora

En lo que respecta a flora, existen en su mayoría especies típicas de zonas rurales y vegetación propia de zonas agrícolas de la Costa del Ecuador, además de árboles frutales, ornamentales y de carácter boscoso. Las especies que se identifican con más frecuencia son las plantas ornamentales, existiendo en la zona alrededor de 40 familias de este tipo de plantas.

### 2.4.2 Fauna

Con respecto a la fauna se la ha ordenado por categorías indicando cada una de las especies presentes en el medio. A continuación, se detallan las distintas categorías:

#### ➤ **Avifauna**

Existen especies de aves distribuidas en las familias: Columbidae, Cuculidae, Cathartidae, Anatidae, Turdidae, Corvidae, Ardeidae.

#### ➤ **Mastofauna**

En esta categoría se identificaron especies domésticas como: Canis familiaris (Perro doméstico) Felis catus (Gato doméstico), adicionalmente se identificaron otras especies como: Rodentia

Mus musculus (ratón) y Rattus rattus (rata), Artiodactyla Bos Taurus (vaca), Perissodactyla Equus caballus (caballo)

➤ **Herpetología**

En esta categoría se encontraron las siguientes especies de reptiles y anfibios:

- Orden Squamata: Lacertidae (Lagartijas), Equis (Bothrops asper), Falsa coral (Oxyrhopus petola), Huaijera (Chironius carinatus flavopiotus)
- Orden Anura: Sapo común (Bufo bufo).

➤ **Entomología (Macro invertebrados)**

Entre las especies de insectos presentes en esta parroquia se identificaron:

- Dípteros (moscas y mosquito)
- Himenópteros (abejas y avispas)
- Lepidópteros (mariposas y polillas)
- Ortóptera (saltamontes y grillos)

➤ **Ictiología (Río Los Tintos)**

En esta categoría se identificaron las especies marinas (Fauna Ictica) presentes en el Río Los Tintos, entre las cuales destacan

las siguientes pertenecientes a la clase Osteichthyes: Dica, Vieja, Guanchiche, Raspabalsa, Bocachico, Dama, Larvas de peces (micro-invertebrados), Barbudo, Campeche, Tilapia, Ratón, Cheri, Guavina, Bagre, Anguila, Vieja montañera.

# **CAPÍTULO 3**

## **EVALUACIÓN DE LA SITUACION ACTUAL**

### **3.1 Descripción general**

La finalidad de este capítulo es realizar la evaluación de la calidad de agua, infraestructura y la capacidad hidráulica de los elementos relevantes para determinar las condiciones actuales, de tal modo que se acoplen a soluciones viables para optimizar el sistema de agua potable de la parroquia Juan Bautista Aguirre.

### **3.2 Información necesaria, recopilada y validada para las evaluaciones**

#### **3.2.1 Calidad de agua cruda y potable**

Para la evaluación de la calidad de Agua Cruda y Potable se tomará en cuenta la normativa vigente del INEN 1108 y TULSMA.

Se califican los indicadores más representativos en términos de calidad como son: pH, Turbiedad, Sólidos Totales disueltos y coliformes. Dichos parámetros son evaluados por medio de la metodología ICA: Índice de Calidad del Agua (Torres, Cruz, & Patiño, 2009) y así obtener el grado de contaminación

### 3.2.1.1 Determinación del ICA (Índice de calidad del agua)

**Tabla XIV.** Calificación para la obtención del índice de cada parámetro.

I	Parámetros;	Rangos	Índice para el parámetro(i)
1	I (pH)	<6.9	$10^{(0.18\text{pH} + 0.08)}$
		6.9-7.3	100
		>7.3	$10^{(2.65 - 0.2216\text{pH})}$
2	I (Turbiedad)	1	100
		5	50
		>5	0
3	I(Solidos Totales Disueltos)	<500	100
		500-1000	50
		>1000	0
4	I(Coliformes Fecales)		$106(\text{Colif Fecales})^{(-0.1286)}$
5	I(Coliformes Totales)		$136(\text{Colif Total})^{(-0.13)}$
6	I(DBO5)		$120(\text{DBO})^{(-0.673)}$

**Fuente:** Torres, Cruz, & Patiño, 2009

**Tabla XV.** Peso por nivel de importancia de los parámetros para los ríos evaluados.

Parámetros	Peso (Wi)
PH	3
Turbiedad	5
Solidos Totales Disueltos	6
Coliformes Totales	4
Coliformes Fecales	4
<b>Peso Total</b>	<b>22</b>

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

Fórmula para Evaluar ICA;

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n I_i * W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

Ecuación 1

Donde,

**Tabla XVI.** Categorización de Contaminación de acuerdo con el ICA

ICA	CRITERIO GENERAL
<b>85-100</b>	<b>No contaminado</b>
<b>70-84</b>	Aceptable
<b>50-69</b>	Poco Contaminado
<b>30-49</b>	Contaminado
<b>0-29</b>	Altamente Contaminado

**Fuente:** Torres, Cruz, & Patiño, 2009

### 3.2.2 Infraestructura

Con el objetivo de evaluar el estado de las infraestructuras de las plantas potabilizadoras de agua en la parroquia Juan Bautista, Daule y la estación de Bombeo la "T" en los Amarillos, se procede a realizar fichas evaluativas en las cuales se indica en qué estado se encuentra cada planta con respecto a su infraestructura. Las fichas describen cada componente de las plantas y en caso de que el estado de los componentes no sea favorable, se identifican las posibles causas de los problemas encontrados. Además, las fichas cuentan con una columna destinada al registro fotográfico que permite observar el estado del componente que se está

evaluando, de esta manera se pueden verificar las condiciones de las instalaciones mediante la inspección visual y su respectivo análisis posterior.

### **3.2.3 Capacidad hidráulica**

Para poder realizar la simulación de la capacidad hidráulica es necesario elaborar un modelo hidráulico del sistema de agua potable actual. Previamente se debe establecer información requerida con el fin de obtener las variables necesarias para el análisis. Dicha información se detalla a continuación.

#### **3.2.3.1 Topografía**

Con el fin de obtener los perfiles del terreno en el cual se encuentra ubicado el sistema de agua potable, es necesaria la topografía, para obtener información correspondiente a las cotas y pendientes presentes en cada uno de los nodos existentes en el sistema de distribución.

Cabe recalcar que la topografía de la parroquia Juan Bautista fue suministrada por el consejo provincial del Guayas y la municipalidad de Daule.



### **3.2.3.2 Red actual de distribución de agua potable en la parroquia Juan Bautista**

La configuración actual de la red fue suministrada por EMAPA-EP, en el cual constan los diámetros de las tuberías utilizadas y cada uno de los ramales pertenecientes al sistema, además se puede obtener información acerca de las longitudes de las tuberías para poder ingresarlas al programa *EPANET*.



**Figura 3. 1** Esquema Actual de la red de distribución de agua potable.

**Fuente:** EMAPA-EP.

### 3.2.3.3 Dotación

Se baso en la normativa de SENAGUA 2015, sección 4.1.4.2 donde recomienda;

- ✓ Para poblaciones de hasta 5000 habitantes y clima cálido, dotaciones de 170 l/hab \* dia.

- ✓ Para poblaciones de entre 5000 a 10000 habitantes y clima cálido, dotaciones de  $200 \frac{l}{hab*dia}$

#### 3.2.3.4 Población

Este dato fue obtenido previamente en el capítulo 2 sección 2.2.3 (Tabla VIII Proyecciones de población - Juan Bautista Aguirre (2010-2037)), donde se indica para el 2017 una población de 5937 habitantes y para el 2037 una población de 8041 habitantes.

#### 3.2.3.5 Obtención de Caudales de Diseño

- **Caudal medio diario (Qmd)**

$$Q_{md} = \frac{f \times P_d \times DMF}{86400}$$

Ecuación 2

Donde:

Qmd= Caudal medio diario, l/s

f= Factor de corrección por pérdidas y fugas.

Pd= Población de diseño, hab.

DMF= Dotación media futura, 170 l/hab \* dia

Según el numeral 4.5.4 de la norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural, se establece el factor de corrección por pérdidas y fugas según el nivel de servicio que se dará a la comunidad en estudio.

**Tabla XVII.** Factor de corrección según nivel de servicio.

<b>NIVEL DE SERVICIO</b>	<b>f%</b>
<b>I y Ia</b>	10
<b>II y IIa</b>	20

**Fuente:** Secretaría del Agua, 2015

El factor de fugas elegido es de 20%.

- **Caudal máximo diario (QMD)**

$$QMD = KMD \times Qmd$$

Ecuación 3

Donde:

QMD= Caudal máximo diario, l/s.

KMD= Factor de mayoración máximo diario.

Qmd= Caudal medio diario, l/s.

El factor de mayoración máximo diario (KMD) tiene un valor de 1.25, para todos los niveles de servicio.

- **Caudal máximo horario (QMH)**

$$QMH = KMH \times Qmd$$

Ecuación 4

Donde:

QMH= Caudal máximo horario, *l/s*

KMH= Factor de mayoración máximo horario.

Qmd= Caudal medio diario, *l/s*

### 3.2.3.6 Principios Básicos para el modelamiento hidráulico

- **Ecuación de flujo permanente**

La ecuación de continuidad establece la invariabilidad del gasto en cada sección del conducto.

Por lo que para cualquier tramo de tubería trabajando a presión se tiene:

$$Q = V_1 A_1 = V_2 A_2$$

Ecuación 5

- **Ecuación de la energía**

Atribuida a Bernoulli, la ecuación establece la constancia de la energía entre dos secciones transversales del conducto (1 y 2). (Véase Fig. 3.2)

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + \sum_1^2 h_f + \sum_1^2 h_L$$

Ecuación 6

Donde:

g: Es la aceleración de la gravedad, la cual se puede tomar igual a  $9.81 \frac{m}{s^2}$

p: Es la presión en  $\frac{kg}{m^2}$

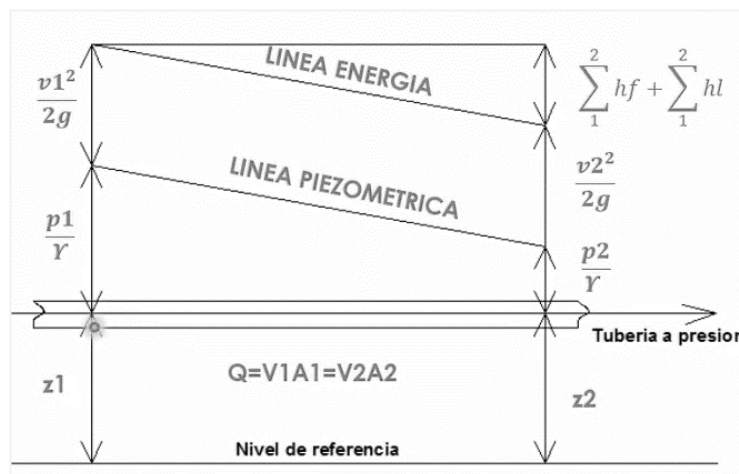
V: Es la velocidad media en el conducto, en  $\frac{m}{s}$

z: Es la carga de posición, en m.

$\gamma$ : es el peso específico del agua, en  $\frac{kg}{m^3}$

$h_f$ : pérdidas de energía o de carga, por fricción, desde la sección 1 a la 2. (Véase Fig. 3.2)

$h_L$ : pérdidas locales, desde la sección 1 a la 2. (Véase Fig. 3.2)



**Figura 3. 2** Esquema del principio de Bernoulli  
**Fuente:** Gonzalez, M., Pinargote, D.,2018.

- **Ecuación de cantidad de movimiento**

Es una aplicación de la segunda ecuación de Newton en forma vectorial, **donde se** puede saber las fuerzas que actúan en la red.

$$\sum_1^2 \vec{F} = \frac{\gamma}{g} Q [(\beta \vec{V})_2 - (\beta \vec{V})_1]$$

Ecuación 7

Donde  $\sum F$  representa la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre el elemento líquido comprendido entre las secciones 1 y 2 (Véase Fig. 3.2), considerando como cuerpo libre  $\beta$  es el coeficiente de Boussinesq, que se relaciona con

el coeficiente de Coriolis ( $\alpha$ ) a través de la ecuación siguiente

$$\beta = 1 + \frac{\alpha - 1}{3}$$

Ecuación 8

- **Perdidas locales**

Generalmente, en las líneas de conducción las pérdidas locales pueden ignorarse debido a que tienen un valor relativamente bajo en función de la pérdida total. Sin embargo, si el trazo de la línea presenta demasiados cambios de dirección o de diámetro, debido a condiciones especiales de topografía o espacio deberán considerarse dichas pérdidas.

Para la obtención de las pérdidas menores, se considerará el siguiente método:

- **Darcy – Weisbach**

El coeficiente de fricción es la variable de diseño que permite calcular las pérdidas de energía en



el escurrimiento por un conducto. Se ha determinado que en el diseño de conductos a presión de sistemas de agua potable para obtener de las pérdidas de energía se utilice el modelo de Darcy – Weisbach.

Esto se debe a que este modelo tiene un fundamento teórico, respecto al esfuerzo cortante entre la pared de la tubería y el líquido, así como la viscosidad de este.

Su rango de aplicación no se restringe a las variables experimentales como sucede con los modelos experimentales hacen Williams y Manning. (Conagua, 2015)

A continuación, se expone la ecuación para calcular las perdidas por fricción  $\sum h_f$  en tuberías.

$$h_f = f \frac{LV^2}{D2g}$$

Ecuación 9

Donde:

$h_f$  es la perdida por fricción, en m

$f$  es el factor de fricción

$L$  es la longitud del tramo, en m

$D$  es el diámetro de la sección transversal del conducto en m

$V$  es la velocidad media en el conducto, en m/s

$g$  es la aceleración de la gravedad

El valor de  $f$  se obtendrá del diagrama universal de Moody, o al aplicar la ecuación modificada de Colebrook-White.

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{\varepsilon/D}{3.71} + \frac{G}{Re^T} \right) \right]^2}$$

Ecuación 10

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

Ecuación 11

Donde:

Re: Es el número de Reynolds

$\nu$ : Es la viscosidad cinemática del líquido, en  $m^2/s$

$\varepsilon$ : Es la rugosidad absoluta del material de la tubería, en m

Los valores de  $G$  y  $T$  serán:

*para*  $4000 \leq Re \leq 10^5$ ;  $G = 4.555$  y  $T = 0.8764$

*para*  $10^5 \leq Re \leq 3 \times 10^6$ ;  $G = 6.732$  y  $T = 0.9104$

*para*  $3 \times 10^6 \leq Re \leq 10^8$ ;  $G = 8.982$  y  $T = 0.93$

El valor de  $V$  para agua limpia se puede tomar igual a 1m/s.

**Tabla XVIII.** Rugosidad  $\varepsilon$  de algunos materiales

<b>MATERIAL</b>	<b><math>\varepsilon</math> en mm</b>
<b>Cobre, PVC, polietileno de alta densidad</b>	0.0015
<b>Fierro fundido</b>	0.005 a 0.03
<b>Acero</b>	0.04 a 0.10
<b>Asbesto Cemento</b>	0.025
<b>Concreto</b>	0.16 a 2.0

**Fuente:** Manual EPANET,2010

Para fierro fundido nuevo el valor de  $\varepsilon$  será de 0.005, cuando se use fierro fundido oxidado sea de 0.030.

### 3.2.3.7 Normativas por considerar

Para el análisis de resultados se ha comparado los valores del modelo hidráulico con las Normas de Diseño de Sistemas de Agua Potable para la EMAAP-Q (01-AP-EMAAPQ-2008), y los establecidos por la Subsecretaria de Agua Potable

y Saneamiento para poblaciones rurales (Secretaría del Agua, 2015). Además, se considerará Normativa Mexicana para zonas rurales (Conagua, 2015), dado a que en dicho país existe un estudio exhaustivo para zonas rurales, y patrones de demandas establecidos, considerando que no se cuenta con un estudio parecido en el país, se hace uso de estas especificaciones para mejorar la concisión de las simulaciones a realizar.

Los criterios utilizados para realizar el análisis son los siguientes:

**SENAGUA y EMAAP-Q :**

- La presión máxima debe ser compatible con los diferentes tipos de materiales existentes en el mercado.
- Siempre se debe tener una presión mínima de 5 m.c.a sobre la clave de la tubería en los puntos más elevados del perfil para la condición más crítica de operación, con el fin de evitar el corte

de la línea piezométrica y la despresurización de las tuberías.

- La velocidad máxima dependerá del tipo de recubrimiento interior de la tubería, no debiendo sobrepasar los 4m/s si el recubrimiento es mortero o concreto centrifugado o los 6 m/s si el recubrimiento es plástico o epóxico.
- La velocidad mínima será en lo posible superior a 0,45 m/s en agua tratada.
- La red podrá estar conformada por ramales abiertos, mallas o una combinación de los dos.
- La presión estática máxima será de  $4 \text{ Kg/cm}^2$ .
- La presión dinámica máxima será de  $3 \text{ Kg/cm}^2$ .
- La presión dinámica mínima será de  $0.7 \text{ Kg/cm}^2$ .
- El diámetro nominal mínimo de los conductos de la red será de 19mm (3/4").

**CONAGUA:**

- Velocidades Mínimas y Máximas en Tuberías

**Tabla XIX.** Velocidades máximas y mínimas permisibles en tuberías

MATERIAL DE LA TUBERIA	VELOCIDAD (m/s)	
	MAXIMA	MINIMA
Concreto simple hasta 45 cm de diámetro	3.00	0.30
Concreto reforzado de 60 cm de diámetro o mayores	3.50	0.30
Concreto presforzado	3.50	0.30
Acero con revestimiento	5.00	0.30
Acero sin revestimiento	5.00	0.30
Acero galvanizado	5.00	0.30
Asbesto cemento	5.00	0.30
Fierro fundido	5.00	0.30
Hierro dúctil	5.00	0.30
Polietileno de alta densidad	5.00	0.30
PVC (policloruro de vinilo)	5.00	0.30

Nota: La velocidad máxima es considerando que se han resuelto los problemas asociados a fenómenos transitorios.

**Fuente:** Conagua, 2015

- Presión Mínima en redes de distribución=

$$1.5 \text{ Kg/cm}^2 \cdot (15 \text{ m.c.a})$$

- Presión Máxima en redes de distribución= 5

$$\text{Kg/cm}^2 \cdot (50 \text{ m.c.a})$$

- Perdidas en Energía por fricción máximas de tuberías.

$$H_f = 0.01 \text{ m/m} = 10 \text{ m/Km} \text{ cuando diámetro } < 40 \text{ cm}$$

$$H_f = 0.03 \text{ m/m} = 30 \text{ m/Km} \text{ cuando diámetro } \geq 40 \text{ cm}$$

### **3.3 Evaluaciones de calidad de agua cruda y potable**

#### **3.3.1 Verificación del cumplimiento de las normativas**

A continuación, se presentan en tablas los resultados de los reportes del estado de agua cruda y potable del río los Tintos y el río Daule, en 3 diferentes épocas del año, comparando con la normativa INEN 1108 y TULSMA. En las tablas se muestran en color rojo los valores que no cumplen con la normativa, mientras que los valores aceptables se muestran en color negro. Adicionalmente en las tablas se presenta el cálculo del ICA basado en la metodología expuesta en la sección 3.2.1.1, con lo cual se determina el rango de contaminación (Véase Tabla XVI.) de las muestras en las diferentes fechas emitidas.

Los referidos reportes fueron emitidos por el laboratorio químico de la planta de tratamiento de agua del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Ilustre Municipalidad del cantón Daule, Guayas-Ecuador.

**Tabla XX.** Análisis de agua cruda e ICA – Río Los Tintos

		<b>Ubicación: Río Tintos</b>		
		Fecha	Fecha	Fecha
		22/3/2017	19/8/2017	19/9/2017
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Agua Cruda</b>		
Color Verdadero	UPt-Co	119	14	67
pH	u	7.12	7.74	7.73
Turbiedad	NTU	225	9	8.5
Sólidos totales disueltos	mg/L	38	54	56
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	600	50	300
Coliformes Totales	UFC/100 ml	3800	600	1200
Manganeso	mg/L	0.003	0.006	0.007
Níquel	mg/L	0.01	0	0
Nitratos	mg/L	0.2	0.7	0.8
Nitritos	mg/L	0.004	0.007	0.008
Arsénico	mg/L	< 0.001	< 0.001	<0.001
Cobre	mg/L	0.15	0.02	0.02
		58.35	63.15	59.34
	<b>ICA</b>	Poco Contaminado	Poco Contaminado	Poco Contaminado

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.



**Tabla XXI.** Análisis de agua tratada e ICA – Río Los Tintos

		<b>Ubicación: PTAP Juan Bautista</b>		
		Fecha	Fecha	Fecha
		22/3/2017	19/8/2017	19/9/2017
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Agua Tratada</b>		
Color Verdadero	UPt-Co	15	1	4
pH	u	7.04	7.6	7.52
Turbiedad	NTU	2.6	2.1	2
Sólidos totales disueltos	mg/L	46	63	64
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	< 1	< 1	< 1
Coliformes Totales	UFC/100 ml	< 1	< 1	< 1
Manganeso	mg/L	0.001	0.003	0.001
Níquel	mg/L	0.01	0	0
Nitratos	mg/L	0.5	0.8	0.9
Nitritos	mg/L	0.003	0.005	0.004
Arsénico	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Cobre	mg/L	0.03	0.01	0.03
		100.00	95.25	95.31
<b>ICA</b>		No Contaminado	No Contaminado	No Contaminado

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

**Tabla XXII.** Análisis de agua cruda e ICA – Río Daule

		<b>Ubicación: Río Daule</b>		
		Fecha	Fecha	Fecha
		14/3/2017	22/8/2017	20/9/2017
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Agua Cruda</b>		
Color Verdadero	UPt-Co	310	18	18
pH	u	7.32	7.36	7.44
Turbiedad	NTU	380	30	20
Sólidos totales disueltos	mg/L	66	48	46
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	1000	300	200
Coliformes Totales	UFC/100 ml	6200	1200	1300
Manganeso	mg/L	0.08	0.002	0.008
Níquel	mg/L	0.02	0.007	0.002
Nitratos	mg/L	0.5	0.5	0.5
Nitritos	mg/L	0.006	0.006	0.009
Arsénico	mg/L	0.003	0.002	0.001
Cobre	mg/L	0.03	0.03	0.03
DBO5	mg/L	7.4	5	3.6
DQO	mg/L	39.5	22	26.1
	<b>ICA</b>	45.07	48.22	60.09
		Contaminado	Contaminado	Aceptable

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

**Tabla XXIII.** Análisis de agua tratada e ICA – Río Daule

		<b>Ubicación: PTAP Daule</b>		
		Fecha	Fecha	Fecha
		14/3/2017	22/8/2017	20/9/2017
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Agua Tratada</b>		
Color Verdadero	UPt-Co	1	1	1
pH	u	6.95	7.15	7.22
Turbiedad	NTU	0.38	0.3	0.36
Sólidos totales disueltos	mg/L	75	53	49
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	<1	<1	< 1
Coliformes Totales	UFC/100 ml	<1	< 1	< 1
Manganeso	mg/L	0.002	0.001	0.002
Níquel	mg/L	0	0	0
Nitratos	mg/L	50	0.8	0.7
Nitritos	mg/L	3	0.003	0
Arsénico	mg/L	< 0.001	< 1	<0.001
Cobre	mg/L	0.05	0.02	0.02
		100.00	100.00	100.00
	<b>ICA</b>	No Contaminado	No Contaminado	No Contaminado

Fuente: González, M., Pinargote, D., 2018.

### 3.3.2 Análisis de resultados de la evaluación de calidad de agua cruda y potable por parámetros.

#### pH:

En los resultados del análisis de agua del Río Los Tintos, se observa que el pH varía entre 7.12 a 7.74, y para el agua tratada en la PTAP Juan Bautista está en el rango de 7.04 a 7.52.

Además, que para el río Daule el pH del agua cruda esta entre 7.30 a 7.44 y para agua potable 6.95 a 7.22.

“Aunque el pH no suele afectar directamente a los consumidores, es uno de los parámetros operativos más importantes de la calidad del agua”. (OMS, 2006)

Si nos fijamos, al tratar el agua en ambas plantas, la magnitud del pH disminuye, y esto indica posibles alteraciones en el sabor del agua o puede generar corrosión por contacto en los equipos de tratamiento, o en el revestimiento de las tuberías, dado a que agua está en un estado ácido. (Castro, 2010)

Por ello, la OMS recalca tener en cuenta este parámetro en la operación, se recomienda tratar de mantener el pH en 7, valor óptimo para el desarrollo de actividades biológicas de los ecosistemas. (Castro, 2010)

### **Turbidez:**

La turbidez es una característica que se relaciona con el contenido de partículas coloidales en suspensión. Conocer dicho parámetro, sirve para verificar la capacidad de remoción en el proceso de filtrado, además que tener un valor fuera del rango recomendado por la normativa indica que el agua contiene altas

cantidades de microorganismos tales como virus, bacterias y parásitos que provocan enfermedades graves en las personas. Además, un agua con apariencia turbia genera desconfianza por parte de los usuarios, lo cual evita que la consideren apta para beber. (Rocha, 2010)

Tanto para las PTAP en Juan Bautista y Daule la turbidez del agua está por debajo de los 5 NTU, y en agua cruda varía en ciertas épocas del año. Para verano, los valores difieren mucho en comparación a invierno, ya que sobrepasan los 300 NTU, esto se debe al arrastre sedimentos presentes en mayor porcentaje por la época.

Hay que tener en consideración que, según el censo del 2010, existen 650 casos de familias que consumen directamente el agua del río los tintos como se mencionó en la sección calidad de agua 2.3.4, y dado a los valores de turbidez que arrojan los reportes, no es recomendable su uso para consumo directo debido a las consecuencias descritas.

### **Sólidos Totales Disueltos:**

Son materiales suspendidos y disueltos en el agua que básicamente contienen compuestos orgánicos. Según la OMS y la normativa ecuatoriana se recomienda una concentración de

STD (Sólidos Totales Disueltos) de 500 mg/L, por lo que se puede producir un cambio en el sabor del agua y alterar la efectividad del proceso de potabilización.

Es relevante mencionar que en los resultados para el río los tintos, los valores de STD en agua cruda son menores en un 28% que en el agua potable. Es decir que existe un aumento de concentración de STD en el proceso de tratamiento, y esto produce un mal sabor del agua, causando inconvenientes en su uso doméstico e industrial. (Castro, 2010)

El agua potable generada por PTAP de Daule, tiene óptimos resultados en estos parámetros.

### **Coliformes**

Para los ríos Tintos y Daule, los coliformes con niveles más elevados son los fecales, teniendo valores de 3200 y hasta 6800 UFC/100 ml en los ríos respectivos.

Dentro del grupo de coliformes están los organismos patógenos que, según el EPA, provienen de heces fecales de humanos y de animales. Los microbios que provocan enfermedades (patógenos) y que están presentes en las heces causan dolor de

cabeza, daños estomacales con náuseas, y otros síntomas.  
(OMS, 2006)

Estos patógenos podrían representar un riesgo muy alto en la salud de bebés, niños pequeños y personas con sistemas inmunológicos gravemente comprometidos. (Rocha, 2010)

### **3.4 Evaluación de la infraestructura**








En esta sección se procede a evaluar el estado de la infraestructura del sistema de agua potable en las plantas de tratamiento ubicada en Daule y Juan Bautista, además de la estación de bombeo “Los Amarillos”.



### 3.4.1 Evaluación de la Infraestructura de la PTAP Juan Bautista.

**Tabla XXIV.** Ficha para evaluación de infraestructura PTAP Juan Bautista

Ficha Evaluativa: Estado de la infraestructura						
Planta: Juan Bautista Aguirre						
Componentes		Estado			Observaciones	Registro Fotográfico
		Bueno	Regular	Malo		
<b>UNIDADES</b>	Rejillas			X	No se cuenta con rejillas adecuadas	N/A
	Desarenador - Sedimentador		X		Retrolavado poco efectivo	
	Filtro		X		Mantenimiento poco frecuente	
	Tanque de Almacenamiento	X			N/A	
<b>Accesorios</b>	Medidor de Caudal			X	No se cuenta con medidor	N/A
	Compuertas			X	No existen compuertas	N/A



Ficha Evaluativa: Estado de la infraestructura						
Planta: Juan Bautista Aguirre						
Componentes		Estado			Observaciones	Registro Fotográfico
		Bueno	Regular	Malo		
	Obras de Entrada		X		La captación es deficiente	
	Obras de Salida	X			Diámetro aceptable	
	Desagües			X	N/A	
	Válvulas		X		N/A	
	Bombas		X		Poco mantenimiento	
Otros	Cercas	X			En buen estado	
	Accesos		X		Vía de acceso muy angosta	

Ficha Evaluativa: Estado de la infraestructura					
Planta: Juan Bautista Aguirre					
Componentes	Estado			Observaciones	Registro Fotográfico
	Bueno	Regular	Malo		
Tableros de control	X			N/A	
Almacén de Cloro		X		Muy rudimentario	



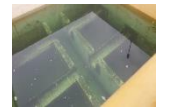




Fuente: González, M., Pinargote, D., 2018.








