



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS
PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DEL CANTÓN EL TAMBO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN O PROYECTO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR: AXEL FABIAN ARELLANO ZAMBRANO

DIRECTOR: ING. GOETHE PALOMEQUE LARRIVA MSc.

AZOGUES – ECUADOR

2021

*No me gradué en los
50 años de La Cato!*



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA.

INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS PLANTAS DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CANTÓN EL
TAMBO

**TRABAJO DE TITULACIÓN O PROYECTO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR: AXEL FABIAN ARELLANO ZAMBRANO

DIRECTOR: ING. GOETHE PALOMEQUE LARRIVA MSc.

AZOGUES - ECUADOR

2021

*Yo me gradué en los
50 años de La Cato!*

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del trabajo de titulación, presentado por el Sr. Axel Fabian Arellano Zambrano para optar por el título de INGENIERO CIVIL, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Azogues, a los 12 días del mes de abril de 2021.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Goethe Emmanuel Palomeque Larriva', written over a horizontal line.

Ing. Goethe Emmanuel Palomeque Larriva MSc.

DOCENTE DE LA UNIDAD ACADÉMICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CI: 0301505541

CERTIFICADO DE AUTORÍA

El presente trabajo investigativo de proyecto profesional de grado previo a la obtención del título de Ingeniera Civil, cuyo tema es “ESTIMACIÓN DE CAUDAL EN CAUCES NATURALES MEDIANTE INTEGRACIÓN NUMÉRICA APLICANDO LENGUAJE PYTHON”, corresponden al trabajo de investigación del autor, certificando que se cumplió con todas las observaciones realizadas por el tribunal evaluador.



Axel Fabian Arellano Zambrano.

ESTUDIANTE

CI: 0301942777

Dedicatoria

Aprovechar lo aprendido es el verdadero reto. El presente trabajo de investigación va dedicado principalmente a Dios por guiar mi camino y a todas las personas que me han ayudado a cumplir esta meta.

A mi esposa Carmita e hijo Matías por ser el motor de mi vida quienes me impulsan a salir adelante y ser mejor cada día

A mi madre Diana quien siempre ha confiado en mí y me ha brindado su apoyo incondicional en todo momento.

A la memoria de mi abuelo Bolívar, el mejor hombre que he conocido y que desde pequeño me ha enseñado que con esfuerzo puedo alcanzar todos mis sueños.

Agradecimiento

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por haberme guiado y dado la sabiduría necesaria para alcanzar esta meta, seguro estoy de que me seguirá ayudando a alcanzar todas mis metas y sueños.

A mi querida esposa Carmita por siempre apoyarme incondicionalmente y motivarme en mis días grises.

A mi amado hijo Matías quien me inspira a avanzar, espero que este logro sirva para guiar tu camino y poder ser un ejemplo a lo largo de tu vida.

A mis padres Carlos y Diana, así como a mi hermana Maite por siempre ayudarme y apoyarme para poder culminar este logro.

Finalmente quiero agradecer al Ing. Goethe Emmanuel Palomeque Larriva MSc, por guiar esta tesis bajo su dirección, conocimiento y constante supervisión.

Contenido

Resumen.....	XV
Abstract.....	XVI
Introducción.	1
Objetivos	3
<i>General</i>	3
<i>Específicos.</i>	3
Justificación	4
Planteamiento del Problema	6
Delimitación del Problema	7
Definición de la Zona de Estudio.....	8
Marco Teórico	10
Aguas Residuales	10
<i>Clasificación y Fuentes de Aguas Residuales.</i>	10
<i>Características</i>	10
<i>Muestreo</i>	16
Marco Legal y Estudio del Cuerpo Receptor.....	17
<i>Normativa</i>	17
Tratamiento de Aguas Residuales.....	19
<i>Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales</i>	20
Niveles De Tratamiento	20
<i>Pre Tratamiento</i>	21
<i>Tratamiento Primario</i>	26
<i>Tratamiento Secundario</i>	31

<i>Tratamiento Terciario</i>	37
Modelización de Oxígeno Disuelto en Ríos	38
<i>Modelo de Streeter y Phelps</i>	39
Marco Metodológico	45
Caracterización de la Zona de Estudio.....	45
<i>Clima</i>	45
<i>Hidrografía</i>	45
<i>Infraestructura Sanitaria</i>	46
Descripción De Las PTAR.....	47
<i>PTAR El Hervidero</i>	47
<i>PTAR El Muelle</i>	52
Evaluación de las PTAR	55
<i>PTAR El Hervidero</i>	56
<i>PTAR El Muelle</i>	63
Caracterización de Aguas Residuales	68
<i>Población</i>	69
<i>Estimación de Caudales</i>	69
<i>Estimación de Carga Orgánica en el Agua Residual</i>	70
<i>Monitoreo</i>	71
Caracterización de Aguas Naturales	75
<i>Monitoreo</i>	76
Análisis de Datos	80
Eficiencia del Tratamiento.....	81
<i>Remoción Real</i>	82
Modelo De Streeter y Phelps	82

<i>Calibración</i>	82
Resultados	83
Caracterización del Agua Residual.....	83
<i>Población</i>	83
<i>Características</i>	83
<i>Caudales</i>	87
Eficiencia de remoción	90
<i>Teórica</i>	90
<i>Real</i>	92
Caracterización del Agua Natural.....	92
<i>Características</i>	92
<i>Río Cañar</i>	93
<i>Río San Antonio</i>	93
<i>Caudales</i>	94
Calibración del Modelo “Streeter y Phelps”	95
Análisis de Resultados	100
Caudales.....	100
<i>PTAR El Hervidero</i>	100
<i>PTAR El Muelle</i>	100
Características del Agua Residual	101
<i>Reales</i>	101
Eficiencia de Remoción	102
Contaminación de los Ríos	105
Conclusiones y Recomendaciones	107

Referencias.....	110
Anexos	115
Anexo 1: Registro fotográfico de la PTAR El Hervidero.....	115
Anexo 2: Registro fotográfico de la PTAR El Muelle.....	120
Anexo 3: Registro de consumo de agua potable EMAPAT	125
Anexo 4: Proyección de población	126
Anexo 5: Monitoreo de aguas residuales y naturales.....	127
Anexo 6: Alícuotas de muestras compuestas de aguas residuales	130
Anexo 7: Registro de caudales en las PTAR	134
Anexo 8: Monitoreo para la modelización de OD en los ríos Cañar y San Antonio.....	136
Anexo 9: Caudales de los ríos estimados con el código de programación de Python	140
Anexo 10: Informes de laboratorio correspondientes a la PTAR El Hervidero	147
Anexo 11: Informes de laboratorio correspondientes a la PTAR El Hervidero	159
Anexo 12: Informes de laboratorio correspondientes a los ríos Cañar y San Antonio.....	171
Anexo 13: Resultados de la modelización de OD en el río Cañar mediante código de programación Matlab	179
Anexo 14: Resultados de la modelización de OD en el río San Antonio mediante código de programación Matlab	180

Índice de Tablas

Tabla 1 Coordenadas PTAR	8
Tabla 2 “Límites de descarga al sistema de alcantarillado público”.....	18
Tabla 3 “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce”	19
Tabla 4 Criterios de uso del agua según el contenido de OD, DBO5 y pH.....	19
Tabla 5 Área requerida de HHAA para aguas pre tratadas de acuerdo con las condiciones climáticas	37
Tabla 6 Valores de K para la ecuación de Bosko.	41
Tabla 7 Ecuaciones de tasa de re aireación.....	42
Tabla 8 Coordenadas de estructuras y estaciones de monitoreo PTAR “El Hervidero”	48
Tabla 9 Coordenadas de estructuras y estaciones de monitoreo PTAR “El Muelle”	52
Tabla 10 “Aportes per cápita para aguas residuales domésticas”	70
Tabla 11 Monitoreo PTAR "El Hervidero"	72
Tabla 12 Monitoreo PTAR "El Muelle"	73
Tabla 13 Monitoreo río "Cañar"	77
Tabla 14 Monitoreo río San Antonio	77
Tabla 15 Monitoreo de caudales de los ríos "Cañar" y "San Antonio"	79
Tabla 16 “Valores de Q para un nivel de confianza del 90%”	81
Tabla 17 Carga contaminante de acuerdo con aportes per cápita PTAR “El Hervidero”	84
Tabla 18 Carga contaminante de acuerdo a valores per cápita PTAR “El Muelle”	84
Tabla 19 Caracterización del agua residual de la PTAR "El Hervidero"	85
Tabla 20 Caracterización del agua residual de la PTAR "El Muelle"	86
Tabla 21 Valores medios de la caracterización del agua residual de la PTAR "El Hervidero”	86
Tabla 22 Valores medios de la caracterización del agua residual de la PTAR "El Muelle" ..	87
Tabla 23 Caudales teóricos PTAR "El Hervidero"	87

Tabla 24 Aforo de caudales del afluente de la PTAR "El Hervidero"88

Tabla 25 Caudales de entrada y salida de la PTAR "El Hervidero"89

Tabla 26 Variaciones de caudal del afluente PTAR "El Hervidero"89

Tabla 27 Caudales de entrada y salida PTAR "El Muelle"90

Tabla 28 Remoción esperada en la PTAR "El Hervidero"91

Tabla 29 Remoción esperada en la PTAR "El Muelle"91

Tabla 30 Remoción real de la PTAR "El Hervidero"92

Tabla 31 Remoción real de la PTAR "El Muelle"92

Tabla 32 Características del agua residual del río "Cañar"93

Tabla 33 Características del agua residual del río "San Antonio"93

Tabla 34 Caudales del río "Cañar"95

Tabla 35 Caudales del río "San Antonio"95

Tabla 36 Calibración del modelo "Streeter y Phelps" en el río "Cañar"97

Tabla 37 Calibración del modelo "Streeter y Phelps" en el río "San Antonio"97

Tabla 38 OD de la calibración del modelo "Streeter y Phelps" en el río "Cañar"97

Tabla 39 Caudal máximo horario teórico y real PTAR "El Hervidero" 101

Tabla 40 DBO5 en la región 102

Tabla 41 Carga contaminante y remoción PTAR "El Hervidero" 103

Tabla 42 Carga contaminante y remoción PTAR "El Muelle" 105

Índice de Figuras

Figura 1 Mapa de ubicación de PTAR del cantón El Tambo	9
Figura 2 Elementos básicos del tratamiento de aguas residuales.	21
Figura 3 Ejemplos de trenes de tratamiento de aguas residuales.....	21
Figura 4 Rejilla de PTAR “El Hervidero”	22
Figura 5 Desarenador de flujo horizontal (planta y corte longitudinal)	25
Figura 6 Tanque séptico.....	27
Figura 7 Esquema del tanque Imhoff.....	29
Figura 8 Filtro anaerobio de flujo ascendente	32
Figura 9 Tren de tratamiento que emplea un FAFA.....	33
Figura 10 <i>Humedales artificiales de flujo horizontal y vertical</i>	36
Figura 11 Curva SAG.	44
Figura 12 Red de alcantarillado comunidades El Tambo	47
Figura 13 Mapa PTAR "El Hervidero"	49
Figura 14 PTAR El Hervidero.	49
Figura 15 PTAR "El Hervidero". a) Axonometría. b) Esquema de flujo	51
Figura 16 Mapa PTAR "El Muelle"	53
Figura 17 PTAR El Muelle.....	53
Figura 18 PTAR El Muelle. a) Axonometría. b) esquema de flujo	55
Figura 19 Tubería de afluente deteriorada.....	56
Figura 20 Tubería de afluente remplazada.	57
Figura 21 Caja de ingreso y fosa séptica	58
Figura 22 <i>Estructura de la fosa séptica PTAR “El Hervidero”</i>	58
Figura 23 Tanque de carga y caja de distribución PTAR El Hervidero	59
Figura 24 Filtros anaerobios sin mantenimiento PTAR “El Hervidero”	60

Figura 25	Laguna facultativa PTAR “El Hervidero”.....	60
Figura 26	Tanque de cloración PTAR “El Hervidero”	61
Figura 27	Efluente PTAR “El Hervidero”	62
Figura 28	Lecho de secado PTAR “El Hervidero”	62
Figura 29	Obras complementarias PTAR “El Hervidero”	62
Figura 30	Tubería de alcantarillado de ingreso y aliviadero PTAR “El Muelle”	63
Figura 31	Desarenador y criba PTAR “El Muelle”	64
Figura 32	Tanque Imhoff PTAR “El Muelle”	65
Figura 33	FAFA PTAR “El Muelle”	65
Figura 34	Rápida PTAR “El Muelle”.	66
Figura 35	Plantas de HHAA PTAR “El Muelle”	66
Figura 36	Efluente PVC Ø=200mm y Ø=100mm PTAR “El Muelle”	67
Figura 37	Lecho de secado de lodos PTAR “El Muelle”	68
Figura 38	Tanque de bombeo PTAR “El Muelle”	68
Figura 39	Toma de muestras en el afluente y efluente de la PTAR “El Hervidero”.....	71
Figura 40	Medición de OD, pH y T en el afluente y efluente de la PTAR “El Hervidero” ...	72
Figura 41	Toma de muestras en el afluente y efluente PTAR "El Muelle"	73
Figura 42	Medición de OD, pH y T en el afluente y efluente de la PTAR “El Muelle”	74
Figura 43	Medición de caudales en el afluente y efluente PTAR "El Hervidero"	75
Figura 44	Medición de caudales en el afluente y efluentes PTAR "El Muelle".....	75
Figura 45	Toma de muestras simples en los ríos “Cañar” y “San Antonio”	76
Figura 46	Medición con multiparamétrico en el río "Cañar"	78
Figura 47	Medición con multiparamétrico en el río "San Antonio"	78
Figura 48	Materiales y equipos para el aforo de caudales del río.....	79
Figura 49	Medición de caudal con molinete en el río "Cañar"	80

Figura 50 Medición de caudal con molinete en el río “San Antonio”	80
Figura 51 Valores medios de OD del río "Cañar"	94
Figura 52 Valores medios de OD en el río "San Antonio"	94
Figura 53 Modelo de "Streeter y Phelps" en el río "Cañar"	98
Figura 54 Modelo de "Streeter y Phelps" en el río "San Antonio"	99
Figura 55 Aliviadero previo a PTAR "El Hervidero"	100
Figura 56 Material grueso en el tanque posterior a la fosa séptica PTAR "El Hervidero" ...	104
Figura 57 Contaminación en el río Cañar	106

Resumen

Evaluación del funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales del cantón El Tambo

En la presente investigación se evaluó el funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la zona urbana y rural del cantón El Tambo, así como el grado de contaminación que generan en los ríos Cañar y San Antonio.

Las PTAR cuentan con niveles de tratamiento físico y biológico, por lo que, su estudio engloba la evaluación de las unidades de tratamiento existentes y calibración del modelo de consumo de oxígeno en ríos “Streeter y Phelps”, por medio de la caracterización del agua residual y natural, con el fin de conocer el funcionamiento actual de las PTAR y la contaminación real que producen sus efluentes en los ríos Cañar y San Antonio.

Los resultados de la investigación muestran que las calidades de los efluentes finales cumplen con la normativa vigente, a pesar de los bajos porcentajes de remoción que presentan respecto a los esperados en las estructuras construidas; por otra parte, las dimensiones de las unidades de depuración satisfacen las demandas de caudal y carga contaminante a excepción del sedimentador del tanque Imhoff de la PTAR “El Muelle”, por otra parte, la PTAR de la zona urbana requiere la implantación de un pre tratamiento que impida el paso de materiales gruesos. Los ríos según la modelización realizada presentan niveles de oxígeno por encima de los establecidos en la norma para los diferentes usos del agua.

Finalmente, el presente análisis establece recomendaciones que permitan mejorar el funcionamiento de las PTAR con base en las deficiencias encontradas en los sistemas de tratamiento, con el objeto de lograr una mayor eficiencia de remoción y por ende mejorar los problemas de insalubridad en el cantón.

Palabras Claves: calidad de agua, contaminación, modelo de degradación de oxígeno, monitoreo, plantas de tratamiento de aguas residuales.

Abstract

Assessment of the operation of the wastewater treatment plants in the “*El Tambo*” canton

This research evaluated the operation of wastewater treatment plants (WWTP) in the urban and rural areas of El Tambo canton, as well as the degree of contamination they generate in the Cañar and San Antonio rivers.

The WWTPs have physical and biological treatment levels; therefore, the study includes the evaluation of the existing treatment units and calibration of the "Streeter and Phelps" model of oxygen consumption in rivers, through the characterization of wastewater and natural water, in order to know the current operation of the WWTPs and the actual pollution produced by their effluents in the Cañar and San Antonio rivers.

The results of the investigation show that the quality of the final effluents complies with current regulations, despite the low removal percentages that they present concerning those expected in the structures built; on the other hand, the dimensions of the purification units meet the demands of flow and pollutant load except for the settling tank Imhoff of the WWTP "El Muelle". On the other hand, the WWTP of the urban area requires the implementation of a pre-treatment that prevents the passage of thick materials. According to the modeling made, the rivers present oxygen levels above those established in the standard for the different water uses.

Finally, this analysis establishes recommendations to improve the operation of the WWTPs based on the deficiencies found in the treatment systems, to achieve greater removal efficiency, and thus improve the problems of unhealthy conditions in the canton.

Keywords: water quality, contamination, oxygen degradation model, monitoring, wastewater treatment plants

Introducción.

El agua es el recurso vital de mayor importancia y necesidad para la vida humana, animal y vegetal. La producción de aguas residuales presenta relación con el consumo de agua, siendo mayor cuando una población dispone del servicio de agua potable y alcantarillado. En el cantón El Tambo debido al crecimiento demográfico, al desarrollo urbano y rural, se requieren sistemas adecuados y eficientes para la depuración de aguas residuales con el propósito de prevenir los problemas de insalubridad que dañifican la salud de los habitantes.

Actualmente la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado del Cantón El Tambo (EMAPAT) y el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Intercultural de El Tambo (GADMIET) se encuentran a cargo de las dos plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) que reciben el agua residual (AR) de la zona urbana y rural. El estado y control que presentan las PTAR, dejan notar un mal funcionamiento, que deriva en la contaminación de los ríos Cañar y San Antonio en donde se vierte las AR tratadas.

En la presente investigación se pretende mejorar el saneamiento público, evaluando el funcionamiento de las unidades depuradoras de cada PTAR, mediante la comparación de los porcentajes de remoción teóricos y reales con base en las dimensiones de construcción; de modo que, se verifique el funcionamiento de las PTAR y el cumplimiento de los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en el TULASMA.

Para evaluar la eficiencia de remoción de las PTAR, se realizará el monitoreo y los respectivos análisis de laboratorio de aguas residuales (entrada y salida de PTAR) y naturales (río) en puntos estratégicos (entrada, salida, aguas arriba y abajo de las PTAR) aplicando la normativa INEN 2169:2013 y la calibración de un modelo de consumo de oxígeno.

Finalmente, la calibración del modelo de degradación de oxígeno se realizará ajustando las constantes de re aireación y desoxigenación en el modelo Streeter y Phelps, considerando

los caudales de los ríos para simular su contaminación in situ, de manera que, los moradores al utilizar el agua de los ríos puedan desarrollar sus actividades con seguridad.

Objetivos

General

Analizar la eficiencia de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales del cantón El Tambo, mediante la evaluación del diseño y funcionamiento de las PTAR y la calibración de un modelo de consumo de oxígeno, con el propósito de establecer soluciones que permitan mejorar la calidad de agua depurada y la calidad de vida al disminuir la contaminación de los ríos Cañar y San Antonio.

Específicos.

- Determinar las características del agua residual a ser tratada en las PTAR, a través del monitoreo y análisis en laboratorio para conocer los parámetros con que se evaluará el funcionamiento de las PTAR.
- Estimar los caudales y carga orgánica descargada en las PTAR, mediante un análisis del área de aporte y población servida, tomando en cuenta la información brindada por las instituciones municipales y la normativa nacional.
- Realizar un análisis comparativo entre los porcentajes de remoción teóricos y reales que presentan las unidades de tratamiento construidas en las PTAR, a través de la evaluación in situ del estado físico, mantenimiento de las estructuras y monitoreo de afluentes y efluentes para conocer posibles deficiencias existentes en el sistema de tratamiento.
- Evaluar la eficiencia de las PTAR por medio del análisis de los efluentes y el estudio del nivel de contaminación de los cuerpos receptores en función del déficit de oxígeno, para estimar el grado de tratamiento del agua residual y caracterizar la polución real de los ríos en estudio.
- Establecer recomendaciones que permitan optimizar la eficiencia de las PTAR y disminuir la contaminación de los ríos con base en los análisis, comparaciones y evaluaciones realizadas.

Justificación

Para garantizar la salud de las personas y la protección del ecosistema es fundamental que las aguas residuales regresen a su cauce natural con buena calidad evitando contaminarlos; por lo tanto, es indispensable conocer las deficiencias existentes que impiden que los sistemas de tratamiento de AR cumplan con el objetivo para el cual fueron diseñados y construidos.

La utilidad de la presente investigación radica en que, el factor ecológico se beneficiará dado que un gran porcentaje del caudal que proviene del alcantarillado tendrá un tratamiento más eficiente, que al ser vertido en los ríos evitará el agotamiento de oxígeno y en consecuencia disminuirá su contaminación; de modo que, el agua se podrá utilizar de manera segura en el riego de las zonas verdes (parques, campos etc.), en la agricultura y ganadería.

A demás del beneficio ambiental, este estudio favorecería la dotación de agua de calidad apropiada para el uso recreativo (balneario) en la comunidad de la Posta, a donde acuden varias personas e instituciones de cantones vecinos en distintas fechas del año.

El problema de insalubridad a causa del mal funcionamiento de las PTAR es común en varios cantones y comunidades de nuestro país; de modo que, al desarrollarse este estudio con éxito serviría como orientación o guía de apoyo para resolver problemas semejantes. Por otra parte, la calibración del modelo de degradación de oxígeno se podría aplicar en cualquier zona con condiciones similares a la de estudio para rescatar y proteger los ecosistemas.

Los recursos disponibles contribuirían al alcance del objetivo del presente estudio, al mejorar el saneamiento en el cantón y las condiciones de vida de los habitantes del sector rural y urbano a través de las soluciones encontradas y sugerencias establecidas para la optimización y repotenciación de las PTAR al GAD Municipal y EMAPAT.

Para la evaluación de las PTAR el GAD MUNICIPAL Y EMAPAT cuentan con los proyectos de consultoría, planos de diseño, memorias técnicas y de cálculo; además, el acceso a las PTAR y ríos es favorable para realizar de manera adecuada el monitoreo de aguas

residuales y naturales, con el fin de determinar su calidad mediante ensayos en laboratorio acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) rigiéndose a la normativa vigente en el país INEN 2169:2013.

Planteamiento del Problema

El mal estado y deterioro que presentan las PTAR del cantón El Tambo, genera inseguridad sobre la calidad de depuración del AR que es vertida en los ríos Cañar y San Antonio. La falta de conocimiento sobre las características y nivel de polución del agua de los ríos por el vertido del agua residual tratada de manera inadecuada, hace inseguro su uso para las actividades de la población.

La problemática indicada afecta a la población del cantón a causa de las diferentes enfermedades que se pueden generar debido a la producción y consumo de productos agrícolas y ganaderos; puesto que, el agua de los ríos es utilizada para el riego y cría de animales.