#### 3.4.1.1 Análisis de Resultados de la PTAP Juan Bautista.

Se puede evidenciar que, en la planta actual ubicada en la parroquia Juan Bautista, las condiciones de operación y el estado de los componentes que forman parte del sistema de captación, conducción y tratamiento presentan deficiencias con respecto al manejo de las unidades y las instalaciones. Sin embargo, en lo que corresponde a ubicación, terreno y acceso a la planta se encuentra en buen estado.

### 3.4.2 Evaluación de la Infraestructura de la PTAP Daule.

**Tabla XXV:** Ficha para evaluación de infraestructura PTAP Daule

Ficha Evaluativa: Estado De La Infraestructura						
Planta: Daule						
Componentes	Estado			Observaciones	Registro Fotográfico	
	Bueno	Regular	Malo			
Unidades	Rejillas		X		Acumulación De Algas	
	Desarenador - Sedimentador	X			N/A	
	Filtro	X			N/A	
	Hipoclorador	X			N/A	
	Tanque De Almacenamiento		X		De Capacidad Regular Para La Población	
Accesorios	Medidor De Caudal	X			No Se Cuenta Con Medidor Digital	
	Obras De Entrada	X			N/A	

Ficha Evaluativa: Estado De La Infraestructura						
Planta: Daule						
Componentes	Estado			Observaciones	Registro Fotográfico	
	Bueno	Regular	Malo			
Obras De Salida	X			N/A		
	X			N/A		
	X			N/A		
Otros	Almacén De Cloro	X		N/A		
	Vías/Accesos	X		Suficientemente Amplias		
	Almacén De Sulfatos	X		N/A		
	Tableros De Control	X		N/A		








Fuente: González, M., Pinargote, D., 2018.

### **3.4.2.1 Análisis de Resultados del Estado de la PTAP Daule.**

La planta de tratamiento ubicada en la cabecera cantonal de Daule se encuentra en óptimas condiciones, pues no solo por ser una planta relativamente nueva, sino que todo el sistema se encuentra muy bien optimizado, y se le da el mantenimiento requerido siguiendo siempre las normativas vigentes relacionadas con el tratamiento de agua potable. La planta funciona en todo momento y cuenta con un sistema de respaldo híbrido, que combina energía eléctrica y química (combustión), asegurando que el tratamiento y suministro del agua no cese en ningún momento para no afectar a la población.

### 3.4.3 Evaluación de la Infraestructura en la estación de Bombeo “Los Amarillos”

**Tabla XXVI.** Ficha para evaluación de infraestructura estación de bombeo  
“Los Amarillos”

Ficha Evaluativa: Estado De La Infraestructura						
Estación De Bombeo: Los Amarillos						
Componentes	Estado			Observaciones	Registro Fotográfico	
	Bueno	Regular	Malo			
Unidades	Cisterna	X			De Gran Capacidad	
	Tanque De Almacenamiento	X			Volumen Suficiente	
	Tuberías De Distribución	X			Diámetros Aceptables	
	Válvulas	X			N/A	
	Bombas	X			Funcionamiento Optimo	
	Vías/Accesos	X			Suficientemente Amplias	
	Tableros De Control	X			Se Encuentran Debidamente Protegidos	

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

### **3.4.3.1 Análisis de Resultados de la estación de Bombeo “Los Amarillos”**

La estación de bombeo “Los Amarillos” fue construida aproximadamente hace un año, por lo cual sus instalaciones tienen poca operación. Lo que comprende a los tanques de almacenamiento elevado, se encuentran en perfecto estado, y con respecto a su capacidad está trabajando al 58% del cual fue diseñado, además cumplen con la presión necesaria para distribuir el agua por gravedad, abasteciendo con tranquilidad al sector “Los Amarillos”. Además, la estación tiene una cisterna subterránea donde llega el agua de la PTAP de Daule y sirve de reserva futura.

Por otro lado, los componentes adicionales como paneles de control, bombas y válvulas están en óptimas condiciones, favoreciendo así el buen desempeño de la estación de bombeo. Existe un par de bombas en paralelo ya que en el caso que una de ellas deje de funcionar, la otra entre a reemplazarla y de esta manera el flujo de agua sea

permanente. En lo que respecta a las tuberías de distribución, se cuenta con un diámetro aceptable de 110mm.

### **3.5 Evaluación de la capacidad hidráulica del sistema de agua potable actual en la parroquia Juan Bautista**

Es necesario realizar también la evaluación de la capacidad hidráulica del sistema, lo que permite conocer los caudales, velocidades y presiones existentes en cada una de las tuberías que conforman la red de abastecimiento de agua potable. Teniendo estos resultados se puede determinar de una manera técnica y analítica cual es el estado del sistema de agua potable existente, además de los problemas que existan en la red, las causas de estos problemas y las posibles soluciones a ser planteadas en este proyecto.

La evaluación de la capacidad hidráulica fue realizada con ayuda del *software* especializado en análisis de sistemas de distribución de agua potable: EPANET. Este programa es capaz de realizar simulación hidráulica periódica y permite analizar el comportamiento de la calidad del agua en el interior de una red presurizada.

Para llevar a cabo un análisis completo, se realizaron simulaciones utilizando dos escenarios: El comportamiento de la red bajo el régimen de flujo permanente, que nos permite determinar las condiciones de



operación normal de la conducción, y el régimen de flujo no permanente (variable), cuya utilidad es determinar el funcionamiento y los ciclos de bombeo requeridos para el correcto funcionamiento del sistema, según la demanda a través del tiempo.

### 3.5.1 Disposiciones generales para la Simulación

Con ayuda de la información recopilada en la sección 3.2.3 se procedió a realizar un resumen de los datos para poder facilitar el ingreso de valores al software. A continuación, se muestran las tablas de resumen que se utilizaron en el modelamiento hidráulico.

**Tabla XXVII.** Resumen de datos iniciales para la simulación hidráulica.

<b>Datos</b>		<b>Longitud red =</b>	<b>3225.37</b>	<b>m</b>
<b>Año</b>	2017	<b>Dotación =</b>	170	$l/hab\ dia$
<b>Población=</b>	5937 hab	<b>Q med d=</b>	9.35	$l/s$
<b>Densidad =</b>	112 $hab/hec$	<b>Q max d=</b>	11.68	$l/s$
<b>Cvd=</b>	1.25	<b>Q max h=</b>	28.04	$l/s$
<b>Cvh=</b>	3	<b>q=</b>	0.00869	$l/s\ m$

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018

**Tabla XXVIII.** Información correspondiente al tanque de almacenamiento.

<b>TANQUE</b>	
<b>Cota TN=</b>	36.97
<b>Nivel Max=</b>	4.55
<b>Nivel Medio=</b>	3.4125
<b>Nivel inferior=</b>	1.1375
<b>Diámetro equivalente=</b>	2.5
<b>capacidad (litros)</b>	20000

Fuente: González, M., Pinargote, D., 2018.

**Tabla XXIX.** Resumen de tuberías pertenecientes al sistema.

<b>TUBERIAS</b>			<b>Sección: Circular</b>
<b>id TUBERIAS</b>	<b>L (m)</b>	<b>D (mm)</b>	<b>n (rugosidad)</b>
<b>Tub1</b>	21.23	90	0.0015
<b>Tub2</b>	107.83	110	0.0015
<b>Tub3</b>	93.34	110	0.0015
<b>Tub4</b>	458.62	90	0.0015
<b>Tub5</b>	27.17	90	0.0015
<b>Tub6</b>	37.76	90	0.0015
<b>Tub7</b>	110.96	90	0.0015
<b>Tub8</b>	60.63	90	0.0015
<b>Tub9</b>	85.86	90	0.0015
<b>Tub10</b>	95.11	90	0.0015
<b>Tub11</b>	94.83	90	0.0015
<b>Tub12</b>	39.87	90	0.0015
<b>Tub13</b>	48.5	90	0.0015
<b>Tub14</b>	92.59	90	0.0015
<b>Tub15</b>	49.71	90	0.0015
<b>Tub16</b>	89.5	90	0.0015
<b>Tub17</b>	32.67	90	0.0015
<b>Tub18</b>	46.72	90	0.0015
<b>Tub19</b>	53.55	90	0.0015
<b>Tub20</b>	66.39	90	0.0015

<b>TUBERIAS</b>			<b>Sección: Circular</b>
<b>id TUBERIAS</b>	<b>L (m)</b>	<b>D (mm)</b>	<b>n (rugosidad)</b>
<b>Tub21</b>	61.71	90	0.0015
<b>Tub22</b>	137.61	90	0.0015
<b>Tub23</b>	150.85	90	0.0015
<b>Tub24</b>	59.07	90	0.0015
<b>Tub25</b>	44.28	90	0.0015
<b>Tub26</b>	177.8	90	0.0015
<b>Tub27</b>	228	90	0.0015
<b>Tub28</b>	68	90	0.0015
<b>Tub29</b>	75.48	90	0.0015
<b>Tub30</b>	62.29	90	0.0015
<b>Tub31</b>	62.61	90	0.0015
<b>Tub32</b>	54.87	90	0.0015
<b>Tub33</b>	45.96	90	0.0015
<b>Tub34</b>	44.28	90	0.0015
<b>Tub35</b>	68.57	90	0.0015
<b>Tub36</b>	88.39	90	0.0015
<b>Tub37</b>	138.56	90	0.0015
<b>Tub38</b>	20.23	90	0.0015
	<b>3301.4</b>		

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

**Tabla XXX.** Resumen de conexiones pertenecientes al sistema y su respectiva demanda.

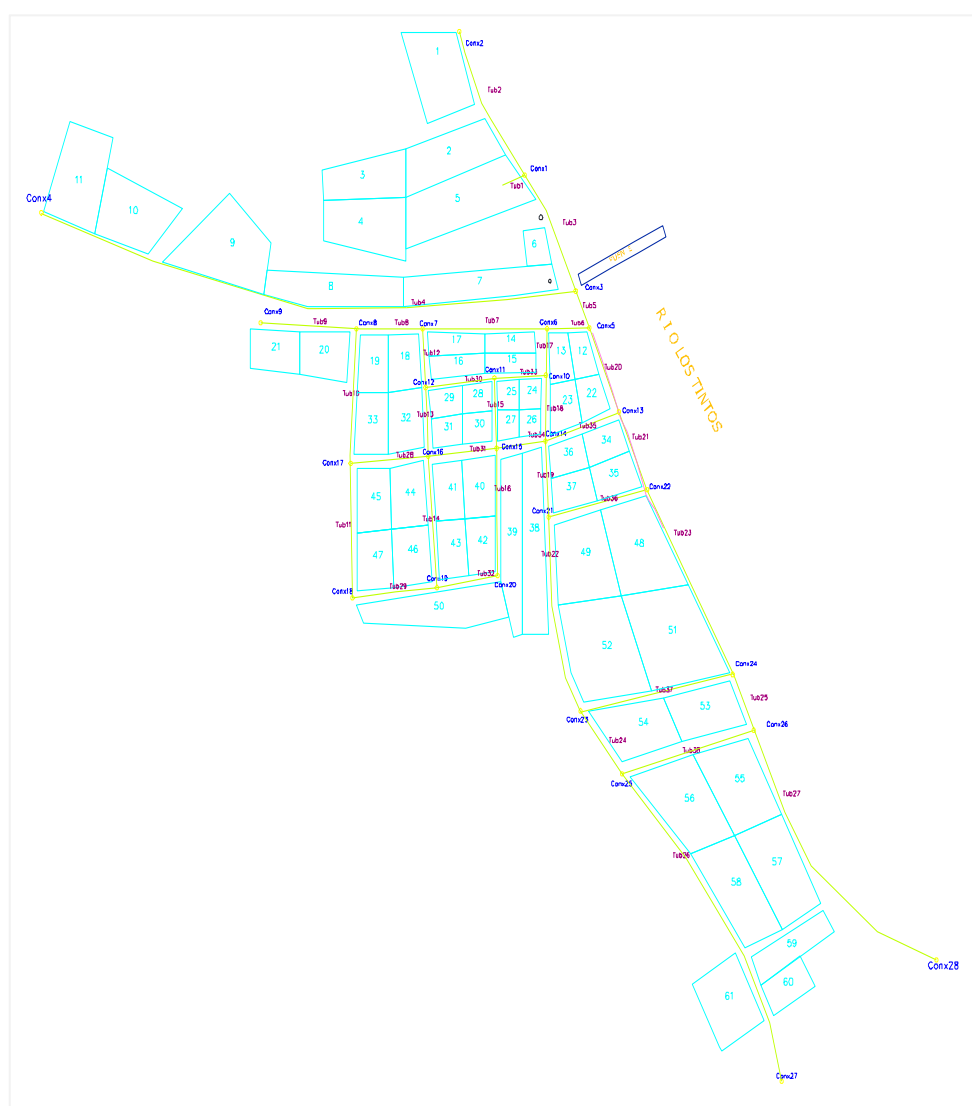
<b>CONEXIONES</b>		
<b>nodos</b>	<b>Área Tributaria (hec)</b>	<b>Demanda c/nodo</b>
<b>Conx1</b>	1.1309	0.248
<b>Conx2</b>	0.274964	0.060
<b>Conx3</b>	0.6005204	0.233
<b>Conx4</b>	0.906807	0.199
<b>Conx5</b>	0.062868	0.024

<b>CONEXIONES</b>		
<b>nodos</b>	<b>Área Tributaria (hec)</b>	<b>Demanda c/nodo</b>
<b>Conx6</b>	0.134338	0.052
<b>Conx7</b>	0.136809	0.030
<b>Conx8</b>	0.251009	0.055
<b>Conx9</b>	0.129088	0.028
<b>Conx10</b>	0.12862	0.050
<b>Conx11</b>	0.2314672	0.090
<b>Conx12</b>	0.184572	0.041
<b>Conx13</b>	0.1548504	0.060
<b>Conx14</b>	0.11313	0.044
<b>Conx15</b>	0.214554	0.083
<b>Conx16</b>	0.258586	0.057
<b>Conx17</b>	0.259884	0.057
<b>Conx18</b>	0.130855	0.029
<b>Conx19</b>	0.535498	0.118
<b>Conx20</b>	0.32635	0.072
<b>Conx21</b>	0.641885	0.141
<b>Conx22</b>	0.435596	0.096
<b>Conx23</b>	0.65491	0.144
<b>Conx24</b>	0.646572	0.142
<b>Conx25</b>	0.628556	0.138
<b>Conx26</b>	0.611409	0.134
<b>Conx27</b>	0.382122	0.104
<b>Conx28</b>	0.102129	0.022
	<b>Demanda Total</b>	<b>2.552</b>
	<b>Demanda Max</b>	<b>0.248</b>
	<b>Demanda Min</b>	<b>0.022</b>

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

### 3.5.2 Elaboración y Calibración Del Modelo Hidráulico

Como siguiente paso se procedió a elaborar el modelo en EPANET, colocando cada uno de los nodos (conexiones), tuberías pertenecientes al sistema y componentes (tanque de almacenamiento), con sus correspondientes características.



**Figura 3. 3** Esquema de identificación de tuberías, nodos, manzanas  
**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

### 3.5.2.1 Comportamiento en flujo permanente

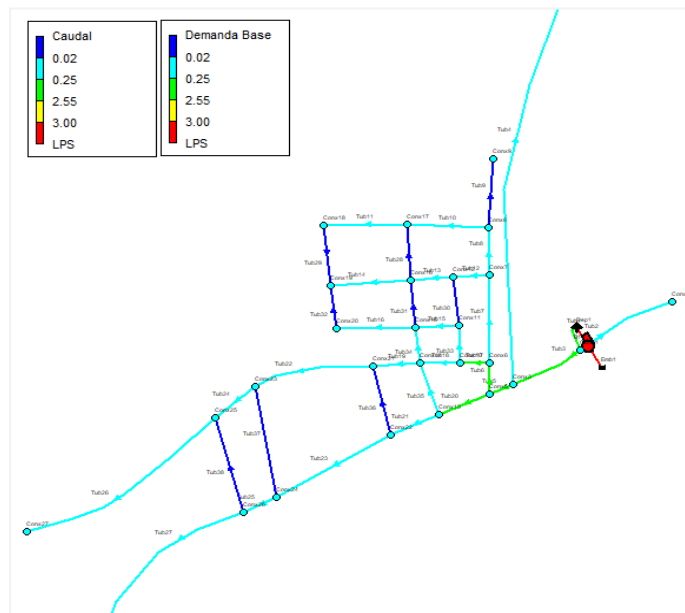
Se hizo uso de los principios mencionados en la sección 3.2.3. Una vez modelado el sistema en el *software* EPANET, se procedió a ejecutar el análisis para poder conocer las condiciones de operación normal de la conducción de este sistema de agua potable. A continuación, se muestran los resultados obtenidos mediante la simulación en flujo permanente.

**Tabla XXXI.** Resultados de variables hidráulicas en las tuberías.

<b>RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN EN TUBERIA</b>					
<b>ID</b>	<b>Pérd. Unit</b>	<b>Caudal</b>	<b>Velocidad</b>	<b>ID</b>	<b>Presión</b>
<b>Línea</b>	<b>m/km</b>	<b>LPS</b>	<b>m/s</b>	<b>Nudo</b>	<b>mca</b>
<b>Tub2</b>	0.00	0.03	0.00	<b>Dep1</b>	18.50
<b>Tub3</b>	0.23	1.02	0.13	<b>Emb1</b>	18.34
<b>Tub4</b>	0.01	0.09	0.02	<b>Conx1</b>	18.32
<b>Tub5</b>	0.47	0.83	0.16	<b>Conx2</b>	19.82
<b>Tub6</b>	0.16	0.45	0.09	<b>Conx3</b>	20.11
<b>Tub7</b>	0.02	0.17	0.03	<b>Conx4</b>	20.16
<b>Tub8</b>	0.01	0.08	0.01	<b>Conx5</b>	20.30
<b>Tub9</b>	0.00	0.01	0.00	<b>Conx6</b>	20.42
<b>Tub10</b>	0.00	0.04	0.01	<b>Conx7</b>	20.23
<b>Tub11</b>	0.00	0.02	0.00	<b>Conx8</b>	20.60
<b>Tub12</b>	0.01	0.08	0.02	<b>Conx9</b>	20.77
<b>Tub13</b>	0.01	0.06	0.01	<b>Conx10</b>	20.31
<b>Tub14</b>	0.00	0.04	0.01	<b>Conx11</b>	20.50
<b>Tub15</b>	0.01	0.06	0.01	<b>Conx12</b>	20.78
<b>Tub16</b>	0.00	0.04	0.01	<b>Conx13</b>	21.19

<b>RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN EN TUBERIA</b>					
<b>ID</b>	<b>Pérd. Unit</b>	<b>Caudal</b>	<b>Velocidad</b>	<b>ID</b>	<b>Presión</b>
<b>Línea</b>	<b>m/km</b>	<b>LPS</b>	<b>m/s</b>	<b>Nudo</b>	<b>mca</b>
<b>Tub17</b>	0.06	0.25	0.05	<b>Conx14</b>	21.45
<b>Tub18</b>	0.01	0.13	0.03	<b>Conx15</b>	21.58
<b>Tub19</b>	0.04	0.21	0.04	<b>Conx16</b>	21.39
<b>Tub20</b>	0.12	0.37	0.07	<b>Conx17</b>	21.19
<b>Tub21</b>	0.04	0.22	0.04	<b>Conx18</b>	20.78
<b>Tub22</b>	0.02	0.16	0.03	<b>Conx19</b>	20.45
<b>Tub23</b>	0.02	0.16	0.03	<b>Conx20</b>	21.46
<b>Tub24</b>	0.01	0.10	0.02	<b>Conx21</b>	20.79
<b>Tub25</b>	0.01	0.09	0.02	<b>Conx22</b>	21.54
<b>Tub26</b>	0.00	0.05	0.01	<b>Conx23</b>	21.13
<b>Tub27</b>	0.00	0.02	0.00	<b>Conx24</b>	21.66
<b>Tub28</b>	0.00	-0.01	0.00	<b>Conx25</b>	21.33
<b>Tub29</b>	0.00	0.01	0.00	<b>Conx26</b>	18.50
<b>Tub30</b>	0.00	0.00	0.00	<b>Conx27</b>	22.00
<b>Tub31</b>	0.00	-0.01	0.00	<b>Conx28</b>	23.41
<b>Tub32</b>	0.00	-0.01	0.00	<b>Dep1</b>	40.38
<b>Tub33</b>	0.01	-0.10	0.02		
<b>Tub34</b>	0.00	-0.03	0.03		
<b>Tub35</b>	0.01	-0.13	0.02		
<b>Tub36</b>	0.00	-0.02	0.00		
<b>Tub37</b>	0.00	0.00	0.00		
<b>Tub38</b>	0.00	-0.01	0.00		
<b>Tub1</b>	1.19	1.16	0.23		
<b>B1</b>	-20.98	72.93	0.00		

Fuente: González, M., Pinargote, D., 2018.

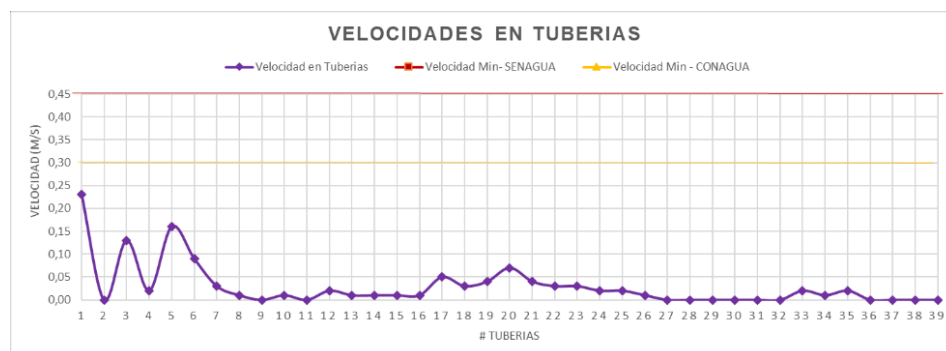


**Figura 3. 4** Esquema de caudales y demandas obtenidas en el software EPANET 2.0  
**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.



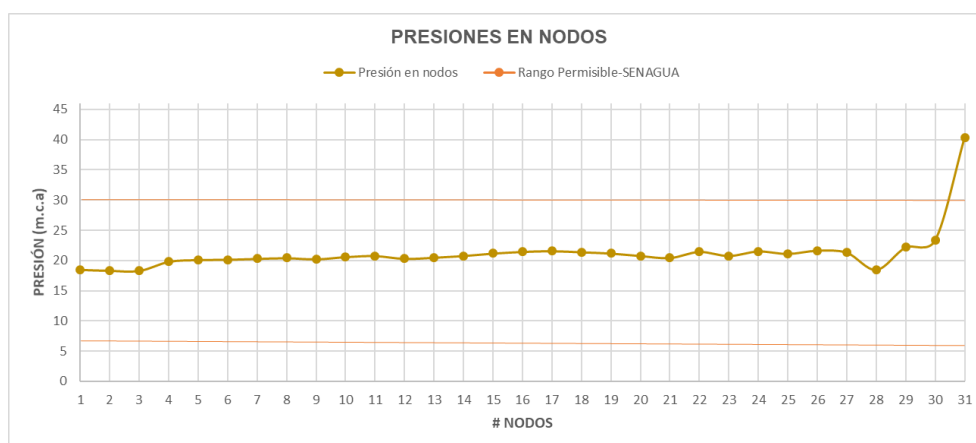
**Figura 3. 5** Esquema de presiones y velocidades obtenidas en el software EPANET 2.0  
**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.





**Figura 3. 6** Velocidades en tuberías de la red - Régimen permanente

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.



**Figura 3. 7** Presiones en los nodos de la red – Régimen permanente

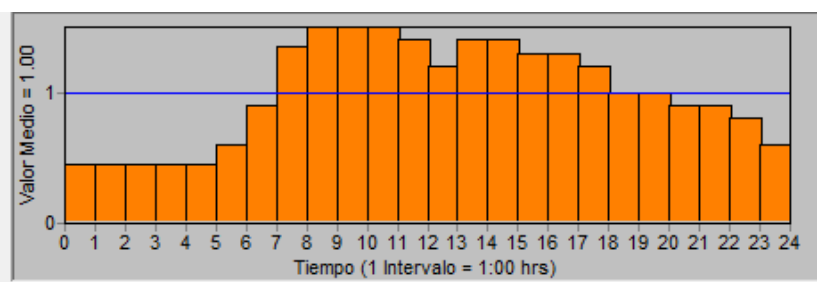
**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

### 3.5.2.2 Comportamiento en flujo variable

Con el fin de conocer las condiciones de operación en flujo variable, se procedió a realizar la simulación del comportamiento por 24 horas en *EPANET*, basado en la ley de demandas horarias para poblaciones pequeñas del “Manual de agua potable

de alcantarillado y saneamiento” (Conagua, 2015), normativa mexicana.

Se tomaron estos patrones debido a su semejanza de demandas en la zona de estudio para obtener un estimado del comportamiento del sistema de distribución de agua potable en la parroquia Juan Bautista.



**Figura 3. 8** Patrón de demandas horarias utilizado  
**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

A continuación, se presenta la tabla de los caudales máximos horarios según la ley de variaciones.

**Tabla XXXII.** Resumen de demandas del sistema

<b>Ley de Demandas Horarias</b>				
<b>Tiempo</b>	<b>Q med</b>	<b>Q max d</b>	<b>Ley de variación horaria q/ q med</b>	<b>q maxh (lps)</b>
<b>0</b>	9.35	11.68	0.45	5.26
<b>1</b>	9.35	11.68	0.45	5.26
<b>2</b>	9.35	11.68	0.45	5.26
<b>3</b>	9.35	11.68	0.45	5.26

<b>Ley de Demandas Horarias</b>				
<b>Tiempo</b>	<b>Q med</b>	<b>Q max d</b>	<b>Ley de variación horaria q/ q med</b>	<b>q maxh (lps)</b>
<b>4</b>	9.35	11.68	0.45	5.26
<b>5</b>	9.35	11.68	0.6	7.01
<b>6</b>	9.35	11.68	0.9	10.51
<b>7</b>	9.35	11.68	1.35	15.77
<b>8</b>	9.35	11.68	1.5	17.52
<b>9</b>	9.35	11.68	1.5	17.52
<b>10</b>	9.35	11.68	1.5	17.52
<b>11</b>	9.35	11.68	1.4	16.35
<b>12</b>	9.35	11.68	1.2	14.02
<b>13</b>	9.35	11.68	1.4	16.35
<b>14</b>	9.35	11.68	1.4	16.35
<b>15</b>	9.35	11.68	1.3	15.19
<b>16</b>	9.35	11.68	1.3	15.19
<b>17</b>	9.35	11.68	1.2	14.02
<b>18</b>	9.35	11.68	1	11.68
<b>19</b>	9.35	11.68	1	11.68
<b>20</b>	9.35	11.68	0.9	10.51
<b>21</b>	9.35	11.68	0.9	10.51
<b>22</b>	9.35	11.68	0.8	9.35
<b>23</b>	9.35	11.68	0.6	7.01

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

Posteriormente, se muestran los resultados obtenidos mediante la simulación en flujo variable:



**Figura 3. 9** Esquema de resultados de las velocidades y presiones en la red obtenidos por la simulación régimen variable a la hora pico 8:00 con el programa *EPANET 2.0*

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.



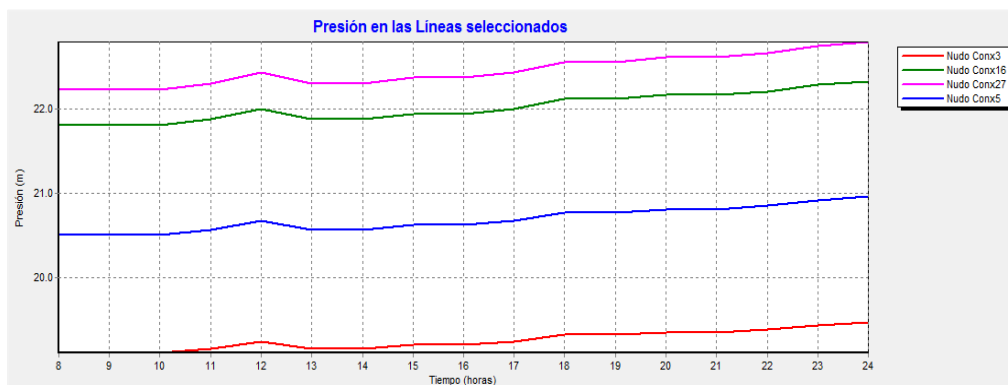
**Figura 3. 10** Esquema de resultados de los caudales y demandas bases en la red obtenidos por la simulación régimen variable a la hora pico 8:00 con el programa *EPANET 2.0*

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

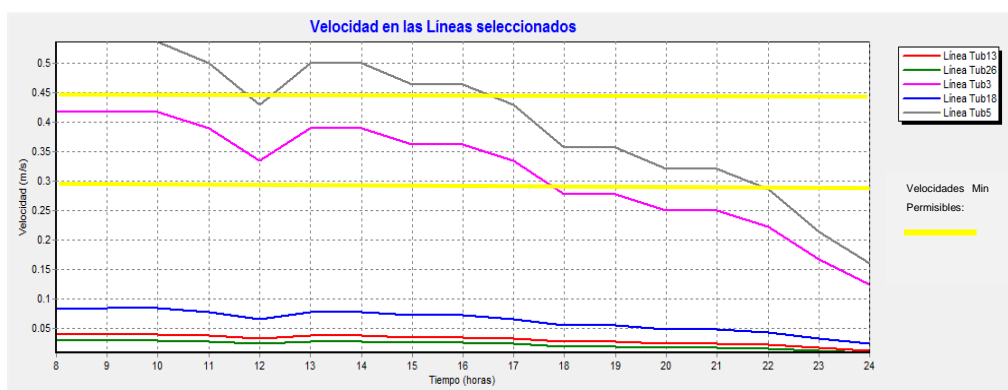


**Figura 3. 11** Esquema de resultados de los tiempos de permanencia y demanda base en la red, obtenidos por la simulación régimen variable a la hora pico 8:00 con el programa *EPANET 2.0*

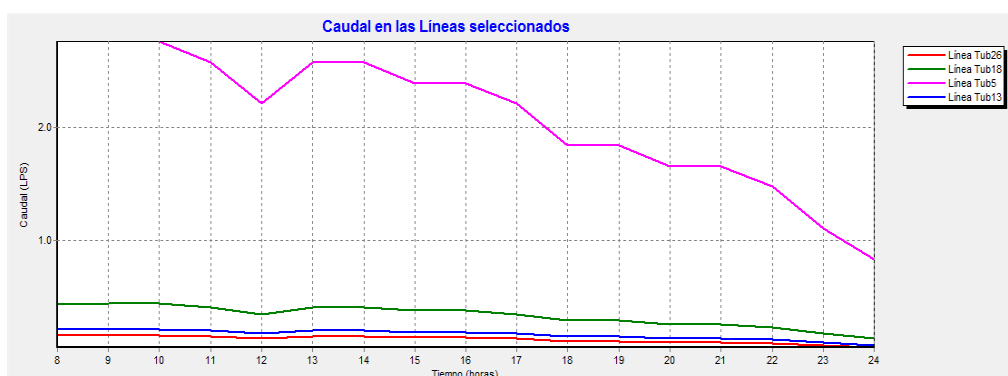
**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.



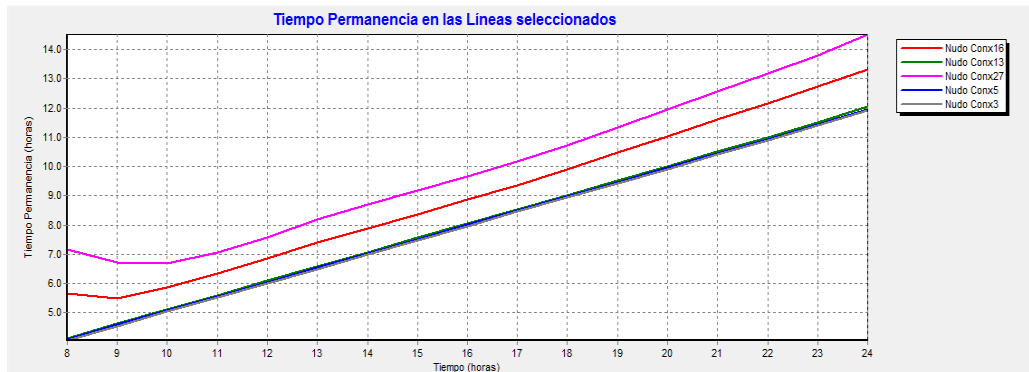
**Figura 3. 12** Distribución de presiones del sistema actual régimen variable en nodos 3,5,27,16  
**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.



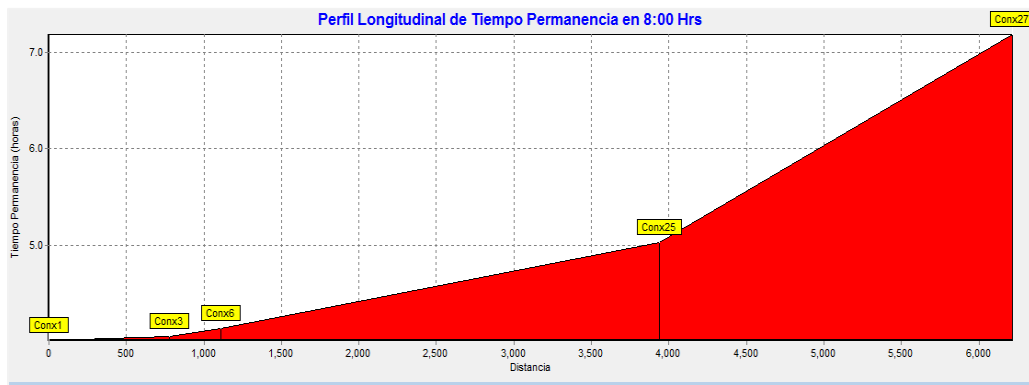
**Figura 3. 13** Distribución de velocidades del sistema actual régimen variable en nodos 3,5,18,26,16  
**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.



**Figura 3. 14** Distribución de caudales del sistema actual régimen variable en nodos 5,18,26,16  
**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.



**Figura 3. 15** Distribución de tiempos de permanencia del sistema actual régimen variable en nodos 3,5,13,27,16  
**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.



**Figura 3. 16** Perfil longitudinal de tiempo permanencia para régimen variable en nodos 1,3,6,25,27  
**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.



### **3.5.3 Análisis de la simulación de comportamiento en flujo permanente y variable.**

#### **➤ Análisis en Flujo Permanente**

En base a los resultados obtenidos mediante las simulaciones realizadas se puede interpretar lo siguiente:

Con respecto al caudal que circula por la red, se puede observar de acuerdo a los valores mostrados en la tabla XXXI que las tuberías más cercanas a la planta de tratamiento satisfacen las demandas establecidas, a pesar de ello existe un 35,89% de las tuberías cuyos caudales no cumplen con las demandas base establecidas ya que están por debajo de los 0.022 litros por segundo, la existencia de bajos caudales provoca deficiencia en la red de distribución, esta situación se produce en las tuberías más alejadas de la planta de tratamiento.

Se evidencia también en la figura 3.6, que en ciertas tuberías la velocidad es muy baja, y no cumple con la normativa que establece para agua tratada velocidades mínimas de 0.45 m/s. Estos resultados indican que el agua está experimentando un estancamiento en ciertas zonas de la red y el sistema no funciona como debiera. Dicho estancamiento puede provocar un cambio drástico en la calidad del agua, haciendo que el agua que llega

finalmente a las viviendas no cuente con las mismas propiedades que la del tanque de almacenamiento de la planta de tratamiento.

Con respecto a la presión, se puede notar en la figura 3.7 que existen valores aceptables según la normativa. Las presiones presentes en la red oscilan entre 7 y 30 metros de columna de agua, lo cual indica que el tanque elevado funciona correctamente para esta comunidad y no existen grandes pérdidas de carga.

Asimismo, la rugosidad de las tuberías aumenta con el tiempo de uso, cuyas pérdidas de energía por fricción deben ser máximo 10 m/Km, dichos valores deberían estar por debajo de esta cantidad.

Se recomienda realizar 12 revisiones por año en la red de distribución para prever disminuciones graduales en eficiencia del sistema, ya que con el paso del tiempo la materia orgánica se va adhiriendo a las paredes de las tuberías causando un aumento en su rugosidad, lo que se traduce en la disminución del caudal que circula por la red.

➤ **Análisis en Flujo variable**

Al establecer el comportamiento en flujo variable del sistema de distribución de agua potable en la parroquia Juan Bautista, se pudo constatar en los diferentes parámetros lo siguiente:

De la simulación realizada se obtuvieron la distribución y los perfiles de los distintos parámetros analizados como presión, velocidad y tiempo de permanencia de todas las conexiones desde la planta de tratamiento hasta el último nodo de la red.

Las presiones marcadas son en promedio 21.27 m.c.a, valores pertenecientes al rango de las normativas (Véase sección 3.2.3.7). Además, que los caudales satisfacen 63% de la demanda base requerida indicada en la tabla XXX.

Con respecto a las velocidades como se observa en las Fig.3.9 y 3.13, las tuberías con intervalos menores a los permisibles son aquellas más alejas a la PTAP. Por lo que es muy probable que exista sedimentación en dichas tuberías y esto podría afectar significativamente su funcionamiento como es en el tiempo de transporte del fluido. Estas situaciones mencionadas perjudican significativamente la distribución de líquido vital.

El tiempo de permanencia del agua en las tuberías, influye directamente a la calidad de esta; este tiempo se puede ver afectado por infiltraciones o reacciones internas. Se recomienda que el agua no pase más de 24 horas en la red, en casos extremos hasta 72 horas. El cloro requiere como mínimo un tiempo de contacto de 30 minutos para ser efectivo. Cabe recalcar que este valor puede variar según la concentración con la que se trabaja.

Por otro lado, el factor geométrico que afecta a los parámetros mencionados es el diámetro de las tuberías; cabe recalcar que toda la red de la parroquia Juan Bautista tiene el mismo diámetro.

Se recomienda llevar a cabo un estudio con mayor detalle para obtener los valores reales de la población y hacer mantenimiento frecuentemente para solucionar los problemas de sedimentación.

# **CAPÍTULO 4**

## **DISEÑO DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS**

## **4.1 Propuesta de solución #1**

Rehabilitación de la PTAP y red de distribución actual, ubicadas en la parroquia Juan Bautista.

### **4.1.1 Descripción general de la propuesta**

Se propone el abastecimiento del líquido vital, por medio de la rehabilitación de la planta de tratamiento agua potable y la red de distribución existentes, ubicados en la parroquia Juan Bautista.

Como se detalló en el capítulo 3, las condiciones de operación y estado de los componentes no son los óptimos, por ello, se presenta la repotenciación de las unidades de la planta como son: la captación, clarificación, filtración, desinfección, y almacenamiento. Adicionalmente se especifica el presupuesto referente para la solución propuesta.

### **4.1.2 Disposiciones Generales del Diseño**

Utilizando la metodología estipulada la sección 3.2.3 se procedió a realizar la tabla resumen de los datos utilizados en el modelamiento hidráulico como se muestra a continuación:

**Tabla XXXIII.** Resumen de datos iniciales para la simulación hidráulica

Datos					
<b>Año de diseño</b>	2037		<b>Dotación</b>	200	$l/hab\ día$
<b>Población</b>	8041	hab	<b>Q med d</b>	14.89	$l/s$
<b>Longitud red</b>	3225.37	m	<b>Q max d</b>	18.61	$l/s$
<b>Cvd=</b>	1.25		<b>Q max h</b>	44.67	$l/s$
<b>Cvh=</b>	3		<b>q</b>	0.01385	$l/s\ m$

Fuente: González, M., Pinargote, D., 2018.

### ➤ Demandas Bases

Se resume las Demandas bases en cada nodo proyectada para el 2037, cabe recalcar que para los nodos se mantiene la misma nomenclatura y metodología que la utilizada en el capítulo 3;

**Tabla XXXIV.** Resumen de conexiones del sistema y su respectiva demanda base

Nodos	Área Tributaria (hec)	Demanda c/nodo ( $l/s$ ) .
<b>Conx1</b>	1.1309	0.317
<b>Conx2</b>	0.274964	0.077
<b>Conx3</b>	0.6005204	0.294
<b>Conx4</b>	0.906807	0.254
<b>Conx5</b>	0.062868	0.031
<b>Conx6</b>	0.134338	0.066
<b>Conx7</b>	0.136809	0.038
<b>Conx8</b>	0.251009	0.070
<b>Conx9</b>	0.129088	0.036
<b>Conx10</b>	0.12862	0.063
<b>Conx11</b>	0.2314672	0.113
<b>Conx12</b>	0.184572	0.052
<b>Conx13</b>	0.1548504	0.076
<b>Conx14</b>	0.11313	0.055

<b>Nodos</b>	<b>Área Tributaria (hec)</b>	<b>Demanda c/nodo (l/s) .</b>
<b>Conx15</b>	0.214554	0.105
<b>Conx16</b>	0.258586	0.072
<b>Conx17</b>	0.259884	0.073
<b>Conx18</b>	0.130855	0.037
<b>Conx19</b>	0.535498	0.150
<b>Conx20</b>	0.32635	0.091
<b>Conx21</b>	0.641885	0.180
<b>Conx22</b>	0.435596	0.122
<b>Conx23</b>	0.65491	0.183
<b>Conx24</b>	0.646572	0.181
<b>Conx25</b>	0.628556	0.176
<b>Conx26</b>	0.611409	0.171
<b>Conx27</b>	0.382122	0.219
<b>Conx28</b>	0.102129	0.029
	<b>Demanda Total</b>	<b>3.333</b>
	<b>Demanda Max</b>	<b>0.317</b>
	<b>Demanda Min</b>	<b>0.029</b>

Fuente: González, M., Pinargote, D., 2018.

#### 4.1.3 Repotenciación de los elementos del sistema de tratamiento

A continuación, se describen las funciones y recomendaciones de mejora para cada uno de los componentes de la actual planta potabilizadora de agua de la parroquia Juan Bautista



#### **4.1.3.1 Captación**

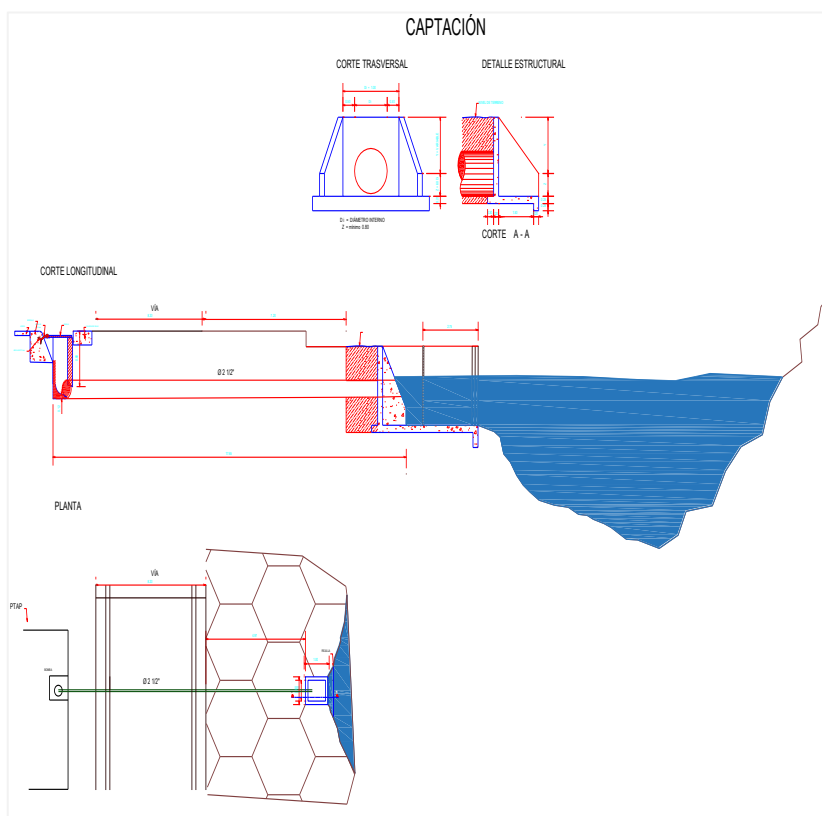
##### **Consideraciones:**

La estructura de captación debe tener una capacidad que abastezca a 1.2 veces el caudal mínimo diario del período de diseño. (Secretaría del Agua, 2015)

##### **Descripción:**

Para el sistema de captación se establecen los siguientes elementos de manera secuencial de uso:

Desbaste por medio de una rejilla para retener elementos de gran tamaño, seguido por un cedazo con 25 mm de ancho en los orificios, después el agua se transportaría por una canaleta de 1 m de largo hasta el tubo que succionará el agua por medio de una bomba hasta descargar en la planta para el proceso de sedimentación.



**Figura 4. 1** Esquema Geométrico del sistema de captación propuesta

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

#### 4.1.3.2 Clarificador

##### Descripción:

Es un tanque en el cual se desarrolla el proceso mecánico y químico de separar los sólidos suspendidos del agua cruda por medio de paletas de agitación que facilitan el asentamiento de las partículas y formación de flocs.

### Selección del coagulante:

A continuación, se presentan los resultados del test de jarras realizado en el laboratorio de sanitaria de la facultad de ciencias de la tierra. Se consideraron los siguientes coagulantes: **policloruro de aluminio** y **sulfato de aluminio**. El primer coagulante actualmente se usa en la PTAP y el segundo es un coagulante común en el medio.

La finalidad de usar ambos coagulantes es realizar una comparación y recomendar el producto más apropiado para una buena relación costo-rendimiento.

**Tabla XXXV.** Resumen de datos Test de Jarras – Policloruro de Aluminio

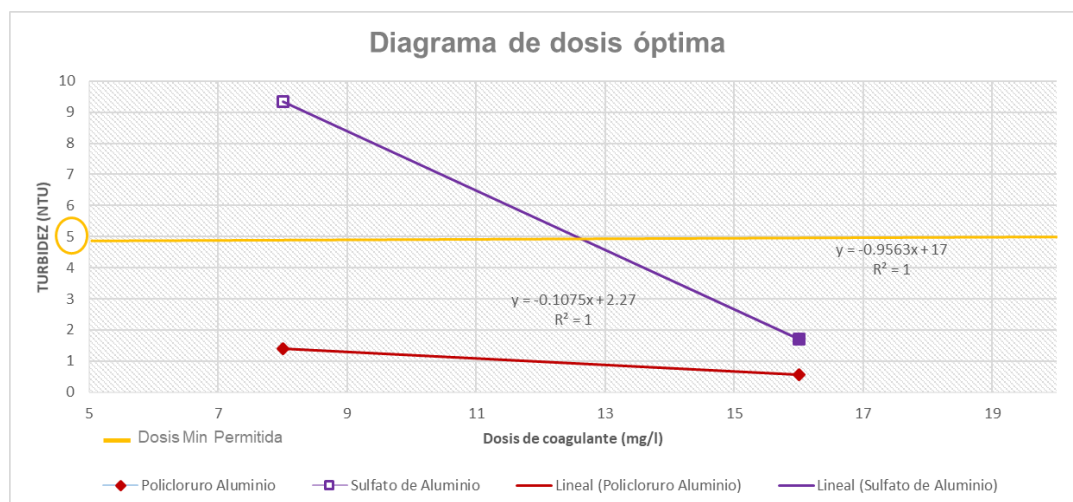
Jarra	AGUA CRUDA		DOSIFICACION		OBSERVACION VISUAL	AGUA SEDIMENTADA			OBSERVACION VISUAL
	pH inicial	Turbiedad inicial	Concentración (mm/l)	volumen		Mezcla rápida	Mezcla lenta	Ph final	
1	6.95	13.8	8	0.8	6	6.94	1.41	89.8	8
2	6.95	13.8	16	1.6	6	6.98	0.55	96.0	8
3	6.95	13.8	24	2.4	6	6.99	0.56	95.9	10
4	6.95	13.8	32	3.2	8	6.98	0.55	96.0	10

Fuente: González, M., Pinargote, D., 2018.

**Tabla XXXVI.** Resumen de datos Test de Jarras – Sulfato de Aluminio

Ensayo 2 Jarra	AGUA CRUDA		DOSIFICACION		OBSERVACION VISUAL	AGUA SEDIMENTADA			OBSERVACION VISUAL
	pH inicial	Turbiedad inicial	Concentración (mm/l)	Volumen		Mezcla rápida	Mezcla lenta	% de Remoción	
1	6.95	13.8	8	0.8	4	6.87	9.35	32.2	6
2	6.95	13.8	16	1.6	4	6.88	1.7	87.7	6
3	6.95	13.8	24	2.4	6	6.89	1.18	91.4	6
4	6.95	13.8	32	3.2	6	6.83	0.63	95.4	8

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.



**Figura 4. 2** Diagrama comparativo dosis óptima  
**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

En base en los resultados expuestos, se recomienda seguir haciendo uso del Policloruro de Aluminio por ser más eficiente en comparación al sulfato de aluminio.

**Dosificación del coagulante recomendado  
(Policloruro de Aluminio):**

Por medio del ensayo de “Test de Jarras”, se determina la dosis que produce más rápido la desestabilización de las partículas coloidales y que forme el floc más pesado y compacto. Por ello se busca la dosis que produzca mayor rendimiento en conjunto con el proceso de clarificación.

$$P_c = Q_{\max} * D_o$$

Ecuación 12

Donde:

P<sub>c</sub>: peso del reactivo a dosificar

Q<sub>max</sub>: caudal máximo de diseño de la planta

D<sub>o</sub>: dosis de coagulante

**Tabla XXXVII.** Dosis óptima recomendada  
- Policloruro de Aluminio

Ecuación del coagulante;	$y = -0.1075x + 2.27$
Q (l/h)=	160812
Dosis (mg/l)	Peso (kg/h)
20	3.21624

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

$$P_c = 3.22 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} = 77.19 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

*\*Dichos ensayos fueron realizados en época de verano, y se recomienda hacer ensayos del mismo tipo en la estación invernal, ya que el río arrastra más sedimentos en periodo lluvioso, por ende, la dosificación variará significativamente.*

### **Recomendaciones para el uso y**

#### **mantenimiento:**

- Corregir la conexión entre la bomba de captación y el clarificador.
- Coagulante recomendado: Policloruro de Aluminio.
- Colocar el coagulante en el centro del tanque clarificador para que fluya radialmente desde el centro al perímetro externo.
- Dosificación: de acuerdo con la turbiedad y el caudal.
- Tiempo de retención: 2- 4 horas.
- Nunca deje agotar el polímero de los tanques, procure que este en un nivel intermedio.
- Mantener el polímero en un lugar fresco y protegido de la luz solar.

-Realizar el retrolavado del clarificador cada dos horas, automatizar el sistema para evitar costos por operación.

-Limpiar el clarificador.

-Estación invernal: cada 3 días.

-Estación verano: cada 5 días.

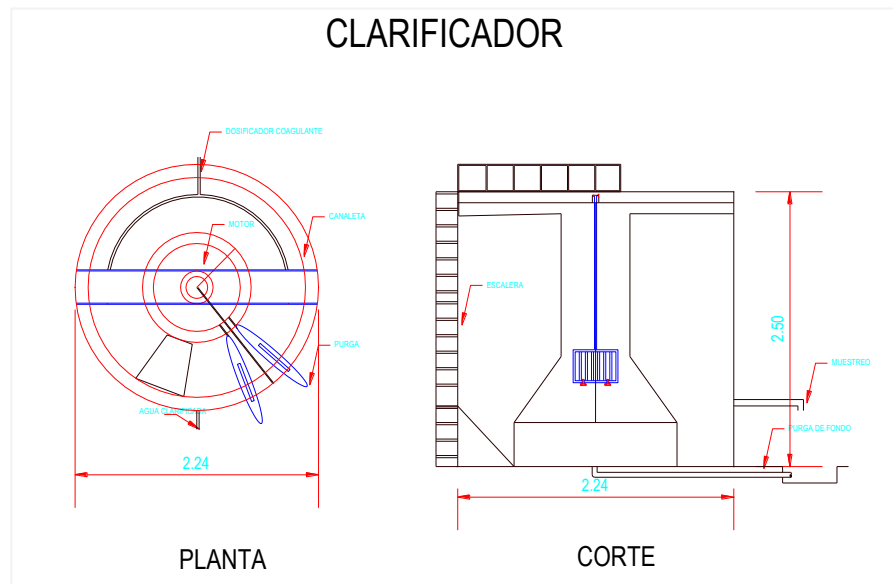
-Inspeccionar cada 3 meses las válvulas de desfogue de lodos.

**Tanque de Equilibrio:** La función del tanque es que el líquido pase a un estado de transición y reposo.

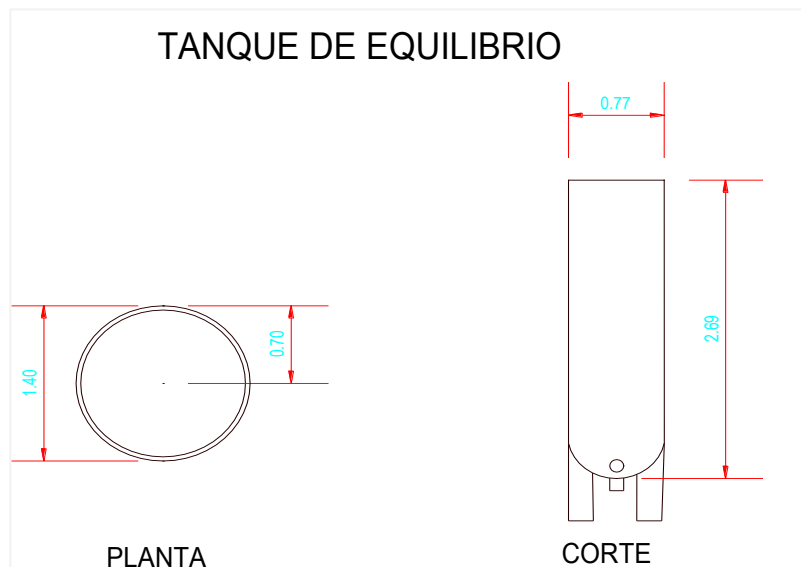
**Recomendaciones:**

-Mantener el tanque de equilibrio existente, pero colocar una tapa del mismo material, para que no se vea afectada el agua clarificada previamente.

-Dar limpieza al tanque cada 15 días



**Figura 4. 3** Esquema Geométrico clarificador  
**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.



**Figura 4. 4** Esquema de tanque de equilibrio  
**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.



### 4.1.3.3 Filtración

#### Descripción:

El sistema comprende de un filtro rápido para remover las partículas en suspensión, reteniéndolas en el medio filtrante por los lechos estratificados.

#### Recomendaciones para el uso y mantenimiento:

-Mantener el filtro existente, que tiene una altura de 1.20 metros, y está conformado por las capas que se muestran a continuación.

**Tabla XXXVIII.** Material de relleno del filtro

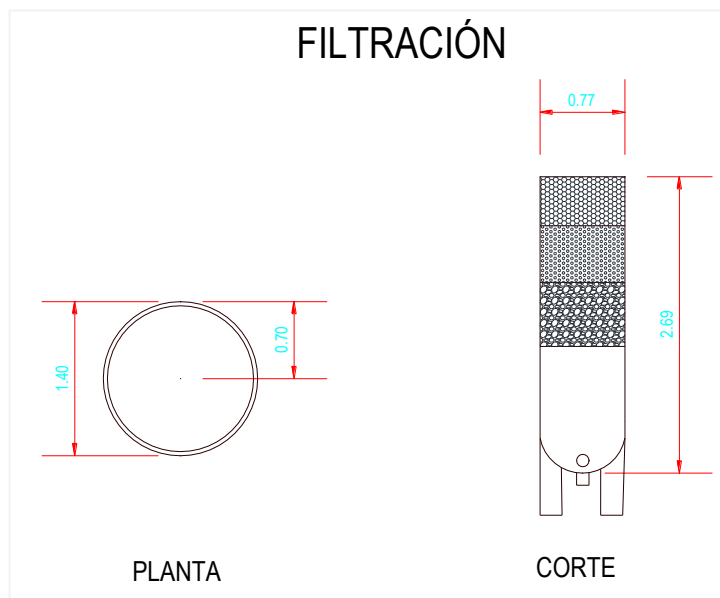
	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Espesor (cm)</b>
<b>Lecho de grava</b>	150	30
<b>Arena de Cuarzo</b>	250	30
<b>Arena</b>	50	30

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

-Al ser un filtro a presión se debe tener cuidado con el taponamiento en las flautas y duchas.

-El retrolavado debe ser a diario con una presión de 15 a 20 psi. Entre 10 a 15 minutos de limpieza desde el fondo hacia la superficie.

-Realizar una limpieza de todo el sistema de filtración cada 8 días.



**Figura 4. 5** Esquema geométrico del filtrador  
**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

#### 4.1.3.4 Desinfección

##### Descripción

En el proceso de desinfección se tiene como finalidad eliminar los microorganismos bacteriológicos y patógenos que puedan causar enfermedades a las personas que consuman el agua. La función que debe cumplir el desinfectante que se utilice para este proceso es eliminar virus y bacterias en un adecuado tiempo, además de evitar

que el agua tratada sea toxica para la salud o que tenga un mal sabor.

Este proceso debe realizarse al final del tratamiento del agua para asegurar una mayor calidad y se debe también asegurar que exista en el agua un porcentaje de cloro residual al distribuirse por la parroquia, de este modo el agua se continúa desinfectando mientras se encuentra en movimiento hacia los usuarios.

### **Dosificación del Cloro**

Para determinar la dosis de cloro es necesario que cumpla con ciertas consideraciones, entre las cuales se tienen:

- Identificar los organismos que se intentan eliminar (coliformes, e. histolítica o Giardia lamblia) cuya eliminación nos indica que todos los patógenos han muerto.
- Conocer el tiempo disponible desde que se realiza la cloración al agua y el momento en que esta es consumida.

- Calcular la cantidad de cloro que se debe añadir al agua para destruir los organismos presentes dentro del tiempo disponible para el tratamiento.