El excesivo consumo de oxígeno en los cuerpos receptores de agua consecuencia de la descomposición de materia orgánica (MO), genera eutrofización que proporciona condiciones desagradables al agua como malos olores y produce la muerte de especies acuáticas.

Si el diseño, construcción, mantenimiento, operación y eficiencia de una PTAR no son los idóneos para tratar el AR, genera problemas de contaminación y destrucción de los ecosistemas.

Delimitación del Problema

La presente investigación se orientará al análisis y evaluación del diseño, construcción y funcionamiento de las dos PTAR que operan en el casco urbano y rural, a través de estudios de campo, laboratorio y oficina; con el fin de plantear las recomendaciones necesarias para la optimización de las PTAR.

El monitoreo y análisis de laboratorio de AR: oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), temperatura (T) y potencial de hidrógeno (pH), se realizará de acuerdo a la norma INEN 2169:2013 servirán para el estudio del afluente y efluente de las PTAR, del cuerpo receptor y características del cauce con base en el TULASMA. Con los datos medidos de OD y DBO empleando un lenguaje de programación (Matlab), se aplicará un modelo de degradación de oxígeno luego de realizar su respectiva calibración.

El análisis de eficiencia de las PTAR, comprenderá la verificación del cumplimiento de las especificaciones de diseño, el nivel, calidad de tratamiento y la comparación de la medida de los parámetros más significativos medidos en laboratorio con los LMP establecidos en el TULASMA y el nivel de contaminación con base en la aplicación del modelo de degradación de oxígeno.

La evaluación del diseño y funcionamiento se basará en la normativa vigente y bibliografía recomendada utilizando los parámetros estimados y medidos en el monitoreo y en un laboratorio avalado por el SAE como: poblaciones, caudales, volúmenes y carga contaminante. También se evaluará el estado físico y mantenimiento que presentan las estructuras y equipos de las PTAR.

Definición de la Zona de Estudio

El cantón El Tambo se encuentra limitado en sus cuatro puntos cardinales por el cantón Cañar y sus parroquias (véase figura 1). Se ubica al norte de la provincia del Cañar a 45 Km de la capital provincial, la ciudad de Azogues, en la vía Durán Tambo.

En la Figura 1 y Tabla 1 se indica la georreferenciación de las PTAR del cantón El Tambo que brindan el servicio a la zona urbana y rural ubicadas en el sector “EL Hervidero” y “El Muelle” respectivamente.

Tabla 1

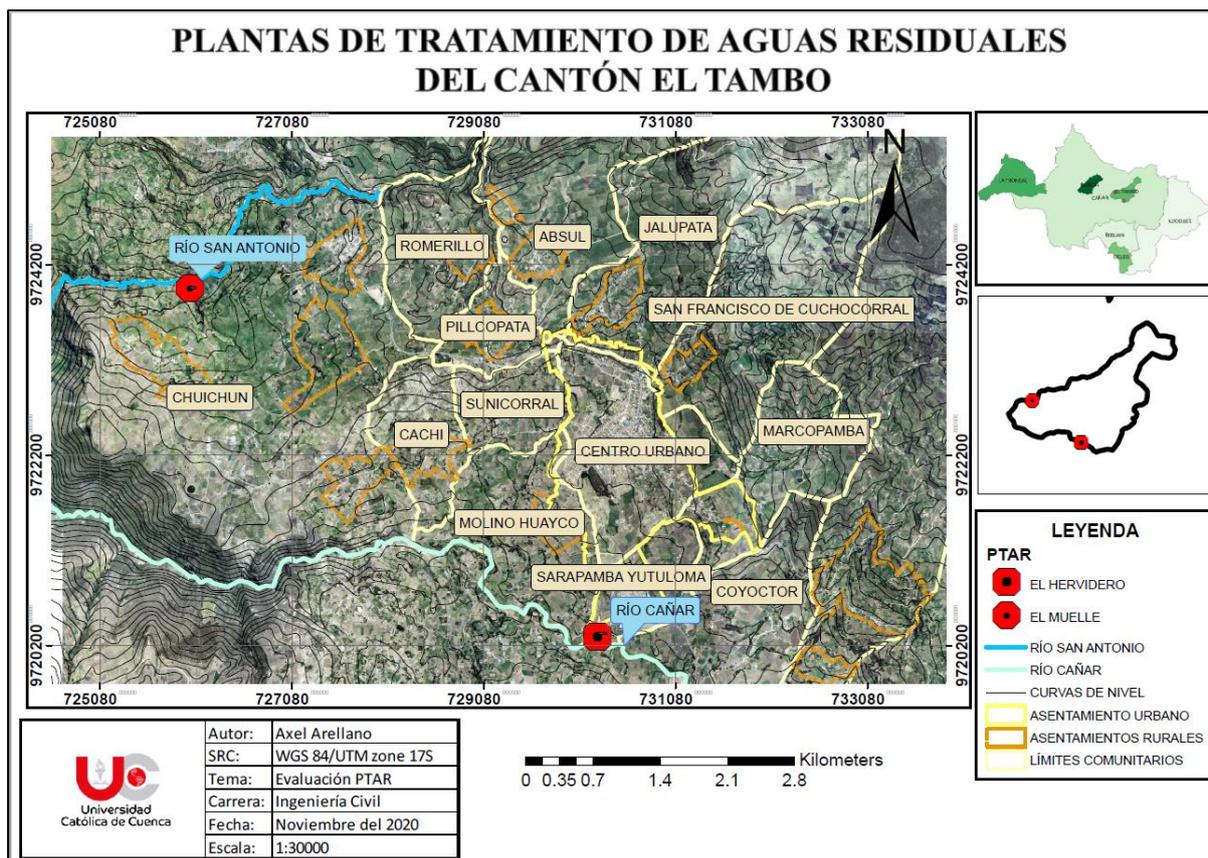
Coordenadas PTAR

Planta De Tratamiento De Aguas Residuales	Coordenadas WGS 84/UTM Zona 17s.		Altura (M.S.N.M).	Ubicación Dentro Del Cantón
	Norte	Este		
El Muelle	9723953	726016	2600	Noroeste.
El Hervidero	9720296	730265	2800	Suroeste.

Nota. Elaboración propia.

Figura 1

Mapa de ubicación de PTAR del cantón El Tambo



Nota. Elaboración propia.

Marco Teórico

Aguas Residuales

Las AR son un producto inevitable, que por el uso del hombre en diferentes actividades domésticas o industriales son contaminadas, portando gran cantidad de sustancias y/o microorganismos. (Metcalf y Eddy, 2003).

Clasificación y Fuentes de Aguas Residuales

Los pesticidas y fosfatos arrastrados por el agua residual de escorrentías de usos agrícolas y pluviales constituyen una de las mayores causas de eutrofización en ríos y lagos. (Ramalho, 1996).

Aguas Residuales Domésticas (ARD). Proviene de usos domésticos en edificios habitacionales, comerciales e institucionales.(Romero, 2005).

Aguas Residuales Municipales (ARM). Es el AR transportada por la red de alcantarillado destinada a ser tratada en una PTAR. (Romero, 2005).

Aguas Residuales Industriales (ARI). Producto de procesos en industrias de manufacturas que antes de ser vertidas al sistema de alcantarillado municipal requieren un tratamiento previo. (Romero, 2005).

La generación de agua residual municipal está relacionada al consumo de agua potable, su estimación se puede realizar a través de un estudio de demanda de agua actual y a futuro.(Reynolds y Richards, 1995).

Características

La caracterización de AR implica un monitoreo y análisis de laboratorio adecuado que garanticen la precisión de los resultados con base en normas estándar sobre su calidad. Las aguas residuales que provienen de los distintos aparatos sanitarios de una edificación se conocen como aguas negras (inodoros y urinarios) y aguas grises (todos los aparatos excepto inodoros y urinarios). (Romero, 2005).

Características físicas. Las características físicas de mayor importancia del AR corresponden al color, olor, sólidos totales y temperatura.

Sólidos totales. El contenido de sólidos totales se puede definir de manera analítica como, la materia que se obtiene producto de la vaporización del AR a una temperatura entre 103 y 105° C (sólidos en suspensión). (Metcalf y Eddy, 2003).

Los sólidos totales se clasifican en filtrables y no filtrables y están constituidos por cuatro tipos de materia: en suspensión, sedimentable, coloidal y disuelta. (Romero, 2005).

Olores. El olor del AR fresca a diferencia del AR séptica es más tolerable, los olores se deben a los gases liberados cuando la materia orgánica se descompone (H₂S sulfuro de hidrógeno). (Metcalf y Eddy, 2003).

En el tratamiento de AR el control de los olores constituye uno de los parámetros más importantes para el diseño e implantación de redes de alcantarillado y plantas de tratamiento.(Romero, 2005).

Temperatura. Los sistemas de plomería de las edificaciones añaden calor al agua residual, por lo que presenta mayor temperatura que el agua de abastecimiento.(Valdez y Vásquez, 2003).

La temperatura influye en las operaciones, depuración y disposición final de aguas residuales, debido a las siguientes razones: en aguas cálidas la sedimentación de sólidos es mayor que en aguas frías y para el tratamiento biológico el tiempo de retención disminuye a mayor temperatura. (Romero, 2005).

La disposición final de aguas residuales se ve influenciada por los diferentes usos del agua y por la temperatura que interviene en el desarrollo de la vida acuática, cuando la concentración de oxígeno se agota a causa de la combinación de un aumento de temperatura y reducción de oxígeno. (Romero, 2005).

Color. El color del agua residual fresca o reciente es de color gris, pero durante el tiempo de transporte en el alcantarillado o permanencia en los tanques sépticos se oscurece hasta alcanzar un color negro al desarrollarse condiciones cercanas a las anaerobias. (Metcalf y Eddy, 2003).

Turbiedad. Se emplea para denotar la calidad del agua tratada, al constituir una medida óptica del material suspendido. (Romero, 2005).

Características Químicas. El estudio de estas características del AR se divide en dos partes: orgánica e inorgánica.

Materia Orgánica. En el tratamiento y gestión de AR, la materia orgánica tiene gran importancia debido a su contenido en altos porcentajes en sólidos suspendidos y disueltos que provienen de actividades humanas, de animales y vegetales. (Metcalf y Eddy, 2003).

- **Proteínas:** poseen una estructura química compleja e inestable y principalmente son aminoácidos. Contienen gran cantidad de nitrógeno, que en el proceso de descomposición generan malos olores. (Romero, 2005).

Medición. En aguas residuales se puede determinar el contenido orgánico en función de su concentración empleando dos clases de métodos. (Metcalf y Eddy, 2003).

- Para concentraciones mayores a 1 mg/l: DBO, demanda química de oxígeno (DQO) y carbono orgánico total (COT). (Metcalf y Eddy, 2003).
- Para concentraciones menores a 1mg/l: métodos instrumentales que abarcan la espectroscopia de masa y cromatografía de gases. (Metcalf y Eddy, 2003).

Demanda Bioquímica De Oxígeno (DBO).

Para definir la calidad del agua residual, la DBO es uno de los parámetros más utilizados para compuestos orgánicos que están sometidos a oxidación bioquímica y los ensayos en laboratorio se realizan a cinco días de incubación a una temperatura de 20°C. (Romero, 2005).

La DBO es el resultado de tres tipos de materiales: materiales orgánicos carbónicos (fuente de alimentación para organismos aeróbicos), nitrógeno oxidable (alimento de bacterias específicas Nitrosomonas y Nitrobacter) y compuestos químicos reductores (ion ferroso, sulfitos y sulfuros que se oxidan por oxígeno disuelto). (Ramalho, 1996).

De acuerdo con Ramalho (1996) este parámetro se emplea para los siguientes aspectos:

- Para determinar la cantidad aproximada de oxígeno requerido para que la materia orgánica se estabilice biológicamente.
- Para el diseño y dimensionamiento de las unidades de tratamiento.
- Para evaluar la eficiencia de los diferentes sistemas y unidades de tratamiento.
- Para establecer límites máximos permisibles en cuerpos receptores de agua según su categoría, aunque, en nuestro país es de manera general al no existir una categorización de fuentes receptoras.

Demanda química de oxígeno (DQO).

Representa el volumen de oxígeno requerido para que la materia orgánica del agua residual se oxide, el ensayo se realiza en un medio ácido a alta temperatura a través de un agente químico oxidante consistente; es decir, se utiliza para establecer en aguas residuales la contaminación por medio de la materia orgánica. (Ramalho, 1996).

A diferencia de la DBO, la DQO en el agua residual suele ser mayor por motivo de que la mayoría de los compuestos se oxidan por vía química y no por la vía biológica. (Metcalf y Eddy, 2003).

Relación entre la DBO y DQO.

El tipo y origen de agua residual es importante para relacionar las medidas de los diferentes parámetros de contenido orgánico (DBO y DQO). (Metcalf y Eddy, 2003). Por lo general en aguas residuales domésticas crudas la relación DBO/DQO indica la biodegradabilidad y varía 1.2 a 2.5. (Romero, 2005).

Materia Inorgánica. La calidad del agua residual también se ve influenciada por los componentes inorgánicos, cuyas concentraciones aumentan al evaporarse el agua superficial. La naturaleza de los contaminantes inorgánicos con altas concentraciones es importante para determinar los usos que el agua pueda tener. (Metcalf y Eddy, 2003).

Potencial de Hidrógeno pH.

Es la medida de concentración del ion hidrógeno en el agua y se expresa como el logaritmo negativo de su concentración. Inadecuadas concentraciones de pH en aguas residuales dificultan su tratamiento biológico; por consiguiente, alteran la biota de los cuerpos receptores siendo perjudiciales para los microorganismos. (Romero, 2005).

Para los diferentes procesos de tratamiento y para la mayor parte de la vida biológica el valor del pH varía entre 6.5 a 8.5. En el tratamiento secundario se establece llegar a una concentración de 6 a 9; mientras que para procesos biológicos de 7.2 a 9.0 y para desnitrificación de 6.5 a 7.5. (Romero, 2005).

El pH se puede medir en campo y su valor tiende a aumentar por la destrucción de sales y oxidación bioquímica de ácidos orgánicos. (Metcalf y Eddy, 2003).

Nitrógeno.

Para el crecimiento de plantas y protistas es un nutriente fundamental, debido que favorece la síntesis de proteínas. En aguas residuales los datos de nitrógeno son importantes para evaluar su tratamiento mediante procesos biológicos; es decir, para una adecuada biodegradación se necesita un contenido suficiente de nitrógeno. Por otra parte, para controlar la eutrofización en fuentes receptoras es necesario remover el nitrógeno en el tratamiento. (Metcalf y Eddy, 2003).

Las formas de importancia de nitrógeno en el agua residual son: nitrógeno orgánico, amoniacal, nitritos y nitratos. La suma de nitrógeno orgánico y amoniacal se conoce como

nitrógeno total Kjeldahl (NTK). En aguas residuales domésticas predomina el nitrógeno orgánico. (Romero, 2005).

Gases.

En aguas residuales se encuentra constantemente el oxígeno (O_2), nitrógeno (N_2), dióxido de carbono (CO_2), el sulfuro de hidrógeno (H_2S), el metano (CH_4) y el amoníaco (NH_3).

Oxígeno Disuelto (OD).

El OD es bajamente soluble en el agua y esencial para la vida acuática aerobia. La capacidad de autodepuración de los cuerpos de agua se ve influenciada por la disponibilidad de OD, por lo que, el efluente requiere un tratamiento adecuado antes de ser vertido en ríos y otros cuerpos receptores. La temperatura, presión atmosférica y la salinidad influyen en la concentración de saturación del OD. (Romero, 2005).

El aumento de las reacciones bioquímicas que consumen oxígeno es directamente proporcional al incremento de temperatura, razón por la cual, en el verano o épocas cálidas existe un mayor déficit de oxígeno que también se ve afectado por los bajos caudales de los ríos. Su importancia también radica en que su presencia previene la formación de malos olores. (Metcalf y Eddy, 2003).

El cálculo de la DBO se realiza principalmente para determinar el OD, debido a que para el desarrollo de la vida acuática se recomienda una concentración mínima de OD de 4mg/L en el agua de los ríos, por lo que, la concentración de OD es importante en el diseño, operación y evaluación de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR). (Romero, 2005).

Características Biológicas

Microorganismos.

Bacterias.

En la descomposición y estabilización de materia orgánica, los microorganismos desarrollan una labor muy importante. Los coliformes también se utilizan para determinar la contaminación del agua residual por los efectos de desechos humanos.

Medición.

Coliformes. El organismo coliforme suele ser el más empleado debido a su numerosa presencia y facilidad de comprobación siendo un importante control de sanidad del AR. Se encuentran en los excrementos de los humanos y su remoción depende principalmente de la temperatura, tiempo de retención hidráulica, radiación ultravioleta, concentración de algas y el consumo por dafnias, rotíferos y protozoos. (Romero, 2005).

Muestreo

La evaluación de las estructuras de una PTAR engloba un proceso de monitoreo y medición de caudales del AR que tratan, empleando técnicas adecuadas de manera que, los resultados sean representativos para el caudal global, además, el tipo de estudio determinará las estaciones y frecuencia de monitoreo. (Romero, 2005).

Las Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INEN a emplear para un correcto muestreo y conservación de muestras son:

- “NTE INEN 2168:98 Agua: Calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras”.
- “NTE INEN 2176:98 Agua: Calidad del agua, muestreo, técnicas de muestreo”.

Tipos de Muestras. De igual manera de acuerdo al tipo de estudio a realizar, existen dos tipos de muestras: simples o instantáneas y compuestas.

Las muestras simples son representativas para el momento de muestreo; mientras que, las muestras compuestas que están conformadas por muestras simples continuas, representan las características promedio del AR. (Romero, 2005).

Para formar la muestra compuesta se define el volumen total requerido y se integran volúmenes parciales de cada muestra instantánea, en función de sus caudales registrados durante el monitoreo. (Romero, 2005). La ecuación 1 define la cantidad del volumen requerido de cada muestra por cada (L/s).

$$\text{Volumen necesario} = \frac{V_t}{Q_m} * Q_i \quad (1)$$

Donde:

V_t = volumen correspondiente a la muestra compuesta.

Q_m = Caudal promedio de las muestras instantáneas.

Q_i = Caudal de la muestra instantánea.

Recomendaciones. Consultar información sobre las características y fuentes de contaminación de AR a muestrear y preservar las muestras en un medio refrigerado de manera que no se alteren las características del AR.

Marco Legal y Estudio del Cuerpo Receptor

En el Ecuador los reglamentos que guían el diseño y construcción de las PTAR, así como, el estudio de las fuentes receptoras de aguas superficiales son las normas “INEN CO 10.07 601, CO 10.07 602” y la Reforma al Libro XI del “Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente” (TULASMA). El vertido de AR tratada a cuerpos de agua, para riego o al alcantarillado, debe cumplir varias condiciones que se indican a continuación.

Normativa

Para evitar el deterioro de cuerpos receptores de agua se han establecido límites máximos permisibles (LMP) de descarga, que condicionan y limitan el contenido de los diferentes contaminantes que posee las AR previo a su vertido al sistema de alcantarillado

público y cuerpos receptores de agua. A continuación se enumeran artículos establecidos por el Ministerio del Ambiente del Ecuador (2015):

Descarga De Efluentes Al Sistema De Alcantarillado Público. En la Tabla 2 se indican los LMP que las AR domésticas o industriales tienen que cumplir.

Tabla 2

“Límites de descarga al sistema de alcantarillado público”

Parámetros	Símbolo	Unidad	LMP
Aceites y grasas		mg/l	100
Demanda Bioquímica de oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	250
Demanda Química de oxígeno	DQO	mg/l	500
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	60
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220
Temperatura	T	°C	<40

Nota. Recuperado de “Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria”, por Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015, p. 20, Ecuador

Las siguientes sustancias no se permiten descargar al sistema de alcantarillado debido al bloqueo de colectores y formación de gases tóxicos: fragmentos de piedras, cenizas, vidrios, arenas, plásticos, cemento, látex, levadura, aceites vegetales y animales, sustancias tóxicas, gasolina y demás derivados del petróleo.

Descarga De Efluentes A Cuerpos Receptores De Agua Dulce. No se admite la descarga de efluentes de ningún tipo a las cabeceras de fuentes de agua, que se encuentren previo a captaciones de agua potable en una longitud establecida por la entidad pública responsable y en cuerpos de agua declarados protegidos. (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015).

El contenido máximo de los parámetros definidos por el Ministerio del Ambiente del Ecuador (2015) que tienen que cumplir los efluentes de las PTAR y demás sistemas de tratamiento antes de ser vertidos en cuerpos de agua dulce se indican en la Tabla 3.

Tabla 3

“Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce”

Parámetros	Símbolo	Unidad	LMP
Aceites y grasas		mg/l	0.3
Coliformes.	Nmp/100ml		Remoción >99.9%
Demanda Bioquímica de oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	130
Temperatura	T	°C	Condiciones naturales ±3

Nota. Recuperado de “Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria”, por Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015, p. 22, Quito, Ecuador.

Criterios Para El Uso De Agua. De acuerdo con Ministerio del Ambiente del Ecuador (2015), en la Tabla 4 se establecen los límites de contenido de OD en ríos, según los múltiples usos a los que se destina el agua de los ríos Cañar y San Antonio en el curso de sus cauces (ver Tabla 4).

Tabla 4

Criterios de uso del agua según el contenido de OD, DBO5 y pH

Tipo de uso	OD (mg/L)	DBO5 (mg/L)	pH
Vida acuática	≥ 0.8 OS	≤ 20	6.5-9.5
Riego agrícola	3		6-9
Fines recreativos (contacto primario)			6.5-8.3
Fines recreativos (contacto secundario)	≥ 0.8 OS		6-9
Uso estético	≥ 0.6 OS		

Nota. Recuperado de “Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria”, por Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015, pp. 14-18, Quito, Ecuador.

Tratamiento de Aguas Residuales

El tratamiento de AR es complejo, primero por los diferentes tipos de afluentes a tratar (agua residual doméstica o industrial), luego por las características requeridas en los efluentes y finalmente por los diferentes métodos de disposición, lo que determina el tipo de sistema de tratamiento a emplear. (Romero, 2005).

La importancia del tratamiento de AR radica en la protección del ser humano y de su entorno, por motivo de que, en la actualidad existe un aumento considerable en la contaminación de la tierra y de los cuerpos naturales de agua como ríos, lagos, mares y aguas subterráneas debido a que, las aguas servidas que provienen del alcantarillado se disponen directamente o sin la depuración adecuada a los cauces naturales, causando la acumulación de residuos contaminantes que dañan los ecosistemas incluidas la flora y la fauna.

Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales

Estos sistemas dependen básicamente de las características del AR cruda y la calidad requerida del efluente según el tipo de vertido a realizar, además el área del terreno disponible, costos de construcción y operación, confiabilidad y viabilidad de optimización del proceso para requerimientos futuros son factores determinantes en la elección del sistema a emplear. El diseño de los sistemas de tratamiento está definido por la capacidad, eficiencia y objetivos propuestos acorde a las normas vigentes. (Romero, 2005).

Según el principio funcional, las operaciones unitarias y los procesos utilizados en el tratamiento de AR para la supresión de los contaminantes pueden clasificarse en: tratamiento físicos, químicos y biológicos. (Reynolds y Richards, 1995). Según Metcalf y Eddy (2003) estos procesos unitarios se pueden categorizar en distintos niveles: tratamiento preliminar, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario.