La concentración de cloro que se agrega actualmente permite cumplir con los límites permisibles con respecto a purificación del agua. Por ello se utiliza cloro libre al 10%, de 0.3 a 0.50 ppm para evitar degradación por almacenaje o temperaturas altas.

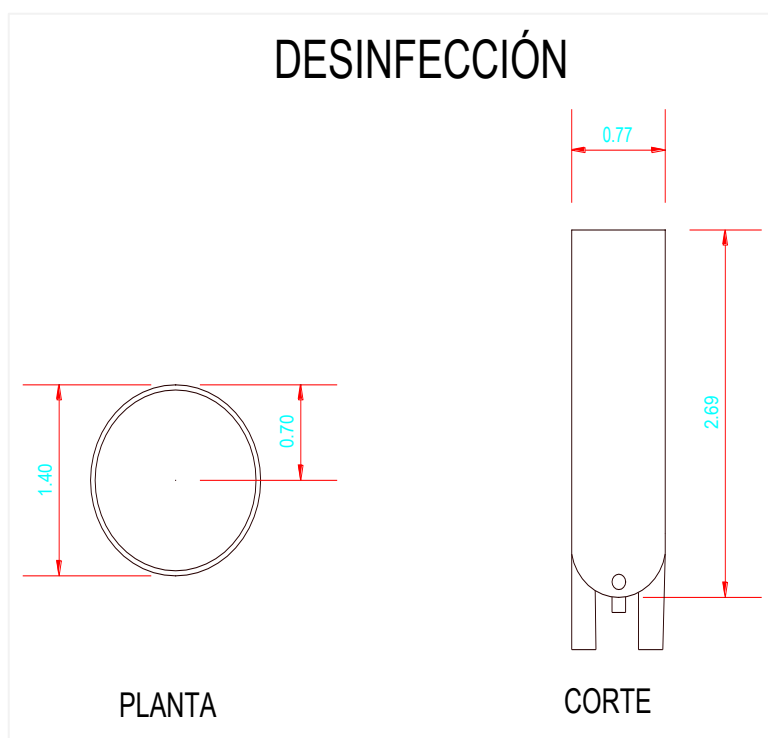
**Recomendaciones de uso:**

Se propone agregar al proceso un sistema de cloración en la fase final del tratamiento, para ello se recomienda lo siguiente:

- Realizar limpieza del tanque cada 5 días
- Instalar un tanque independiente para la cloración, que tenga las mismas dimensiones del tanque de filtrado.
- Implementar controles automatizados para analizar el cloro residual presente en el agua

tratada ya que el gasto de agua tratada varía cada hora.

- En caso de implementar analizador de cloro, se debe realizar una buena calibración y mantenimiento al equipo, además de instalarlo únicamente en lugares de fácil acceso para realizar los procedimientos.



**Figura 4. 6** Esquema geométrico del filtro  
**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

#### 4.1.3.5 Almacenamiento

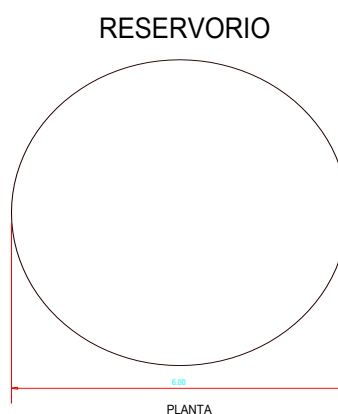
##### Recomendaciones:

Para el almacenamiento se ha propuesto utilizar el mismo tanque existente, debido a que cumple con las demandas de la población.

**Tabla XXXIX.** Información correspondiente al tanque de almacenamiento Juan Bautista.

<b>TANQUE</b>	
<b>Cota TN (m)</b>	36.97
<b>Nivel Max (m)</b>	4.55
<b>Nivel Medio (m)</b>	3.4125
<b>Nivel inferior (m)</b>	1.1375
<b>Diámetro equivalente (m)</b>	2.5
<b>Capacidad (litros)</b>	20000
<b>Material</b>	Plástico

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.



**Figura 4. 7** Esquema geométrico del reservorio

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

#### **4.1.3.6 Diseño de red de distribución**

##### **Selección de tipo de tuberías y diámetros.**

##### **Material:**

Se trabaja con PEAD dado a que presenta una alta resistencia química, lo que permite que soporte agentes corrosivos y agentes químicos.

Alta resistencia a rayos ultravioleta. Además, son tuberías muy livianas, lo que facilita la transportación de estas. Se caracterizan por su alta flexibilidad de tal modo que se adaptan al terreno y su instalación es fácil de realizar.

Excelente flujo: Las superficies de las tuberías PEAD son lisas y sin porosidades. Así se logran excelentes propiedades de flujo, lo que previene incrustaciones prematuras de depósitos minerales que obstruyen el paso normal del agua.

Al estar constituidas por polietileno tienen un coeficiente de fricción bajo que facilita el flujo de caudal dentro de las redes de distribución.

Las conexiones del sistema PEAD pueden ser realizadas por medio de termofusión, electrofusión y unión mecánica.

**Diámetros:**

El área de estudio comprende una red combinada, que contiene ramificaciones cerradas y abiertas en ciertos puntos, dado a que es una comunidad pequeña y dispersa. Por esta situación y con ayuda de la topografía se trabajó con diámetros cuyos rangos varían 20 a 110 mm.

Cabe recalcar que los diámetros van de mayor a menor tamaño hasta el final de la red donde se observa una ramificación abierta. Para los bucles también se trabaja con diámetros inferiores. Para satisfacer las presiones, velocidades y demandas requeridas, se plantea el uso del esquema (Fig 4.8 y Tabla XL)



**Tabla XL. Especificaciones de Tuberías PEAD**

DIÁMETRO NOMINAL	PRESIÓN NOMINAL DE TRABAJO	SERIE	ESPESOR NOMINAL DE PARED	LONGITUD
mm	MPa		mm	AGUA POTABLE
20	1,60	5	2,0	ROLLOS 100
32	1,60	5	2,9	
40	1,25	6,3	3,0	
50	1,25	6,3	3,7	
63	1,25	6,3	4,7	
90	1,00	8	5,4	ROLLOS 60
110	1,00	8	6,6	TRAMOS 11.80
*160	1,00	8	9,5	
*200	1,00	8	11,9	
*225	1,00	8	13,4	
*250	1,00	8	14,8	

Fuente: Plastigama, 2015



**Figura 4. 8.** Esquema de red de distribución propuesta  
Fuente: González, M., Pinargote, D., 2018.

**Tabla XLI.** Resumen de tuberías red de distribución propuesta

<b>ID</b>	<b>Nudo</b>	<b>Nudo</b>	<b>Longitud</b>	<b>Diámetro</b>
<b>Línea</b>	<b>Inicial</b>	<b>Final</b>	<b>m</b>	<b>mm</b>
<b>Tub2</b>	Conx1	Conx2	107.83	20
<b>Tub3</b>	Conx1	Conx3	93.34	60
<b>Tub4</b>	Conx3	Conx4	458.62	20
<b>Tub5</b>	Conx3	Conx5	27.17	60
<b>Tub6</b>	Conx5	Conx6	37.76	50
<b>Tub7</b>	Conx6	Conx7	110.96	50
<b>Tub8</b>	Conx7	Conx8	60.63	50
<b>Tub9</b>	Conx8	Conx9	85.86	20
<b>Tub10</b>	Conx8	Conx17	95.11	50
<b>Tub11</b>	Conx17	Conx18	94.83	20
<b>Tub12</b>	Conx7	Conx12	39.87	30
<b>Tub13</b>	Conx12	Conx16	48.5	20
<b>Tub14</b>	Conx16	Conx19	92.5	20
<b>Tub15</b>	Conx11	Conx15	49.71	20
<b>Tub16</b>	Conx15	Conx20	89.5	20
<b>Tub17</b>	Conx6	Conx10	32.67	50
<b>Tub18</b>	Conx10	Conx14	46.72	50
<b>Tub19</b>	Conx14	Conx21	53.55	50
<b>Tub20</b>	Conx5	Conx13	66.39	50
<b>Tub21</b>	Conx13	Conx22	61.71	50
<b>Tub22</b>	Conx21	Conx23	137.61	50
<b>Tub23</b>	Conx22	Conx24	150.85	50
<b>Tub24</b>	Conx23	Conx25	59.97	50
<b>Tub25</b>	Conx24	Conx26	44.28	20
<b>Tub26</b>	Conx25	Conx27	177.8	30
<b>Tub27</b>	Conx26	Conx28	228	20
<b>Tub28</b>	Conx17	Conx16	68	30
<b>Tub29</b>	Conx18	Conx19	75.48	20
<b>Tub30</b>	Conx12	Conx11	62.29	20
<b>Tub31</b>	Conx16	Conx15	62.61	20
<b>Tub32</b>	Conx19	Conx20	54.87	20
<b>Tub33</b>	Conx11	Conx10	45.96	20
<b>Tub34</b>	Conx15	Conx14	44.28	20
<b>Tub35</b>	Conx14	Conx13	68.57	20

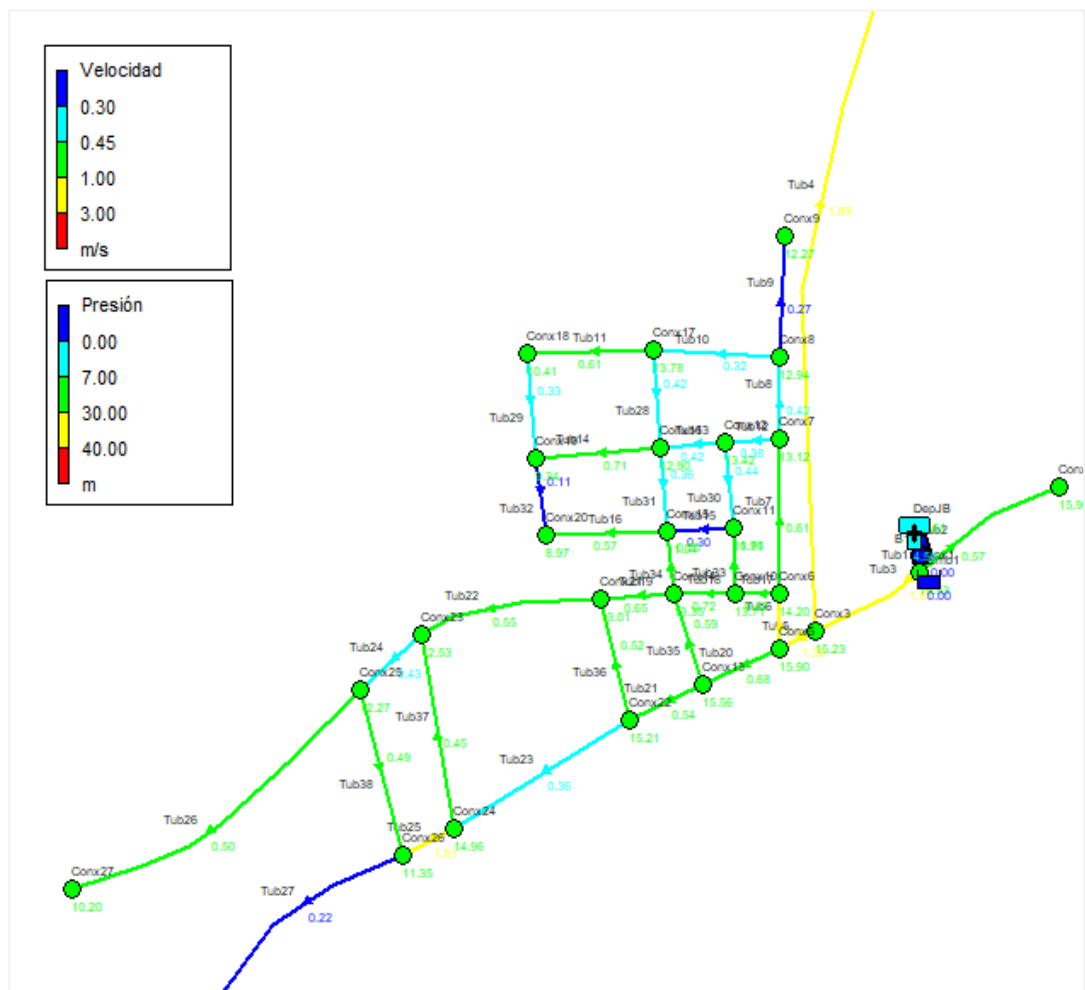
ID	Nudo	Nudo	Longitud	Diámetro
Línea	Inicial	Final	m	mm
<b>Tub36</b>	Conx21	Conx22	88.39	20
<b>Tub37</b>	Conx24	Conx23	138.56	20
<b>Tub38</b>	Conx25	Conx26	20.23	20
<b>Tub1</b>	DepJB	Conx1	21.23	110

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

### **Evaluación hidráulica del sistema:**

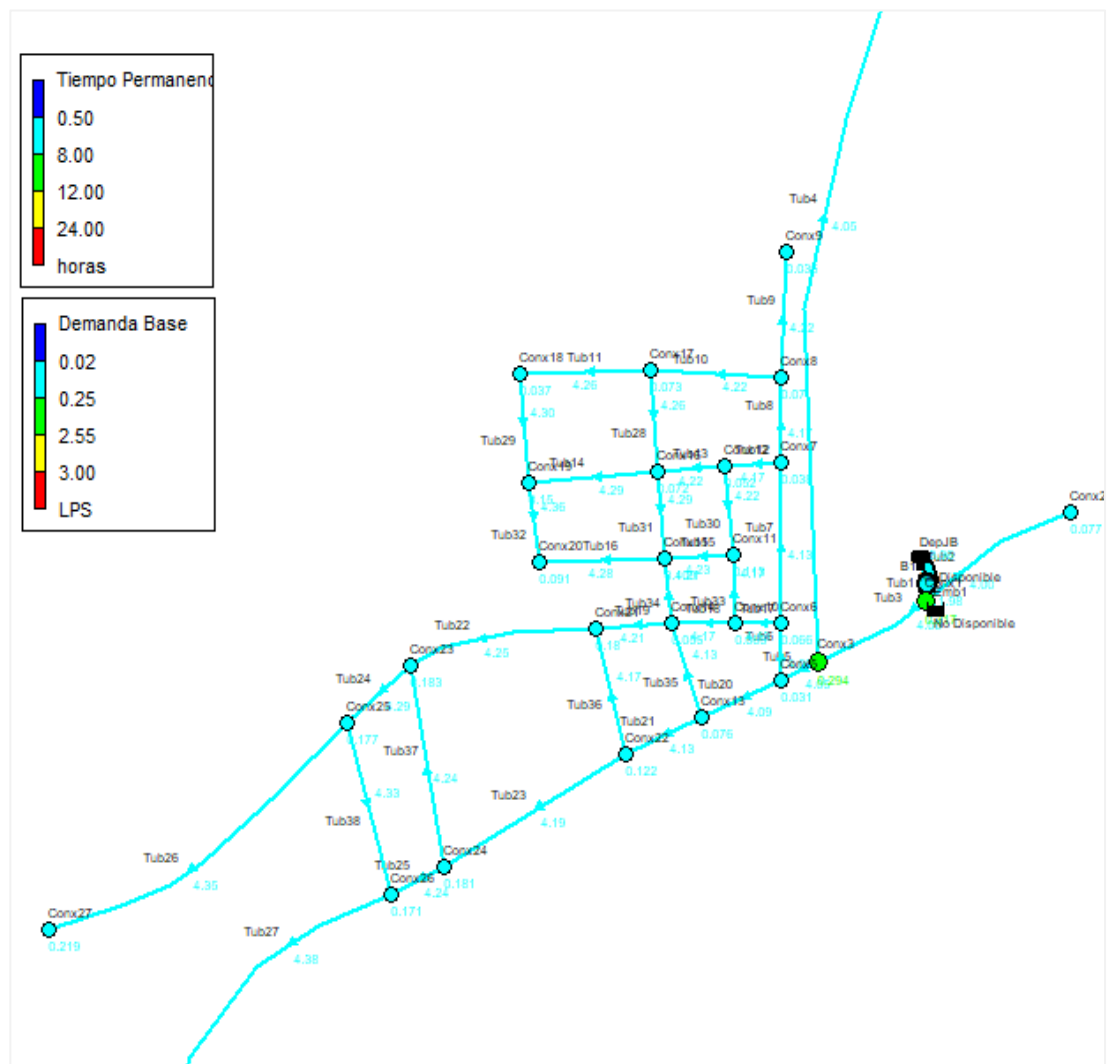
Para evaluar la capacidad hidráulica de la red de distribución planteada anteriormente se verifica su comportamiento por medio de simulaciones en el *software* EPANET, para el modelamiento se consideró los principios descritos en la sección 3.2.3, es importante señalar que, para la evaluación, el agua se transporta por gravedad desde el tanque elevado de la planta repotenciada y se distribuye a través de la red propuesta.

### **Resultados del comportamiento a hora pico:**

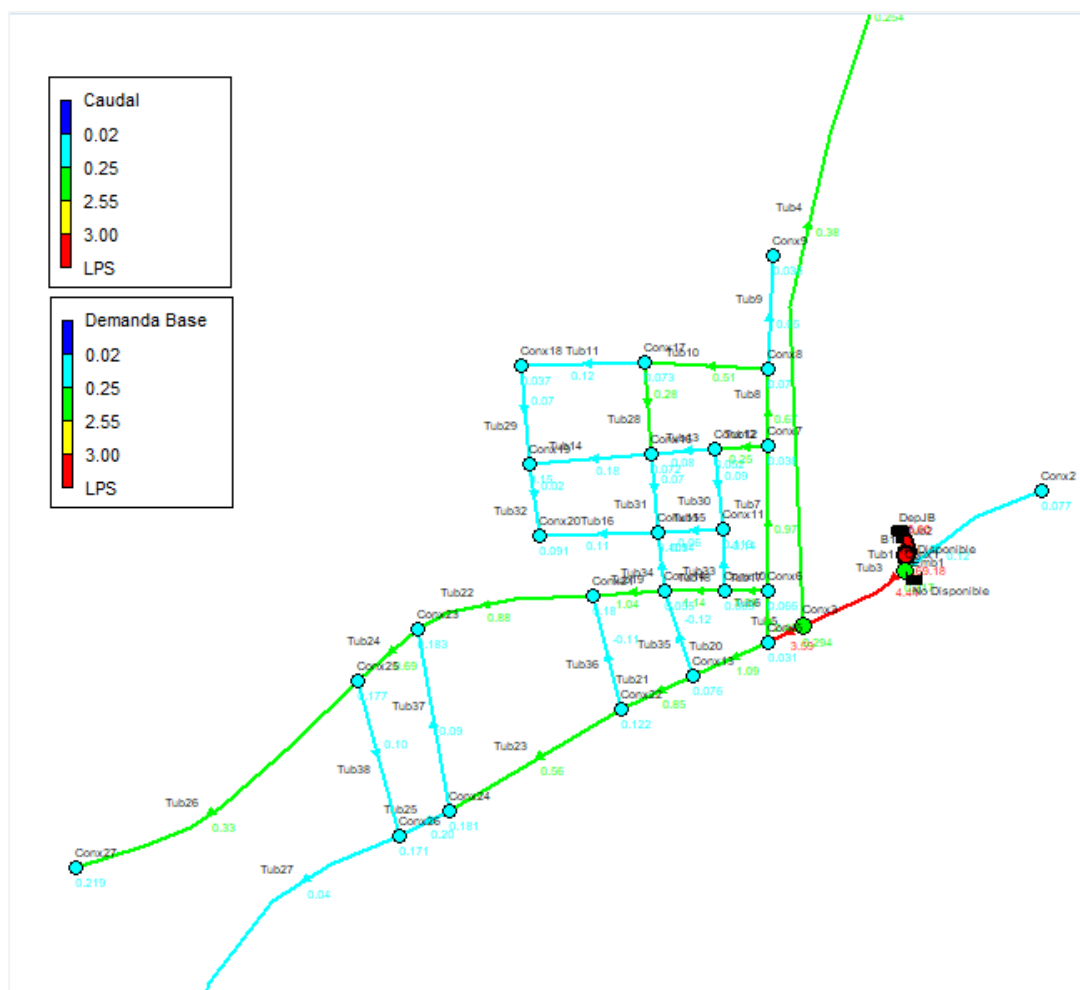


**Figura 4. 9** Esquema de resultados de velocidades y presiones a hora pico en la red propuesta

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.



**Figura 4. 10** Tiempos de permanencia y demandas base en la hora pico  
**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.



**Figura 4. 11** Caudales y demandas bases en la hora pico  
**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

**Interpretación de los resultados de la simulación:**

Por medio de los resultados arrojados en las simulaciones se puede corroborar que los parámetros cumplen satisfactoriamente. Las presiones de la red son en promedio de 15 mca, y las velocidades de 0,58 m/s, estos valores se encuentran dentro de los rangos establecidos

por las normativas consideradas en el estudio (véase sección 3.2.3.7)

La demanda base proyectada para el 2037 en la parroquia es de 3,33 lps y el caudal generado según la simulación estaría alrededor de 4,41 lps, es decir que cumplen con las disposiciones requeridas para el adecuado funcionamiento.

Otro parámetro muy importante es el tiempo de permanencia del líquido vital en la tubería, ya que influye directamente en la calidad del agua, cuyos tiempos de permanencia máximo en la red propuesta es de 4 horas, siendo aceptable para el funcionamiento.

#### 4.1.4 Presupuesto Referencial

**Tabla XLII Presupuesto de la propuesta #1**

PROPUESTA DE SOLUCIÓN #1				
OBRAS DE REPOTENCIACION PTAP JB	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
<b>1. CAPTACIÓN</b>				
<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
TRAZO Y REPLANTEO	ML	\$ 10.83	23.10	\$ 250.17
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
EXCAVACION MANUAL	M3	\$ 20.05	0.53	\$ 10.63
REFINE Y COMPACTACION	M3	\$ 13.92	0.53	\$ 7.38
COLOCACIÓN DE REJILLAS PARA DESBASTE	U	\$ 23.00	5.00	\$ 115.00
CEDAZO 25 MM ANCHO ORIFICIOS	ML	\$ 7.00	3.00	\$ 21.00
CANALETA 1 M LARGO	ML	\$ 14.57	1.00	\$ 14.57
CONCRETO F' C = 210 KG/CM2 PCAPTACION	M3	\$ 130.19	0.25	\$ 32.55
VALVULAS, SUMINSITROS Y ACCESORIOS	U	\$ 58.19	1.00	\$ 58.19
TUBERÍA HACIA LA BOMBA	ML	\$ 15.12	1.00	\$ 15.12
<b>2. CLARIFICADOR</b>				
CONEXIÓN CAPTACIÓN AL CLARIFICADOR	U	\$ 4.12	1.00	\$ 4.12
<b>3- TANQUE DE EQUILIBRIO</b>				
TAPA PROTECTORA DEL TANQUE DE EQUILIBRIO	U	\$ 162.13	1.00	\$ 162.13
<b>4. DESINFECCIÓN</b>				
TANQUE DE DESINFECCIÓN PVC D=0.8 M	U	\$ 1,928.91	1.00	\$ 1,928.91
			<b>SUBTOTAL</b>	\$ 2,619.76
			<b>20% GASTOS IND</b>	\$ 523.95
			<b>TOTAL</b>	\$ 3,143.72
<b>RED DE DISTRIBUCIÓN PROPUESTA</b>				
<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
TRAZO Y REPLANTEO INICIAL DE LA LINEA	ML	\$ 0.83	2856.00	\$ 2,370.48
REPLANTEO FINAL PARA LAS LINEAS REDES CON ESTACION TOTAL	ML	\$ 0.83	2856.00	\$ 2,370.48
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
TUBERIA PVC D=20MM	M3	\$ 15.20	1494.70	\$ 22,719.38
TUBERIA PVC D=30MM	M3	\$ 15.20	257.10	\$ 3,907.97
TUBERIA PVC D=45MM	M3	\$ 15.20	959.63	\$ 14,586.32
TUBERIA PVC D=50MM	M3	\$ 15.20	144.61	\$ 2,198.10
<b>RELLENO Y COMPACTACION EN ZANJAS</b>				
SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS, ACCESEORIOS Y VALVULAS	U	\$ 1.12	2856.00	\$ 3,198.72
SUMINISTRO E INST./TUBERIA PVC D=20MM	ML	\$ 8.10	1868.37	\$ 15,133.80
SUMINISTRO E INST./TUBERIA PVC D=30MM	ML	\$ 8.10	285.67	\$ 2,313.93
SUMINISTRO E INST./TUBERIA PVC D=45MM	ML	\$ 8.10	913.93	\$ 7,402.83
SUMINISTRO E INST./TUBERIA PVC D=50MM	ML	\$ 8.10	120.51	\$ 976.13
<b>PRUEBAS HIDRAULICAS</b>				
PRUEBA HIDRAULICA EN TUBERIA Y DESINFECCION DE TUBERIAS	ML	\$ 2.46	3188.48	\$ 7,843.66
			<b>SUBTOTAL</b>	\$ 85,021.80
			<b>20% GASTOS IND</b>	\$ 17,004.36
			<b>TOTAL</b>	\$ 102,026.16
<b>TOTAL PROPUESTA 1</b>				\$ 105,169.88

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.



## **4.2 Propuesta de solución #2**

Abastecimiento de agua potable para la parroquia Juan Bautista mediante el sistema de conducción desde la estación de bombeo “Los Amarillos”.

### **4.2.1 Descripción general de la propuesta**

Para esta solución se propone que la captación del agua potable de comienzo en la planta de tratamiento ubicada en Daule dado a que actualmente EMAPA tiene una estación de Bombeo “Los Amarillos”, que está a menos de 2,5 km de la parroquia Juan Bautista. Dicha estación actualmente dota al recinto los amarillos, y por ser la estación más cercana a la parroquia Juan Bautista, se plantea dotar por medio de conducción a la mencionada parroquia.

Mas adelante, se detalla el diseño del sistema de conducción desde la estación de bombeo “Los Amarillos” hasta la planta actual de tratamiento donde se plantea la restructuración para convertirla en otra estación de bombeo que abastezca a la parroquia. Adicionalmente se especifica el presupuesto referente de la propuesta.



**Figura 4. 12** Esquema del área referente  
**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

#### **4.2.2 Descripción de la planta de agua potable actual del cantón**

##### **Daule**

La planta de tratamiento para agua potable de Daule es de tipo convencional hidráulica y está activa desde el 2011. Además, fue diseñada para abastecer un caudal de  $400 \text{ l/s}$ , y cuenta aproximadamente con un área de  $45000 \text{ m}^2$  de estos  $12000 \text{ m}^2$  de construcción y  $33000 \text{ m}^2$  sin construir para futuras expansiones. Cabe recalcar que hasta ahora lo máximo que ha operado la planta es del 62 % de su capacidad. Diariamente emite  $225 \text{ l/s}$ , La planta no solo abastece Daule sino también a poblaciones aledañas como las de Ánimas, Lomas del Sargentillo, entre otros por medio de conducción. (Operador, Planta Daule).

Posteriormente se resume el funcionamiento de cada unidad de la planta.

**Tabla XLIII.** Descripción de unidades PTAP de Daule

<b>1. Captación</b>	
	<p style="text-align: center;"><b>Descripción</b></p> <p>La captación de agua cruda es realizada a través de un canal construido en la margen izquierda del río Daule, que por medio de una compuerta ingresan a un pequeño reservorio del cual posteriormente se extrae el agua a través de un sistema de bombeo</p>
<b>2. Cuarto de bombas de la planta potabilizadora de Daule.</b>	
	<p style="text-align: center;"><b>Descripción</b></p> <p>El cuarto de bombas cuenta con un par de bombas verticales de 250 l/s, que extraen el agua del canal de captación y la distribuyen hacia el proceso de mezcla rápida. Las bombas se encuentran divididas en dos grupos. El grupo 1 funciona a caudal parcial, mientras que el grupo 2 funciona siempre al 100% de su capacidad.</p>
<b>3. Cámara de llegada y Mezcla Rápida</b>	
	<p style="text-align: center;"><b>Descripción</b></p> <p>Para llevar a cabo el proceso de mezcla rápida, se traslada el agua mediante bombeo a una canaleta Parshall, en la cual se realiza la mezcla rápida y se mide el caudal por medio de una escala graduada. En este punto también se realiza una pre desinfección utilizando cloro gas. Luego se agrega sulfato de aluminio como coagulante para separar las partículas presentes en el agua. El sulfato de aluminio se coloca en el rango de 30 a 50 mg/l. Luego de este proceso el agua es trasladada hacia los floculadores.</p>

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

**Tabla XLIV. Descripción de unidades PTAP de Daule**

<b>4.Floculación</b>	
	<p style="text-align: center;"><b>Descripción</b></p> <p>En los floculadores se realiza la mezcla lenta para separar las partículas de mayores tamaños. Estos cuentan con 3 gradientes colocados de mayor a menor. El agua recorre un circuito de celdas y al final se observan los flóculos formados para ser removidos posteriormente en la fase de sedimentación</p>
<b>5.Sedimentación</b>	
	<p style="text-align: center;"><b>Descripción</b></p> <p>Luego del proceso de floculación, el agua ingresa a los canales de decantación, mediante se realiza la sedimentación y clarificación. En esta fase se procura tener el agua en reposo para favorecer la decantación de las partículas suspendidas. Una vez realizado este proceso el agua se dirige a los filtros. Se debe realizar mantenimiento a los decantadores 3 veces al día, con una duración de 3 minutos con válvula abierta para eliminar el lodo acumulado.</p>
<b>6.Filtración y Almacenamiento</b>	
	<p style="text-align: center;"><b>Descripción</b></p> <p>Después de clarificar el agua, esta ingresa a un canal de 4 filtros de vasos comunicantes lo cual aumenta la eficacia de la filtración de sólidos. Estos filtros presentan dos materiales filtrantes, como son la arena y antracita. Luego de este proceso el agua se dirige finalmente a la fase de desinfección.</p>

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

**Tabla XLV.** Descripción de unidades PTAP de Daule

<b>7. Desinfección</b>	
	<p style="text-align: center;"><b>Descripción</b></p> <p>En el último proceso se realiza la cloración, para ello el cloro es suministrado en cantidades reguladas por la normativa. En esta fase se debe garantizar que la cantidad de cloro sea el adecuado para la desinfección y que además existan pequeñas cantidades de cloro residual, con un máximo de 1.2 mg/l, pero en esta planta se logra obtener cantidades de 0.9 a 1 mg/l, para evitar que se pierda la calidad del agua hasta llegar a la población.</p>
<b>8. Almacenamiento en tanque de reserva</b>	
	<p style="text-align: center;"><b>Descripción</b></p> <p>Finalmente, el agua se la conduce temporalmente hasta un reservorio, del cual luego mediante bombeo se realizará la impulsión hacia el tanque elevado que distribuirá el agua por gravedad a las distintas parroquias del cantón. El tanque elevado consta con una altura que oscila entre los 30 y 35 metros. La tubería de distribución es de 500mm de diámetro. El volumen total del tanque de almacenamiento es de 300 m<sup>3</sup>.</p>

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.


#### 4.2.3 Descripción de la Estación de Bombeo “Los Amarillos”

La Estación de Bombeo “Los Amarillos” tiene 9 meses de construcción y operación. Actualmente abastece al recinto del mismo nombre, dicha estación es dotada por la planta de tratamiento de agua potable en Daule por medio del sistema de conducción llega a una cisterna de 120 m<sup>3</sup> de capacidad, donde

se bombea al tanque elevado de  $245m^3$  y se distribuye el agua por gravedad al recinto mencionado. A continuación, se detalla la descripción de los distintos componentes que comprenden la estación de bombeo:

**Tabla XLVI. Descripción de estación de bombeo “Los Amarillos”  
ESTACION DE BOMBEO: LOS AMARILLOS**

<b>Componentes</b>	<b>Descripción</b>	<b>Registro Fotográfico</b>
<b>CISTERNA</b>	La cisterna tiene aproximadamente 120 m <sup>3</sup> de capacidad, es de forma cilíndrica de hormigón armado y colocada de manera subterránea	
<b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>	Tiene una capacidad de 245 m <sup>3</sup> máximo y de 183.45 m <sup>3</sup> en operación, tiene 20.4 m de alto hasta la solera del tanque	
<b>TABLEROS DE CONTROL</b>	Están conectados a la planta de Daule sin embargo tiene también el uso manual además en el panel donde se observa las presiones y caudales que marca	
<b>VALVULAS</b>	De tipo reductora para regular los caudales	
<b>BOMBAS</b>	Se tienen dos bombas en paralelo, marca PEDROLLO de 20 HP, Con caudal máximo de 14.17 lps a 69.50 mca.	
<b>TUBERIAS DE DISTRIBUCION</b>	Diámetro de 110 mm	

<b>ESTACION DE BOMBEO: LOS AMARILLOS</b>		
<b>Componentes</b>	<b>Descripción</b>	<b>Registro Fotográfico</b>
<b>VIAS/ACCESOS</b>	Suficientemente Amplias para el ingreso de personal y vehículos.	

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

#### **4.2.4 Disposiciones de diseño**

##### **Normativas por considerar:**

Se tendrá en cuenta los parámetros establecidos en la sección 3.2.3.7. Por ser sistema de conducción se debe tener en cuenta la línea de energía y la presión de elevación, para prever que no se presenten presiones negativas en la línea, por ello adicionalmente se considerara los siguientes requerimientos en el diseño:

-NTE INEN 1744 “Tubos de polietileno para conducción de agua a presión. Requisitos”

- Tubos de Polietileno: Para Conducir agua con rangos de presión nominal de 0,63 a 1,6 Mpa de diámetros exteriores de 16 a 1200 mm

- Tubos de Polietileno a presión: Rangos de presión nominal de 0,25 a 1,6 Mpa y diámetros exteriores de 6 a 630 mm

Para verificar la capacidad de presión de la tubería, Dependerá de la cedula de misma donde se obtendrán los datos de las fichas técnicas comerciales del medio.

### **Materiales disponibles:**

Comúnmente las tuberías que se utilizan en las líneas de conducción son; Acero, concreto y PVC en nuestro medio;

### **-ACERO**

Diámetros Comerciales: Varían de 2", desde 4" hasta 24"

Ventajas: Tienen una vida útil prolongada, soportan presiones de hasta 350 psi (2500 KN/m<sup>2</sup>)

Desventajas: El mantenimiento es mayor y costoso, ya que puede haber desgaste por el cloro, por lo que se recomienda recubrirlo con poliuria para prever el desgaste. Además, a temperaturas de 40°C por cada 100 ft se expande  $\frac{3}{4}$ " y se requiere poner juntas que permitan tal expansión.



**-CONCRETO**

Diámetro: A convenir, hasta de 2m (72")

Soporta Presiones Estáticas de hasta 400 psi (2700 KN/m<sup>2</sup>)

Desgaste por el cloro

**-PVC**

Diámetros: Se recomienda para diámetros menores a 150 mm

- Mayor resistencia a la presión hidrostática y a la tensión.
- Alta capacidad de resistencia a los golpes causados durante la transportación, almacenamiento e instalación.
- Excelente resistencia a golpe de ariete durante su funcionamiento.
- Poseen mayor resistencia al impacto y a la fractura frágil, lo que se traduce en menor propagación de fisuras.
- Amplia gama de diámetros y presiones.
- Espesores de fabricación diseñados con factores de seguridad que permitan alcanzar rigideces necesarias para realizar una instalación segura periodo de vida útil más largo.

- Tuberías flexibles y de fácil manipulación, esto permite reducir el uso de codos en las líneas de conducción o redes de distribución.
- Presentan mayor hermeticidad debido que cuentan con junta elastomérica con refuerzo interior.
- Es mucho más económica en comparación al acero y concreto.
- No se corroen, ni se forman depósitos o incrustaciones en las paredes interiores, por ello su sección hidráulica no se altera.
- Evitan la adherencia de algas hongos y moluscos.
- Presenta alta resistencia a esfuerzos producidos por cargas externas del material de relleno, de tráfico y sísmicas.
- Las características de su material permiten que resistan asentamientos diferenciales y permiten deflexiones.
- Tienen un bajo coeficiente de fricción con respecto a otros materiales, lo que favorece la capacidad de conducción de las tuberías.
- El peso de las tuberías es mucho menor en comparación a otros materiales.

### Diámetros disponibles:

Los diámetros que se utilizarán para el diseño de la línea de conducción serán seleccionados en base a los diámetros comerciales presentes en el mercado ecuatoriano. Por ello los diámetros usados en las simulaciones variaran entre 90, 110, 160 y 200 mm dependiendo de las necesidades de presiones, demandas, velocidades y caudales que se presenten en el diseño hidráulico.

**Tabla XLVII.** Tabla de especificaciones de Tubosistemas de PVC-O (BIAX).

Diámetro Exterior Nominal	Clase de material (MRS)	Coeficiente de diseño	Presión nominal		Espesor de fabricación(*)
			MPa	lb/pulg <sup>2</sup>	
90	315	2,0	0,63	91,35	1,8
	315	1,6	0,80	116,00	1,9
	315	1,6	1,00	145,00	2,2
	315	1,6	1,25	181,25	2,8
110	500	2,5	0,63	91,35	2,2
	500	2,0	0,80	116,00	2,3
	500	2,0	1,00	145,00	2,4
	500	1,6	1,25	181,25	2,5
	500	1,4	1,60	232,00	2,6
160	500	2,5	0,63	91,35	3,2
	500	2,0	0,80	116,00	3,4
	500	2,0	1,00	145,00	3,5
	500	1,6	1,25	181,25	3,6
	500	1,4	1,60	232,00	3,7
200	500	2,5	0,63	91,35	3,9
	500	2,0	0,80	116,00	4,3
	500	2,0	1,00	145,00	4,4
	500	1,6	1,25	181,25	4,5
	500	1,4	1,60	232,00	4,6
	500	1,4	2,00	290,00	5,8

**Fuente:** Plastigama.

### Descripción del tipo de bombas:

Para la línea de conducción del proyecto, la simulación se hará tanto en estado estático y dinámico para ello la curva característica que se hizo uso, es suministrada por los fabricantes del equipo de bombeo que actualmente se encuentran instaladas para estudiar el comportamiento con la línea de conducción que se propone;

Posteriormente, se detalla las características de las bombas:

**Tabla XLVIII.** Relación H vs Q – Bomba Mark DS-9  
**Bomba Actual en “Planta Juan Bautista” (MARK DS-9)**

H (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Q (Lps)
55.00	0.00	0.00
55.50	5.00	1.39
55.10	10.00	2.78
54.50	15.00	4.17
53.00	20.00	5.56
51.00	25.00	6.94
47.50	30.00	8.33
45.00	32.50	9.03
41.50	35.00	9.72
37.50	37.30	10.36

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.



**Figura 4. 13** Bomba Mark DS-9 utilizada en PTAP Juan Bautista  
**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

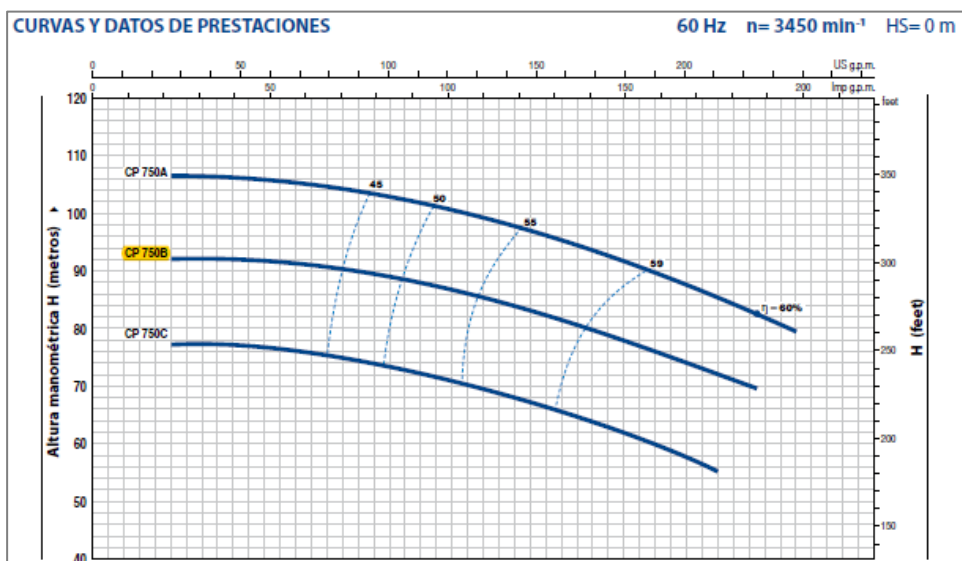


**Figura 4. 14** Placa descriptiva motor WEG de la bomba Mark DS-9  
**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

**Tabla XLIX.** Relación H vs Q – Bomba Pedrollo CP 750B

<b>Bomba Actual en “Los Amarillos” (PEDROLLO CP 750B)</b>		
<b>H (m)</b>	<b>Q (m3/h)</b>	<b>Q (Lps)</b>
92.00	0.00	0.00
92.00	6.00	1.67
92.00	12.00	3.33
90.80	18.00	5.00
88.50	24.00	6.67
85.20	30.00	8.33
81.20	36.00	10.00
77.00	42.00	11.67
72.30	48.00	13.33
69.50	51.00	14.17

Fuente: González, M., Pinargote, D., 2018.



**Figura 4. 15** Curva característica Bomba Pedrollo CP 750B

Fuente: González, M., Pinargote, D., 2018.



**Figura 4. 16** Bombas Pedrollo en paralelo– Estación “Los Amarillos”  
**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018



**Figura 4. 17** Placa descriptiva Bomba Pedrollo CP 750B  
**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

**Información correspondiente a los tanques de almacenamiento existentes:**

**Tabla L.** Información correspondiente al tanque de almacenamiento Juan Bautista.

<b>TANQUE PTAP JB</b>	
<b>Cota TN (msnm)</b>	36.97
<b>Nivel Max (m)</b>	4.55
<b>Nivel Medio (m)</b>	3.4125
<b>Nivel inferior (m)</b>	1.1375
<b>Diámetro equivalente (m) =</b>	2.5
<b>Capacidad (litros)</b>	20000
<b>Material</b>	Plástico

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

**Tabla LI.** Información correspondiente al tanque de almacenamiento “Los Amarillos”

<b>TANQUE “T”</b>	
<b>Cota TN (msnm)</b>	42.42
<b>Nivel Max (m)</b>	4
<b>Nivel Medio (m)</b>	3
<b>Nivel inferior (m)</b>	1
<b>Diámetro equivalente (m) =</b>	9
<b>Capacidad (litros)</b>	24500
<b>Material</b>	Hormigón Armado

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

**Demandas Bases**

Se resume las demandas bases en cada nodo proyectada para el 2037, cabe recalcar que se mantiene la misma nomenclatura y metodología utilizada en el capítulo 3.



**Tabla LII.** Resumen de conexiones pertenecientes al sistema y su respectiva demanda base

<b>Nodos</b>	<b>Área Tributaria (hec)</b>	<b>Demanda c/nodo (lps)</b>
1	1.1309	0.317
2	0.274964	0.077
3	0.6005204	0.294
4	0.906807	0.254
5	0.062868	0.031
6	0.134338	0.066
7	0.136809	0.038
8	0.251009	0.070
9	0.129088	0.036
10	0.12862	0.063
11	0.2314672	0.113
12	0.184572	0.052
13	0.1548504	0.076
14	0.11313	0.055
15	0.214554	0.105
16	0.258586	0.072
17	0.259884	0.073
18	0.130855	0.037
19	0.535498	0.150
20	0.32635	0.091
21	0.641885	0.180
22	0.435596	0.122
23	0.65491	0.183
24	0.646572	0.181
25	0.628556	0.176
26	0.611409	0.171
27	0.382122	0.219
28	0.102129	0.029
	<b>Demanda Total</b>	<b>3.333</b>
	<b>Demanda Max</b>	<b>0.317</b>
	<b>Demanda Min</b>	<b>0.029</b>

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

### Caudal de la conducción

Se recomienda que el caudal de diseño de la conducción sea 1.10 veces el caudal máximo diario calculado al final del periodo de diseño. (Secretaría del Agua, 2015)

$$Q_{cond} = 1.10 \times Q_{MD}$$

Ecuación 13

Donde:

$Q_{cond}$  = Caudal de la conducción

$Q_{MD}$  = Caudal máximo diario

$$Q_{cond} = 1.10 \times 18.61$$

$$Q_{cond} = 20.47 \text{ l/s}$$

A continuación, se muestra la tabla resumen de datos utilizada para el modelamiento hidráulico.

**Tabla LIII.** Resumen de datos iniciales para la simulación hidráulica

Datos				
<b>Año de diseño</b>	2037		<b>Dotación =</b>	200 $\frac{\text{l}}{\text{hab día}}$
<b>Población=</b>	8041	hab	<b>Q med d=</b>	14.89 $\frac{\text{l}}{\text{s}}$
<b>Longitud red =</b>	5649.64	m	<b>Q max d=</b>	18.61 $\frac{\text{l}}{\text{s}}$
<b>Cvd=</b>	1.25		<b>Q max h=</b>	44.67 $\frac{\text{l}}{\text{s m}}$
<b>Cvh=</b>	3		<b>q=</b>	0.007907

Fuente: González, M., Pinargote, D., 2018.

#### **4.2.5 Diseño Hidráulico**

##### **Trazado de la línea de conducción:**

Para la realización del trazado de la línea de conducción se hizo uso de los datos topográficos mencionados en la sección 3.2.3.1, donde se obtuvo las cotas y pendientes que constituyen el trazado, dichos datos son de utilidad para el análisis de volúmenes de excavación necesarios para la construcción de la tubería.

El trazado inicia en la estación de Bombeo “Los Amarillos” y conduce el agua por medio de bombas hacia el tanque elevado existente en la parroquia Juan Bautista, desde ahí se derivará el líquido por gravedad a la población del sector.

Esta línea de conducción estaría a 25 m desde el eje de la vía (T- Juan Bautista), cabe recalcar que el terreno tiene un relieve básicamente plano, rodeado de vegetación y corresponde a una zona de espacios públicos no edificables.

El material seleccionado para las tuberías es PVC Orientado (PVC-O) Biax de Plastigama, para el cual se recomiendan las siguientes dimensiones para los trabajos de excavación.

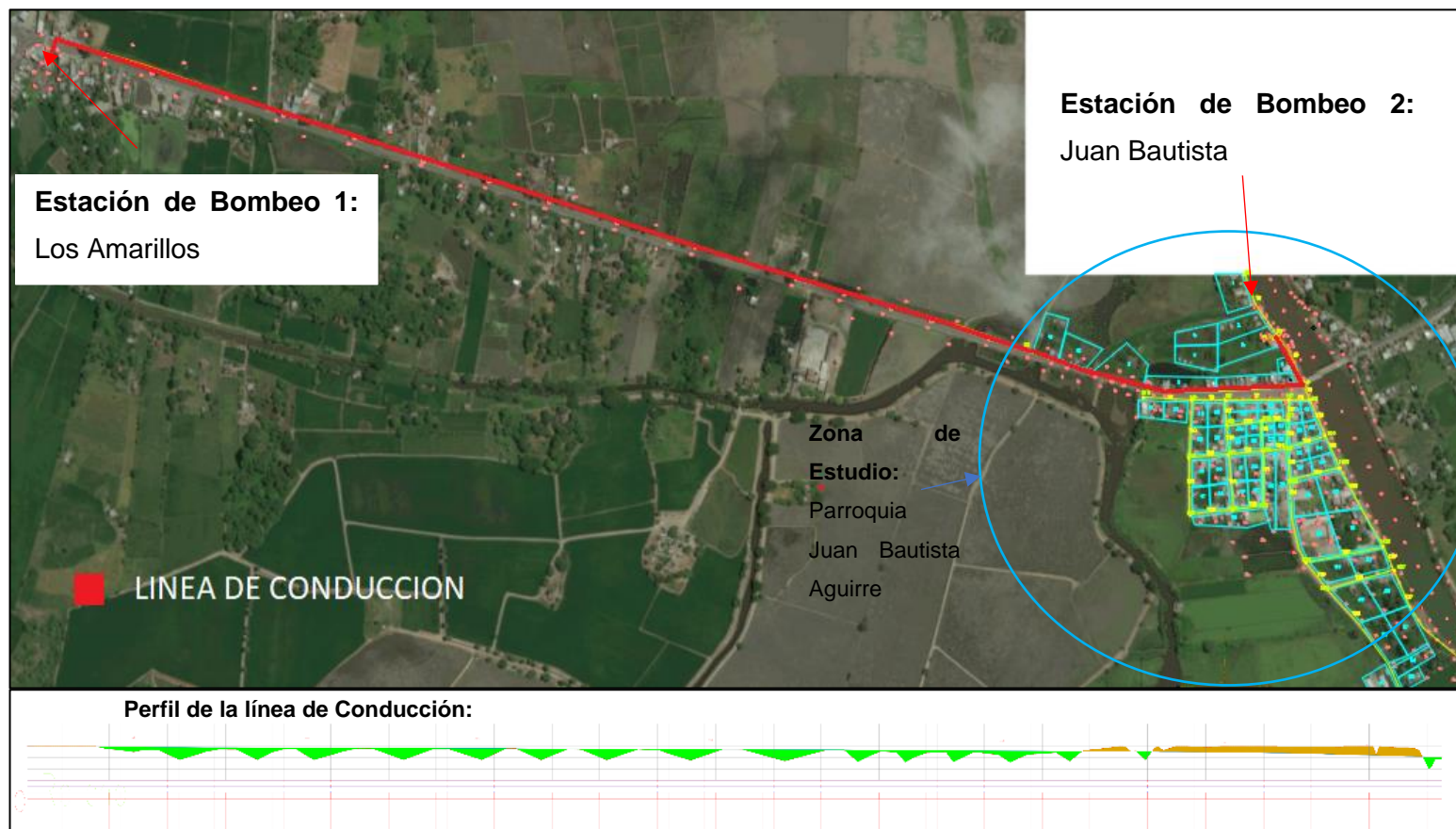


**Figura 4. 18** Anchos de zanjas recomendados  
**Fuente:** Plastigama, 2015



**Figura 4. 19** Profundidad de zanja  
recomendada  
**Fuente:** Plastigama, 2015

A continuación, se muestra la implantación y el perfil del trazado de la línea de conducción:



**Figura 4. 20** Implantación y perfil de trazado de la línea de conducción

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

### **Selección del tipo de tubería y diámetro para la línea de conducción.**

Debido a que el tipo de tubería a seleccionar se debe definir en base a la agresividad del suelo en donde va a estar ubicada se ha optado por seleccionar tuberías de PVC de alta densidad (PVC-O BIAx) para construir la línea de conducción por el intemperismo de la zona y el tipo de suelo del sector, además de su facilidad de colocación y demás ventajas ya mencionadas.

Diámetro: 110 mm

Clase de Material (MRS): 500

Presión nominal: 1.60 Mpa = 163.27 mca

Espesor: 2.6 mm

### **Implementación de la estación de bombeo Juan Bautista:**

Debido a que se ha planteado realizar la conducción de agua potable desde la estación de bombeo "Los Amarillos" hasta la parroquia Juan Bautista, es necesario implementar una nueva estación de bombeo que se ubicará en el mismo terreno de la PTAP actual de la parroquia.

A continuación, se describen cada uno de los componentes que formaran parte de la estación de bombeo:

### Tanque de Almacenamiento:

El tanque de almacenamiento es indispensable para cumplir con las exigencias de las demandas de la población además de asegurar en la red de distribución las presiones de servicio adecuadas.

La norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural en los numerales 5.5.1 y 5.5.2 plantea que “La Capacidad del almacenamiento será el 50% del volumen medio diario futuro y en ningún caso el volumen de almacenamiento será inferior a 10 m<sup>3</sup>. Para las poblaciones inferiores a 5000 habitantes, las normas establecen que no debe considerarse volumen de protección contra incendios ni volúmenes de emergencia.” (Secretaría del Agua, 2015)

$$V_{almac} = 50\% \times \frac{\text{Demanda total (lps)} \times \text{Tiempo(s)}}{1000}$$

Ecuación 14

$$V_{almac} = 38.8 \text{ m}^3$$

Se recomienda un almacenamiento en la “Estación de bombeo Juan Bautista” de 40 m<sup>3</sup>, para lo cual se utilizarán en total los dos tanques PVC de marca Plastigama disponibles actualmente en

esa PTAP con una capacidad de 20000 litros cada uno, de los cuales uno de ellos será utilizado como un reservorio superficial.

**Reservorio:**

El reservorio debe funcionar como un almacenamiento alterno. Para este proyecto se ha considerado hacer uso del tanque prefabricado de PVC mencionado anteriormente, cuya capacidad es de 20 m<sup>3</sup> para abaratar costos y aprovechar los recursos disponibles.

**Tableros de Control:**

Para una mayor facilidad de control y de reducción de costos de operación se requiere un sistema automatizado en la estación. Por ellos se implementarán tableros de control que se encarguen de automatizar los procesos que se llevan a cabo en la planta, además de facilitar al operador las mediciones de presiones y caudales.

**Válvulas:**

Uso de válvulas tipo: controladora de caudal, sostenedora de presión.

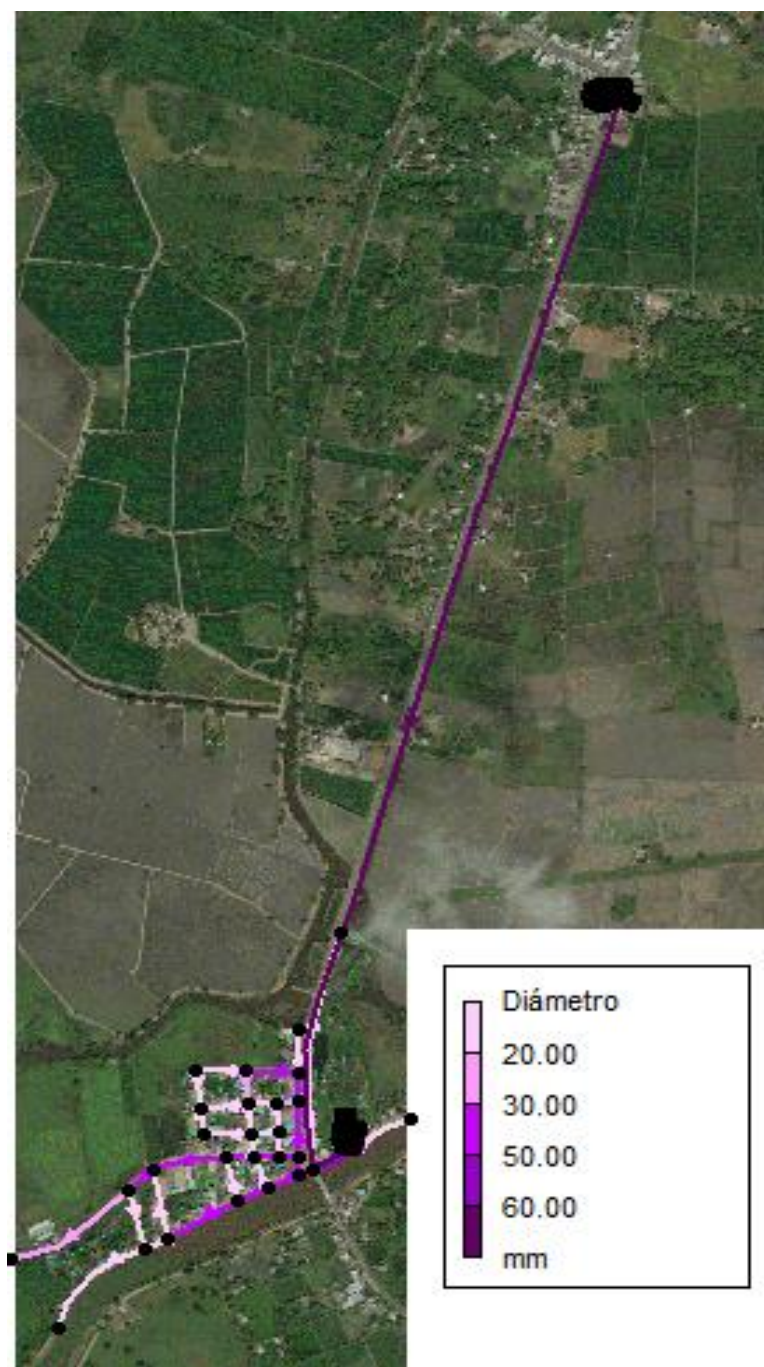


**Bombas:**

Se recomienda utilizar dos bombas en paralelo, de la marca PEDROLLO, con una potencia de 20 HP, y un caudal máximo de 14.17 lps a 69.50 mca para brindar una dotación de agua constante a la parroquia.

**Red de distribución de la propuesta:**

Para complementar el sistema se recomienda cambiar la red de distribución siguiendo el diseño de la sección 4.1.3.6. En seguida se especifica el esquema de la red y sus características geométricas.