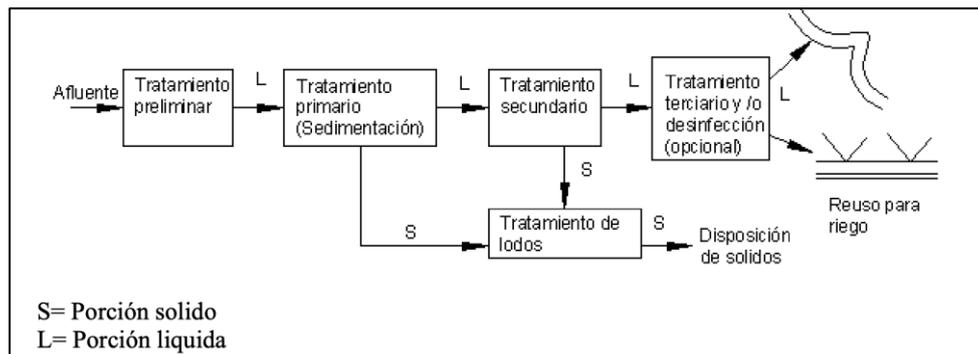
Las PTAR municipales más comunes son las de tratamiento primario, secundario y terciario y las plantas de tratamiento físico-químico. (Reynolds y Richards, 1995).

Niveles De Tratamiento

El uso o disposición final del agua residual determina el nivel de tratamiento requerido delimitado por la norma vigente en el país. En la Figura 2 se muestra un esquema de los niveles de tratamiento en una PTAR. En la Figura 3 se muestra un tren de tratamiento que involucra los diferentes procesos unitarios físicos, biológicos y químicos.

Figura 2

Elementos básicos del tratamiento de aguas residuales.



Nota. Recuperado de “Ingeniería de los Sistemas de Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales”, por Valdez y Vázquez, 2003, pg. 180, Ciudad de México, México.

Figura 3

Ejemplos de trenes de tratamiento de aguas residuales



Nota. Recuperado de “Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales”, por Noyola et al., 2013, Ciudad de México, México.

Pre Tratamiento

Es la primera etapa del tratamiento de AR y su función principal es prepararlas para tratamientos posteriores evitando dañar equipos electromecánicos, obstruir tuberías y causar acumulaciones permanentes en tanques. (Metcalf y Eddy, 2003).

Se considera una parte del tratamiento primario y en esta etapa se eliminan objetos grandes y la arena junto con la medición del caudal que entra a las PTAR. (Valdez y Vázquez, 2003).

En PTAR municipales comúnmente se utiliza el cribado y desarenado, los elementos retenidos en esta etapa pueden ser: aceites, grasas, arenas, rocas, animales muertos, plásticos, etc.

Cribado. También denominado desbrozo, se utiliza para la eliminar del agua los sólidos en suspensión o flotantes de varios tamaños a través de una criba o rejilla y ayudan en la limpieza del canal desarenador. (Ramalho, 1996).

Consiste en una serie de rejas de barras de acero paralelas con aberturas libres colocadas previo al desarenador sin que altere el flujo normal y suelen ser de limpieza manual o mecánica. Se clasifican en rejillas gruesas y finas de acuerdo a la abertura libre, igual o mayor a 64mm y menor a 64mm respectivamente. (Romero, 2005). En la Figura 4 se indica una rejilla de limpieza manual de la PTAR El Muelle.

Figura 4

Rejilla de PTAR “El Hervidero”



Nota. Elaboración propia

Tipos de Rejas. De acuerdo al método de limpieza se clasifican en: rejas de limpieza manual o mecanizada; mientras que, según la dimensión de las aberturas se clasifican en: rejillas gruesas o finas.

Rejas de limpieza manual.

Este tipo de rejillas se utiliza en instalaciones pequeñas con espaciamientos relativamente grandes, para mayor facilidad en la sustracción de los elementos retenidos

(botellas, trapos, roedores muertos, etc.) las rejillas tienen inclinaciones de 45 a 60 grados respecto a la horizontal, el espaciamiento entre barras varía de 2.5 cm a 5 cm, y para la limpieza se rastrillan las rejillas hasta una placa perforada donde drenan los desechos o residuos retenidos para su posterior eliminación y su longitud debe ser la apropiada para que el operador pueda realizar su limpieza. (Comisión Nacional del Agua, 2015b).

Diseño. La estructura se dimensiona para las condiciones más desfavorables (caudal máximo horario QMH) permitiendo una velocidad adecuada del flujo a través de la sección. El diseño también se verificará para el caudal medio y mínimo.

Gobierno del Perú (2009) recomienda las siguientes velocidades para el diseño del flujo: mínima 0.30m/s, media 0.40m/s y máxima 0.60m/s.

El proceso de diseño de una criba se detalla en Romero (2005) siendo los principales pasos del proceso los siguientes (pp. 288-289):

- Se estima la pérdida de energía en función de la velocidad del flujo de aproximación y la velocidad a través de la rejilla (ecuación 3), de igual manera, con la ecuación 4 se pueden expresar con base en las dimensiones y forma de las barras.
- La longitud de las barras está en función del ángulo de las rejas respecto a la horizontal y el tirante máximo del canal.
- El número de barras está en función de la separación y ancho del canal, el cual debe tener una longitud mínima que evite la turbulencia junto a las barras.

$$H = \frac{V^2 - v^2}{2g} \left(\frac{1}{0.7} \right) \quad (2)$$

$$H = \beta \left(\frac{W}{b} \right)^{\frac{4}{3}} h_w \sin \theta \quad (3)$$

Donde:

H= pérdida de energía (m).

β =factor de forma de las barras.

W=ancho máximo de la sección transversal de las rejillas en dirección del flujo (m).

b=espaciamiento de las barras (m).

h_v=altura del flujo de aproximación (m).

θ =ángulo de la rejilla con la horizontal.

Desarenado. En el tratamiento de aguas residuales, los desarenadores se utilizan para remover sustancias que poseen velocidad de asentamiento con el propósito de proteger los equipos mecánicos (mayor desgaste debido a la arena) y evitar la concentración de depósitos en canales y tuberías que se encuentran a continuación. Disminuye el periodo de limpieza en los digestores por una minimización de concentración de arena. Se ubican después de las rejas y antes de las demás unidades de tratamiento. El diseño del desarenador depende del tipo de flujo y método de limpieza. (Romero, 2005).

Los tipos de desarenadores son de flujo horizontal, aireado y tipo vórtice, siendo el primero el más común en las PTAR de nuestro medio.

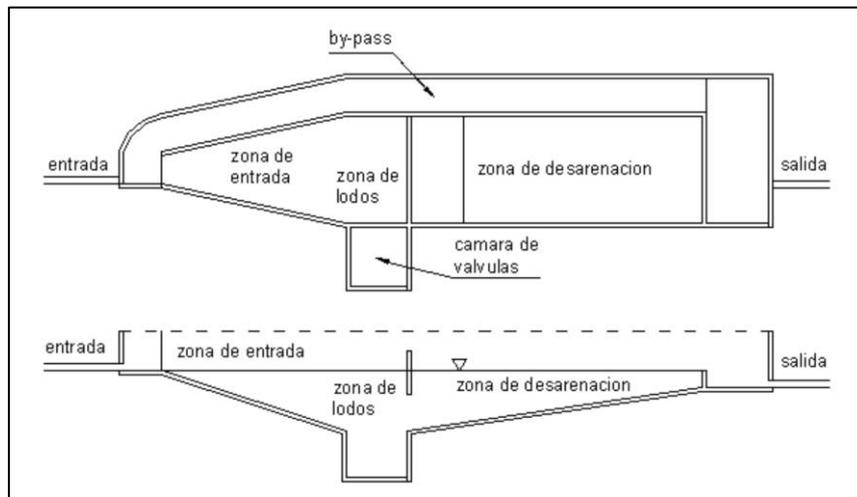
Desarenador De Flujo Horizontal. El AR fluye a través del canal de manera longitudinal y el gasto que circula se puede estimar mediante vertederos. Como se puede observar en la Figura 5, la zona de entrada tiene la función de uniformizar la velocidad del flujo, mientras, la zona de salida conformada por un vertedero evita la alteración del reposo de arena y permite el paso del AR limpia. (Ayala y Gonzales, 2008).

Los desarenadores se diseñan para suspender partículas de un diámetro de 15mm y 21mm o más, con una velocidad de asentamiento de 1.15m/min y 0.75m/min respectivamente y densidad relativa de 2.65. (Romero, 2005).

Se recomienda la instalación mínima de dos desarenadores en paralelo, de manera que, por motivos de limpieza uno se mantenga en operación y el otro en reposo. (Ayala y Gonzales, 2008).

Figura 5

Desarenador de flujo horizontal (planta y corte longitudinal)



Nota. Recuperado de “Apoyo Didáctico en la Enseñanza – Aprendizaje de la Asignatura de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales”, por Ayala y González, 2008, p. 99, Cochabamba, Bolivia.

Los desarenadores se diseñarán para tres tipos de caudales: máximo (Q_{mh}), medio (Q_{med}) y mínimo ($Q_{mín}$). (Romero, 2005)

Diseño. A continuación, se presentan los principales pasos del proceso de diseño de un desarenador de flujo horizontal que se encuentra detallado en Ayala & Gonzales (2008. pp. 82-86),

- El diseño del desarenador se realiza para una velocidad horizontal de flujo aproximada de 0.03m/s
- La altura del canal depende de la sección y área que posee, del gasto que circula y de la velocidad de sedimentación de las partículas. Según Bernoulli la carga de

velocidad y altura de sección de control se encuentra igualando las energías del canal y de la sección de control más pérdidas (ecuación 5).

- Para la longitud del canal se debe tener en cuenta una longitud extra de turbulencia a la entrada y salida del canal, Romero (2005) recomienda una longitud máxima igual al 50% de la longitud teórica y una longitud mínima igual a dos veces el tirante máximo del flujo (ecuación 6).

$$H + \frac{v^2}{2g} = dc + \frac{v_c^2}{2g} + hf \quad (4)$$

$$L = \frac{Hv}{v_s} \quad (5)$$

Donde:

H=altura del canal (m).

v= velocidad del canal (m/s).

dc= altura de la sección de control (m).

vc=velocidad en la sección de control (m/s)

hf= pérdidas de energía (m),

L=longitud teórica (m).

v=velocidad del flujo (m/s).

v_s =velocidad de sedimentación (m/s).

Tratamiento Primario

Este nivel de tratamiento tiene por objeto la remoción de sólidos suspendidos (SS), grasas y aceites del agua a tratar, mediante operaciones físicas como: sedimentación o flotación. La sedimentación se produce por la diferencia entre el peso específico de la porción sólida y el agua. (Ramalho, 1996).

Por lo general, en las PTAR la sedimentación suele ser el único proceso por el que pasa el AR en este nivel de tratamiento. Esta etapa del tratamiento tiene gran importancia debido a

que, el manejo de los sólidos orgánicos en los procesos unitarios de tratamiento secundarios depende del nivel de remoción con el que llegan. (Valdez y Vásquez, 2003).

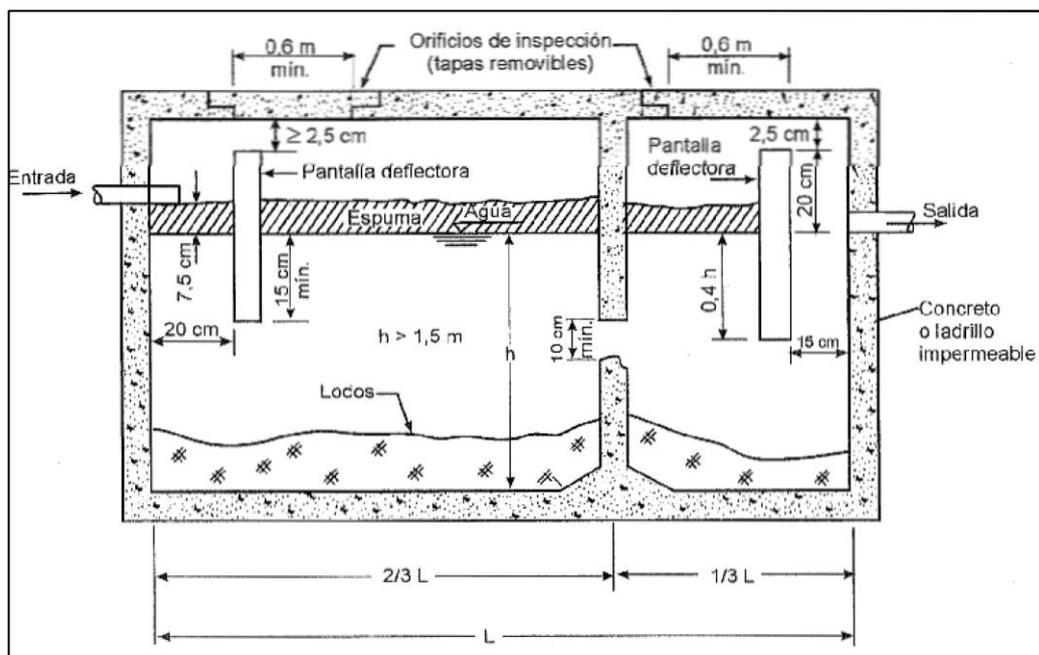
Se produce en condiciones anaerobias; es decir, en ausencia de oxígeno, únicamente con el aporte del oxígeno molecular del agua; sin embargo, la eficiencia del tratamiento anaerobio en este nivel es relativamente baja, debido al poco contacto entre el material sedimentable y la masa bacteriana anaerobia del sistema. (Ayala y Gonzales, 2008).

De acuerdo con Romero (2005) en el tratamiento primario se pueden emplear unidades como: tanque séptico y tanque Imhoff.

Tanque Séptico. Un tanque séptico es una unidad compuesta por una o varias cámaras, se destina principalmente al proceso de sedimentación, en donde además se produce digestión de manera simultánea. (Romero, 2005).

Figura 6

Tanque séptico



Nota. Recuperado de “Tratamiento de Aguas Residuales”, por Romero, J, 2005, p. 688, Bogotá, Colombia.

Para que el agua residual tenga una adecuada infiltración y estabilización en los siguientes niveles de tratamiento, la función del tanque séptico es acondicionar el agua al separar los sólidos y almacenarlos. (Gobierno de Perú, 2006).

Los porcentajes de remoción para el tratamiento de ARD comunes en el tanque séptico, para los parámetros más significativos son los siguientes: DBO 30% a 50%, fósforo 15%, grasas y aceites 70% a 80% y sólidos suspendidos 50% a 70%. (Romero, 2005).

En la Figura 6 se puede observar un tanque séptico; pero, por motivos de ventilación se recomienda instalar un accesorio *tee* a la entrada y salida de la unidad. (Valdez y Vásquez, 2003).

Diseño. El dimensionamiento del tanque séptico se puede determinar, a través del caudal máximo diario y tiempo de retención empleando las ecuaciones 7 y 8 establecidas en 1972 por el código británico, o mediante la población servida utilizando la ecuación 9 del United States Public Health Service (USPHS). (Romero, 2005).

$$V = 1.5Q \quad (6)$$

$$V = 4.26 + 0.75Q \quad (7)$$

$$V = 0.18P + 2 \quad (8)$$

Donde:

V= volumen del tanque (m³).

P= población servida (habitantes).

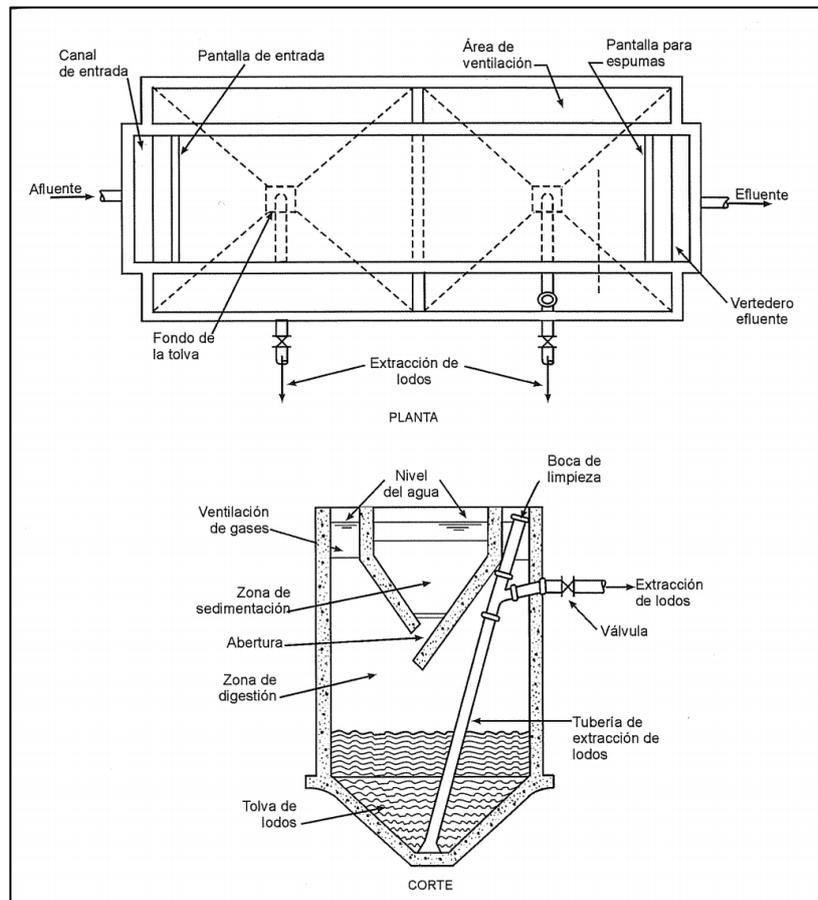
Q= caudal máximo diario (m³/s).

Para una adecuada sedimentación y sustracción de lodos, se recomienda un tiempo de retención de 1 a 3 días. Por otra parte, el periodo de limpieza se realizará cuando los lodos ocupen el tercio del volumen de la unidad, considerando una tasa de acumulación por persona y por año de 0.04m³.

Tanque Imhoff. Es una tecnología de tratamiento primario para AR crudas en donde se sedimenta el agua y digieren los lodos asentados en la misma unidad. Se recomienda siempre que exista tratamiento secundario para el efluente (ver Figura 7). (Tilley et al., 2018).

Figura 7

Esquema del tanque Imhoff



Nota. Recuperado de “Tratamiento de Aguas Residuales”, por Romero, J, p. 683, Bogotá, Colombia.

Los sólidos y materia suspendida en la cámara superior o de sedimentación se desvían a través del compartimiento superior hacia la cámara inferior o de digestión. (Valdez y Vásquez, 2003). En la cámara de sedimentación y áreas de ventilación se acumula la espuma, mientras que, en la cámara de digestión el gas producido (metano) se libera por las zonas de ventilación. (Romero, 2005).

La operación del tanque Imhoff es sencilla y se puede realizar sin solicitar parte mecánicas, pero es necesario que las aguas residuales a tratar en la unidad tengan un tratamiento preliminar (cribado y desarenado). (UNATSABAR, 2015).

El tanque Imhoff está compuesto por 3 compartimientos:

- Cámara de sedimentación
- Cámara de digestión.
- Zona de ventilación y acumulación de natas.

El procedimiento de diseño de un tanque Imhoff se especifica en UNATSABAR (2015, pp. 14-17), los pasos principales se mencionan a continuación:

- El sedimentador se diseña para una carga superficial de $1\text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{hora}$ y para un tiempo de retención hidráulica (TRH) recomendado de 2 horas (ecuación 10).
- El diseño del digestor se basa en el aporte de carga de la población y el factor de capacidad relativa (FCR), que influye en la digestión de lodos de acuerdo a la temperatura (ecuación 11).

$$V_s = Q_p * TRH \quad (9)$$

$$V_d = \frac{70 * P * FCR}{1000} \quad (10)$$

Donde:

Q_p = caudal de diseño ($\text{m}^3/\text{día}$)

V_s = velocidad del sedimentador

TRH= periodo de retención hidráulica

V_d = volumen del digestor

FCR= factor de capacidad relativa

P= población.

Tratamiento Secundario

El tratamiento secundario es necesario para remover la fracción de SS y la mayoría de MO presente en el AR, mediante procesos unitarios físico químicos o biológicos. (Valdez y Vásquez, 2003). Los procesos unitarios biológicos están definidos por dos grandes grupos que dependen de la presencia y ausencia de oxígeno: aerobios y anaerobios. (Ramalho, 1996).

Tratamiento Anaerobio. Se emplea principalmente para la eliminación de MO del agua residual y digestión de fangos orgánicos producidos en tratamiento anteriores. (Romero, 2005).

Este tipo de tratamiento es idóneo para AR con concentraciones altas de DBO mayores a 1000 mg/L, utilizando los compuestos orgánicos y CO₂ como aceptadores finales de electrones. El proceso anaerobio no requiere sedimentación; sin embargo, por motivo de la acumulación de lodos este tratamiento previo es necesario. (Romero, 2005).

El tratamiento anaerobio se ejecuta en ausencia de oxígeno, bajo estas condiciones se realiza el proceso de fermentación e hidrólisis de compuestos orgánicos, posteriormente estos compuestos por acción de un segundo grupo de bacterias y son transformados en anhídrido carbónico y gas metano. (Ayala y Gonzales, 2008).

El tiempo de retención de sólidos (TRS) es importante para el crecimiento de las bacterias y para las reacciones que ocurren durante el proceso anaerobio que requieren un TRS mínimo: hidrólisis, fermentación y metanogénesis. (CONAGUA, 2015d).

Para un adecuado diseño y aplicación de sistemas de tratamiento anaerobio, es imprescindible conocer las condiciones impuestas al tratamiento y las condiciones ambientales en este tipo de tratamiento. (Lettinga, 1995, p. 7).

Unidades de Tratamiento. Ayala y Gonzales (2008) indica que, para los procesos anaerobios en el tratamiento secundario del AR se pueden aplicar las siguientes estructuras:

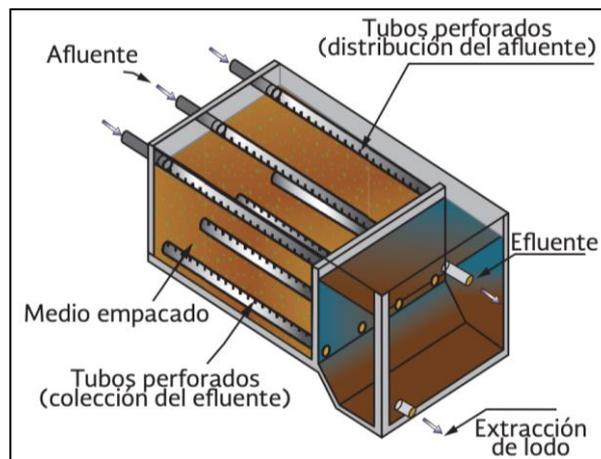
filtro anaerobio, reactor de flujo ascendente UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket), filtro percolador, humedales, lagunas de estabilización, zanja de oxidación y biodisco.

Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA). Unidad propuesta por Young y McCarty en la década de 1960, actualmente se emplea en el tratamiento de ARD y gran variedad de ARI, fundamentalmente es una unidad de contacto, por donde el AR fluye por medio de una masa de sólidos biológicos adheridos en un material granular (grava de distintos tamaños). (Chernicharo, 2007). En las Figura 8 y 9 se muestran el FAFA y el esquema de tratamiento que emplea.

El FAFA puede tener una o más zonas de filtración en serie, además es necesaria la existencia de los tratamientos preliminar y primario que remuevan los sólidos que puedan obstruir la unidad. (Tilley et al., 2018).

Figura 8

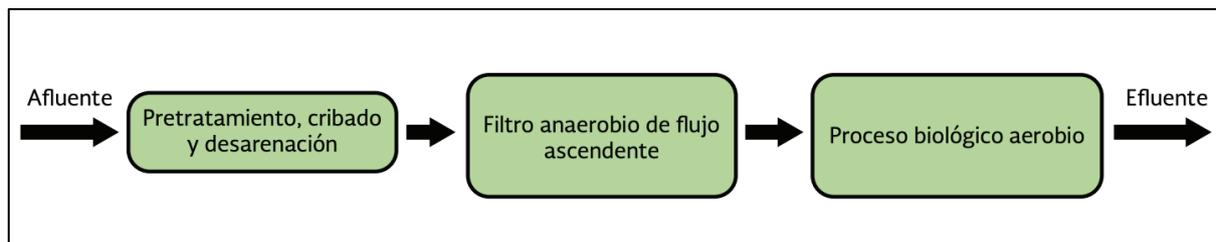
Filtro anaerobio de flujo ascendente



Nota. Recuperado de “Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente”, por CONAGUA, 2014, p. 3, Ciudad de México, México.

Figura 9

Tren de tratamiento que emplea un FAFA



Nota. Recuperado de “Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente”, por CONAGUA, 2014, p. 3, Ciudad de México, México.

Los tiempos medios de retención celular del orden de cien días se pueden obtener, debido a que las bacterias no son arrastradas por el efluente y se adhieren al medio; por lo tanto, el FAFA se puede aplicar para tratar residuos de bajas concentraciones a temperatura ambiente. (Metcalf y Eddy, 2003).

La biomasa se puede encontrar de tres maneras diferentes en un FAFA respecto al material filtrante (grava): como una película fina adherida al área del medio filtrante y debajo de este como flóculos grandes, además en forma de una biomasa acumulada en los espacios vacíos del mismo. (Chernicharo, 2007).

Criterios de diseño y dimensionamiento.

A continuación, se citan los pasos más importantes del proceso de diseño descrito por CONAGUA (2014, pp. 13-15).

- El volumen requerido de la unidad se determina con base en el TRH y el caudal de AR a tratar (ecuación 11), para lo cual, Chernicharo (2007) recomienda un TRH de 4 a 10 horas.
- Chernicharo (2007) manifiesta que la carga orgánica volumétrica hace referencia a la carga de MO que se aplica por unidad de volumen del filtro, además Malina y

Pohland (1992) dan a conocer que operando con un TRH entre 12 y 96 horas en procesos anaerobios empacados se han empleado COV superiores a 16 Kg de DQO/m³d.

- El porcentaje de remoción del FAFA se puede estimar mediante la ecuación 12.

$$TRH = \frac{V}{Q} \quad (11)$$

$$E = 100 * (1 - 0.87TRH^{-0.5}) \quad (12)$$

Donde:

COV= carga orgánica volumétrica (Kg de DQO/(m³*d) o Kg de DBO/(m³*d))

Q= gasto (m³/d)

V= = volumen total del filtro o volumen ocupado por el medio empacado (m³).

TRH= tiempo de retención hidráulica (horas).

E= eficiencia o porcentaje de remoción del FAFA o de remoción (%).

Laguna Facultativa. Los estanques o lagunas facultativas son el tipo más empleado dentro de los sistemas de estanques de estabilización y el proceso de tratamiento consiste en un periodo de retención largo del agua residual. (Von Sperling y Chernicharo, 2005).

Durante el periodo de depuración del agua residual se llevan a cabo mecanismos en tres zonas: aeróbica (superior), facultativa (intermedia) y anaerobia (inferior). En el fondo del estanque se forma una capa de fangos compuesta por materia orgánica sedimentada, que se convierte en dióxido de carbono, metano, etc.; el nivel intermedio representa la transición entre la etapa anaerobia y la aerobia desarrollada por microorganismos; finalmente, en la parte superior la materia orgánica se oxida por la respiración aeróbica a través del oxígeno aportado por la fotosíntesis que realizan las algas, existiendo un equilibrio entre su consumo y producción y el dióxido de carbono. (Von Sperling y Chernicharo, 2005).

La profundidad de diseño de la laguna facultativa es de 2 a 4m, y tendrá un funcionamiento adecuado si el efluente tiene un color verde oscuro brillante sin olor; mientras

que, un funcionamiento regular de la unidad será cuando el efluente tenga una coloración verde opaco o amarillenta con disminución de OD y pH; por otra parte, si el efluente posee un color negro o gris con mal olor la unidad tendrá un mal funcionamiento. (CONAGUA, 2015c).

Factores Determinantes en el Tratamiento Biológico. El crecimiento de microorganismos será proporcional al aumento de temperatura, a pH bajo (ácido) los microorganismos no sobrevivirán, evitar el exceso de DBO (afluente) para que la laguna no tenga un mal funcionamiento, el decrecimiento de bacterias se da por la presencia de metales pesados, sulfatos, pesticidas y finalmente controlar el contenido de fósforo y nitrógeno para evitar la eutrofización. (UNATSABAR, 2015).

Criterios de Diseño. El diseño de la laguna facultativa se detalla en UNATSABAR (2015, pp. 28-33) con base en el procedimiento por Gobierno del Perú (2009) en la norma vigente S090, siendo los principales pasos del proceso los siguientes:

Se estima el caudal a tratar con base en la contribución per cápita de la población (ecuación 13), luego se determina el área de la laguna de acuerdo con la carga superficial y se establece una altura de la laguna (se recomienda de 1.5m a 2.5m, posteriormente se estima el volumen y periodo de retención de lodos, finalmente se puede estimar el contenido de DBO en el efluente por medio de la ecuación 14.

$$Qp = \frac{P * D}{100} * C \quad (13)$$

$$DBO_{efluente} = \frac{DBO_{soluble} * 4 * a * e^{\left(\frac{1-a}{2a}\right)}}{(1 + a)^2} \quad (14)$$

Donde:

D= dotación (L/hab/d)

Cs= carga superficial de diseño (Kg DBO/hab*día)

A= área (m²)

P = población (habitantes)

a = constante

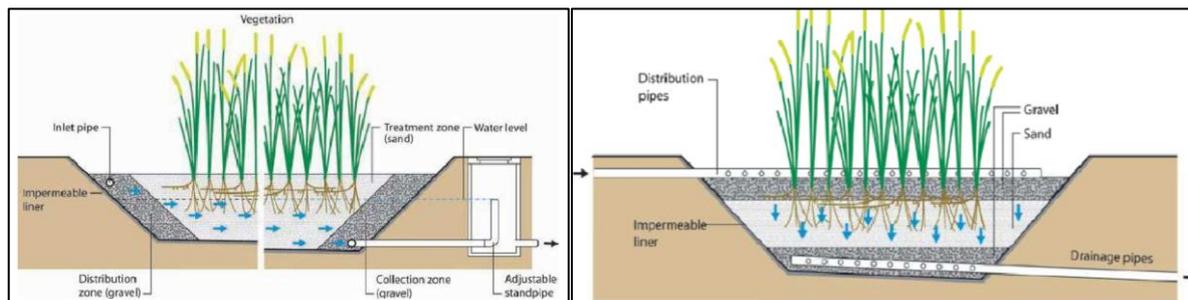
d = factor de dispersión

Humedales Artificiales de Flujo Sub Superficial. Son sistemas diseñados para tratar los contaminantes de aguas residuales, mediante las funciones naturales de pantanos, vegetación, suelos y poblaciones microbianas. Al ser un sistema natural es de fácil aplicación, con costos relativamente bajos y en la parte operativa no requiere de personal calificado. Los HHAA pueden ser diseñados con flujo horizontal (HFH) y vertical (HFV) (ver Figura 10). La remoción de sólidos suspendidos y DBO puede ser del 90 al 99%. (Hoffmann et al., 2011).

El tratamiento en los HHAA consiste en una serie de procesos biológicos y físicos, siendo el más significativo la filtración biológica desarrollada por las bacterias aerobias y facultativas. (Hoffmann et al., 2011).

Figura 10

Humedales artificiales de flujo horizontal y vertical



Nota. Recuperado de “Greywater Management in Low and Middle-Income Countries, Review of different treatment systems for households or neighbourhoods”, por Morel y Diener, 2006, pp. 23-24, Dübendorf, Switzerland.

Son unidades de tratamiento conformadas por zanjas excavadas y rellenas generalmente con material granular como grava y están compuestas por plantas. En el tratamiento de AR cumple tres funciones: (Ayala y Gonzales, 2008).

- Fijar físicamente los contaminantes y la MO en la superficie del suelo.
- Por medio de organismos utilizar y transformar los elementos.
- Mediante un bajo mantenimiento y consumo de energía lograr niveles de tratamiento estables.

Criterios de diseño.

El tipo de AR a tratar es importante en el diseño de HHAA, debido que, las aguas grises a diferencia de las ARD tienen concentraciones mínimas de nutrientes (fósforo y nitrógeno) y de organismos patógenos. (Hoffmann et al., 2011).

Los criterios y parámetros de diseño dependen básicamente del tipo de AR y de la zona climática.

El área requerida por persona es un parámetro de diseño simplificado que sirve como una aproximación inicial del área necesaria (ver Tabla 5).

Tabla 5

Área requerida de HHAA para aguas pre tratadas de acuerdo con las condiciones climáticas

Área Requerida (M2)	Clima Frío, T Media Anual <10°C		Clima Caliente, T Media Anual <10°C	
	HFH	HFV	HFH	HFV
Por habitante (m2/habitante)	8	4	3	1.2

Nota. Recuperado de “Greywater Management in Low and Middle-Income Countries, Review of different treatment systems for households or neighbourhoods”, por Morel y Diener, 2006, p. 17, Dübendorf, Switzerland.

Tratamiento Terciario

También conocido como tratamiento avanzado se emplea en la depuración de aguas residuales para mejorar la calidad del efluente que proviene del tratamiento secundario. (Ramalho, 1996). En este nivel de depuración del agua residual se emplean combinaciones de procesos unitarios para eliminar componentes como el fósforo y nitrógeno, mientras que la

remoción adicional de sólidos suspendidos se realiza mediante filtración. (Metcalf y Eddy, 2003).

Generalmente el agua residual municipal no requiere tratamiento terciario, excepto en casos de reutilización o a fin de evitar la contaminación de los cuerpos receptores. (Ayala y Gonzales, 2008). En países en desarrollo, el tratamiento terciario es poco común, por lo que generalmente el tratamiento secundario es suficiente para cumplir con las normas de calidad ambiental. (Von Sperling, 2007).

Remoción de Sólidos en Suspensión. Los SS que permanecen en el AR después del tratamiento secundario, constituyen una parte fundamental de la DBO del efluente final de las PTAR. La filtración se emplea generalmente para remover sólidos en suspensión hasta en un 99%, utilizando materiales de filtro como: arena, tierra de diatomeas y antracita. (Ramalho, 1996).

Modelización de Oxígeno Disuelto en Ríos

Los primeros trabajos sobre el consumo y recuperación de OD en ríos se desarrollaron entre los años 1870 y 1900. Caracterizar la polución un río no es fácil, principalmente porque los distintos contaminantes producen efectos muy variados. En la contaminación de los sistemas acuáticos la MO produce un efecto más significativo respecto a las demás características del AR. Para determinar el grado de contaminación de un río a causa de la DBO, se considera el OD al ser un indicador fundamental de calidad de agua. (Sánchez, 2006).

La capacidad de un cuerpo receptor de agua para recibir y oxidar AR depende de la cantidad de oxígeno disponible, por lo que, la contaminación en una fuente receptora será el equilibrio entre este recurso y la demanda de materia orgánica (consumo de oxígeno). Por lo tanto, la auto purificación en ríos debe considerar la demanda y recursos de oxígeno, dado que, los cambios del contenido de oxígeno disuelto están asociados a procesos bioquímicos que se

producen por la oxidación de MO contenida en el efluente de fuentes de contaminación como PTAR. (Streeter y Phelps, 1925).

Las fuentes principales de aporte de OD a ríos son: re aireación atmosférica, fotosíntesis e inyección artificial de OD por equipos de aireación. (Romero, 2005).

De manera general, los modelos de degradación de oxígeno en ríos suponen que el OD es el producto de cinco procesos de auto purificación: desoxigenación carbonácea, re aireación atmosférica, fotosíntesis y respiración vegetal, demanda béntica de oxígeno y demanda de oxígeno por nitrificación. (Romero, 2005).

Modelo de Streeter y Phelps

Este modelo publicado en 1994 se aplica a ríos en condiciones aerobias, flujo unidimensional, permanente y a superficie libre. El modelo tiene como hipótesis que las variaciones de la pérdida de OD corresponde a la diferencia entre la oxidación biológica de la MO carbonácea y la desoxigenación del agua producida por la supresión de la DBO, seguida del aporte de OD de la atmósfera, ocasionada por la carencia de OD y la turbulencia. (Santamaría, 2013).

La concentración de OD en ríos y cuerpos de agua es controlada por varios procesos biogeoquímicos (re aireación, fotosíntesis, respiración, nitrificación, demanda de oxígeno por sedimentos “SOD”). (Chapra y Runkel, 1999).

Streeter y Phelps (1925) desarrollaron un modelo de consumo de oxígeno que considera los efectos de descomposición y la re aireación en el OD en el flujo. Una aplicación común del modelo es, determinar el perfil de OD en estado estacionario bajo una fuente puntual única de vertimiento, como una PTAR.

Para la aplicación de este modelo se requiere de los siguientes datos: DBO, OD, temperatura, tasa de re-aireación, velocidades de flujo y tasa de desoxigenación del agua. (Santamaría, 2013).

Déficit de Oxígeno. El déficit de oxígeno en un punto está dado por la ecuación 16.

$$\frac{dD}{dt} = K_1L - K_2D \quad (15)$$

$$D = \frac{K_1L_0}{K_2 - K_1} [e^{-K_1t} - e^{-K_2t}] + D_0e^{-K_2t} \quad (16)$$

Donde:

D= déficit de OD para el tiempo t (mg/L).

L₀= DBOUC inicial t=0 (mg/L).

L= DBOUC remanente t=t (mg/L).

t= tiempo de flujo (d).

K₁= constante de desoxigenación base e, (d⁻¹).

K₂= constante de re aireación base e, (d⁻¹).

D₀= déficit inicial de OD (mg/L).

Constante de Desoxigenación Carbonácea (K1). Con fines prácticos, la constante de desoxigenación se considera como la tasa global de remoción K1 con los datos de campo y se puede calcular con las ecuaciones 17 y 18. Indica la evolución de la DBO a través del tiempo, en donde influyen diversos factores como: temperatura, concentración de OD y la carga orgánica actual.

$$\frac{dL}{dt} = L * K1 \quad (17)$$

$$L = L_0 * e^{-K_1t} \quad (18)$$

Donde:

dL/dt= tasa de oxidación de la materia orgánica.

L= materia orgánica remanente en el tiempo t, (mg/L).

t= tiempo de reacción (d).

Otra forma de obtener el valor de K_1 , es aplicando las ecuaciones de Wright y McDonnell 19 y Bosko 20.

$$K_1 = 1.80 * Q^{-0.49} \quad (19)$$

$$K_1 = k + n \frac{V}{H} \quad (20)$$

Donde:

K_1 = constante de desoxigenación de DBO a 20°C, base e , (d^{-1}).

Q = caudal del río (m^3/s).

k = constante de desoxigenación promedio en la botella de DBO, base e , (d^{-1}).

n = coeficiente de actividad del lecho del río.

V = velocidad del río (m/d).

H = profundidad del río (m).

En la Tabla 6 se indican valores de k para la ecuación de Bosko, mientras que los valores de n pueden ser: para aguas profundas y estancadas 1.2×10^{-6} y para ríos rápidos mayor o igual a 1.2×10^{-6} . (Romero, 2005).

Tabla 6

Valores de K para la ecuación de Bosko.

Tipo de agua	k (d^{-1})
Agua residual cruda.	0.35 a 0.60
Efluente biológico de alta calidad.	0.10 a 0.15
Ríos con polución baja.	0.10 a 0.12

Nota. Recuperado de “Tratamiento de Aguas Residuales”, por Romero, J, p. 989, Bogotá, Colombia.

De acuerdo con Benefield y Randall otros valores característicos de k son: $0.35 d^{-1}$ para ARD débil, $0.39 d^{-1}$ para ARD fuerte, $0.35 d^{-1}$ para efluente primario y 0.12 a $0.23 d^{-1}$ para efluente secundario. (Romero, 2005).

Constante de re aireación (K_2). Re aireación es el proceso a través del cual el oxígeno y demás componentes gaseosos del aire son restaurados en los cuerpos de agua de movimiento;

no obstante, no garantiza la presencia de oxígeno en un punto dado para los usos del agua que se puedan requerir. (Romero, 2005).

Los factores que afectan la constante K_2 van desde la temperatura y agitación hasta la superficie de intercambio y el volumen de agua. Se puede estimar aplicando las ecuaciones empíricas de O'Connor y Dobbins, Owens y Gibbs Churchill expuestas en la Tabla 7.

Tabla 7

Ecuaciones de tasa de re aireación

Autor.	Ecuación.	
O'Connor y Dobbins (1952)	$K_2 = \frac{(DL * U)^{0.5}}{H^{1.5}}$	(21)
	$D_{L,20} = 1.76 * 10^{-4} (1.037)^{T-20}$	(22)
Owens y Gibbs (1964)	$K_2 = 5.34 \frac{U^{0.67}}{H^{1.85}}$	(23)
Churchill (1962).	$K_2 = 5.026 \frac{U}{H^{1.67}}$	(24)
Texas (1989)	$K_2 = 1.923 \frac{U^{0.273}}{H^{0.894}}$	(25)
Langbein y Durum	$K_2 = 2.2 \frac{U}{H^{1.33}}$	(26)

Nota. Recuperado de “Tratamiento de Aguas Residuales”, por Romero, J, pp. 991-994, Bogotá, Colombia.

Donde:

K_2 = coeficiente de re aireación (d^{-1}).

U = velocidad de la corriente (m/s).

H = profundidad de la corriente (m).

DL = coeficiente de difusión molecular para oxígeno a la temperatura T (m^2/d).

Saturación de oxígeno disuelto. La Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE) sin tener en cuenta del efecto de la salinidad en el agua, establece la ecuación 27 para el cálculo de OD de saturación para condiciones normales de presión (1 atm-760 mmHg). Para variaciones de altitud se debe corregir el valor de ODS a través de la ecuación 28. (Santamaría, 2013).

$$\text{ODS} = 14.652 - (0.41022 * T) + (0.007991 * T^2) - (0.000077774 * T^3) \quad (27)$$

$$P = 760e^{\frac{E}{8.005}} \quad (28)$$

Donde:

ODS= concentración de saturación de OD (mg/L).

T= temperatura (°C).

P= presión atmosférica a la elevación E (mm Hg)

E= elevación (m.s.n.m).

Por lo tanto, el valor de ODS corregido se estimará con la ecuación 29.

$$OD_{SC} = OD_S^{\frac{P}{760}} \quad (29)$$

Donde:

OD_{SC}= oxígeno disuelto de saturación corregido (mg/L).

Curva SAG. Cuando se evalúa la contaminación de un cuerpo de agua, se puede observar que el OD será aproximado al ODS cuando no exista demanda de oxígeno, caso contrario, al existir dicha demanda los valores de OD empezarán a decaer hasta llegar a un punto crítico. El declive de la concentración de OD se produce por fenómenos como: la respiración de microorganismos y la baja producción fotosintética a causa de la turbiedad. La recuperación de OD en el punto crítico tiene lugar cuando la oxigenación se equilibra a la desoxigenación y luego de la oxidación de la materia orgánica. Luego de este proceso, el OD tiende a recuperarse hasta simular las condiciones previas del agua al punto de vertimiento (efluente PTAR), la evolución del OD afectada por las constantes de desoxigenación

carbonácea “K1” y la re aireación “K2” se representa por medio de la curva “SAG” (ver Figura 11). (Santamaría, 2013).

El punto principal para la construcción de la curva SAG es el *punto crítico*, en donde, el valor de OD es mínimo y el tiempo o distancia necesaria para que el OD sea el mínimo ecuaciones 30, 31 y 32. (Santamaría, 2013).

$$t_c = \frac{1}{K_2 - K_1} \ln \left[\frac{K_2}{K_1} \left(1 - \frac{D_0(K_2 - K_1)}{K_1 L_0} \right) \right] \quad (30)$$

$$D_c = \frac{K_1}{K_2} L_0 e^{-K_1 t_c} \quad (31)$$

$$L_c = \frac{U}{K_2 - K_1} \ln \left[\frac{K_2}{K_1} \left(1 - \frac{D_0(K_2 - K_1)}{K_1 L_0} \right) \right] \quad (32)$$

Donde:

t_c = tiempo de flujo hasta el punto crítico (d).

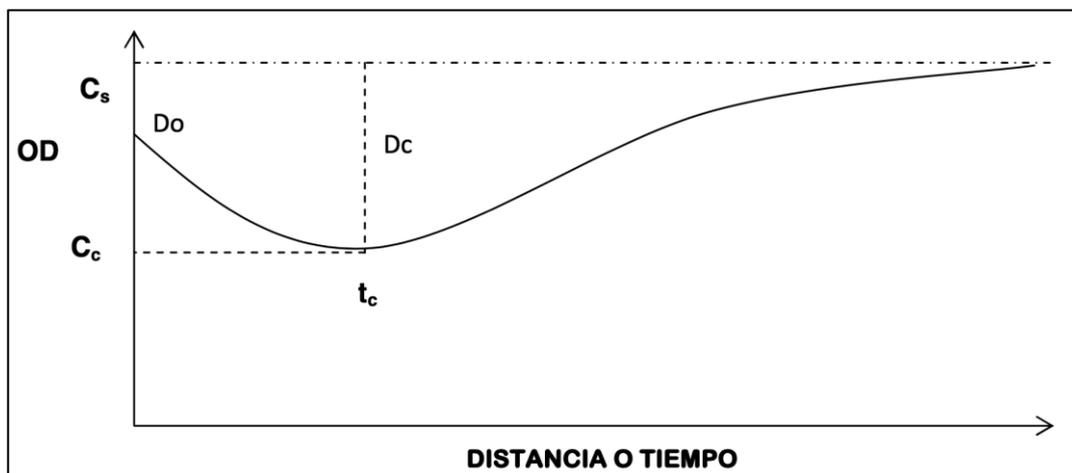
D_c = déficit crítico (mg/L).

D_0 = déficit inicial de oxígeno (mg/L).

L_0 = DBOUC inicial para $t=0$ (mg/L).

Figura 11

Curva SAG.



Nota. Recuperado de “Análisis Simplificado de Oxígeno Disuelto en el río Ubaté por el modelo Qual2k”, por Santamaría, F, 2013, Bogotá, Colombia.

Marco Metodológico.

Caracterización de la Zona de Estudio

Clima

Las PTAR El Hervidero y El Muelle se encuentra a 2800 y 2650 m.s.n.m respectivamente, por lo que, de acuerdo con el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDYOT) (2020), la cabecera cantonal y comunidades como Chuinchun, Romerillo y Pillcopata pertenecen al piso climático “montano”, mientras que, las demás comunidades al piso climático “montano alto”. La temperatura media anual varía en el día de 8 a 10°C y en la noche de 4 a 6°C; por otra parte, la temperatura más alta se registra en el mes de septiembre y las más baja en febrero.