**Figura 4. 21** Esquema del sistema propuesto 2  
**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

**Tabla LIV.** Características geométricas  
del sistema propuesto  
Material: PEAD

<b>ID Línea</b>	<b>Nudo Inicial</b>	<b>Nudo Final</b>	<b>Longitud M</b>	<b>Diámetro mm</b>
<b>Tub2</b>	Conx1	Conx2	107.83	20
<b>Tub3</b>	Conx1	Conx3	93.34	60
<b>Tub4</b>	Conx3	Conx4	458.62	20
<b>Tub5</b>	Conx3	Conx5	27.17	60
<b>Tub6</b>	Conx5	Conx6	37.76	50
<b>Tub7</b>	Conx6	Conx7	110.96	50
<b>Tub8</b>	Conx7	Conx8	60.63	50
<b>Tub9</b>	Conx8	Conx9	85.86	20
<b>Tub10</b>	Conx8	Conx17	95.11	50
<b>Tub11</b>	Conx17	Conx18	94.83	20
<b>Tub12</b>	Conx7	Conx12	39.87	30
<b>Tub13</b>	Conx12	Conx16	48.5	20
<b>Tub14</b>	Conx16	Conx19	92.5	20
<b>Tub15</b>	Conx11	Conx15	49.71	20
<b>Tub16</b>	Conx15	Conx20	89.5	20
<b>Tub17</b>	Conx6	Conx10	32.67	50
<b>Tub18</b>	Conx10	Conx14	46.72	50
<b>Tub19</b>	Conx14	Conx21	53.55	50
<b>Tub20</b>	Conx5	Conx13	66.39	50
<b>Tub21</b>	Conx13	Conx22	61.71	50
<b>Tub22</b>	Conx21	Conx23	137.61	50
<b>Tub23</b>	Conx22	Conx24	150.85	50
<b>Tub24</b>	Conx23	Conx25	59.97	50
<b>Tub25</b>	Conx24	Conx26	44.28	20
<b>Tub26</b>	Conx25	Conx27	177.8	30
<b>Tub27</b>	Conx26	Conx28	228	20
<b>Tub28</b>	Conx17	Conx16	68	30
<b>Tub29</b>	Conx18	Conx19	75.48	20
<b>Tub30</b>	Conx12	Conx11	62.29	20
<b>Tub31</b>	Conx16	Conx15	62.61	20
<b>Tub32</b>	Conx19	Conx20	54.87	20
<b>Tub33</b>	Conx11	Conx10	45.96	20
<b>Tub34</b>	Conx15	Conx14	44.28	20

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud M	Diámetro mm
<b>Tub35</b>	Conx14	Conx13	68.57	20
<b>Tub36</b>	Conx21	Conx22	88.39	20
<b>Tub37</b>	Conx24	Conx23	138.56	20
<b>Tub38</b>	Conx25	Conx26	20.23	20
<b>Tub1</b>	DepJB	Conx1	21.23	110
<b>Tub39</b>	DBA	Conx39	2424.27	110
<b>B2</b>	Conx39	DepJB	-	-
<b>B5</b>	Emb1	DepT	-	-

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

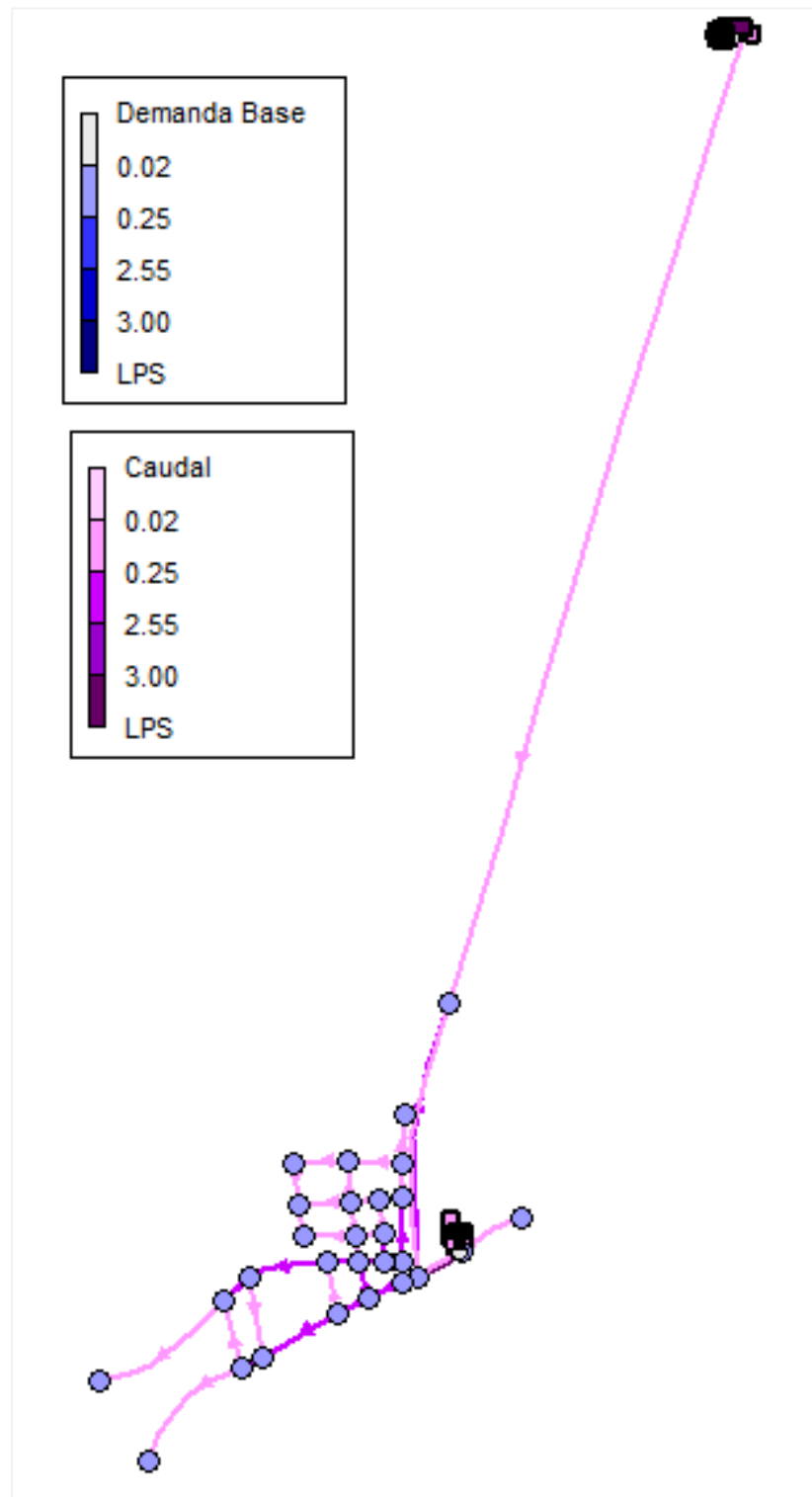
### **Evaluación hidráulica del sistema de conducción por medio de software *EPANET*:**

#### **Simulación 1:**

Para esta simulación el líquido vital se transporta desde la estación de “Los Amarillos”, pasa por la línea de conducción con diámetro de 110 mm, hasta la “Estación de bombeo Juan Bautista” (se simula haciendo uso de la actual bomba que posee la planta) y finalmente se distribuye por la red existente.

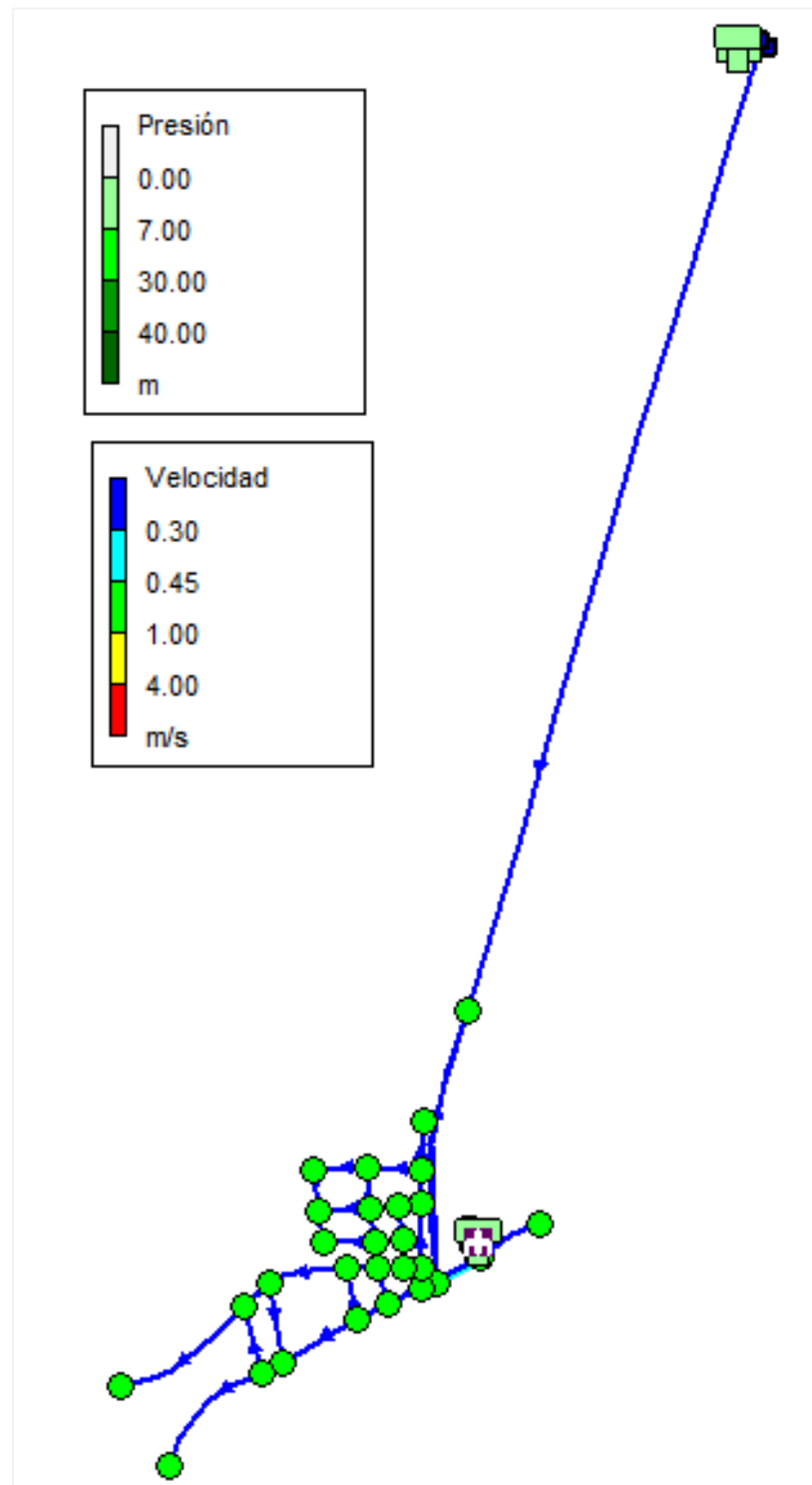
### **Resultados del comportamiento a hora pico de la simulación**

**1**



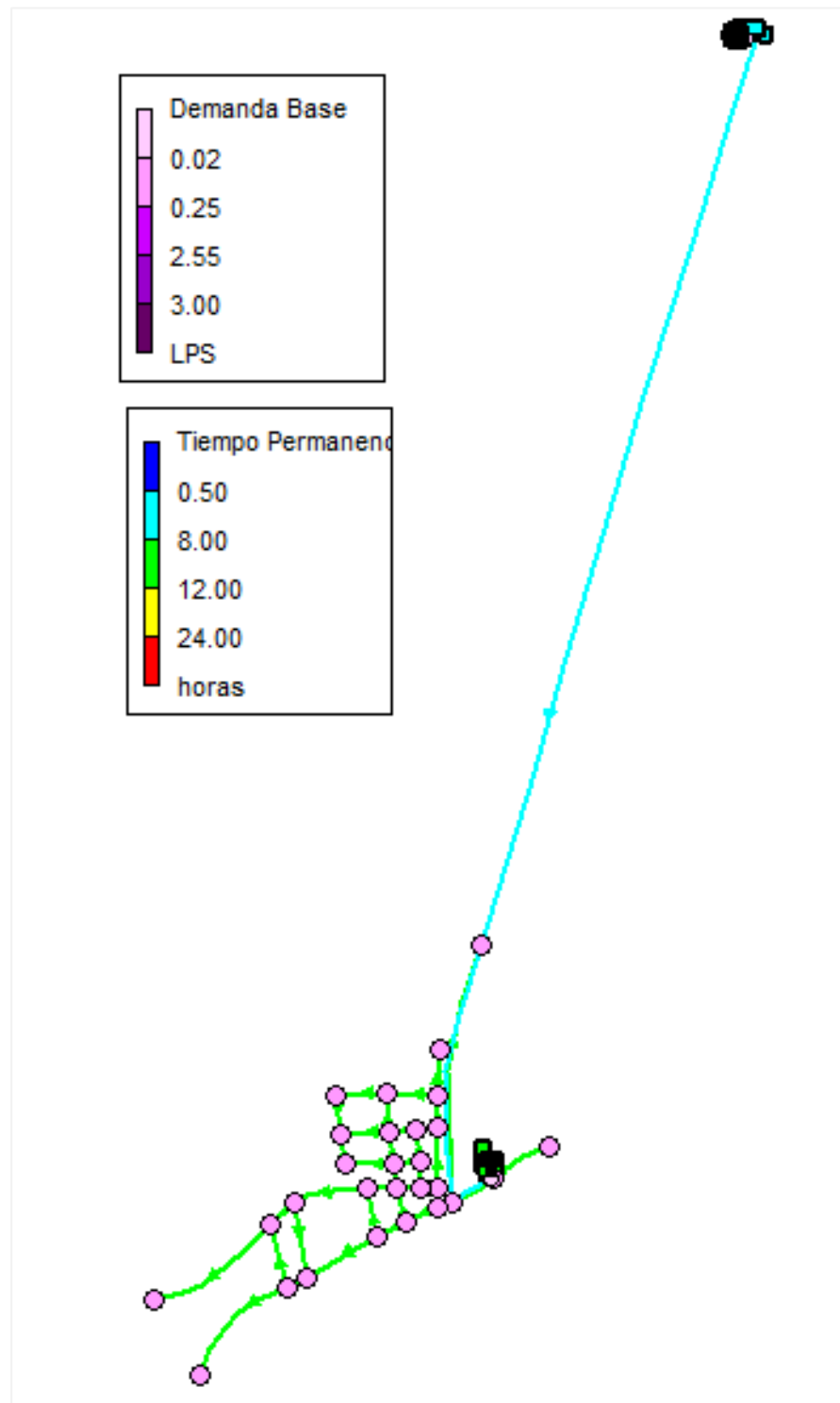
**Figura 4. 22** Esquema de Caudales y demandas bases en hora pico- Simulación 1

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.



**Figura 4. 23** Esquema de Velocidades y presiones en hora pico- Simulación 1

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018



**Figura 4. 24** Esquema de Tiempo de permanencia y demandas bases en hora pico- Simulación 1  
**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

### **Interpretación de Resultados de la Simulación 1;**

Como se puede constatar, la mayor parte de los parámetros no cumplen con las disposiciones requeridos para un adecuado funcionamiento. En la evaluación realizada en el capítulo 3 se evidenciaron las deficiencias del sistema, situación que se repite en la simulación 1.

Puede que las presiones a la salida de la estación del bombeo “Los Amarillos” estén dentro del rango aceptable, pero no es suficiente para llegar al tanque actual de Juan Bautista con la bomba existente, lo cual disminuye significativamente los caudales y velocidades en toda la red.

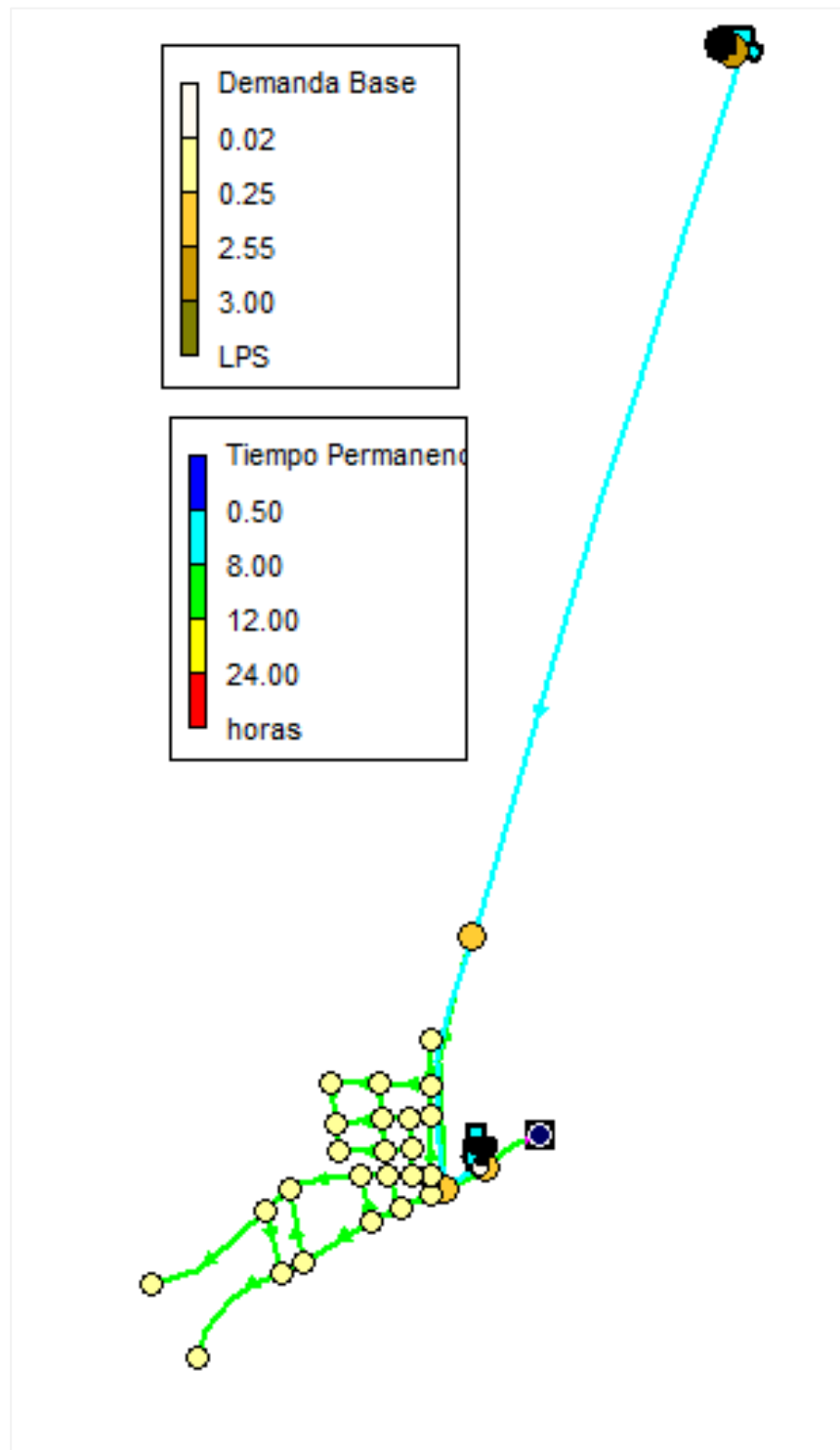
### **Simulación 2:**

Para esta simulación el líquido vital se transporta desde la estación de “Los Amarillos”, pasa por la línea de conducción propuesta hasta la “Estación de bombeo Juan Bautista” (se simula haciendo uso de la Bomba Pedrollo, utilizada en la estación “los amarillos”) y finalmente se distribuye a través de la red propuesta.

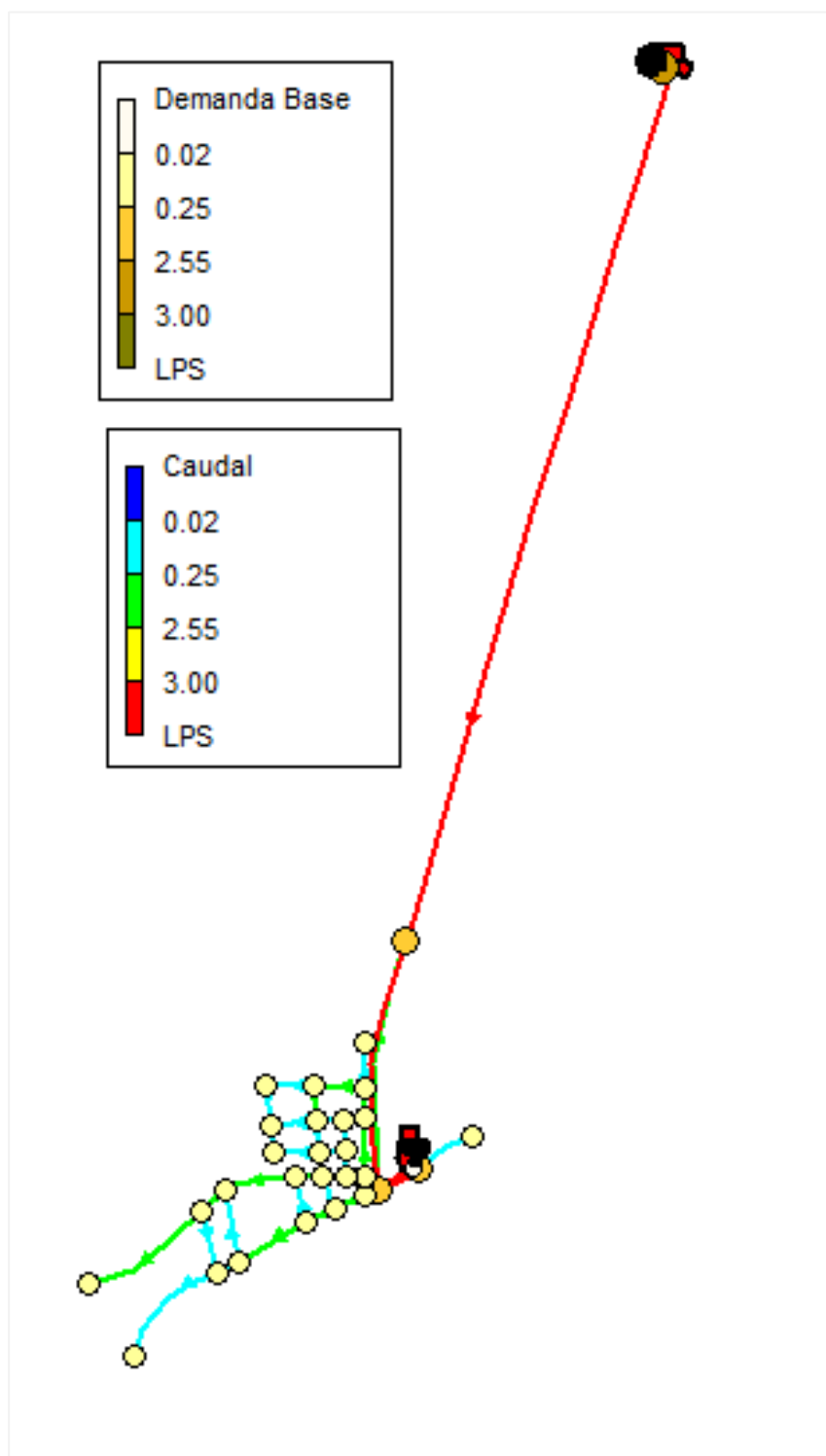
### **Resultados del comportamiento a hora pico de la simulación**

**2**

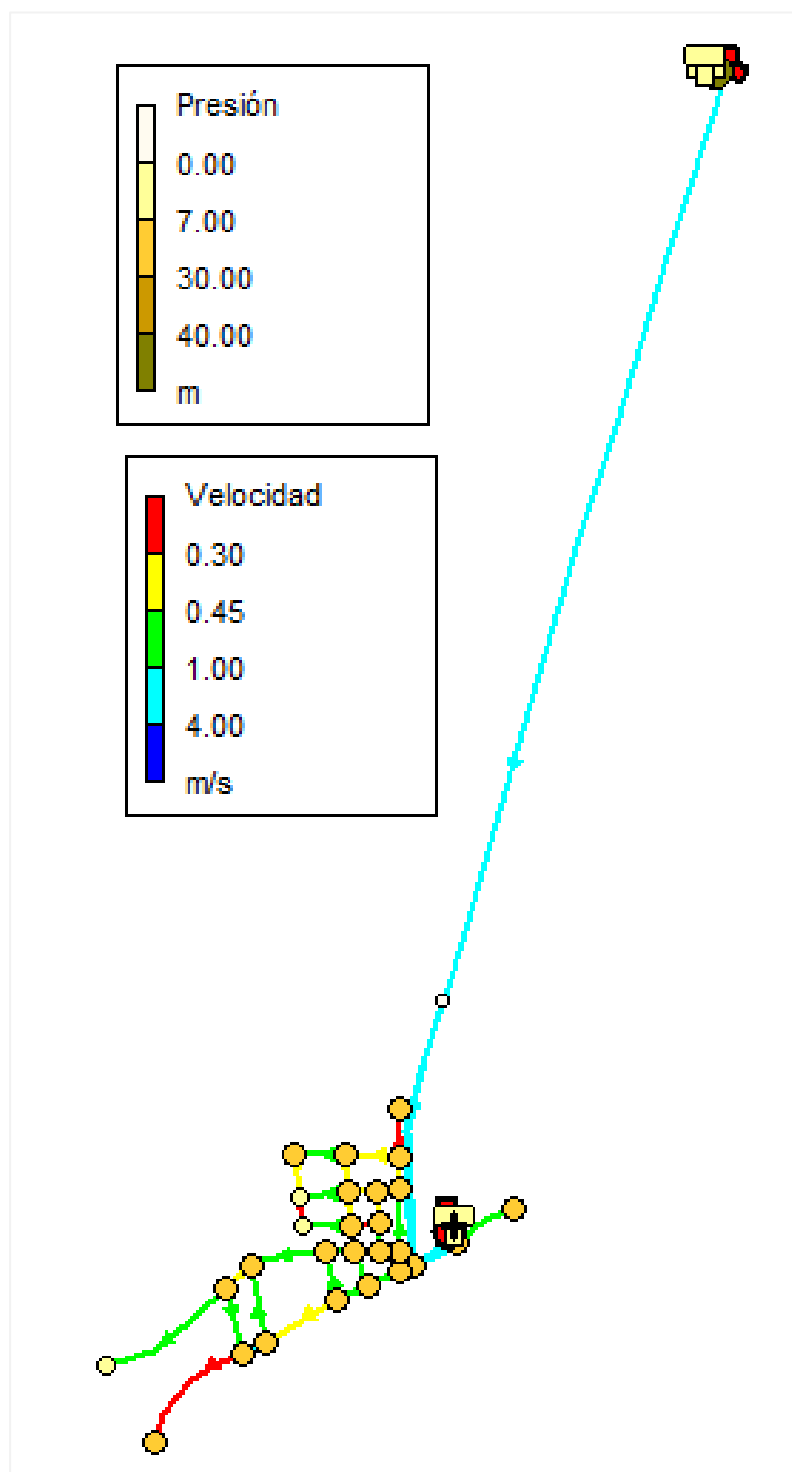




**Figura 4. 25** Esquema de Tiempo de permanencia y demandas bases en hora pico - Simulación 2  
**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.



**Figura 4. 26** Esquema de Caudales y demandas bases en hora pico - Simulación 2  
**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.



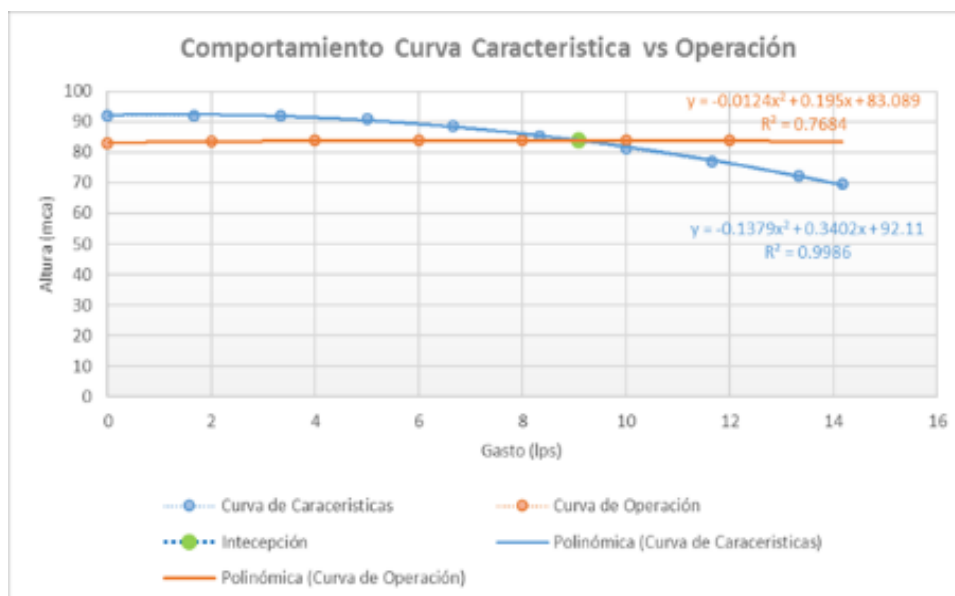
**Figura 4. 27** Esquema de Velocidades y presiones en hora pico -Simulación 2  
**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018

## **Interpretación de Resultados de la Simulación 2**

Dados los resultados obtenidos en la simulación 1, se propone hacer uso de 2 bombas en paralelo Marca Pedrollo de 20 Hp cada una. Donde una es para uso constante y la otra auxiliar en caso de emergencia para la estación de bombeo Juan Bautista.