Hidrografía

El cantón El Tambo se ubica dentro de la cuenca del río Cañar, las microcuencas de los ríos que atraviesan el cantón son la del río San Antonio (2353ha), río Cañar (1649ha), quebrada de Cushcurrun (1518ha) y río Silante (1603ha). (GADMICET, 2020).

El río San Antonio aguas abajo se une con el río Cañar, cuyo curso desde su origen se dirige hacia el suroeste hasta desembocar en el golfo de Guayaquil frente a la isla Mondragón. (Morán y Orellana, 2008).

Actividad Socio-Económica. Las principales actividades que se desarrollan en el cantón son: agricultura y ganadería (36.4%), construcción (10%), comercio al por mayor y menor (9.7%), transporte y almacenamiento (7.7%) e industrias manufactureras (6.4%). (GADMICET, 2020).

En la zona rural cantón, la mayoría de la población está ligada a actividades agrícolas, que se desarrollan en parcelas y terrenos junto a sus viviendas; de igual forma, la segunda actividad que predomina en la zona es la ganadería. (GADMICET, 2011).

Infraestructura Sanitaria

Sistema de Abastecimiento de Agua Potable. El abastecimiento de agua potable en el cantón cada año va teniendo problemas, como la pérdida de vertientes, por consecuencia de la deforestación y ampliación de la frontera agrícola. Actualmente se potabiliza 20 L/s de agua en dos plantas de tratamiento de tipo convencional y compacta, el servicio de agua potable para la zona urbana se encuentra a cargo de EMAPAT que dota del servicio a 2224 usuarios. El agua se capta en dos puntos del río San Antonio y en 3 vertientes: Trenza, Yarayacu y Labrazhcarrumi. (GADMICET, 2020).

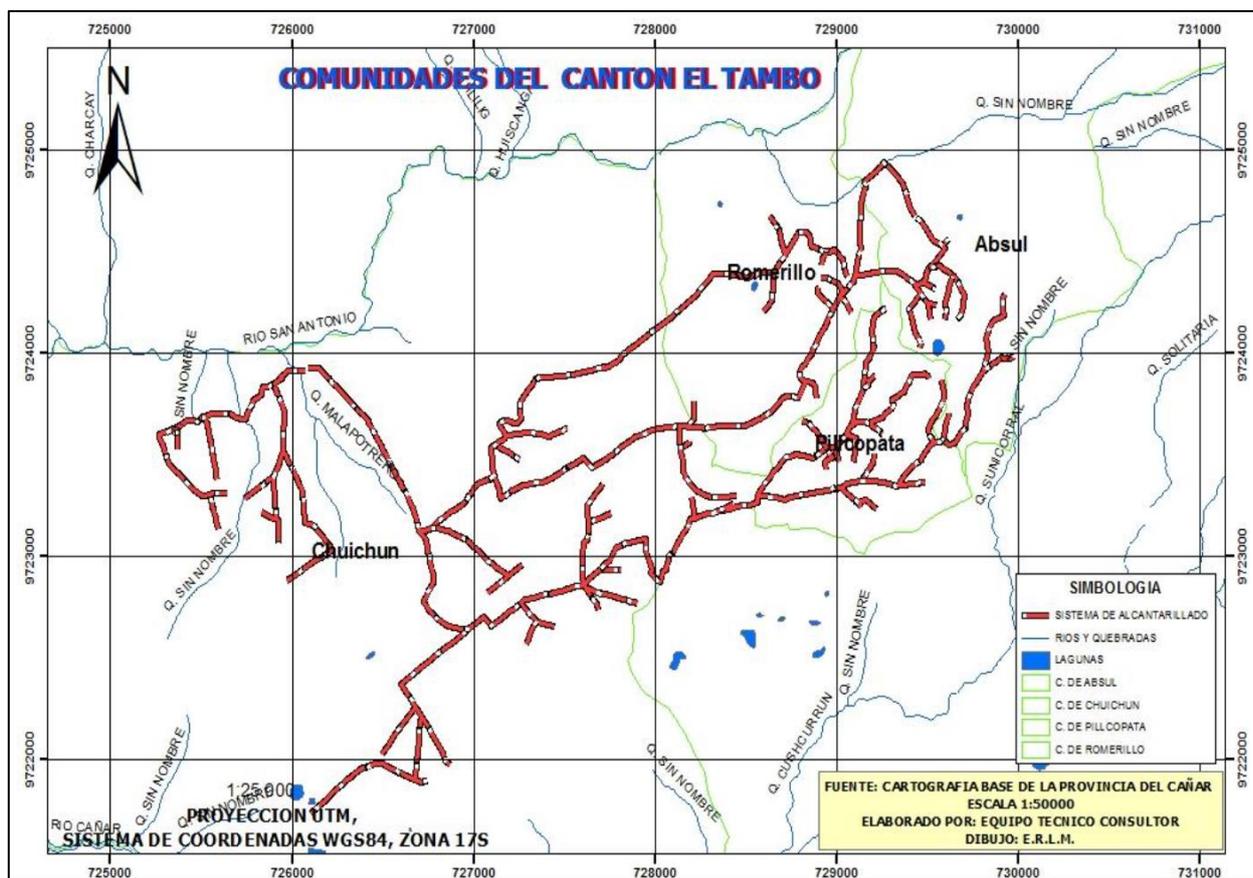
De acuerdo con GADMIE (2011), las comunidades aportantes a la PTAR “El Muelle” cuentan con los siguientes porcentajes de cobertura del sistema de agua potable: Absul (90%), Romerillo (100%), Chuichun (95%) y Pillcopata (100%). (p. 50).

Sistema De Alcantarillado. De acuerdo con el censo del año 2010, el 85% de las viviendas de la zona urbana descarga las aguas servidas al sistema de alcantarillado público, mientras que, en la zona rural solamente el 22.72% de las viviendas están conectadas a la red pública. Existen otros tipos de disposición del agua residual como: pozo séptico, pozo ciego, descarga directa a ríos o quebradas y letrinas. La zona urbana y rural del cantón poseen un sistema de alcantarillado combinado. (GADMICET, 2020)

En la Figura 12 se muestra un mapa de la red de alcantarillado existente en la zona rural del cantón.

Figura 12

Red de alcantarillado comunidades El Tambo



Nota. Recuperado de “EsIA y PMA para la Construcción y Funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y Sistema de Alcantarillado de las comunidades Absul, Romerillo, Pillcopata, Molinopungo, Chuichun Centro, Ana María Bolaloma y Tunaspamba del cantón El Tambo”, GADMICET, 2011, p. 39, El Tambo, Ecuador.

Descripción De Las PTAR

PTAR El Hervidero.

Ubicación y Características Generales. La PTAR se encuentra ubicada en el sector El Hervidero en el cantón El Tambo a 350m de la Panamericana Norte, en las coordenadas geográficas WGS 84/UTM zona 17M 730260E, 9720296N a 2840 m.s.n.m. Recibe el agua residual que proviene de la zona sur del cantón, en donde se encuentran los siguientes sectores y ciudadelas: Romero Pata, Marcopamba, Sarapamba Yutuloma, Sueño de los pobres, Cdl. El

Chofer, Jahuatambo, Colinas del Tambo, San Miguel, La Estación, Miguel Carrasco, Carrera Ingapirca, Virgilio Cuesta, Línea Ferrea, Tambo Real, La Panchera, Las Acacias, San Pablo, Nuevo Amanecer, Panamericana Sur, Paraiso, Hermanos Tapia, Chitaloma, Municipal, Ensueños, La Victoria, Panamericana Antigua y Buena Fe.

El acceso a la PTAR es a través de un camino agrícola que conecta la Panamericana Norte con la PTAR, la cual se encuentra en la ribera del río Cañar, rodeada de un bosque y terrenos particulares. En la Tabla 8 se indican las coordenadas de la PTAR y de las estaciones de monitoreo que se observan en la Figura 13, además en la Figura 14 se puede observar la PTAR en estudio.

Las estaciones seleccionadas para el monitoreo de aguas residuales y aguas naturales (E1, E2, E3 y E4) mostradas en la Figuras 13 y 16 corresponden respectivamente a los puntos localizados 50m aguas arriba, 50m aguas abajo, 100m aguas abajo y 150m aguas abajo del efluente de cada PTAR.

Tabla 8

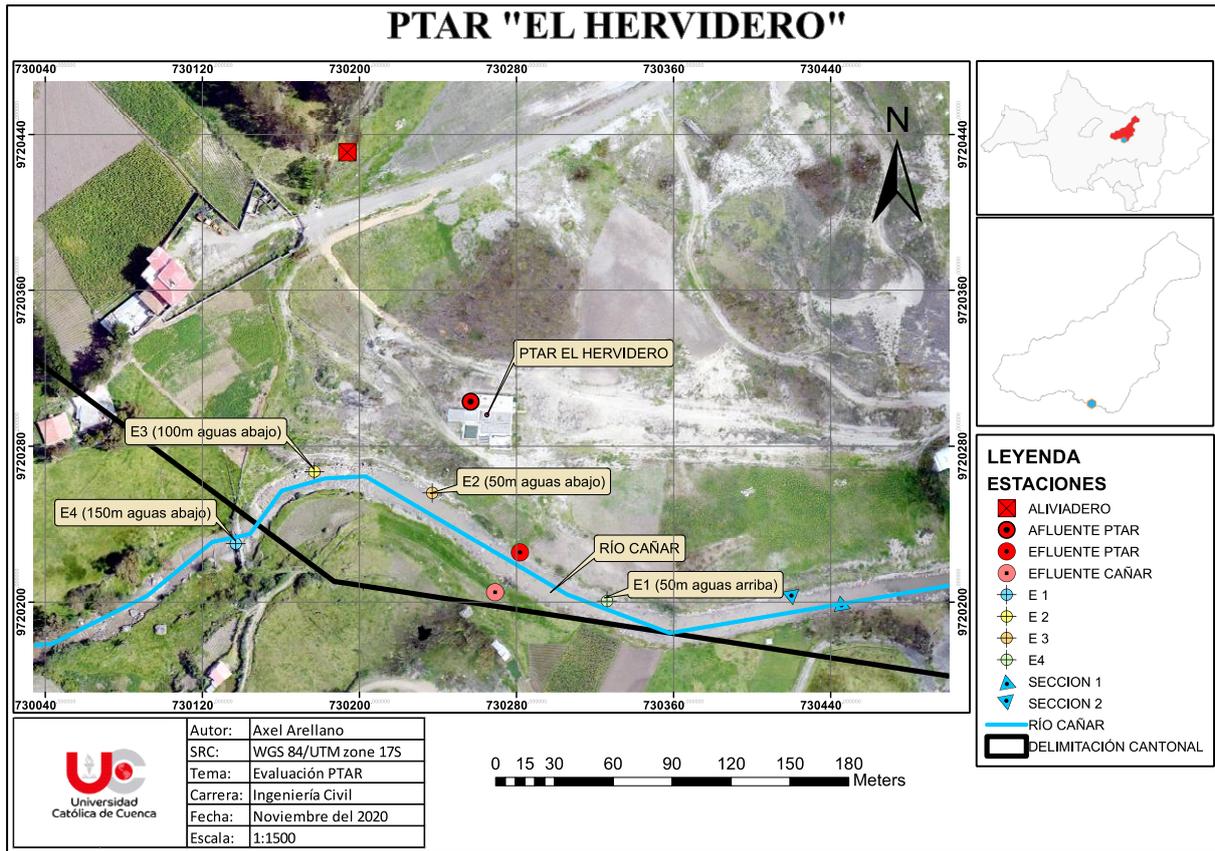
Coordenadas de estructuras y estaciones de monitoreo PTAR “El Hervidero”

Estación	Coordenadas WGS 84/UTM zona 17S.		Altura (m.s.n.m)
	NORTE	ESTE	
Aliviadero	9720430	730193	2890
Afluente	9720302	730256	2855
Efluente PTAR	9720225	730281	2840
Efluente Cañar	9720205	730269	2840
E1	9720230	730137	2837
E2	9720267	730177	2835
E3	9720256	730327	2835
E4	9720200	730326	2835
S1	9720199	730445	2838
S2	9720202	730420	2838

Nota. Elaboración propia

Figura 13

Mapa PTAR "El Hervidero"



Nota. Elaboración propia.

Figura 14

PTAR El Hervidero.



Nota. Elaboración propia.

Sistema de Tratamiento. El sistema de tratamiento de agua residual de la PTAR está constituido por tratamiento físico (tanque séptico), seguido de proceso biológico (filtros anaerobios y laguna facultativa); mientras que, para el tratamiento de lodos, dispone de un lecho de secado a cielo abierto para la deshidratación de los fangos.

El esquema de funcionamiento de la PTAR y su axonometría se pueden observar en la Figura 15 en donde el afluente llega a través de una tubería de PVC de 250mm al tanque séptico, luego continua con el tratamiento anaerobio en los FAFA y en la laguna facultativa, en donde los lodos retenidos son transportados al lecho de secado por medio de una tubería de PVC de 200mm, el efluente de la laguna junto al del lecho de secado producto de la deshidratación de lodos, es transportado al serpentín de desinfección y finalmente descargado al río mediante una tubería de PVC de 250mm.

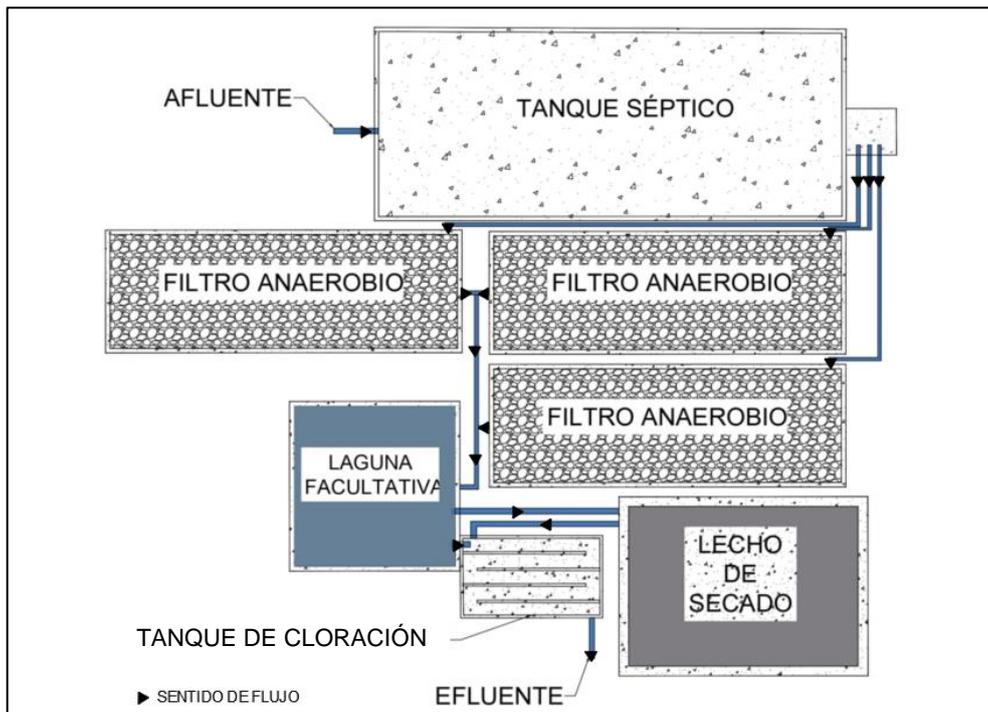
Figura 15

PTAR "El Hervidero". a) Axonometría. b) Esquema de flujo

a)



b)



Nota. La axonometría se realizó en el software "ArchiCad". Elaboración propia

PTAR El Muelle.

Ubicación y Características Generales. La PTAR denominada El Muelle o también conocida como PTAR de varias comunidades, debido a su localización y prestación de servicios a las comunidades de Absul, Molinopungo, Romerillo, Chuichun Centro, Ana María Bolaloma, Tunaspamba y Pillcopata del cantón El Tambo. Se encuentra emplazada en las coordenadas WGS 84/UTM zona 17M 725946S, 9724021N a 2631 m.s.n.m a 5 kilómetros al oeste del centro del cantón El Tambo. En la Tabla 9 se muestran las coordenadas de las estaciones expuestas en la Figura 16.

La PTAR cuenta con cerramiento de malla metálica, se encuentra limitada por terrenos privados, por la quebrada El Muelle y el río San Antonio. Su funcionamiento está a cargo del GADIC Municipal y para el mantenimiento de las unidades cuenta con un operador.

La PTAR cuenta con cerramiento de malla metálica y su funcionamiento está a cargo de un operador que labora 8 horas al día, está limitada por terrenos privados, la quebrada El Muelle y el río San Antonio. La entidad a cargo de la PTAR es el GADIC Municipal y en la **Error! Reference source not found.** se puede observar la PTAR desde el exterior.

Tabla 9

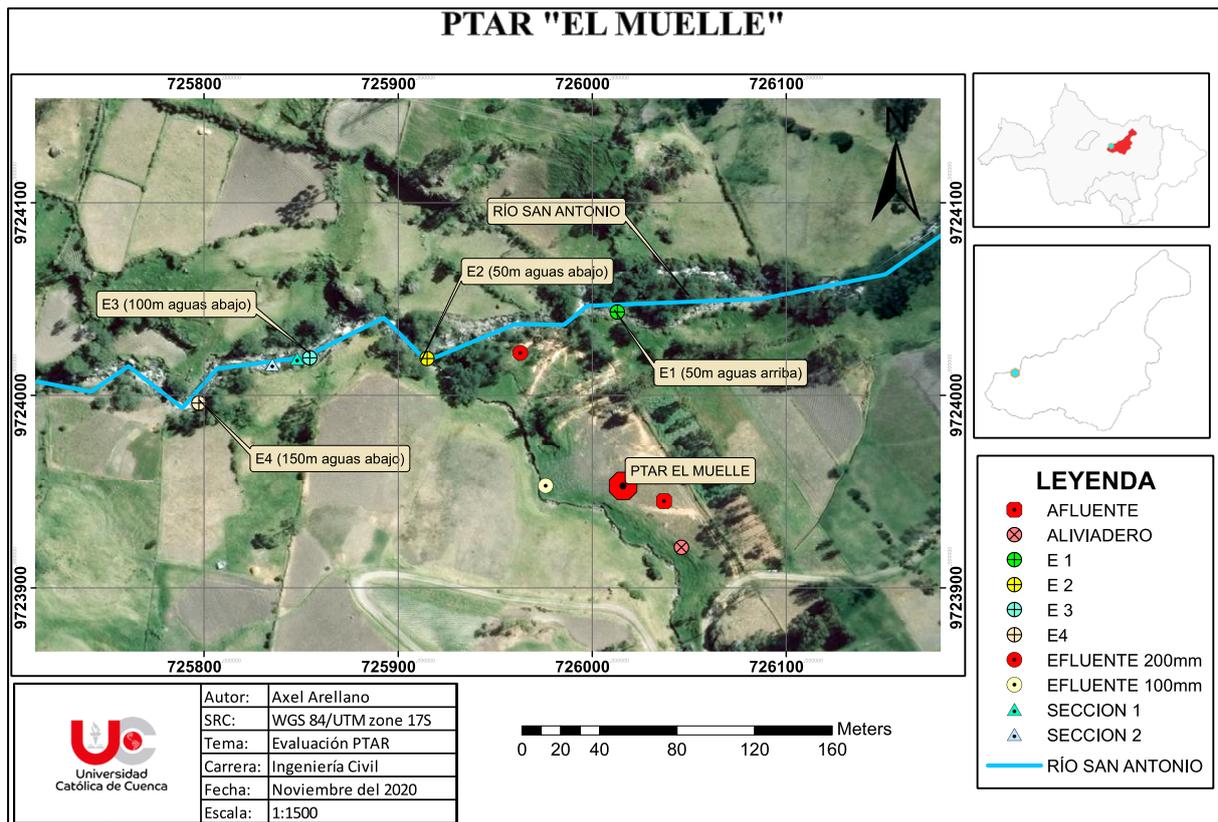
Coordenadas de estructuras y estaciones de monitoreo PTAR “El Muelle”

Estación	Coordenadas WGS 84/UTM zona 17S.		Altura (m.s.n.m)
	NORTE	ESTE	
Aliviadero	9723921	726046	2653
Afluente	9723945	726037	2652
Efluente 200mm	9723945	726037	2633
Efluente 100mm	9723953	725976	2639
E1	9724043	726013	2635
E2	9724019	725915	2632
E3	9724019	725854	2632
E4	9723995	725797	2631
S1	9724019	725835	2632
S2	9724016	726046	2632

Nota. Elaboración propia

Figura 16

Mapa PTAR "El Muelle"



Nota. Elaboración propia.

Figura 17

PTAR El Muelle.



Nota. Elaboración propia.

Sistema de Tratamiento. El sistema de tratamiento de la PTAR en estudio, abarca procesos de tratamiento físicos y biológicos: pre tratamiento y tratamiento primario (rejilla, desarenador y tanque Imhoff) y tratamiento secundario (FAFA y HHAA); por otra parte, el tratamiento de lodos cuenta con un lecho de secados al aire libre para deshidratar los fangos.

El esquema de flujo en la PTAR del ARD y pluvial de las comunidades previamente mencionadas, se muestra en la Figura 18, en donde se puede observar el afluente de PVC $\varnothing=200\text{mm}$ que llega a la rejilla y canal desarenador, cuando el caudal que circula supera el caudal de diseño, el flujo se desvía a través de un bypass de PVC $\varnothing=200\text{mm}$. Por otra parte, el flujo que llega al tanque Imhoff, luego de un periodo de tiempo es transportado a los FAFA, en los cuales el agua depurada adecuadamente, es vertida a la quebrada el Muelle por medio de una tubería PVC $\varnothing=100\text{mm}$, como es evidente, el agua que aún necesita tratamiento es transportada a los HHAA por medio de una rápida, finalmente se conecta a la tubería del bypass y es descargada al río San Antonio.

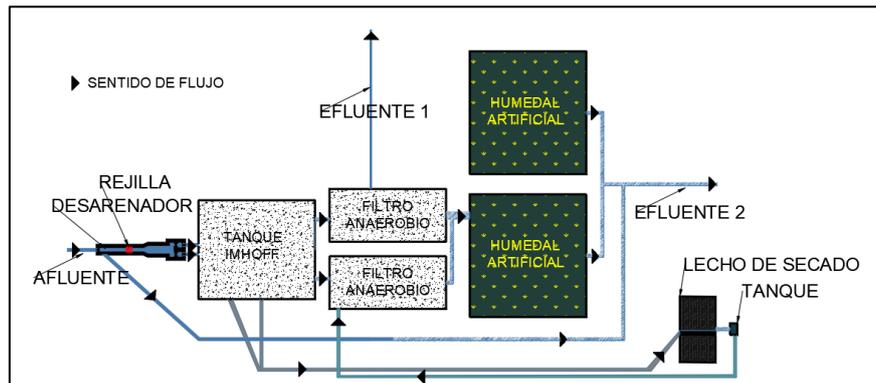
Los fangos retenidos en el tanque Imhoff son transportados al lecho de secados para su deshidratación, el agua resultante es conducida a un tanque para posteriormente ser bombeada al FAFA para continuar con su tratamiento.

Figura 18

PTAR El Muelle. a) Axonometría. b) esquema de flujo



b)



Nota. Elaboración propia.

Evaluación de las PTAR

En este apartado la evaluación de las PTAR se realizará con base en la infraestructura que presenta cada unidad de tratamiento de las PTAR de los sectores El Hervidero y El Muelle.