Con el fin de verificar si el funcionamiento de las bombas es adecuado en el sistema propuesto se procedió a realizar el siguiente análisis;

Para tener una referencia de los caudales y alturas que emitirá el sistema se realizó un gráfico “La Curva Característica Vs La Curva De Operación”, y así, estudiar su comportamiento. La curva característica se la obtuvo por medio de las especificaciones técnicas dadas por el fabricante, y la curva de operación con datos como el diámetro de la tubería propuesto, gasto, pérdida de energía y las longitudes del tramo a analizar. Se resuelven ambas ecuaciones polinómicas y se obtiene un punto de intercepción (Caudal, Altura) por la curva de tendencia. Cuyo resultado fue (H (m)= 83.84, Q (lps)= 9.08))



**Figura 4. 28** Curva característica vs curva de operación  
**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

Realizando las simulaciones en *EPANET* se constata que los valores arrojados por el programa tienen una diferencia de 0.22 % con el calculado.

**Tabla LV.** Resultados comparativos

	Calculado	EPANET
<b>H (m)</b>	83.84	83.02
<b>Q (lps)</b>	9.08	11.08

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

Adicionalmente se recomienda hacer uso de la línea conducción junto con la red de distribución propuesta para que el sistema funcione, dado que los resultados en la simulación 2 fueron favorables en los todos los parámetros estudiados como son: presiones, tiempo de permanecía, velocidades y caudales.

#### **4.2.6 Propuesta final**

Después de realizar las simulaciones, y al analizar los resultados de cada una, se optó por definir el diseño que se presenta a en la simulación 2.

Para esta simulación el líquido vital se transporta desde la estación de “Los Amarillos”, pasa por la línea de conducción propuesta hasta la “Estación de bombeo Juan Bautista” (se simula haciendo uso de la Bomba Pedrollo, utilizada en la estación “Los Amarillos”) y finalmente se distribuye a través de la red propuesta (véase tabla LII).

## 4.2.7 Presupuesto Referencial

### Tabla LVI. Presupuesto de la propuesta #2

PROPUESTA DE SOLUCIÓN #2				
LINEA DE CONDUCCION T A JB	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
TRAZO Y REPLANTEO INICIAL DE LA LINEA	ML	\$ 0.83	2424.47	\$ 2,012.31
REPLANTEO FINAL PARA LAS LINEAS REDES CON ESTACION TOTAL	ML	\$ 0.83	2424.47	\$ 2,012.31
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
EXCAVACION MANUAL REFINE Y COMPACTACIÓN (Material de corte)	M3	\$ 18.10	2022.456	\$ 36,606.45
EXCAVACION MANUAL REFINE Y COMPACTACIÓN (Material de relleno)	M3	\$ 20.05	464.04	\$ 9,304.00
REFINE Y COMPACTACIÓN	M3	\$ 13.92	1454.682	\$ 20,249.17
<b>CAMA DE APOYO PARA TUBERIAS</b>				
CAMA DE APOYO d=0.10m MAT. PROPIO ZARANDEADO P/TUBERIA	ML	\$ 2.10	2424.47	\$ 5,091.39
<b>SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS NPT ISO 4435-1Y ACCESORIOS</b>				
SUMINISTRO E INST./TUBERIA PVC SAP D=110mm(4"), CLASE 7.5 SP	U	\$ 4.70	6	\$ 28.20
<b>SUMINISTRO E INSTALACION DE VALVULA DE AIRE</b>				
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VALVULA DE PURGA	U	\$ 11.10	4	\$ 44.40
<b>PRUEBAS HIDRAULICAS</b>				
PRUEBA HIDRAULICA EN TUBERIA Y DESINFECCION DE TUBERIAS	ML	\$ 2.46	2424.47	\$ 5,964.20
<b>VARIOS</b>				
COLOCACIÓN DE BOMBAS JB 20HP	U	\$ 720.00	2	\$ 1,440.00
<b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO JB</b>				
Instalacion/SM.de Tanque 20 m3	U	\$ 800.00	2	\$ 1,600.00
			<b>SUBTOTAL</b>	\$ 84,352.43
			<b>20% GASTOS IND</b>	\$ 16,870.49
			<b>TOTAL</b>	\$ 101,222.92
<b>RED DE DISTRIBUCIÓN PROPUESTA</b>				
<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
TRAZO Y REPLANTEO INICIAL DE LA LINEA	ML	\$ 0.83	2856.00	\$ 2,370.48
REPLANTEO FINAL PARA LAS LINEAS REDES CON ESTACION TOTAL	ML	\$ 0.83	2856.00	\$ 2,370.48
<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
TUBERIA PVC D=20mm	M3	\$ 15.20	1494.70	\$ 22,719.38
TUBERIA PVC D=30mm	M3	\$ 15.20	257.10	\$ 3,907.97
TUBERIA PVC D=45mm	M3	\$ 15.20	959.63	\$ 14,586.32
TUBERIA PVC D=50mm	M3	\$ 15.20	144.61	\$ 2,198.10
<b>RELLENO Y COMPACTACIÓN EN ZANJAS</b>				
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERIAS,ACCESORIOS Y VALVULAS	U	\$ 1.12	2856.00	\$ 3,198.72
SUMINISTRO E INST./TUBERIA PVC D=20mm	ML	\$ 8.10	1868.37	\$ 15,133.80
SUMINISTRO E INST./TUBERIA PVC D=30mm	ML	\$ 8.10	285.67	\$ 2,313.93
SUMINISTRO E INST./TUBERIA PVC D=45mm	ML	\$ 8.10	913.93	\$ 7,402.83
SUMINISTRO E INST./TUBERIA PVC D=50mm	ML	\$ 8.10	120.51	\$ 976.13
<b>PRUEBAS HIDRAULICAS</b>				
PRUEBA HIDRAULICA EN TUBERIA Y DESINFECCION DE TUBERIAS	ML	\$ 2.46	3188.48	\$ 7,843.66
			<b>SUBTOTAL</b>	\$ 85,021.80
			<b>20% GASTOS IND</b>	\$ 17,004.36
			<b>TOTAL</b>	\$ 102,026.16
<b>TOTAL PROPUESTA 2</b>				\$ 203,249.08

Fuente: González, M., Pinargote, D., 2018.

# **CAPÍTULO 5**

## **SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS**



## 5.1 Criterios de selección

Para realizar la selección de la mejor alternativa se establecieron varios criterios que fueron evaluados con el fin de calificar a cada alternativa y seleccionar mediante un análisis multicriterio la que obtuvo la puntuación más alta. Entre estos criterios tenemos:

- Recursos disponibles

Se analizó la infraestructura disponible actualmente, para en base a esto, ahorrar en recursos y obtener menores costos de construcción y mayor eficiencia en la implementación de la alternativa seleccionada.

**Tabla LVII.** Recursos disponibles de alternativas

ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Al contar con una planta existente en el lugar no es necesaria la construcción de nueva infraestructura, sino solo mejorarla.	Se cuenta con la estación de Bombeo en Los Amarillos, pero no existe ninguna línea de conducción que se dirija hacia la parroquia Juan Bautista, por lo cual es necesario construirla completamente.

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

- Presupuesto

Se tomaron en cuenta los trabajos necesarios para construir cada una de las alternativas, y el costo que cada trabajo requiere para finalizar la obra. Por ello se consideraron los rubros correspondientes a

instalación o ampliación de unidades, movimientos de tierra, instalación de tuberías, etc. De este modo se selecciona la alternativa que satisface eficientemente la problemática del sector a un costo moderado.

**Tabla LVIII.** Presupuesto Referencial de Alternativas

PRESUPUESTO ALTERNATIVA 1	\$	105,169.88
PRESUPUESTO ALTERNATIVA 2	\$	203,249.08

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

Se puede notar claramente que la alternativa de repotenciar la planta tendría un menor costo comparado a construir la línea de conducción y reemplazar las tuberías de la red de distribución actual, existiendo una diferencia de \$ 98079.2, un valor considerable, por lo que la alternativa más económica suele resultar más conveniente.

- Calidad del agua

Se tomó en cuenta también la calidad del servicio que cada alternativa brinda a la población. Siempre buscando preservar la salud y el bienestar de la comunidad. Además de que el servicio a brindar debe ser constante y en lo posible no fallar en ningún momento, debido a las demandas de este servicio básico que requiere la parroquia Juan Bautista.

**Tabla LIX.** Calidad del agua de alternativas

ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Al ser una planta de tratamiento compacta, el agua no alcanza niveles tan altos con respecto a potabilización, es consumible pero debido al nivel de eficiencia de los procesos no posee una calidad muy alta.	El agua proveniente de la conducción desde la "T" es tratada previamente en la planta de Daule la cual cuenta con procesos minuciosamente controlados y posee una calidad mucho mayor.

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

- Tiempo de Construcción

Al ser un proyecto de interés social, un factor muy importante es el tiempo en que la obra sea terminada, ya que mientras más rápido concluya menores serán los gastos de mano de obra y los habitantes podrán gozar de los beneficios del proyecto en un menor plazo.

**Tabla LX.** Tiempo de construcción de alternativas

ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Las obras de repotenciación y adecuación de las unidades no requieren mucho tiempo para finalizar	La construcción de la línea de conducción tardará un mayor tiempo en ser finalizada debido al gran movimiento de tierras y la colocación de tuberías.

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

- Impacto ambiental

Otro criterio importante por considerar en toda obra que se realice en el país es el impacto ambiental que puedan causar las actividades necesarias para construir los proyectos. Por ello se seleccionó la alternativa que menor impacto causa a la naturaleza y a la comunidad.

**Tabla LXI.** Impacto ambiental de alternativas

ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Al realizarse esta alternativa en el mismo lugar de la planta actual, el impacto ambiental es casi nulo. Puede generarse un bajo nivel de contaminación por ruido al momento de la instalación o ampliación de las unidades, pero no causa daño significativo al ambiente.	Esta alternativa requiere un masivo movimiento de tierras y expropiación de terrenos, por lo cual su impacto ambiental es alto.

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

## 5.2 Restricción de alternativas

Se tienen las siguientes restricciones:

- La alternativa de conducción desde la estación de Bombeo “Los Amarillos” requiere altas presiones debido a la gran longitud que existe entre la parroquia Juan Bautista y dicha estación.
- Debido a que el suministro de agua con el que se cuenta en la estación de Bombeo “Los Amarillos” viene de la planta de Daule y abastece a la cabecera cantonal, y demás parroquias, es posible que

en ciertos momentos exista un déficit del servicio en la parroquia Juan Bautista ya que las demandas totales serían mayores.

- Una restricción para ambas alternativas es que se desarrolle la red de distribución propuesta para que ambas funcionen eficientemente.

### 5.3 Matriz de decisión

- **Ponderación de parámetros**

**Tabla LXII.** Ponderación de parámetros

<b>PARÁMETROS</b>	<b>VALORACIÓN (puntos)</b>
<b>Recursos disponibles</b>	10
<b>Presupuesto</b>	25
<b>Calidad del Agua</b>	25
<b>Tiempo de Construcción</b>	25
<b>Impacto Ambiental</b>	15

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

- **Matriz de decisión**

**Tabla LXIII.** Matriz de decisión

	<b>Recursos disponibles</b>	<b>Presupuesto</b>	<b>Calidad del Agua</b>	<b>Tiempo de Construcción</b>	<b>Impacto Ambiental</b>	<b>Total (puntos)</b>
<b>Alternativa 1</b>	10	24	23	24	14	95
<b>Alternativa 2</b>	7	22	25	22	12	88

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

#### **5.4 Determinación de la alternativa**

Al analizar los resultados obtenidos en la matriz de decisión con base en los cinco criterios evaluados, se ha determinado que la alternativa que soluciona de mejor manera la problemática de este proyecto es la Alternativa 1, rehabilitación de la PTAP y red de distribución actual, de la parroquia Juan Bautista. La alternativa 1 tiene un total de 95/100, mientras que la alternativa 2 cuenta con 88/100, existiendo así una diferencia de 7 puntos correspondientes a distintos criterios entre las dos alternativas.

Por lo tanto, se selecciona la alternativa 1 ya que logra cumplir adecuadamente con los criterios mencionados anteriormente.

# **CAPÍTULO 6**

## **ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

## **6.1 Introducción**

Como parte de este proyecto, es necesario realizar un estudio de Impacto Ambiental. Por ello se redacta a continuación el estudio correspondiente a la alternativa 1 que fue seleccionada: “Rehabilitación de la PTAP y red de distribución actual, de la parroquia Juan Bautista”. Este estudio comprende la identificación de las actividades involucradas en cada fase del proyecto, además de detallar cuales son los factores ambientales afectados por dichas actividades. Se analizará el potencial de riesgo que puede causar cada actividad y finalmente se elaborará un plan de manejo ambiental, que procure prevenir, mitigar y compensar los impactos ambientales causados por la implementación de este proyecto.

## **6.2 Objetivos**

### **6.2.1 Objetivo General**

Identificar el impacto ambiental que se genere a la parroquia Juan Bautista Aguirre, en las etapas de construcción, operación y mantenimiento.

### **6.2.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar las distintas actividades que puedan causar impactos en cada una de las fases del proyecto.



- Indicar los factores ambientales más afectados por los impactos causados.
- Medir la intensidad y magnitud de los impactos generados por el proyecto.
- Detallar medidas de mitigación y compensación necesarias para cada impacto ambiental.
- Desarrollar el Plan de Manejo Ambiental pertinente para el presente proyecto.

### 6.3 Marco Legal

El marco legal en el cual se basa este estudio de impacto ambiental se detalla a continuación:

**Tabla LXIV.** Marco legal del estudio de impacto ambiental

<b>DOCUMENTO</b>	<b>SECCIÓN CITADA</b>
<b>Código Orgánico Integral Penal</b>	Registro Oficial No. 180 - lunes 10 de febrero de 2014
<b>Constitución de la República del Ecuador</b>	R. O. No. 449 - octubre 20 de 2008
<b>Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA)</b>	R.O. Edición Especial No. 2 marzo 31 de 2003
<b>Ley de Gestión Ambiental (Codificación 19)</b>	R.O. Suplemento No. 418 - 10 septiembre de 2004
<b>Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental</b>	R.O. Suplemento No. 418 - 10 septiembre de 2004
<b>Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la contaminación ambiental</b>	TULSMA Libro VI Título V

<b>DOCUMENTO</b>	<b>SECCIÓN CITADA</b>
<b>Norma de Calidad del Aire Ambiental</b>	TULSMA Libro VI Anexo 4
<b>Límites máximos permisibles de niveles de ruido en el ambiente</b>	TULSMA Libro VI Anexo 5
<b>Norma de Calidad Ambiental para el manejo y disposición final de Desechos Sólidos no peligrosos</b>	TULSMA Libro VI Anexo 6
<b>Reglamento de seguridad y salud para la construcción y obras publicas</b>	R.O. No. 249 - jueves 10 de enero de 2008
<b>Ley Orgánica de la Salud</b>	Ley 67. R.O. Suplemento No. 423 - 22 de diciembre de 2006
<b>Ley de Aguas (Codificación 2004-016)</b>	R.O. No. 339 - 20 de mayo de 2004
<b>Ley Forestal de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre</b>	Suplemento Viernes 10 de septiembre de 2014 - R.O. No. 418
<b>Ley para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad</b>	

Fuente: González, M., Pinargote, D., 2018.

#### **6.4 Descripción del lugar**

Como fue mencionado en el capítulo 2 sección 2.1, la parroquia Juan Bautista Aguirre (Los Tintos) se encuentra ubicada en el cantón Daule, provincia del Guayas. Esta parroquia cuenta con dieciséis centros poblados y limita al este con el río Los Tintos, al norte con la Parroquia Junquillal, al oeste con la Parroquia Laurel, al suroeste con la cabecera cantonal Daule y al Sur con la Parroquia Los Lojas, el estero Sabanilla y su Parroquia.

## **6.5 Línea Base Ambiental**

En la línea base ambiental se registra y detalla el área en la cual se implementará el proyecto antes de construirlo. Se deben inspeccionar los aspectos físicos, biológicos y socioculturales.

Para la alternativa seleccionada “Abastecimiento de agua potable por medio de la rehabilitación de la planta de tratamiento actual ubicada en la parroquia Juan Bautista” se debe realizar un levantamiento de información correspondiente a los componentes ambientales de mayor relevancia.

La descripción del medio Físico y medio Biótico se realizó anteriormente en los capítulos 2.3 y 2.4 respectivamente, en las cuales se detalla información acerca de geología, geomorfología, relieve, hidrología, precipitación, climatología, flora y fauna, etc.

## **6.6 Actividades en las diferentes fases y recursos afectados**

### **6.6.1 Actividades en las diferentes fases**

Para realizar este estudio de una mejor manera se lo ha dividido en dos importantes fases: Construcción y Operación/Mantenimiento. Las actividades necesarias para completar cada una de las fases se detallan a continuación:

## **1. Fase de construcción**

- Señalización, preparación, caseta.
- Transporte de materiales e instalaciones internas.
- Construcción del sistema de captación y desbaste.
- Readecuación de conexión del clarificador.
- Instalación de tapa protectora de tanque de equilibrio.
- Instalación de tanque de desinfección.
- Limpieza y desbroce.
- Excavación y movimiento de tierra.
- Relleno.
- Compactación.
- Transporte de material.
- Armado de hierro.
- Construcción de encofrados.
- Hormigonado de encofrado.
- Colocación de tuberías de PVC.
- Instalaciones de tuberías.
- Desarme de instalaciones.
- Desalojo y manejo de escombros, desechos inertes, transporte de materiales en general, y desmantelamiento.

## 2. Fase de operación y mantenimiento

- Mantenimiento de vías de acceso.
- Mantenimiento y reparación de tuberías.
- Mantenimiento de sistema de tratamiento.
- Limpieza de bombas.
- Mantenimiento de infraestructura.
- Mantenimiento de mecanismos controladores del sistema.

### 6.6.2 Recursos afectados

Entre los recursos afectados por las distintas actividades se tienen los siguientes:

- **Físicos:** Agua, suelo y aire.
- **Biológicos:** Flora y Fauna.
- **Socio Económicos:** Económico y Social.

### 6.7 Características del Medio (Factores Ambientales)

Los factores ambientales más comunes considerados en este estudio son los siguientes:

- **Factores Físicos:** Ruido y polvo.
- **Factores Biológicos:** Posible alteración de cobertura vegetal y modificación de hábitats.

- **Factores Socioeconómicos:** Riesgo y seguridad, infraestructura, educación, empleo, estética, salud pública y ocupacional.

## 6.8 Matriz de Impacto Ambiental

La evaluación de los impactos causados se realiza utilizando el método de las matrices de Leopold, lo cual permite calificar los impactos y los componentes ambientales más afectados de una manera cuantitativa. A continuación, se menciona cada matriz y se detallan los valores que serán asignados a cada relación causa y efecto.

### Matriz de Intensidad (I)

- Para impactos de baja intensidad se califica con valores del 1 al 9.
- Para impactos de alta intensidad se califica con 10.

### Matriz de Extensión (E)

- Regional = 10
- Local = 5
- Puntual = 1

### Matriz de Duración (D)

- Si no existe afectación se califica con 0.
- Si los impactos duran menos de 5 años se califica con 1.
- Para impactos que duran entre 5 a 10 años se califica con 5.
- Para impactos de duración mayor a 10 años se califica con 10.

### Matriz Signo

- Si no existe afectación en los factores ambientales se califica con 0.
- Si la afectación es negativa se califica con -1.
- Si la afectación es positiva se califica con +1.

### Matriz Magnitud (M)

La matriz Magnitud se obtiene con la siguiente ecuación:

$$M = \pm(I \times F_I + E \times F_E + D \times F_D)$$

Ecuación 15

$$F_I + F_E + F_D = 1$$

Ecuación 16

En la cual:

I: Matriz Intensidad

E: Matriz Extensión

D: Matriz Duración

$F_I$ ,  $F_E$  y  $F_D$ : Se designan de acuerdo con la importancia que se desee dar a las matrices I, E, y F. Estos factores representan un porcentaje y todos deben sumar el 100%.

### Matriz de Reversibilidad (R)

- Para impactos no reversibles se calificará con 10.
- Para impactos reversibles a largo plazo se calificará con 8.
- Para impactos parcialmente reversibles se calificará con 5.
- Para impactos muy reversibles se calificará con 1.

- Si el factor ambiental no es afectado de ningún modo se califica con 0.

### **Matriz de Riesgo (Rg)**

- Las actividades que presentan un riesgo alto se califican con 10.
- Las actividades que presentan un riesgo intermedio se califican con 5.
- Las actividades que presentan un riesgo bajo se califican con 1

### **Matriz Valoración de Impacto Ambiental (VIA)**

Esta es la matriz resultante de todas las calificaciones realizadas. Con ella se puede conocer los impactos totales causados por cada actividad y en cada factor ambiental. La fórmula para obtener la matriz es la siguiente:

$$VIA = (R_V)^{F_{RV}} \times (R)^{F_{Rg}} \times |M|^{F_M}$$

Ecuación 17

$$F_M + F_{RV} + F_{Rg} = 1$$

Ecuación 18

En la cual:

M: Matriz Magnitud

Rv: Matriz Reversibilidad

Rg: Matriz Riesgo

Al igual que en la matriz de Magnitud;  $F_M, F_{RV}$  y  $F_{Rg}$  Se designan de acuerdo con la importancia que se desee dar a las matrices  $M, R_V$  y  $R_g$ .



### 6.8.1 Fase de construcción

**Tabla LXV. Matriz de identidad – Fase de construcción**

FASE DE CONSTRUCCION	MATRIZ INTENSIDAD									
	ACTIVIDADES	BIOLOGICO		AIRE		AGUA			SUELO	SOCIOECONOMICO
		FAUNA	FLORA	RUIDO	POLVO	AGUA SUBTERRANEA	AGUA SUPERFICIAL	CALIDAD DEL AGUA		
	Señalización, preparación, caseta.	2	2	5	5	1	2	3	3	5
	Transporte de materiales e instalaciones internas.	5	5	7	7	5	7	5	6	6
	Construcción del sistema de captación y desbaste.	5	5	5	5	8	8	7	7	4
	Readecuación de conexión del clarificador.	1	1	5	2	1	1	1	1	2
	Instalación de tapa protectora de tanque de equilibrio.	1	1	2	1	1	1	1	1	1
	Instalación de tanque de desinfección.	2	2	4	4	1	1	8	1	8
	Limpieza y desbroce.	5	7	5	5	2	1	1	5	5
	Excavación y movimiento de tierra.	6	6	8	8	4	5	5	10	10
	Relleno.	4	4	8	8	4	5	5	8	10
	Compactación.	5	3	8	6	3	1	1	9	10
	Transporte de material.	1	1	7	6	1	1	1	3	8
	Armado de hierro.	1	1	6	5	1	1	1	2	5
	Construcción de encofrados.	1	1	6	5	1	1	1	1	5
	Hormigonado de encofrado.	3	3	6	6	2	1	1	2	6
	Colocación de tuberías de PVC.	1	1	6	4	1	1	1	2	7
	Instalaciones de tuberías.	1	1	3	3	1	1	1	1	6
	Desarme de instalaciones.	3	3	5	5	1	1	1	3	8
	Desalojo y manejo de escombros, desechos inertes, transporte de materiales en general y desmantelamiento.	5	5	7	7	2	5	4	5	8

Fuente: González, M., Pinargote, D., 2018.

**Tabla LXVI. Matriz extensión – Fase de construcción**

	MATRIZ EXTENSION									
	ACTIVIDADES	BIOLOGICO		AIRE		AGUA			SUELO	SOCIOECONOMICO
		FAUNA	FLORA	RUIDO	POLVO	AGUA SUBTERRANEA	AGUA SUPERFICIAL	CALIDAD DEL AGUA		
<b>FASE DE CONSTRUCCION</b>	Señalización, preparación, caseta.	1	1	1	1	1	1	1	1	5
	Transporte de materiales e instalaciones internas.	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Construcción del sistema de captación y desbaste.	1	1	1	1	1	1	5	1	5
	Readecuación de conexión del clarificador.	1	1	1	1	1	1	5	1	5
	Instalación de tapa protectora de tanque de equilibrio.	1	1	1	1	1	1	5	1	5
	Instalación de tanque de desinfección.	1	1	1	1	1	1	5	1	5
	Limpieza y desbroce.	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Excavación y movimiento de tierra.	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Relleno.	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Compactación.	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Transporte de material.	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Armado de hierro.	1	1	1	1	1	1	1	1	5
	Construcción de encofrados.	1	1	1	1	1	1	1	1	5
	Hormigonado de encofrado.	1	1	1	1	1	1	1	1	5
	Colocación de tuberías de PVC.	1	1	1	1	1	1	1	1	5
	Instalaciones de tuberías.	1	1	1	1	1	1	1	1	5
	Desarme de instalaciones.	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Desalojo y manejo de escombros, desechos inertes, transporte de materiales en general y desmantelamiento.	5	5	5	5	5	5	5	5	5

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

Tabla LXVII. Matriz duración – Fase de construcción

FASE DE CONSTRUCCION	MATRIZ DURACION									
	ACTIVIDADES	BIOLOGICO		AIRE		AGUA			SUELO	SOCIOECONOMICO
		FAUNA	FLORA	RUIDO	POLVO	AGUA SUBTERRANEA	AGUA SUPERFICIAL	CALIDAD DEL AGUA		
	Señalización, preparación, caseta.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Transporte de materiales e instalaciones internas.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Construcción del sistema de captación y desbaste.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Readecuación de conexión del clarificador.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Instalación de tapa protectora de tanque de equilibrio.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Instalación de tanque de desinfección.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Limpieza y desbroce.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Excavación y movimiento de tierra.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Relleno.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Compactación.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Transporte de material.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Armado de hierro.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Construcción de encofrados.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Hormigonado de encofrado.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Colocación de tuberías de PVC.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Instalaciones de tuberías.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Desarme de instalaciones.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Desalajo y manejo de escombros, desechos inertes, transporte de materiales en general y desmantelamiento.	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: González, M., Pinargote, D., 2018.

Tabla LXVIII. Matriz Signo - Fase de construcción

FASE DE CONSTRUCCION	MATRIZ SIGNO									
	ACTIVIDADES	BIOLOGICO		AIRE		AGUA			SUELO	SOCIOECONOMICO
		FAUNA	FLORA	RUIDO	POLVO	AGUA SUBTERRANEA	AGUA SUPERFICIAL	CALIDAD DEL AGUA		
	Señalización, preparación, caseta.	-1	-1	-1	-1	0	0	0	-1	1
	Transporte de materiales e instalaciones internas.	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1
	Construcción del sistema de captación y desbaste.	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	0	1
	Readecuación de conexión del clarificador.	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	Instalación de tapa protectora de tanque de equilibrio.	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	Instalación de tanque de desinfección.	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	Limpieza y desbroce.	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	-1	-1
	Excavación y movimiento de tierra.	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	Relleno.	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	Compactación.	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	-1	-1
	Transporte de material.	-1	-1	-1	-1	0	0	0	-1	-1
	Armado de hierro.	0	0	-1	-1	0	0	0	0	1
	Construcción de encofrados.	0	0	-1	-1	0	0	0	0	1
	Hormigonado de encofrado.	0	0	-1	-1	-1	0	0	-1	1
	Colocación de tuberías de PVC.	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	1
	Instalaciones de tuberías.	0	0	-1	-1	-1	0	0	0	1
	Desarme de instalaciones.	0	0	-1	-1	0	0	0	-1	1
	Desalojo y manejo de escombros, desechos inertes, transporte de materiales en general y desmantelamiento.	-1	-1	-1	-1	0	0	0	-1	1

Fuente: González, M., Pinargote, D., 2018.

**Tabla LXIX. Matriz Magnitud – Fase de construcción**

FASE DE CONSTRUCCION	MATRIZ MAGNITUD									
	ACTIVIDADES	BIOLOGICO		AIRE		AGUA			SUELO	SOCIOECONOMICO
		FAUNA	FLORA	RUIDO	POLVO	AGUA SUBTERRANEA	AGUA SUPERFICIAL	CALIDAD DEL AGUA		
	Señalización, preparación, caseta.	-1.35	-1.35	-2.40	-2.40	0.00	0.00	0.00	-1.70	3.80
	Transporte de materiales e instalaciones internas.	-3.80	-3.80	-4.50	-4.50	0.00	-4.50	-3.80	-4.15	-4.15
	Construcción del sistema de captación y desbaste.	-2.40	-2.40	-2.40	-2.40	-3.45	-3.45	4.50	0.00	3.45
	Readecuación de conexión del clarificador.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.40	0.00	2.75
	Instalación de tapa protectora de tanque de equilibrio.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.40	0.00	2.40
	Instalación de tanque de desinfección.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.85	0.00	4.85
	Limpieza y desbroce.	-3.80	-4.50	-3.80	-3.80	-2.75	0.00	0.00	-3.80	-3.80
	Excavación y movimiento de tierra.	-4.15	-4.15	-4.85	-4.85	-3.45	-3.80	-3.80	-5.55	-5.55
	Relleno.	-3.45	-3.45	-4.85	-4.85	-3.45	-3.80	-3.80	-4.85	-5.55
	Compactación.	-3.80	-3.10	-4.85	-4.15	-3.10	0.00	0.00	-5.20	-5.55
	Transporte de material.	-2.40	-2.40	-4.50	-4.15	0.00	0.00	0.00	-3.10	-4.85
	Armado de hierro.	0.00	0.00	-2.75	-2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80
	Construcción de encofrados.	0.00	0.00	-2.75	-2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80
	Hormigonado de encofrado.	0.00	0.00	-2.75	-2.75	-1.35	0.00	0.00	-1.35	4.15
	Colocación de tuberías de PVC.	0.00	0.00	-2.75	-2.05	-1.00	0.00	0.00	0.00	4.50
	Instalaciones de tuberías.	0.00	0.00	-1.70	-1.70	-1.00	0.00	0.00	0.00	4.15
	Desarme de instalaciones.	0.00	0.00	-3.80	-3.80	0.00	0.00	0.00	-3.10	4.85
	Desalojo y manejo de escombros, desechos inertes, transporte de materiales en general y desmantelamiento.	-3.80	-3.80	-4.50	-4.50	0.00	0.00	0.00	-3.80	4.85

Fuente: González, M., Pinargote, D., 2018.

**Tabla LXX. Factores de Impacto**

INTENSIDAD	0.35
EXTENSION	0.35
DURACION	0.30

Fuente: González, M., Pinargote, D., 2018.

**Tabla LXXI. Matriz de reversibilidad - Fase de construcción**

	MATRIZ DE REVERSIBILIDAD									
	ACTIVIDADES	BIOLOGICO		AIRE		AGUA			SUELO	SOCIOECONOMICO
		FAUNA	FLORA	RUIDO	POLVO	AGUA SUBTERRANEA	AGUA SUPERFICIAL	CALIDAD DEL AGUA		
<b>FASE DE CONSTRUCCION</b>	Señalización, preparación, caseta.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Transporte de materiales e instalaciones internas.	5	5	1	5	5	5	5	5	1
	Construcción del sistema de captación y desbaste.	1	1	1	1	5	8	8	5	1
	Readecuación de conexión del clarificador.	1	1	1	1	1	1	8	1	1
	Instalación de tapa protectora de tanque de equilibrio.	1	1	1	1	1	1	8	1	1
	Instalación de tanque de desinfección.	1	1	1	1	1	1	8	1	1
	Limpieza y desbroce.	5	5	5	5	5	5	5	8	1
	Excavación y movimiento de tierra.	5	5	5	5	5	5	5	10	5
	Relleno.	5	5	5	5	5	5	5	10	5
	Compactación.	5	5	5	5	5	1	1	10	5
	Transporte de material.	5	5	5	5	5	1	1	8	5
	Armado de hierro.	1	1	5	5	1	1	1	1	8
	Construcción de encofrados.	1	1	5	5	1	1	1	1	8
	Hormigonado de encofrado.	1	1	5	5	1	1	1	1	8
	Colocación de tuberías de PVC.	1	1	5	5	1	1	1	1	8
	Instalaciones de tuberías.	1	1	5	5	1	1	1	1	8
	Desarme de instalaciones.	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Desalojo y manejo de escombros, desechos inertes, transporte de materiales en general y desmantelamiento.	5	5	5	5	5	5	5	5	5

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

**Tabla LXXII. Matriz riesgo - Fase de construcción**

	MATRIZ RIESGO									
	ACTIVIDADES	BIOLOGICO		AIRE		AGUA			SUELO	SOCIOECONOMICO
		FAUNA	FLORA	RUIDO	POLVO	AGUA SUBTERRANEA	AGUA SUPERFICIAL	CALIDAD DEL AGUA		
<b>FASE DE CONSTRUCCION</b>	Señalización, preparación, caseta.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Transporte de materiales e instalaciones internas.	1	1	5	5	1	1	1	5	5
	Construcción del sistema de captación y desbaste.	1	1	1	1	5	5	5	5	1
	Readecuación de conexión del clarificador.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Instalación de tapa protectora de tanque de equilibrio.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Instalación de tanque de desinfección.	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Limpieza y desbroce.	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Excavación y movimiento de tierra.	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Relleno.	5	5	10	10	10	10	10	10	10
	Compactación.	10	10	10	5	5	5	5	10	10
	Transporte de material.	5	5	5	5	1	1	1	5	10
	Armado de hierro.	5	5	5	5	1	1	1	1	5
	Construcción de encofrados.	5	5	5	5	1	1	1	1	5
	Hormigonado de encofrado.	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Colocación de tuberías de PVC.	5	5	5	5	5	1	1	5	5
	Instalaciones de tuberías.	1	1	5	5	1	1	1	5	5
	Desarme de instalaciones.	5	5	5	5	1	1	1	5	5
	Desalajo y manejo de escombros, desechos inertes, transporte de materiales en general y desmantelamiento.	5	5	5	5	1	1	1	5	5

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

**Tabla LXXIII. Matriz de valoración de impacto ambiental (VIA) – Fase de construcción**

FASE DE CONSTRUCCION	MATRIZ V.I.A										
	ACTIVIDADES	BIOLOGICO		AIRE		AGUA			SUELO		SOCIOECONOMICO
		FAUNA	FLORA	RUIDO	POLVO	AGUA SUBTERRANEA	AGUA SUPERFICIAL	CALIDAD DEL AGUA			
	Señalización, preparación, caseta.	3.09	3.09	3.30	3.30	2.00	2.00	2.00	3.17	3.49	25.45
	Transporte de materiales e instalaciones internas.	4.11	4.11	4.47	5.09	2.62	4.19	4.11	5.06	4.44	38.21
	Construcción del sistema de captación y desbaste.	3.30	3.30	3.30	3.30	4.97	5.22	5.34	3.52	3.45	35.71
	Readecuación de conexión del clarificador.	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	4.17	2.00	3.35	21.52
	Instalación de tapa protectora de tanque de equilibrio.	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	4.17	2.00	3.30	21.47
	Instalación de tanque de desinfección.	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	4.47	2.00	3.61	22.08
	Limpieza y desbroce.	5.02	5.09	5.02	5.02	4.88	3.52	3.52	5.26	4.40	41.73
	Excavación y movimiento de tierra.	5.67	5.67	5.74	5.74	5.58	5.63	5.63	6.18	5.80	51.62
	Relleno.	4.97	4.97	5.74	5.74	5.58	5.63	5.63	6.11	5.80	50.18
	Compactación.	5.63	5.54	5.74	5.06	4.93	2.90	2.90	6.15	5.80	44.64
	Transporte de material.	4.82	4.82	5.09	5.06	2.62	2.00	2.00	5.17	5.74	37.33
	Armado de hierro.	2.90	2.90	4.88	4.82	2.00	2.00	2.00	2.00	5.26	28.77
	Construcción de encofrados.	2.90	2.90	4.88	4.82	2.00	2.00	2.00	2.00	5.26	28.77
	Hormigonado de encofrado.	2.90	2.90	4.88	4.88	4.00	2.90	2.90	4.00	5.30	34.67
	Colocación de tuberías de PVC.	2.90	2.90	4.88	4.76	3.90	2.00	2.00	2.90	5.34	31.60
	Instalaciones de tuberías.	2.00	2.00	4.70	4.70	3.00	2.00	2.00	2.90	5.30	28.60
	Desarme de instalaciones.	3.52	3.52	5.02	5.02	2.62	2.62	2.62	4.93	5.13	35.00
	Desalojo y manejo de escombros, desechos inertes, transporte de materiales en general y desmantelamiento.	5.02	5.02	5.09	5.09	2.62	2.62	2.62	5.02	5.13	38.23
		64.77	64.76	78.73	78.40	59.33	53.23	60.08	70.38	85.92	

Fuente: González, M., Pinargote, D., 2018.

**Tabla LXXIV. Factores VIA**

MAGNITUD	0.30
RIESGO	0.40
REVERSIBILIDAD	0.30

Fuente: González, M., Pinargote, D., 2018.



## 6.8.2 Fase de operación y mantenimiento

**Tabla LXXV.** Matriz de intensidad – Fase de operación y mantenimiento

FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	MATRIZ INTENSIDAD									
	ACTIVIDADES	BIOLOGICO		AIRE		AGUA			SUELO	SOCIOECONOMICO
		FAUNA	FLORA	RUIDO	POLVO	AGUA SUBTERRANEA	AGUA SUPERFICIAL	CALIDAD DEL AGUA		
	Mantenimiento de Vías de Acceso	2	2	4	4	1	3	3	3	8
	Mantenimiento y Reparación de tuberías	1	1	5	4	1	3	3	1	8
	Mantenimiento de sistema de tratamiento	2	2	3	3	3	2	1	1	5
	Limpieza de bombas	0	0	2	2	1	1	1	0	6
	Mantenimiento de infraestructura	1	1	2	2	1	1	1	1	6
	Mantenimiento de mecanismos controladores del sistema	0	0	1	1	0	0	1	0	5

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

**Tabla LXXVI.** Matriz extensión – Fase de operación y mantenimiento

FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	MATRIZ EXTENSION									
	ACTIVIDADES	BIOLOGICO		AIRE		AGUA			SUELO	SOCIOECONOMICO
		FAUNA	FLORA	RUIDO	POLVO	AGUA SUBTERRANEA	AGUA SUPERFICIAL	CALIDAD DEL AGUA		
	Mantenimiento de Vías de Acceso	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Mantenimiento y Reparación de tuberías	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Mantenimiento de sistema de tratamiento	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Limpieza de bombas	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Mantenimiento de infraestructura	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Mantenimiento de mecanismos controladores del sistema	5	5	5	5	5	5	5	5	5

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

**Tabla LXXVII. Matriz Duración – Fase de operación y mantenimiento**

FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	MATRIZ DURACION									
	ACTIVIDADES	BIOLOGICO		AIRE		AGUA			SUELO	SOCIOECONOMICO
		FAUNA	FLORA	RUIDO	POLVO	AGUA SUBTERRANEA	AGUA SUPERFICIAL	CALIDAD DEL AGUA		
Mantenimiento de Vías de Acceso	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Mantenimiento y Reparación de tuberías	1	0	1	1	1	1	1	1	1	
Mantenimiento de sistema de tratamiento	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Limpieza de bombas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Mantenimiento de infraestructura	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Mantenimiento de mecanismos controladores del sistema	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Fuente: González, M., Pinargote, D., 2018.

**Tabla LXXVIII. Matriz signo – Fase de operación y mantenimiento**

FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	MATRIZ SIGNO									
	ACTIVIDADES	BIOLOGICO		AIRE		AGUA			SUELO	SOCIOECONOMICO
		FAUNA	FLORA	RUIDO	POLVO	AGUA SUBTERRANEA	AGUA SUPERFICIAL	CALIDAD DEL AGUA		
Mantenimiento de Vías de Acceso	-1	-1	-1	-1	0	0	0	-1	1	
Mantenimiento y Reparación de tuberías	-1	-1	-1	-1	0	0	0	-1	1	
Mantenimiento de sistema de tratamiento	0	0	-1	-1	0	0	0	0	1	
Limpieza de bombas	0	0	-1	-1	0	0	0	0	1	
Mantenimiento de infraestructura	0	0	-1	-1	0	0	0	0	1	
Mantenimiento de mecanismos controladores del sistema	0	0	-1	-1	0	0	0	0	1	

Fuente: González, M., Pinargote, D., 2018.

**Tabla LXXIX. Matriz magnitud – Fase de operación y mantenimiento**

FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	MATRIZ MAGNITUD									
	ACTIVIDADES	BIOLÓGICO		AIRE		AGUA			SUELO	SOCIOECONÓMICO
		FAUNA	FLORA	RUIDO	POLVO	AGUA SUBTERRÁNEA	AGUA SUPERFICIAL	CALIDAD DEL AGUA		
Mantenimiento de Vías de Acceso	-2.60	-2.60	-3.40	-3.40	0.00	0.00	0.00	-3.00	5.00	
Mantenimiento y Reparación de tuberías	-2.20	-1.90	-3.80	-3.40	0.00	0.00	0.00	-2.20	5.00	
Mantenimiento de sistema de tratamiento	0.00	0.00	-3.00	-3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80	
Limpieza de bombas	0.00	0.00	-2.60	-2.60	0.00	0.00	0.00	0.00	4.20	
Mantenimiento de infraestructura	0.00	0.00	-2.60	-2.60	0.00	0.00	0.00	0.00	4.20	
Mantenimiento de mecanismos controladores del sistema	0.00	0.00	-2.20	-2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	3.80	

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

**Tabla LXXX. Factores de impacto**

INTENSIDAD	0.4
EXTENSION	0.30
DURACION	0.3

**Fuente:** González, M., Pinargote, D., 2018.

**Tabla LXXXI. Matriz reversibilidad – Fase de operación y mantenimiento**

FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	MATRIZ DE REVERSIBILIDAD									
	ACTIVIDADES	BIOLOGICO		AIRE		AGUA			SUELO	SOCIOECONOMICO
		FAUNA	FLORA	RUIDO	POLVO	AGUA SUBTERRANEA	AGUA SUPERFICIAL	CALIDAD DEL AGUA		
Mantenimiento de Vías de Acceso	5	5	1	1	1	1	1	8	1	
Mantenimiento y Reparación de tuberías	5	5	1	1	1	1	1	8	1	
Mantenimiento de sistema de tratamiento	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Limpieza de bombas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Mantenimiento de infraestructura	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Mantenimiento de mecanismos controladores del sistema	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Fuente: González, M., Pinargote, D., 2018.

**Tabla LXXXII. Matriz riesgo - Fase de operación y mantenimiento**

FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	MATRIZ RIESGO									
	ACTIVIDADES	BIOLOGICO		AIRE		AGUA			SUELO	SOCIOECONOMICO
		FAUNA	FLORA	RUIDO	POLVO	AGUA SUBTERRANEA	AGUA SUPERFICIAL	CALIDAD DEL AGUA		
Mantenimiento de Vías de Acceso	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Mantenimiento y Reparación de tuberías	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Mantenimiento de sistema de tratamiento	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Limpieza de bombas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Mantenimiento de infraestructura	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Mantenimiento de mecanismos controladores del sistema	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Fuente: González, M., Pinargote, D., 2018.

**Tabla LXXXIII. Matriz de valoración de impacto ambiental (VIA) – Fase de operación y mantenimiento**

FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	MATRIZ V.I.A									
	ACTIVIDADES	BIOLOGICO		AIRE		AGUA			SUELO	SOCIOECONOMICO
		FAUNA	FLORA	RUIDO	POLVO	AGUA SUBTERRANEA	AGUA SUPERFICIAL	CALIDAD DEL AGUA		
Mantenimiento de Vías de Acceso	4.15	4.15	3.53	3.53	2.00	2.00	2.00	4.54	3.76	29.67
Mantenimiento y Reparación de tuberías	4.07	4.01	3.60	3.53	2.00	2.00	2.00	4.39	3.76	29.36
Mantenimiento de sistema de tratamiento	2.00	2.00	3.47	3.47	2.00	2.00	2.00	2.00	3.60	22.53
Limpieza de bombas	2.00	2.00	3.40	3.40	2.00	2.00	2.00	2.00	3.65	22.45
Mantenimiento de infraestructura	2.00	2.00	3.40	3.40	2.00	2.00	2.00	2.00	3.65	22.45
Mantenimiento de mecanismos controladores del sistema	2.00	2.00	3.32	3.32	2.00	2.00	2.00	2.00	3.60	22.23
	16.23	16.16	20.71	20.65	12.00	12.00	12.00	16.93	22.01	

Fuente: González, M., Pinargote, D., 2018.

**Tabla LXXXIV. Factores VIA**

MAGNITUD	0.35
RIESGO	0.30
REVERSIBILIDAD	0.35

Fuente: González, M., Pinargote, D., 2018.

## **6.9 Plan de manejo ambiental**

### **6.9.1 Descripción**

Luego de identificar todos los impactos ambientales que la alternativa seleccionada generaría, es de vital importancia diseñar el plan de manejo ambiental que contiene medidas de prevención, mitigación y compensación para riesgos que se presenten en las fases de construcción, operación y mantenimiento de la alternativa seleccionada.

### **6.9.2 Diseño de plan de manejo ambiental**

El diseño del plan de manejo contiene varias categorías de medidas que hacen énfasis en la prevención, mitigación y compensación de impactos causados por la implementación del proyecto. El plan de manejo contendrá lo siguiente:

- Medidas precautelares
- Plan de control y prevención de impactos
- Plan de mitigación de daños
- Plan de contingencia

### 6.9.3 Medidas precautelares

Inicialmente es necesario establecer ciertas medidas precautelares que permitan evitar problemas menores en la ejecución de la obra. Entre estas medidas precautelares tenemos:

**Medida #1:** Planificación de logística constructiva; información pública de trabajos a realizar, charlas de información; educación y concienciación.

**Tipo:** Prevención y mitigación.

**Descripción de la medida:**

- Planificar las vías y áreas de ingreso de materiales y desalojo de escombros.
- Instruir al personal para prevenir accidentes.
- Dar charlas orientadoras a los trabajadores.

**Impactos mitigados por la medida:**

- Riesgo y falta de seguridad.
- Retrasos.

**Medida #2:** Señalización de obras (letreros) e información.

**Tipo:** Preventivo.

**Descripción de la medida:**

- Colocar letreros de tránsito vehicular y peatonal que adviertan de riesgos de la zona de construcción.
- Proveer información a los habitantes sobre zonas restringidas y horarios de trabajo.

**Impactos enfrentados por la medida:**

- Riesgos, seguridad, accidentes.
- Salud pública y ocupacional.

**Medida #3:** Facilitar equipos de seguridad industrial para el personal de obra.

**Tipo:** Preventivo, mitigación.

**Descripción de la medida:**

- Proveer a los trabajadores un adecuado lugar para comer, y colocar servicios higiénicos para su uso.
- Proveer equipos adecuados y servicio de primeros auxilios para los trabajadores, cumpliendo con las normas de seguridad e higiene industrial del Instituto de Seguridad Social y el Código del Trabajo.



- Proporcionar a los trabajadores artículos de protección (casco, guantes, mascarillas, protección visual, botas) y exigir su correcto y continuo uso.

**Impactos enfrentados por la medida:**

- Daños a la salud pública y ocupacional
- Posibles accidentes

**Medida #5:** Mantenimiento de equipos.

**Tipo:** Preventivo.

**Descripción de la medida:**

Se debe procurar el buen funcionamiento de los equipos y la maquinaria que se utiliza en la construcción, de tal modo que no produzcan riesgos, ruidos o gases que afecten de alguna manera al ambiente y la seguridad.

**Impactos enfrentados por la medida:**

- Ruidos, polvo, gases
- Salud ocupacional

#### **6.9.4 Plan de control y prevención de impactos.**

Para la elaboración del plan de control y prevención de impactos se han utilizado las actividades que generan los mayores impactos dentro de la obra.

##### **Fase de construcción**

**Actividad:** Limpieza y desbroce

**Grado de daño ambiental:** 41.73 impacto alto

##### **Descripción de medidas:**

- En la medida posible realizar la reforestación de las zonas afectadas debido al desbroce realizado.
- Realizar un desbroce de manera cuidadosa con el fin de evitar contaminación de aguas subterráneas.
- De existir animales que habiten cerca de la zona a limpiar, se deberá garantizar el bienestar de estos, trasladándolos a una zona segura.
- Colocar señalética para delimitar las zonas de trabajo, de este modo las personas que circulen por el lugar se mantienen alerta a cualquier eventualidad.

**Actividad:** Excavación y movimiento de tierra

**Grado de daño ambiental:** 51.62 impacto alto

**Descripción de medidas**

- Colocar la señalética adecuada para delimitar las zonas en que se realizara la excavación.
- Realizar la excavación de la manera más cuidadosa posible para evitar generar grandes cantidades de polvo en el ambiente.

**Actividad:** Hormigonado de encofrado

**Grado de daño ambiental:** 34.67 impacto alto

**Descripción de medidas**

- Garantizar una limpieza controlada de los equipos utilizados durante el hormigonado.
- Evitar que el hormigón entre en contacto directo con el suelo y aguas subterráneas, para evitar contaminación de estos componentes del ambiente.

**Actividad:** Colocación de tuberías de PVC

**Grado de daño ambiental:** 31.60 impacto alto

**Descripción de medidas**

- Delimitar adecuadamente con señalética de seguridad la zanjás en que se colocaran las tuberías para evitar que las personas sufran algún tipo de accidente.
- Utilizar equipo adecuado para el manejo de tuberías a ser colocadas, de tal modo que se evite cualquier daño a las edificaciones cercanas.

**Actividad:** Desalojo y manejo de escombros

**Grado de daño ambiental:** 38.23 impacto alto

**Descripción de medidas**

- Utilizar lonas de protección en las volquetas que se encargan de transportar escombros con el fin de evitar generación de polvo en el ambiente.
- Asegurar las compuertas de los vehículos para evitar que el material caiga durante el trayecto y evitar posibles accidentes de tránsito.

**Fase de operación**

**Actividad:** Mantenimiento de vías de acceso

**Grado de daño ambiental:** 29.67 impacto alto

**Descripción de medidas**

- Utilizar señalética adecuada que indique los trabajos a realizarse y evitar cualquier clase de accidente.
- Realizar mantenimiento a la maquinaria para evitar emisiones indeseadas de ruido y gases tóxicos.

**Actividad:** Mantenimiento y reparación de tuberías

**Grado de daño ambiental:** 29.63 impacto alto

**Descripción de medidas**

- Utilizar maquinaria que produzca niveles aceptables de ruido para no incomodar a la población al momento de realizar los trabajos de reparación.
- Dar un mantenimiento constante a las tuberías que conforman la red de distribución con el fin de evitar taponamientos y deficiencia en el transporte de agua.

**Actividad:** Mantenimiento de sistemas de tratamiento

**Grado de daño ambiental:** 22.53 impacto alto

**Descripción de medidas**

- Mantener en buen estado los equipos de control.
- Realizar limpieza al sistema de desbaste y captación de agua para evitar taponamiento y disminución de caudales.
- Limpiar los tanques de almacenamiento para asegurar la calidad del agua.
- Realizar retrolavado al sistema de filtración para evitar para asegurar un correcto funcionamiento.

**Actividad:** Mantenimiento de infraestructura

**Grado de daño ambiental:** 22.45 impacto alto

**Descripción de medidas**

- Evitar contaminar el agua tratada con residuos del mantenimiento de las estructuras.
- El personal deberá utilizar su equipo de protección personal en todo momento.

### **6.9.5 Plan de mitigación de daños**

Dentro de este plan se incluyen las medidas que se encargaran de mitigar los daños que puedan ser causados al realizar los trabajos respectivos.

#### **Fase de construcción**

- Colocar las maquinarias utilizadas en lugares que no impidan el normal tránsito vehicular en la zona de la obra.
- Utilizar maquinarias que se encuentren en buen estado y que hayan recibido el debido mantenimiento.
- Establecer un lugar seguro y dedicado al almacenamiento de desechos peligrosos, para evitar contaminación o daños a la salud de los operadores.
- Siempre colocar la señalética necesaria que mantenga alerta al personal y a la población que circule cerca de las obras.

#### **Fase de operación**

- Establecer un cronograma de inspección y mantenimiento de la red de distribución para evitar un mal funcionamiento de esta.
- Contratar un operador que monitoree constantemente el funcionamiento de las unidades de la planta de tratamiento para evitar cualquier contratiempo si algún equipo llegare a fallar y requiera intervención manual.

## **6.9.6 Plan de contingencia**

### **Fase de construcción**

- Contar con vías despejadas para la circulación del personal o vehículos en caso de emergencia con la finalidad de evacuar la zona.
- Todo el personal debe ser previamente calificado para actuar en base a un plan de contingencia en caso de emergencias.
- Contar con un adecuado sistema de alerta con el cual informar a la ciudadanía de cualquier eventualidad.

### **Fase de operación**

- Contar con un operador capacitado en la planta de tratamiento con la finalidad de que sepa actuar frente a cualquier emergencia existente.
- La planta de tratamiento deberá contar con equipo de seguridad en buen estado como extintores, para poder extinguir cualquier incendio que pueda generarse por mal funcionamiento de algún equipo o causas ajenas al funcionamiento de la planta. en las áreas más propensas a incendios.



### **6.9.7 Plan de capacitación**

#### **Fase de construcción**

- Realizar la capacitación del personal acerca del equipo de protección industrial.
- Capacitar a los trabajadores en simulacros para un mejor desempeño en caso de emergencia.

#### **Fase de operación**

- Capacitar al personal acerca del mantenimiento de los equipos y unidades de tratamiento de la planta de agua potable.
- Capacitar a los operadores de la planta sobre el manejo y almacenamiento de los químicos que se utilizan en la misma, tales como los coagulantes y desinfectantes que se añaden al agua para su debido tratamiento.

# **CAPÍTULO 7**

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## CONCLUSIONES

Por medio de las evaluaciones de calidad de agua de los ríos Tintos y Daule, se verificó el cumplimiento de los parámetros más relevantes y se comparó con las normas vigentes. Además, se estudió el estado y funcionamiento de la infraestructura de la planta potabilizadora existente en el área de estudio de la parroquia Juan Bautista.

Como parte de las evaluaciones también se revisó la capacidad hidráulica del sistema de distribución del agua, el cual comprende la red y la planta potabilizadora, analizando el comportamiento del sistema, acorde a la demanda base actual, mediante simulaciones en el software EPANET.

Basados en las evaluaciones mencionadas se plantearon las alternativas de diseño para el mejoramiento del sistema de agua potable de la Parroquia, de acuerdo con los parámetros que constan en las regulaciones correspondientes.

Se diseñaron las alternativas de solución como son el sistema de conducción y la repotenciación de la planta potabilizadora existente, a nivel de prefactibilidad, a través del análisis del agua, de los cálculos hidráulicos y de las simulaciones mediante software especializado.

Posteriormente se compararon las ventajas y desventajas de las alternativas propuestas, y se seleccionó la alternativa 1 por cumplir de la manera óptima según los criterios técnicos, económicos y ambientales más relevantes para el proyecto desarrollado.

## RECOMENDACIONES

A continuación, se describirán recomendaciones técnicas, económicas y ambientales con respecto a la alternativa seleccionada: “Rehabilitación de la PTAP y red de distribución actual, de la parroquia Juan Bautista”.

### **Recomendaciones técnicas**

Cabe recalcar, que el trabajo ha sido realizado a nivel de prefactibilidad, por ello se recomienda llevar a cabo el desarrollo a nivel de diseño definitivo de la propuesta 1: “Rehabilitación de la PTAP y red de distribución actual, de la parroquia Juan Bautista”. tomando en cuenta todas las consideraciones que se mencionaron en el capítulo 4.1 para que la solución tenga un funcionamiento eficiente. Entre las recomendaciones más relevantes se tiene:

- Realizar la implementación de la red propuesta de distribución de agua potable.
- La repotenciación de las unidades de tratamiento de la planta, además tomar en cuenta las recomendaciones de uso y mantenimiento de los equipos y sistemas de control.

- Realizar una prueba hidrostática y de escape para probar la validez estructural de las diversas unidades, incluyendo tuberías, válvulas y anclajes y probar la impermeabilidad de la línea.

### **Recomendaciones económicas-ambientales**

Con la finalidad de ahorrar en gastos de energía por la operación de las bombas y el panel controlador de dosificación, se recomienda utilizar un sistema de energía solar, aunque no haya sido diseñado en este proyecto. Los componentes de la planta de tratamiento funcionarían la mayor parte del tiempo con energía solar aprovechando el clima del sector en el cual está ubicado este proyecto, lo que a largo plazo lo convertiría en un sistema eficiente y amigable con el ambiente.

- Al rehabilitar la planta la parroquia Juan Bautista tendría autonomía
- Se propone hacer campañas de concientización en la parroquia, acerca del uso y las maneras de ahorrar agua potable.
- Cumplir a cabalidad el plan de manejo ambiental diseñado para este proyecto, con el fin de evitar causar daños al medio ambiente y a la población de la parroquia.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Castro, R. (2010). *Ingeniería de tratamiento y acondicionamiento de aguas*.

Conagua. (2015). *Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento*. Mexico D.F.

Google. (2014). *Google Earth*. Obtenido de [www.google.com](http://www.google.com)

Homer Faber Consultores. (2015). *Diagnostico parroquia rural Juan Bautista cantón Daule*

IEOS. (2015). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*.

INAMHI. (2012). *Boletín Climatológico Semestral*.

INEC. (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010*.

Ministerio del Ambiente, República de Colombia. (s.f.). *Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), Definición del nivel de Complejidad y evaluación de la población, la dotación y la Demanda de Agua*.

OMS. (2006). *Guías para la calidad del agua potable*.

Municipalidad de Daule.(2015-2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial GAD Juan Bautista Aguirre*. Daule.

Plastigama. (17 de Julio de 2015). Acuaflex. *Tubosistemas de polietileno de alta densidad (PEAD) para conducción de agua potable*.

Rocha. (2010). *Ingeniería de tratamiento y acondicionamiento de aguas. Parametros de calidad de agua* .



Secretaría del Agua. (2015). *Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural.*

Torres, P., Cruz, C. H., & Patiño, P. J. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. *Ingenierías: Universidad de Medellín.*

Tchobanoglous, G., & Crites, R. (2000). *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones.* Bogotá: McGraw-Hill.

Norma Técnica Ecuatoriana. (2010). *Tubos perfilados de PVC rígido de pared estructurada e interior lisa y accesorios para alcantarillado.* Quito.

Eddy, M. &. (1995). *Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento vertido y reutilización.* Madrid: McGraw-Hill.

Ambiente, M. (2003). *Texto Unificado Legislación Secundaria.* Ecuador.