El levantamiento de las principales unidades de tratamiento que se describen a continuación, se llevó a cabo con cinta métrica y flexómetro con el fin de conocer las

dimensiones que presentan las estructuras; sin embargo, por motivo de que no se puede medir la profundidad real de las unidades, dado que se encuentran enterradas en distintos niveles y el acceso no es posible, las profundidades se han tomado de acuerdo a los planos originales de diseño.

PTAR El Hervidero

Estado y Descripción de la Infraestructura.

Tubería de Entrada (Afluente). El afluente ingresa por medio de una tubería de PVC $\text{Ø}=250\text{mm}$ que llega a una caja de distribución previa al tanque séptico. Durante los meses en los que se desarrolló la presente investigación la tubería ha presentado un estado de deterioro y rotura en la clave (ver Figura 19), en la segunda semana de septiembre se observó el cambio de tubería; sin embargo, en la Figura 20 y en el anexo 1 se puede observar que las tuberías remplazadas fueron abandonadas en un costado y en los espacios entre la fosa séptica y el FAFA.

Figura 19

Tubería de afluente deteriorada.



Nota. Elaboración propia

Figura 20

Tubería de afluente remplazada.



Nota. Elaboración propia

Fosa Séptica. La caja de ingreso a la fosa séptica es de hormigón armado y presenta acumulación de sólidos, además, permite el ingreso de materiales gruesos al tanque de carga (ver Figura 21).

La fosa séptica de hormigón armado de dimensiones 8.10m de ancho, 20.4m largo y 3.10m de fondo cuenta con dos cámaras, dos tapas de revisión, para la ventilación contiene tres accesorios *tee* de PVC $\text{Ø}=110\text{m}$, de las cuales 2 están rotas, de igual forma, el estado de la estructura de la fosa séptica se indica en la Figura 22. La entrada y salida del flujo es por medio de tuberías PVC $\text{Ø}=250\text{mm}$. El acceso a la parte superior de la fosa séptica se realiza por medio de dos escaleras metálicas (ver anexo 1).

Figura 21

Caja de ingreso y fosa séptica



Nota. Elaboración propia

Figura 22

Estructura de la fosa séptica PTAR “El Hervidero”.



Nota. Elaboración propia

Tanque de Carga.

El tanque de carga ubicado al final de la fosa séptica es de hormigón armado y de dimensiones de 2.20mX2.00mX2.10m, luego del tanque de carga se encuentra una caja de distribución con tres válvulas HF 200mm, de las que salen tres tuberías PVC $\text{Ø}=200\text{mm}$ para cada FAFA (véase la Figura 23).

Figura 23

Tanque de carga y caja de distribución PTAR El Hervidero



Nota. Elaboración propia

Filtros Anaerobios. Para el tratamiento biológico del agua residual, la PTAR cuenta con tres filtros anaerobios de hormigón armado, dos en paralelo y uno al final, rellenos de grava con tuberías perforadas PVC $\text{Ø}=110\text{mm}$ distribuidas en paralelo (ver Figura 24), las unidades presentan malezas y tuberías en mal estado sin acoplar, de igual manera, en el anexo 1 se puede observar aberturas debido a desplazamientos en los muros de los filtros y la presencia de materiales desprendidos. La Figura 24 presenta el estado de las unidades durante el lapso de las visitas realizadas hasta el día que la empresa EMAPAT procedió a realizar la limpieza (segunda semana de septiembre del 2020).

El buzón de unión (50cmX50cm) de los efluentes PVC $\text{Ø}=200\text{mm}$ de los FAFA en paralelo se pueden observar en el anexo 1 de donde sale una nueva tubería de PVC $\text{Ø}=200\text{mm}$ para unirse en un nuevo buzón con el efluente del último FAFA.

Figura 24

Filtros anaerobios sin mantenimiento PTAR “El Hervidero”



Nota. Elaboración propia

Laguna Facultativa. El afluente ingresa a la unidad por medio de una tubería PVC $\text{Ø}=200\text{mm}$, la laguna de hormigón armado tiene sección cuadrada de 7.4m de lado con 2.5m de profundidad, en la Figura 25 se puede observar la presencia de materiales depositados en la unidad.

Figura 25

Laguna facultativa PTAR “El Hervidero”.



Nota. Elaboración propia

El pasillo superior de la estructura presenta fisuras que se observan en el anexo 1. El efluente de la laguna es transportado al tanque de cloración a través de una tubería PVC $\text{Ø}=200\text{mm}$, y los lodos son conducidos al lecho de secado mediante una tubería similar.

Tanque de Cloración. Es de hormigón, de dimensiones 3.60mX6mX1.5m (ver Figura 32) durante el tiempo ha mostrado acumulación de tuberías y otros materiales (ver Figura 33), los afluentes del lecho de secado y laguna facultativa son de PVC Ø=200mm, mientras que, el afluente es de PVC Ø=250mm. La empresa EMAPAT en el mantenimiento realizado en el mes de septiembre de 2020 ha retirado las tuberías; sin embargo, en la Figura 26 se observa una tubería rota de donde el AR que debería ser tratada es desviada al tanque.

Figura 26

Tanque de cloración PTAR “El Hervidero”



Nota. Elaboración propia

Tubería de Salida (Efluente). El efluente de la PTAR sale por medio de una tubería PVC Ø=250mm que desemboca en el río Cañar como se puede observar en la Figura 27.

Lecho de Secado de Lodos. La unidad de hormigón armado destinada al tratamiento de lodos, mostrada en la Figura 28 tiene las siguientes dimensiones: 10.8mX7.90m y 1.80m de profundidad.

Obras Complementarias. Existen escaleras metálicas para el ingreso a las unidades de tratamiento y un muro de contención de hormigón armado de 2.3m de alto (ver Figura 29).

Figura 27

Efluente PTAR “El Hervidero”



Nota. Elaboración propia

Figura 28

Lecho de secado PTAR “El Hervidero”



Nota. Elaboración propia

Figura 29

Obras complementarias PTAR “El Hervidero”



Nota. Elaboración propia

PTAR El Muelle

Estado y Descripción de la Infraestructura.

Tubería de Entrada Afluente. Las ARD y pluviales ingresan a la PTAR por medio de dos tuberías PVC $\text{Ø}=200\text{mm}$, una enterrada y otra que cruza sobre la quebrada El Muelle, llegan a un buzón en donde existe un desvío directo a dicha quebrada cuando el caudal real excede el de diseño o cuando se necesita limpiar el desarenador (ver Figura 30). En este buzón el agua que ingresa a las unidades de tratamiento, lo hace por medio de una tubería PVC $\text{Ø}=200\text{mm}$ que llega al desarenador.

Rejilla y Desarenador. La rejilla que impide el paso de materiales grueso a unidades posteriores, está compuesta por varillas de acero corrugadas $\text{Ø}=20\text{mm}$ espaciadas 3cm entre los bordes, las dimensiones generales de la criba son 40cmX40cm la parte horizontal y 65cm de largo la parte inclinada que forma un ángulo de 45° con la horizontal. Las dimensiones del canal desarenador y de los vertederos fueron tomadas desviando el ingreso del agua residual a la quebrada “El Muelle” y se pueden observar en el anexo 2. Las unidades descritas se pueden observar en la Figura 31

Figura 30

Tubería de alcantarillado de ingreso y aliviadero PTAR “El Muelle”



Nota. Elaboración propia

Figura 31

Desarenador y criba PTAR “El Muelle”



Nota. Elaboración propia.

Tanques Imhoff. En la PTAR, posterior al desarenador se encuentran dos tanques Imhoff de hormigón armado ubicados en paralelo, de dos cámaras cada uno, las dimensiones globales de los tanques son 5.75m de ancho por 6.90m de largo y 9.36m de profundidad. El afluente ingresa a cada unidad por medio de una tubería PVC $\text{Ø}=200\text{mm}$, y el efluente sale a través de una tubería similar, el tanque Imhoff de la derecha cuenta con dos ductos de ventilación de PVC codos a 90° y cada tanque tiene dos tapas de revisión. En la Figura 32 se muestra el estado exterior de los tanques. La limpieza de los lodos retenidos en el fondo del tanque se realiza cada mes.

Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente. Los FAFA de hormigón armado se muestran en la

Figura 33, las dimensiones generales de cada filtro son 5.90m de ancho por 12.90m de largo y 5.40m de fondo, se ubican en paralelo separados por un pasillo en donde están instaladas tuberías de ventilación, además cada FAFA cuenta con una tapa de revisión. El afluente ingresa a la unidad a través de una tubería PVC $\text{Ø}=200\text{mm}$, en cada FAFA existen dos efluentes, el primero una tubería PVC $\text{Ø}=100\text{mm}$ por donde se vierte el AR tratada de manera

correcta y el segundo una tubería PVC $\varnothing=200\text{mm}$, que llega a la siguiente unidad de tratamiento (HHAA).

Figura 32

Tanque Imhoff PTAR “El Muelle”



Nota. Elaboración propia.

Figura 33

FAFA PTAR “El Muelle”



Nota. Elaboración propia.

Rápida. Los efluentes de los FAFA se unen en una rápida para ser conducidos a los HHAA a través de una rápida que se muestra en la Figura 34.

Figura 34

Rápida PTAR “El Muelle”.



Nota. Elaboración propia.

Humedales Artificiales. En la PTAR existen dos HHAA en paralelo que dan continuidad al tratamiento del efluente de los FAFAs, en la Figura 35 se puede observar el estado de las plantas acuáticas “Totora”. Las dimensiones de cada humedal son 15m de ancho por 25m de largo.

Figura 35

Plantas de HHAA PTAR “El Muelle”



Nota. Elaboración propia.

Efluentes. Como se indicó previamente, existen dos efluentes en la PTAR (ver Figuras 18 y 36), el primero que sale de los FAFAs por medio de una tubería PVC $\varnothing=100\text{mm}$ vertido en la quebrada El Muelle y el segundo que resulta de la unión entre los efluentes de los HHAA y el bypass, que es descargado en el río San Antonio por medio de una tubería PVC $\varnothing=200\text{mm}$.

Figura 36

Efluente PVC $\varnothing=200\text{mm}$ y $\varnothing=100\text{mm}$ PTAR “El Muelle”



Nota. En esta figura se puede observar a la izquierda el efluente de los HHAA que es vertido en el río San Antonio y a la derecha el efluente de los FAFAs que descarga en la quebrada “El Muelle”. Elaboración propia.

Lecho de Secado de Lodos. La unidad destinada al tratamiento de lodos (ver Figura 37) que provienen del tanque Imhoff, consta de dos cámaras de secado de iguales dimensiones, es de hormigón armado y se ubica en la parte inferior de la PTAR luego de los HHAA. Las dimensiones generales del lecho de secado son: 3.50 de ancho por 11.40m de largo y 1.35m de fondo.

Tanque de Bombeo. Esta unidad de hormigón recolecta el agua producto de la deshidratación de lodos del lecho de secado, se utiliza como almacenamiento para el posterior bombeo del agua al FAFAs (ver Figura 38).

Figura 37

Lecho de secado de lodos PTAR “El Muelle”



Nota. Elaboración propia.

Figura 38

Tanque de bombeo PTAR “El Muelle”



Nota. Elaboración propia.

Caracterización de Aguas Residuales

Las poblaciones y caudales para caracterizar el AR se estiman para el año actual (2020), por motivo que en la presente investigación se pretende conocer la situación actual y evaluar el funcionamiento presente de las PTAR.

Población

Para estimar la población actual (año 2020) con base en datos censales e información de estudios de consultoría de las PTAR, se consideran los siguientes métodos de proyección: aritmético, geométrico y exponencial.

Estimación de Caudales

PTAR El Hervidero. Para determinar los caudales que aportan a las PTAR en evaluación se aplica el siguiente procedimiento de acuerdo a la norma CO 10.07-601 del Ex IEOS “Norma para el estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes”, en donde se consideran ARD, ARI pre tratadas, caudal de infiltración, de aguas ilícitas y de conexiones erradas.

$$Q_{mAP} = \frac{P * D}{86400} \quad (33)$$

$$Q_{maxdAP} = KMD * Q_{mAP} \quad (34)$$

$$Q_{maxhAP} = KMH * Q_{mAP} \quad (35)$$

$$Q_{mARD} = CR * Q_{mAP} \quad (36)$$

$$Q_{maxhARD} = CR * Q_{maxhAP} \quad (37)$$

$$Q_{AR} = Q_{maxhARD} + Q_{inf} + Q_{il} + Q_{ce} \quad (38)$$

Donde:

P= población (habitantes)

D= dotación (L/hab.día)

Q_{mAP}= caudal medio de agua potable (L/s).

Q_{maxdAP}= caudal máximo diario de agua potable (L/s).

Q_{maxhAP}= caudal máximo horario de agua potable (L/s).

Q_{mARD}= caudal medio de aguas residuales domésticas (L/s).

Q_{maxhARD}= caudal máximo horario de aguas residuales domésticas (L/s).

Q_{inf} = caudal de infiltración (L/s).

Q_{il} = caudal de aguas ilícitas (L/s).

Q_{ce} = caudal de conexiones erradas (L/s).

CR= coeficiente de retorno.

Los caudales que aportan a las PTAR se han estimado de acuerdo con las normas del Ex IEOS, considerando la dotación de agua potable del cantón El Tambo (128 L/s) según los datos de consumo de EMAPAT (ver anexo 3); la PTAR El Hervidero al recibir aguas residuales de la zona urbana se toma un valor de $KMD=1.5$ y $KMH=2$; mientras que para la PTAR El Muelle al servir a zonas rurales se han considerado valores de KMD y KMH de 1.25 y 3 respectivamente, además de acuerdo con López (1995) se adopta un caudal de infiltración por longitud de tubería de 0.5L/s/Km, un aporte de aguas ilícitas de 80 L/hab.día y un caudal por conexiones erradas igual al 20% del Q_{mAR} .

Estimación de Carga Orgánica en el Agua Residual

Empleando la misma normativa para el cálculo de caudal, se estima la carga orgánica en el AR con base en los aportes per cápita de la Tabla 10 y aplicando las ecuaciones 39, 40 y 41 se determina la carga orgánica de los distintos parámetros en mg/L.

Tabla 10

“Aportes per cápita para aguas residuales domésticas”

Parámetro	Unidad	Intervalo	Valor sugerido
DBO5	g/hab.día	36-68	60
Sólidos suspendidos	g/hab.día	60-115	90
N Kjeldahl total	g/hab.día	9.3-13.17	12

Nota. Recuperado de “Norma para el estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes”, por Ex IEOS, 2012, Ecuador

$$DBO5 = \frac{apDBO5}{QAR} \quad (39)$$

$$SS = \frac{apSS}{QAR} \quad (40)$$

$$NK = \frac{apNK}{QAR} \quad (41)$$

Monitoreo.

Estaciones de Monitoreo. Las estaciones de monitoreo serán a la entrada y salida de cada PTAR, que son fuentes puntuales de contaminación (ver Figura 13 y Figura 16).

Muestra Simple. Durante el periodo de monitoreo se tomaron 2 muestras simples en el afluente de cada PTAR y 4 muestras en los efluentes (ver Figura 41).

Muestra Compuesta. Corresponde a los afluentes de las PTAR, para conformar las muestras compuestas de 1L se tomaron 11 muestras simples durante los 4 días indicados en las Tabla 11 y 12, la cantidad de cada muestra puntual necesaria para conformar la muestra compuesta de 1L es proporcional al caudal de descarga en el momento de su toma (ecuación 1) y se puede observar en el anexo 6.

Parámetros In Situ. Los parámetros como OD, pH y T fueron medidos in situ con el multiparamétrico en el afluente y efluente de cada PTAR (ver Figura 40 y 42).

Figura 39

Toma de muestras en el afluente y efluente de la PTAR “El Hervidero”.



Nota. Elaboración propia

Tabla 11*Monitoreo PTAR "El Hervidero"*

Estación	Fecha	Parámetros	Tipo de muestra
Afluyente	28/07/20	DBO5, SS, N, OD, pH y T	Compuesta
	06/08/20	DBO5, SS, N, OD, pH y T	Compuesta
	18/08/20	DBO5, SS y N	Compuesta
	26/08/20	DBO5, SS, N, OD, pH y T	Compuesta
	1/09/20	OD, pH y T	
	19/09/20	OD, pH y T	
	24/09/20	OD, pH y T	
	26/09/20	OD, pH y T	
	27/09/20	OD, pH y T	
	19/11/20	DBO5	Simple
	25/11/20	DBO5	Simple
	Afluyente	28/07/20	DBO5, SS, N, OD, pH y T
06/08/20		DBO5, SS, N, OD, pH y T	Simple
18/08/20		DBO5, SS y N	Simple
26/08/20		DBO5, SS, N, OD, pH y T	Simple
1/09/20		OD, pH y T	
19/09/20		OD, pH y T	
24/09/20		OD, pH y T	
26/09/20		OD, pH y T	
27/09/20		OD, pH y T	
19/11/20		DBO5	Simple
25/11/20		DBO5	Simple

Nota. Elaboración propia.**Figura 40***Medición de OD, pH y T en el afluyente y efluente de la PTAR "El Hervidero"**Nota.* Elaboración propia

Tabla 12*Monitoreo PTAR "El Muelle"*

Estación	Fecha	Parámetros	Tipo de muestra	
Afluente	28/07/20	DBO5, SS, N, OD, pH y T	Compuesta	
	06/08/20	DBO5, SS, N, OD, pH y T	Compuesta	
	12/08/20	DBO5, SS y N	Compuesta	
	18/08/20	DBO5, SS y N	Compuesta	
	26/08/20	OD, pH y T		
	1/09/20	OD, pH y T		
	19/09/20	OD, pH y T		
	24/09/20	OD, pH y T		
	26/09/20	OD, pH y T		
	27/09/20	OD, pH y T	Simple	
	19/11/20	DBO5	Simple	
	25/11/20	DBO5		
	Efluente	28/07/20	DBO5, SS, N, OD, pH y T	Simple
		06/08/20	DBO5, SS, N, OD, pH y T	Simple
12/08/20		DBO5, SS y N	Simple	
18/08/20		DBO5, SS y N	Simple	
26/08/20		OD, pH y T		
1/09/20		OD, pH y T		
19/09/20		OD, pH y T		
24/09/20		OD, pH y T		
26/09/20		OD, pH y T		
27/09/20		OD, pH y T	Simple	
19/11/20		DBO5	Simple	
25/11/20		DBO5		

Nota. Elaboración propia**Figura 41***Toma de muestras en el afluente y efluente PTAR "El Muelle"**Nota.* Elaboración propia

Figura 42

Medición de OD, pH y T en el afluente y efluente de la PTAR “El Muelle”



Nota. Elaboración propia

Aforo de caudales. En las PTAR, el aforo de caudales en los afluentes se realizó en intervalos de una hora de 6:00am a 5:00pm, mientras que, en los efluentes se realizaron 5 mediciones cada día para obtener un tiempo promedio de llenado del recipiente o balde.

PTAR El Hervidero. Para la medición de caudales se empleó el método volumétrico, a la entrada se llenó la caja de ingreso a una altura de 34cm y empleando las dimensiones del levantamiento con cinta métrica se tomó el tiempo de llenado; mientras que, a la salida se utilizó un balde de 25L en donde también se registró el tiempo de llenado (ver Figura 43).

PTAR El Muelle. A la entrada de la PTAR se registraron los caudales a través de los vertederos ubicados en el canal desarenador. En los efluentes se aforo aplicando el método volumétrico con un balde de 25L (ver Figura 44).

Figura 43

Medición de caudales en el afluente y efluente PTAR "El Hervidero"



Nota. Elaboración propia

Figura 44

Medición de caudales en el afluente y efluentes PTAR "El Muelle"



Nota. Elaboración propia

Caracterización de Aguas Naturales

La caracterización de aguas naturales de los ríos Cañar y San Antonio se realiza para evaluar el nivel de contaminación que sufren a causa del vertido del AR tratada en las PTAR El Hervidero y El Muelle. De manera similar a la caracterización del AR, se llevó a cabo un monitoreo con la misma frecuencia en las estaciones de los ríos (ver Tablas 13 y 14).

Monitoreo

Estaciones de Monitoreo. Los puntos de monitoreo corresponden a las estaciones E1, E2, E3, E4, sección 1 y 2 de las Figura 13 y Figura 16.

Muestras Simples. Se tomaron 4 muestras simples en las estaciones E1 de los ríos Cañar y San Antonio con el propósito de medir la DBO5 aguas arriba del vertido de las PTAR (ver Figura 45).

Parámetros In Situ. Los parámetros medidos en campo con el multiparamétrico en las estaciones E1, E2, E3 y E4 correspondientes a cada cauce fueron OD, pH y T (ver Figuras 53 y 54).

Figura 45

Toma de muestras simples en los ríos “Cañar” y “San Antonio”



Nota. Elaboración propia

Tabla 13*Monitoreo río "Cañar"*

Estación	Fecha	Parámetros	Tipo de muestra
E1	28/07/20	DBO5, OD, pH y T	Simple
	06/08/20	DBO5, OD, pH y T	Simple
	18/08/20	DBO5	Simple
	26/08/20	DBO5, OD, pH y T	Simple
	1/09/20	OD, pH y T	
	19/09/20	OD, pH y T	
	24/09/20	OD, pH y T	
	26/09/20	OD, pH y T	
	27/09/20	OD, pH y T	
	E2, E3 y E4	28/07/20	OD, pH y T
06/08/20		OD, pH y T	
26/08/20		OD, pH y T	
1/09/20		OD, pH y T	
19/09/20		OD, pH y T	
24/09/20		OD, pH y T	
26/09/20		OD, pH y T	
27/09/20		OD, pH y T	

Nota. Elaboración propia**Tabla 14***Monitoreo río San Antonio*

Estación	Fecha	Parámetros	Tipo de muestra
E1	28/07/20	DBO5, OD, pH y T	Simple
	06/08/20	DBO5, OD, pH y T	Simple
	12/08/20	DBO5	Simple
	18/08/20	DBO5	Simple
	26/08/20	OD, pH y T	
	1/09/20	OD, pH y T	
	19/09/20	OD, pH y T	
	24/09/20	OD, pH y T	
	26/09/20	OD, pH y T	
	27/09/20	OD, pH y T	
E2, E3 y E4	28/07/20	OD, pH y T	
	06/08/20	OD, pH y T	
	26/08/20	OD, pH y T	
	1/09/20	OD, pH y T	
	19/09/20	OD, pH y T	
	24/09/20	OD, pH y T	
	26/09/20	OD, pH y T	
	27/09/20	OD, pH y T	

Nota. Elaboración propia

Figura 46

Medición con multiparamétrico en el río "Cañar"



Nota. Elaboración propia

Figura 47

Medición con multiparamétrico en el río "San Antonio"



Nota. Elaboración propia

Aforo De Caudales. El aforo de caudales se realiza a través del registro de velocidades y profundidades del agua, empleando un dispositivo conocido como molinete de eje vertical.

De acuerdo con International Organization for Standardization (2007), en cada río se seleccionan 2 secciones perpendiculares al flujo, las cuales no deben presentar remolinos, agua muerta o flujo inverso, además de tener una distancia recta aguas arriba igual o mayor al doble de la distancia recta aguas abajo. En la Figura 48 se muestran algunos de los materiales y equipos empleados para el aforo. En la Tabla 15 se muestra la frecuencia de monitoreo de los ríos Cañar y San Antonio.

El cálculo del caudal se ejecutó en el código de programación de Python elaborado en el trabajo de titulación “Estimación de caudal en cauces naturales mediante integración numérica aplicando lenguaje Python” por Jaramillo, (2021) que aplica el método de integración numérica área-velocidad, empleando los valores registrados durante el monitoreo.

Figura 48

Materiales y equipos para el aforo de caudales del río



Nota. Elaboración propia

Tabla 15

Monitoreo de caudales de los ríos "Cañar" y "San Antonio"

Fecha	Río	Sección #
23/10/2020	Cañar	1
27/10/2020	Cañar	2
28/10/2020	Cañar	1
29/10/2020	Cañar	2
2/11/2020	Cañar	1
3/11/2020	San Antonio	1
4/11/2020	San Antonio	1 y 2
5/11/2020	San Antonio	1 y 2
11/11/2020	San Antonio	1 y 2
13/11/2020	San Antonio	1 y 2

Nota. Elaboración propia

En las Figuras 49 y 50 se indica el proceso de medición con molinete en las secciones establecidas en los ríos Cañar y San Antonio.

Figura 49

Medición de caudal con molinete en el río "Cañar"



Nota. Elaboración propia

Figura 50

Medición de caudal con molinete en el río "San Antonio"



Nota. Elaboración propia

Análisis de Datos

Se realiza un análisis y rechazo de datos empleando métodos estadísticos para los parámetros medidos (DBO5, SS, nitratos, OD, pH y T).

Rechazo de Datos. Para el análisis de datos referente a las medidas de los parámetros obtenidos en campo y laboratorio, con el propósito de rechazar datos dispersos y garantizar confiabilidad en los resultados se consideran dos pruebas de rechazo que plantea Romero (2005):

Desviación Estándar. Se rechaza el dato cuando la diferencia entre el promedio y el dato es mayor a 3 veces la desviación estándar (ecuaciones 42 y 43).

$$s = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (42)$$

$$(X_i - \bar{X}) = 3s \quad (43)$$

Donde:

s= desviación estándar.

X_i= dato en cuestión.

\bar{X} = promedio aritmético.

Prueba Q. El dato en cuestión se rechaza si la diferencia entre dicho dato y el valor más próximo, sobre el rango del arreglo de datos, es mayor a los valores establecidos en los valores de Q establecidos en la Tabla 16.

Tabla 16

“Valores de Q para un nivel de confianza del 90%”

n	3	4	5	6	7	8	9
Q	0.94	0.76	0.64	0.56	0.51	0.47	0.44

Nota. Recuperado de “Tratamiento de aguas residuales”, por Romero, J, 2005, p. 113,

Bogotá, Colombia

Eficiencia del Tratamiento

Se realiza la evaluación de los porcentajes de remoción teóricos y reales, con el fin de analizar el nivel de funcionamiento que presentan las PTAR en estudio.

El porcentaje de remoción teórico de acuerdo con las dimensiones de construcción de las unidades de tratamiento existentes en cada PTAR, se estimó con base en la bibliografía recopilada que se presenta en el capítulo anterior.

Remoción Real

Para estimar la remoción real de las PTAR se emplean los resultados de los ensayos de laboratorio de las muestras tomadas a la entrada y salida de las PTAR (ecuación 44).

$$EF(\%) = \frac{CE - CS}{CE} * 100 \quad (44)$$

Donde:

EF=remoción (%).

CE= concentración a la entrada (mg/L).

CS= concentración a la salida (mg/L).

Modelo De Streeter y Phelps

Calibración

La calibración del modelo consiste en que los resultados de OD modelizados representen las condiciones reales del contenido de OD en los ríos, esto se logra mediante el ajuste de los parámetros K1 y K2, en donde debe existir relación con el efluente vertido, tipo de flujo, velocidades y profundidades del agua.

Estaciones. Para que el modelo represente las condiciones de campo, en el monitoreo se mide el OD a 50m, 100m y 150m en las estaciones E2, E3 y E4 respectivamente (ver anexo 8). El error relativo de la calibración del modelo se determina mediante la ecuación 45.

$$ER = \sum \left| \frac{OD_c - OD_m}{OD_c} \right| \quad (45)$$

Donde:

ODc= oxígeno disuelto medido en campo

ODr= oxígeno disuelto del modelo

Resultados.

Caracterización del Agua Residual

Los criterios que son comunes para las PTAR en evaluación y que se emplearon para la caracterización del AR se indican a continuación.

Población

Para las dos PTAR la proyección de población se desarrolló con base en los censos del INEN de los años 1990, 2001 y 2010, empleando el método que presente el menor error relativo entre las poblaciones actuales y futuras.

PTAR El Hervidero. De acuerdo a los datos de Verdugo (2012) se consideró 50% de la población urbana como aportante a la PTAR El Hervidero dando como resultado 2728 habitantes. En el anexo 4 se indica la proyección de población al año 2020 según el método geométrico en el cual se obtuvo una tasa de crecimiento anual del 3% en la zona urbana.

PTAR El Muelle. Se optó por el método aritmético, de acuerdo con Andrade (2011) en el año 2011 la población que cuenta con el servicio de alcantarillado en la comunidades fue de 2311 habitantes, teniendo para el año 2020 una población de 2594 habitantes. En el anexo 5 se indica la proyección de población al año 2020 según el método aritmético en el cual se obtuvo una tasa de crecimiento anual de 31 habitantes en la zona rural.

Características

Teóricas.

La concentración de los distintos contaminantes a la entrada de cada PTAR expuestos en las Tablas 19 y 20 respectivamente, se han calculado de acuerdo con la población, caudales y aportes per cápita del Ex IEOS mostrados en la Tabla 10, en donde para cada PTAR se han tomado los siguientes aportes:

PTAR El Hervidero. DBO5 60g/hab.día, SS 70g/hab.día y N 9.3g/hab.día.

PTAR El Muelle. DBO5 68 g/hab.día, SS 110g/hab.día y N 9.3g/hab.día)-

Tabla 17

Carga contaminante de acuerdo con aportes per cápita PTAR “El Hervidero”

Parámetro	Unidad	Valor
Demanda bioquímica de oxígeno, DBO5	mg/L	140
Sólidos suspendidos, SS	mg/L	163.33
N Kjeldahl total, N	mg/L	21.70

Nota. Elaboración propia

Tabla 18

Carga contaminante de acuerdo a valores per cápita PTAR “El Muelle”

Parámetro	Unidad	Valor
Demanda bioquímica de oxígeno, DBO5	mg/L	133.95
Sólidos suspendidos, SS	mg/L	216.69
N Kjeldahl total, N	mg/L	18.32

Nota. Elaboración propia

Reales.

Los resultados de los análisis de laboratorio (DBO5, SS y N) de las muestras que se tomaron y los parámetros medidos in situ (T y pH) durante las campañas de monitoreo en las PTAR El Hervidero y El Muelle se muestran en las Tablas 24 y 25. En el anexo 5 se presentan las concentraciones de las características del AR en el afluente y efluente respectivamente, las cuales varían entre los siguientes valores:

PTAR El Hervidero.

- DBO5 de 76.5 a 284.2 mg/L y 0 a 56 mg/L.
- SS de 72 a 266 mg/L y 20 a 66 mg/L.
- N de 4.2 a 12.9 mg/L y 4.1 a 12.2 mg/L.
- T de 14.63 a 17 °C y 14.2 a 21.37 °C.
- pH de 7.32 a 8.78 y 7.54 a 8.52.

Tabla 19*Caracterización del agua residual de la PTAR "El Hervidero"*

	Parámetro	DOB5 (mg/L)	SS (mg/L)	N (mg/L)	T°C	pH
28/07/2020	Afluente	118.4	266	12.9	16.25	
	Efluente	0	44	4.1	14.2	
6/08/2020	Afluente	284.2	72	8.3	16.12	
	Efluente	15.09	20	11.5	14.22	
18/08/2020	Afluente	104.81	234	15.8		7.92
	Efluente	26.02	24	8.5		8.04
26/08/2020	Afluente	77	92	4.2	16.42	8.09
	Efluente	56	66	12.2	17.12	7.54
1/09/2020	Afluente				16.17	7.32
	Efluente				14.50	7.7
19/09/2020	Afluente				16.47	7.44
	Efluente				19.78	8.52
24/09/2020	Afluente				17	7.86
	Efluente				21.37	8.08
26/09/2020	Afluente				15.75	8.78
	Efluente				17.92	8.16
27/09/2020	Afluente				14.63	8.07
	Efluente				17.57	8.23
19/11/2020	Afluente	76.5				
	Efluente	35				
25/11/2020	Afluente	179.8				
	Efluente	47				

Nota. Elaboración propia***PTAR El Muelle.***

- DBO5 de 56.3 a 747.6 mg/L y 0 a 35 mg/L.
- SS de 42 a 2196 mg/L y 8 a 36 mg/L.
- N de 2.2 a 38.8 mg/L y 3.2 a 18.5 mg/L.
- T de 14.88 a 17.63 °C y 14.55 a 19.06 °C.
- pH de 7.42 a 8.14 y 7.02 a 8.33.

Tabla 20*Caracterización del agua residual de la PTAR "El Muelle"*

	Parámetro	DOB5 (mg/L)	SS (mg/L)	N (mg/L)	T°C	pH
28/07/2020	Afluente	136.2	266	38.8	16.18	8.01
	Efluente	0	8	18.5	14.90	8.33
6/08/2020	Afluente	56.3	42	12.5	14.88	7.87
	Efluente	13.1	36	3.2	14.55	8.01
12/08/2020	Afluente	747.6	2196	8.8		
	Efluente	35	30	4.5		
18/08/2020	Afluente	64.9	92	2.2		
	Efluente	27.4	30	4.8		
26/08/2020	Afluente				17.63	7.83
	Efluente				16.4	7.42
1/09/2020	Afluente				16	7.42
	Efluente				15.2	7.02
19/09/2020	Afluente				16.33	7.93
	Efluente				17.91	7.47
24/09/2020	Afluente				15.85	7.83
	Efluente				19.06	7.59
26/09/2020	Afluente				15.78	8.14
	Efluente				16.7	7.39
27/09/2020	Afluente				16.25	7.91
	Efluente				15.72	7.44
19/11/2020	Afluente	135.6				
	Efluente	24.5				
25/11/2020	Afluente	110				
	Efluente	10.45				

Nota. Elaboración propia

En las Tablas 21 y 22 se muestran los valores medios de las características del AR de acuerdo con los registros de las Tablas 18 y 29, aplicando el análisis estadístico como pruebas de rechazo y promedios aritméticos.

Tabla 21*Valores medios de la caracterización del agua residual de la PTAR "El Hervidero"*

Parámetro	Unidad	Afluente	Efluente
DBO5	mg/L	140.12	30
SS	mg/L	166	38.5
N	mg/L	10.3	9
T	°C	16.1	15.92
pH		7.93	8.04

Nota. Elaboración propia

Tabla 22

Valores medios de la caracterización del agua residual de la PTAR "El Muelle"

Parámetro	Unidad	Afluente	Efluente
DBO5	mg/L	133.06	18.41
SS	mg/L	217.97	26
N	mg/L	9.85	7.75
T	°C	16.09	16.24
pH		7.56	7.58

Nota. Elaboración propia

Caudales

Teóricos. Los caudales considerados para la evaluación de las PTAR (ver tabla 23 y anexo 7), de acuerdo con los datos recolectados de población, consumo de agua potable según EMAPAT (ver anexo 3), longitudes de tubería expuestas en las memorias técnicas de diseño por Verdugo (2012) y Andrade (2011), KMD y KMH, caudales de infiltración y conexiones erradas empleando los criterios del Ex IEOS..

Tabla 23

Caudales teóricos PTAR "El Hervidero"

Caudal	PTAR	
	El Hervidero	El Muelle
Qm (L/s)	4.21	3.84
Qmaxh (L/s)	6.47	9.23
QT (L/s)	13.53	15.24

Nota. Elaboración propia

Reales. En las Tablas 24 y 26, la primera fila y columna corresponden a las fechas y horas de aforo respectivamente, la parte inferior a las fechas indica la variación de caudales registrados, finalmente, las 3 últimas filas muestran a los caudales máximos, medios y mínimos de cada día

Los caudales que ingresan a la PTAR El Hervidero (ver Tabla 24) aforados durante el monitoreo por el método volumétrico dan como resultado un caudal mínimo, medio y máximo horario de 1.43 L/s, 2.71L/s y 4.8L/s respectivamente.

En la Tabla 26 se muestran los registros de caudales que ingresa a la PTAR El Muelle, obteniendo un caudal mínimo, medio y máximo de 5.71 L/s, 6.92 L/s y 8.50 L/s según corresponde, adicionalmente, en las Tabla 25 y 27 para la hora de mayor demanda se exponen los caudales de entrada a las 8:00 y salida 8:15.

Tabla 24

Aforo de caudales del afluente de la PTAR "El Hervidero"

Hora	Caudal (L/s)				
	28/7/20	6/8/20	12/8/20	18/8/20	26/8/20
6:00	2.46	3.32	2.76	2.97	2.23
7:00	2.60	3.55	3.38	3.72	2.71
8:00	4.10	3.88	3.93	4.80	3.86
9:00	3.44	3.48	2.69	3.67	2.87
10:00	2.81	2.21	2.09	2.68	2.32
11:00	2.36	1.69	1.59	2.09	1.99
12:00	2.71	1.93	2.32	2.54	2.41
13:00	3.59	2.35	2.67	3.52	3.11
14:00	3.64	2.28	2.64	3.47	3.13
15:00	3.09	1.49	2.33	2.74	2.62
16:00	2.73	1.43	2.03	1.97	1.69
17:00	2.87	1.59	2.10	1.99	1.65
Máximo	4.10	3.88	3.93	4.80	3.86
Medio	3.03	2.43	2.54	3.01	2.55
Mínimo	2.36	1.43	1.59	1.97	1.65

Nota. Elaboración propia

Tabla 25*Caudales de entrada y salida de la PTAR "El Hervidero"*

Fecha	Caudal Afluyente (L/s)	Caudal Efluente (L/S)
28/7/20	4.10	4.01
6/8/20	3.88	3.67
12/8/20	3.93	3.71
18/8/20	4.80	4.72
26/8/20	3.86	3.69
Promedio	4.11	3.96

Nota. Elaboración propia**Tabla 26***Variaciones de caudal del afluyente PTAR "El Hervidero"*

HORA	CAUDAL (L/s)			
	28/7/20	6/8/20	12/8/20	18/8/20
6:00	6.11	6.80	6.45	6.80
7:00	6.62	7.53	6.62	7.34
8:00	6.98	8.50	7.53	8.30
9:00	5.79	8.30	7.16	7.72
10:00	5.71	7.53	6.45	6.80
11:00	5.79	7.53	6.45	6.80
12:00	6.20	7.72	5.95	7.16
13:00	6.54	8.30	6.28	7.16
14:00	6.62	8.30	6.80	6.89
15:00	6.45	7.53	6.11	6.89
16:00	6.28	7.25	6.11	6.85
17:00	6.45	7.53	6.28	6.85
Máximo	6.98	8.50	7.53	8.30
Medio	6.29	7.74	6.52	7.13
Mínimo	5.71	6.80	5.95	6.80

Nota. Elaboración propia

Tabla 27*Caudales de entrada y salida PTAR "El Muelle"*

Fecha	Caudal Afluyente (L/s)	Caudal Efluyente (L/S)
28/7/20	6.98	6.79
6/8/20	8.50	8.38
12/8/20	7.53	7.34
18/8/20	8.30	8.26
Promedio	7.81	7.69

Nota. La tabla Elaboración propia

Eficiencia de remoción

Aplicando el proceso descrito previamente en la metodología para estimar la eficiencia del tratamiento en las distintas unidades de depuración de las PTAR, se presentan los resultados teóricos y reales de los porcentajes de remoción que actualmente presentan las PTAR.

Teórica

Para el análisis de la eficiencia de remoción de las PTAR se consideran las dimensiones de construcción, los porcentajes de remoción de las unidades depuradoras y la metodología empleada para cada unidad de tratamiento, dan como resultado los siguientes porcentajes de remoción.

PTAR EL Hervidero. Para DBO5 y SS de 96.3% y 75% respectivamente; es decir, la carga de DBO5 y SS a la salida de la PTAR debería ser 5.17mg/L y 41.5mg/L según corresponde.

Caudales y Población. La fosa séptica para un TRH de un día soporta un caudal de 5.15L/s; por otra parte, los 3 filtros anaerobios para el caudal máximo horario presentan un TRH de 26 horas y la laguna facultativa para la población servida presenta un TRH teórico y real de 4 horas 8 minutos y 3 horas 18 minutos respectivamente.

PTAR El Muelle. Remoción del 88.99% para DBO5 y 82.33% para SS; es decir, la carga de DBO5 y SS a la salida de la PTAR debería ser 14.64mg/L y 41.5mg/L respectivamente.

Pre tratamiento. La criba soporta un caudal de 310L/s, el canal desarenador un caudal máximo horario de 12.59L/s y cada vertedero un caudal de 21.13L/s y 16.33L/s.

Caudales y Población. El sedimentador del tanque Imhoff soporta un caudal medio de 3.56 L/s para un TRH de 26 minutos y el digestor tolera la carga de 2890 habitantes; los 2 FAFA para el caudal medio presentan un TRH de 6 horas 27 minutos y los HHAA presentan un TRH de 6 horas 12 minutos para el caudal medio.

En las Tablas 28 y 29 se muestran los porcentajes de remoción para la PTAR El Hervidero y El Muelle, la primera columna indica las unidades depuradoras, la segunda las remociones esperadas según sus dimensiones y las dos últimas la concentración de los parámetros en el afluente y efluente de acuerdo con los porcentajes de remoción.

Tabla 28

Remoción esperada en la PTAR "El Hervidero"

Unidad	Remoción (%)		Afluente (mg/L)		Efluente (mg/L)	
	DBO5	SS	DBO5	SS	DOB5	SS
Fosa séptica	30	50	140.12	166	98	83
Filtros anaerobios	94.57	50	98	83	5.32	41.5
Laguna	2.79		5.32		5.17	

Nota. Elaboración propia

Tabla 29

Remoción esperada en la PTAR "El Muelle"

Unidad	Remoción (%)		Afluente (mg/L)		Efluente (mg/L)	
	DBO5	SS	DBO5	SS	DOB5	SS
Tanque Imhoff	25	50	133.06	217.97	99.80	109
Filtros anaerobios	82.16	50	99.80	109	17.80	54.5
Humedales	17.74	70	17.80	54,5	14.64	38.5

Nota. Elaboración propia

Real

De acuerdo con los resultados de los análisis de laboratorio de las muestras tomadas en cada PTAR, en las Tablas 30 y 31 se muestran las concentraciones de los contaminantes del AR cruda y tratada, de igual manera, en la última columna se presentan la remoción de cada parámetro estimada según la metodología expuesta en el capítulo anterior.

Tabla 30

Remoción real de la PTAR "El Hervidero"

Parámetro	Afluyente (mg/L)	Efluente (mg/L)	Remoción (%)
DOB5	140.12	30	78.57%
SS	166	38.5	76.81%
N	10.3	9	12.62%

Nota. Elaboración propia

Tabla 31

Remoción real de la PTAR "El Muelle"

Parámetro	Afluyente (mg/L)	Efluente (mg/L)	Remoción (%)
DOB5	133.06	18.41	86.16%
SS	217.97	26	88.07%
N	9.85	7.75	21.32%

Nota. Elaboración propia

Caracterización del Agua Natural

Luego del monitoreo realizado en los ríos Cañar y San Antonio, en las Tablas 32 y 33 se presentan los resultados de los análisis de laboratorio y parámetros medidos in situ, de igual manera, para el rechazo de datos realizó los análisis estadísticos respectivos, con el fin de eliminar valores dispersos.

Características

En las Figuras 51 y 52 se ilustra la variación de DBO5 aguas arriba de las PTAR (E1) y el contenido de OD en las diferentes estaciones involucradas en la calibración del modelo Streeter y Phelps.

A continuación, se indican respectivamente los valores medios de concentración de OD de las estaciones de los ríos (E1, E2, E3 y E4) y de los efluentes las PTAR que vierten en ellos el AR depurada.

Río Cañar. 7.77 mg/L, 7.76 mg/L, 7.75 mg/L 7.72 mg/L y 6.53 mg/L.

Río San Antonio. 7.57 mg/L, 7.56 mg/L, 7.52 mg/L 7.50 mg/L y 6.90 mg/L.

Tabla 32

Características del agua residual del río "Cañar"

Fecha	DBO5 (mg/L)	T°C	OD (mg/L)	OD (mg/L)	OD (mg/L)	OD (mg/L)
	E1	E1	E1	E2	E3	E4
28/7/20	2.4	12.57	8.08			7.81
6/8/20	0	13.10	8.17			7.97
18/8/20	12.75					
26/8/20	0	16.67	7.22	6.97	7.18	7.04
1/9/20		13.00	7.74	8.17	7.77	7.75
19/9/20		16.43	7.08	6.82	7.31	7.12
24/9/20		14.21	7.10	7.43	7.45	7.76
26/9/20		11.42	8.05	7.28	7.53	7.54
27/9/20		11.47	8.05	8.17	8.08	8.07
Promedio	0.8	13.48	7.77	7.76	7.75	7.72

Nota. Elaboración propia

Tabla 33

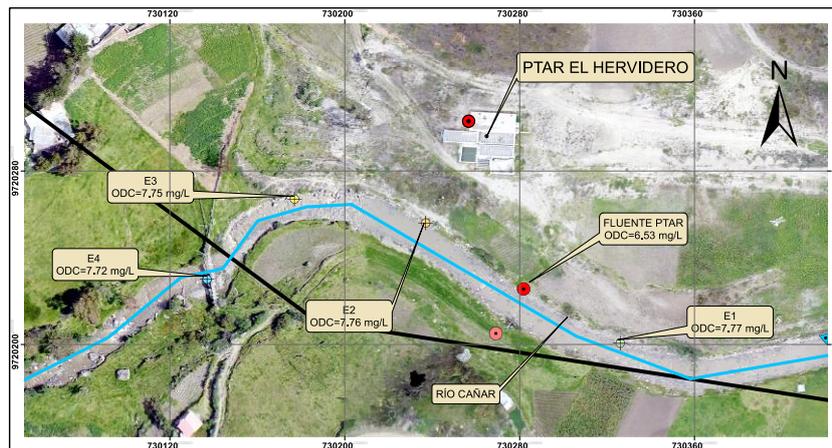
Características del agua residual del río "San Antonio"

Fecha	DBO5 (mg/L)	T°C	OD (mg/L)	OD (mg/L)	OD (mg/L)	OD (mg/L)
	E1	E1	E1	E2	E3	E4
28/7/20	11.5	15.17	7.83			7.64
6/8/20	12.7	11.75	8.19			8.32
12/8/20	11.5					
18/8/20	12.7					
26/8/20		16.21	6.95	7.14	7.35	7.68
1/9/20		14.20	7.65	7.61	7.66	7.66
19/9/20		16.15	7.51	7.52	7.57	7.44
24/9/20		16.29	7.20	7.41	7.31	6.88
26/9/20		11.42	7.59	7.82	7.73	7.53
27/9/20		14.97	7.64	7.87	7.81	7.66
Promedio	6.8	14.4	7.57	7.56	7.52	7.5

Nota. Elaboración propia

Figura 51

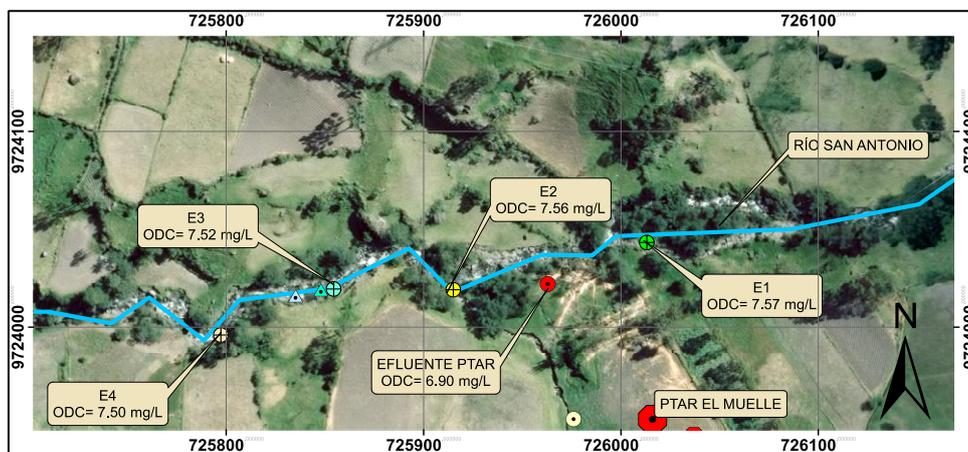
Valores medios de OD del río "Cañar"



Nota. Elaboración propia

Figura 52

Valores medios de OD en el río "San Antonio"



Nota. Elaboración propia

Caudales

Los resultados y promedio del aforo de caudales en los ríos Cañar y San Antonio, estimados mediante el registro de velocidades y profundidades con el molinete y cálculo en el código de Python se indican en las Tablas 34 y 35, en donde el río Cañar presenta un caudal mínimo, medio y máximo de 1.51 L/s, 2.55 L/s y 3.61 m³/s respectivamente, mientras que, el río San Antonio presenta caudales inferiores de 0.07 m³/s, 0.10 m³/s y 0.13 m³/s.

En el anexo 8 se muestra el registro de caudales y el caudal medio de cada río, además se puede observar el caudal conjunto con la velocidad y tirante máximo del agua en las distintas fechas de monitoreo.

Tabla 34

Caudales del río "Cañar"

Fecha	Q (m3/s)	V (m/s)	A(m2)	Y máx (m)
23/10/20	3.61	0.39	9.16	1.02
27/10/20	2.81	0.38	7.39	0.84
28/10/20	2.55	0.32	8.06	0.92
29/10/20	2.25	0.32	6.99	0.81
2/11/20	1.51	0.22	7.01	0.81
Promedio	2.55	0.33	7.72	0.88

Nota. Elaboración propia

Tabla 35

Caudales del río "San Antonio"

Fecha	Q (m3/s)	V (m/s)	A(m2)	Y máx (m)
3/11/20	0.13	0.08	1.63	0.40
4/11/20	0.11	0.11	0.99	0.37
5/11/20	0.12	0.13	0.93	0.35
11/11/20	0.07	0.08	0.90	0.33
13/11/20	0.07	0.08	0.88	0.33
Promedio	0.10	0.10	1.07	0.36

Nota. Elaboración propia

Calibración del Modelo "Streeter y Phelps"

La calibración del modelo se llevó a cabo siguiendo el proceso expuesto en el marco teórico y metodológico, con el fin de ajustar los parámetros K1 y K2 de los ríos Cañar y San Antonio, utilizando los resultados del monitoreo mostrados previamente como: caudales, T, contenidos de OD y DBO5.

Los DBO5 y el déficit inicial de OD en el punto de mezcla de cada río corresponden a respectivamente a los siguientes valores:

Río Cañar (PTAR El Hervidero). 0.85 mg/L y 0.03 mg/L.

Río San Antonio (PTAR El Muelle). 7.62 mg/L. y 0.28 mg/L.

En las Tablas 36 y 37 se presentan los resultados de la calibración del modelo Streeter y Phelps como: el ajuste de las constantes de desoxigenación y re aireación y (K_1 y K_2), datos del punto crítico (OD, distancia y tiempo en el que su contenido llega al déficit más alto) y el error relativo de los contenidos de OD medidos en campo y del modelo estimados mediante las características del agua residual y natural como DBO₅, T° , OD y Q de los efluentes y de los ríos.

En las Figuras 53 y 54 se muestra la modelización de OD, el descenso de OD debido al vertido de los efluentes y la recuperación de OD de través del tiempo y distancia a lo largo de los ríos, además se muestra la calibración del modelo indicando la proximidad entre el OD modelado y el medido en campo, en donde los valores de K_1 y K_2 corresponden a las ecuaciones empíricas de “Bosko” y “Langbien y Durum” dando como resultado los siguientes valores:

Río Cañar. K_1 0.34 d^{-1} y K_2 0.85 d^{-1} .

Río San Antonio. K_1 0.28 d^{-1} y K_2 0.85 d^{-1} .

El contenido crítico de OD de los ríos como consecuencia del vertido del AR depurada en las PTAR presenta los siguientes contenidos, con las respectivas distancias y tiempos posteriores al vertido:

Río Cañar. 7.609 mg/L a una distancia de 47.32 Km o a 1.68 días

Río San Antonio. 6.288 mg/L a 15.35 Km o a 1.81 días.

En la Tabla 38 se muestran los contenidos de OD medidos en campo y los calibrados en cada estación de los ríos Cañar y San Antonio, en los cuales luego de la calibración del modelo se han obtenido errores relativos de 0.92% y 1.0465% respectivamente.

Tabla 36*Calibración del modelo "Streeter y Phelps" en el río "Cañar"*

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Constante de desoxigenación carbonácea	K1	d ⁻¹	0.34
Constante de re aireación	K2	d ⁻¹	0.85
Distancia al punto crítico	D _c	Km	47.3262
Tiempo al punto crítico	T _C	Días	1.6823
Oxígeno disuelto en el punto crítico	OD _C	mg/L	7.6092
Error relativo de calibración	E. R	%	0.92

Nota. Elaboración propia**Tabla 37***Calibración del modelo "Streeter y Phelps" en el río "San Antonio"*

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Constante de desoxigenación carbonácea	K1	d ⁻¹	0.28
Constante de re aireación	K2	d ⁻¹	0.85
Distancia al punto crítico	D _c	Km	15.351
Tiempo al punto crítico	T _C	Días	1.8131
Oxígeno disuelto en el punto crítico	OD _C	mg/L	6.2889
Error relativo de calibración	E. R	%	1.0465

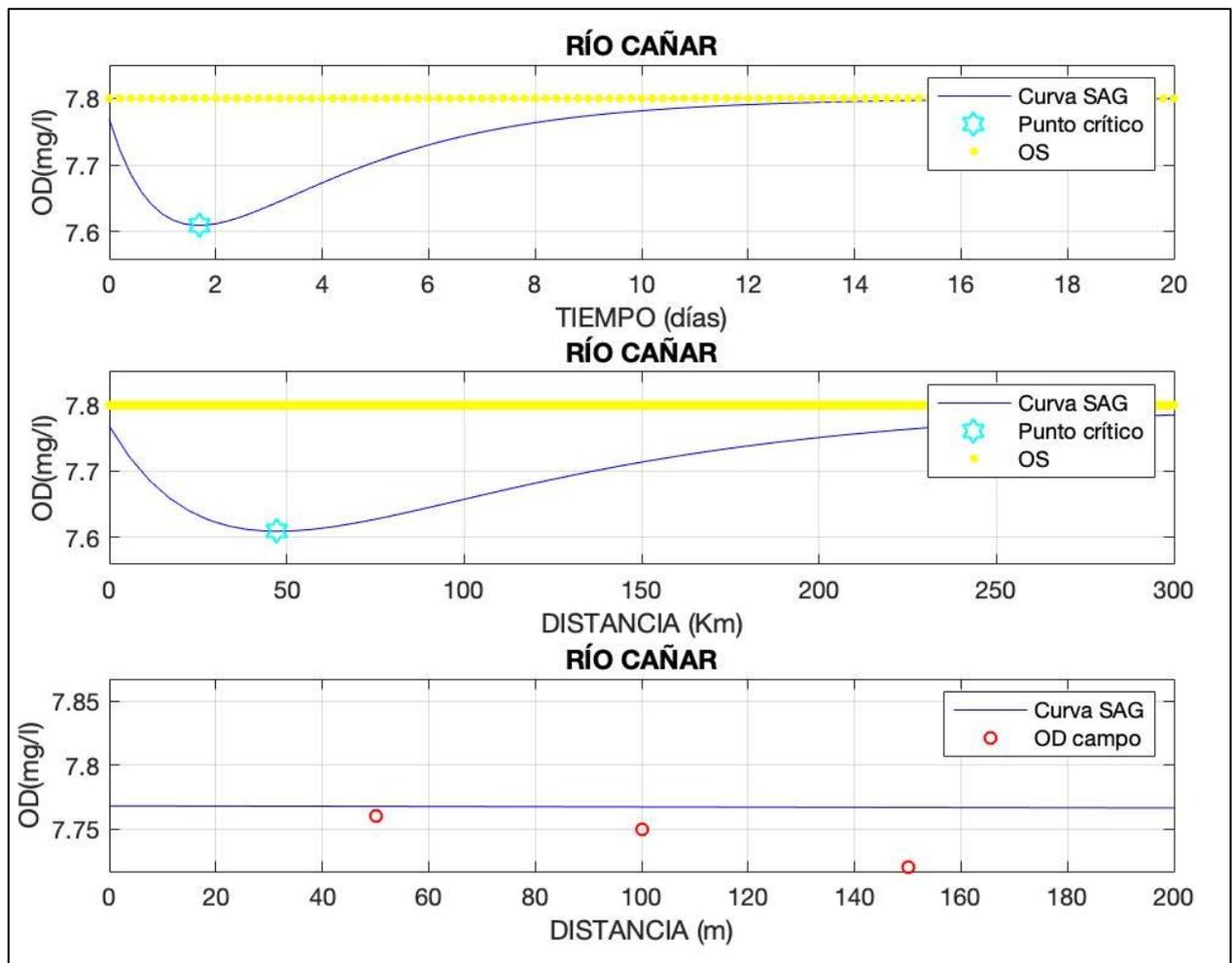
Nota. Elaboración propia**Tabla 38***OD de la calibración del modelo "Streeter y Phelps" en el río "Cañar"*

Estación aguas abajo	Río Cañar		Río San Antonio	
	OD Campo (mg/L)	OD S-P (mg/L)	OD Campo (mg/L)	OD S-P (mg/L)
E2 (50m)	7.76	7.7676	7.56	7.5114
E3 (100m)	7.75	7.7672	7.52	7.5003
E4 (150m)	7.72	7.7667	7.5	7.4893

Nota. Elaboración propia

Figura 53

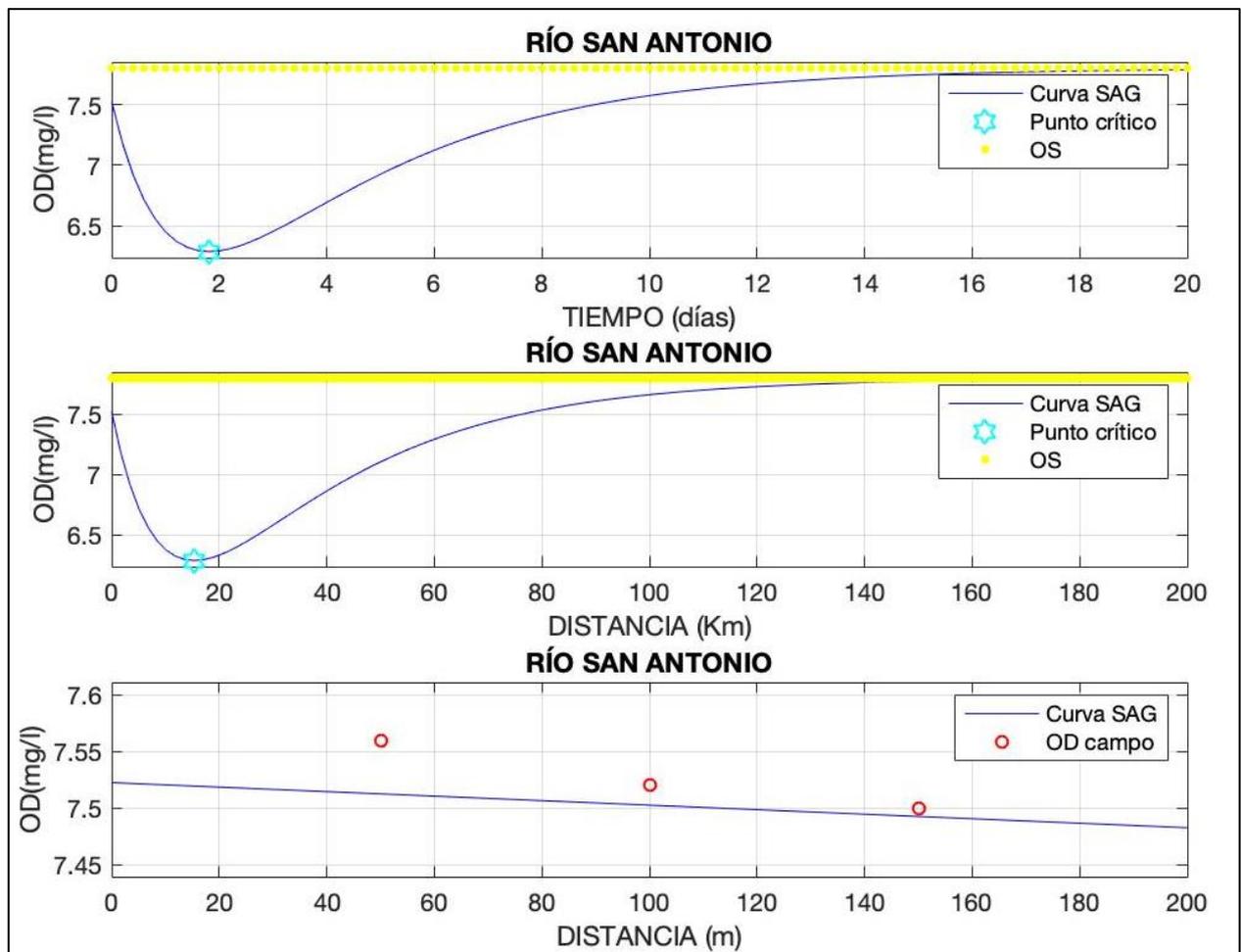
Modelo de "Streeter y Phelps" en el río "Cañar"



Nota. Elaboración propia

Figura 54

Modelo de "Streeter y Phelps" en el río "San Antonio"



Nota. Elaboración propia

Análisis de Resultados

Caudales

PTAR El Hervidero

Existe una diferencia entre el caudal de diseño con el real de funcionamiento dado que, en la tabla 39 el QMH_{real} representa el 35.48% del $QMH_{teórico}$, por lo que, el caudal teórico se estima en función de consumos de agua potable y proyecciones poblaciones con base en censos, siendo diferente a lo que presenta la realidad, como indican Metcalf & Eddy (2003) que no toda la cantidad de agua suministrada a la red es consumida y que al utilizar registros de consumo de agua potable se deben verificar los distintos usos públicos a los que se destina el agua, además debe investigarse la influencia de una estructura de aliviadero encontrada previo al ingreso de la PTAR (ver Figura 55) y la atribución que presenta a esta diferencia de caudales el estado de la red de alcantarillado debido a su antigüedad.

Figura 55

Aliviadero previo a PTAR "El Hervidero"



Nota. Elaboración propia

PTAR El Muelle

La diferencia de caudales de la Tabla 39 indica que El QMH_{real} representa el 55.77% del $QMH_{teórico}$, esto se debe principalmente a lo mencionado en el párrafo y a que la mayor parte de la población rural en el día no se encuentran en sus viviendas sino en el campo según

las encuestas realizadas por Andrade (2011); por otra parte, la suma de los caudales de los efluentes difiere en 1.41% al del afluente, como señala Hoffmann et al. (2011) una de las razones principales es la pérdida por evaporación en los HHAA.

Tabla 39

Caudal máximo horario teórico y real PTAR "El Hervidero"

PTAR	Caudal teórico (L/s)	Caudal real (L/s)	Caudal real (L/s)
	Afluente	Afluente	Efluente
El Hervidero	13.53	4.8	4.72
El Muelle	15.24	8.5	8.38

Nota. Elaboración propia

Características del Agua Residual

Reales

De acuerdo con los datos obtenidos de DBO5 en la caracterización de AR en los afluentes de las PTAR El Hervidero (140.12 mg/L) y El MUELLE (133,06 mg/L), se puede observar similitud en los resultados, puesto que, las PTAR sirven al mismo cantón, por lo tanto, las costumbres y actividades de los habitantes están relacionadas.

De acuerdo con Metcalf y Eddy (2003), la clasificación del AR a tratar en las PTAR, según la concentración de sus contaminantes expuestos en las Tablas 21 y 22, corresponde al denominado concentración débil.

Tabla 40*DBO5 en la región*

Ciudad	Parámetro	Unidad	Valor	Fuente
Cañar	DBO5	mg/L	218	Fernández (2020)
Azogues	DBO5	mg/L	187.49	Mata (2020)
Soldados	DBO5	mg/L	33	Once y Ruiz (2014)
Churuzgo	DBO5	mg/L	30	Once y Ruiz (2014)
Cuenca	DBO5	mg/L	131	Andrade y Peña (2017)
Santa Ana	DBO5	mg/L	155.5	Pulla y Tapia (2018)
Quillopungo "El Valle"	DBO5	mg/L	140	Ordoñez y Palacios (2017)

Nota. Los datos mostrados en la Tabla corresponden a la concentración de DBO5 del AR de las ciudades indicadas en la primera columna, los valores se obtuvieron mediante la recopilación de información solicitada en empresas y departamentos de agua potable y alcantarillado de Cañar y Azogues, así como de tesis para las demás zonas.

Los valores de DBO5 del AR del cantón El Tambo de 140.12 mg/L y 133.06 mg/L presentan cierta relación con el tipo de AR de otras zonas de la región mostradas en la Tabla 40, en las cuales existen actividades, costumbres y tradiciones comunes entre sí, por lo tanto, en estas zonas el tipo de AR tiende a presentar cierto grado de similitud.

En los afluentes de las PTAR la concentración teórica y real de DBO5 y SS mostradas en las Tablas 41 y 42 también es similar, debido a que, los aportes per cápita considerados de los contaminantes del AR son aplicables para el cantón, de acuerdo a las actividades cotidianas que se desarrollan en el cantón

Eficiencia de Remoción

De acuerdo con los porcentajes de remoción reales y teóricos respecto a los diferentes parámetros mostrados en las Tabla 41 y 42, se puede analizar lo siguiente:

PTAR El Hervidero. Presenta una eficiencia de remoción de DBO5 de 81.58% de acuerdo con la remoción real de 78.57% que está por debajo de la teórica de 96.31%, cabe mencionar que para estimar la segunda remoción se consideraron los porcentajes de remoción

más desfavorables en el tratamiento primario. Es importante recalcar que la remoción en los FAFA debería ser mayor, dado que el TRH real de 26 horas estimado con las dimensiones de las unidades que presenta para el caudal medio, es mayor al recomendado de 6 a 10 horas por Chernicharo (2007), además el pH de 8.04 favorece la actividad microbiana para la degradación de la MO en los FAFA; en otras palabras, se debería realizar una investigación del funcionamiento de los FAFA como consecuencia de la eficiencia encontrada y del estado que presentan las unidades.

Referente a SS, se tiene una remoción de 76.81% mayor al esperado de 75%, lo que se atribuye principalmente a la capacidad del tanque séptico, que presenta un TRH real mayor a 1 día, lo cual influye en el aumento del porcentaje de remoción, tal como recomiendan los autores Romero (2005) y Daija et al. (2016).

La influencia del paso de material grueso al tanque de carga mostrado en la Figura 56, debe ser investigado respecto a las eficiencias encontradas, dado que, en la presente investigación no se han realizado análisis más específicos en cada unidad depuradora y en la red de alcantarillado municipal.

Tabla 41

Carga contaminante y remoción PTAR "El Hervidero"

Descripción	DBO5 (mg/L)	SS (mg/L)	N (mg/L)
Afluente estimado	140	163.33	21.7
Afluente real	140.12	166	10.3
Efluente real	30	38.5	9
Efluente estimado	5.17	41.5	
Remoción real	78.57%	76.81%	12.62%
Remoción estimada	96.31%	75.00%	
Límite máximo permisible (LMP)	100	100	15

Nota. Elaboración propia

Figura 56

Material grueso en el tanque posterior a la fosa séptica PTAR "El Hervidero"



Nota. Elaboración propia

PTAR El Muelle. Presenta una eficiencia de 96.8% con base en la remoción real de DBO5 (86.16%), que es mayor a la remoción encontrada en la PTAR El Hervidero; sin embargo, es inferior a la remoción teórica esperada de 89%, la causa a la que se atribuye esta situación es a que el TRH real de 6 horas y 27 minutos que presentan los FAFA, se encuentra próximo al TRH más bajo que recomienda Chernicharo (2007) de 6 a 10 horas, además en la investigación de Bodkhe (2007) considera que un TRH de 12 horas es apropiado para el funcionamiento eficiente del filtro.

La remoción de SS real de 88.07% es mayor a la esperada de 80.96%, por lo cual, se puede notar que existe una remoción adecuada en el tanque Imhoff, FAFA y HHAA.

Nitrógeno. La baja remoción en ambas PTAR, es similar a los resultados encontrados por Madera et al. (2005), que se debe a que a la gran parte de nitrógeno del afluente tiene la forma de N- amoniacal, producto de la transformación del N-orgánico en las unidades previas al HHAA y para la oxidación del amonio se requieren fuentes de carbón y oxígeno, elementos que suelen ser bajos en el AR. Las PTAR carecen de unidades que permitan remover el nitrógeno del AR, entre estas unidades se encuentran los lechos de resina recomendados por Cárdenas y Sánchez (2013), en donde el AR pasa por procesos químicos avanzados como el

intercambio iónico, en donde se reemplaza un ion por otro. Tilley et al. (2018) menciona que la remoción de N en FAFA es limitada y comúnmente no supera el 15%.

Funcionamiento. A diferencia de la remoción de SS, el rendimiento de las PTAR respecto a DBO5 y N es menor a las esperada; sin embargo, los contenidos de los contaminantes en los efluentes son menores a los LMP establecidos en el TULASMA (ver Tablas 41 y 42); es decir, las PTAR a pesar de no estar funcionando a la capacidad para la cual fueron diseñadas, cumplen con la normativa vigente.

En las Tablas 41 y 42 se indican los contenidos de DBO5, SS y N que cumplen de acuerdo con los LMP de la normativa TULASMA, de igual manera, se muestran la comparación descrita en párrafos anteriores, de remociones y carga contaminante de afluentes (teóricos y reales).

Tabla 42

Carga contaminante y remoción PTAR "El Muelle"

Descripción	DBO5 (mg/L)	SS (mg/L)	N (mg/L)
Afluente estimado	139.95	216.69	18.32
Afluente real	133.06	217.97	9.85
Efluente real	18.41	26	7.75
Efluente estimado	14.64	41.5	
Remoción real	86.16%	88.07%	21.32%
Remoción estimada	89.00%	80.96%	
Límite máximo permisible (LMP)	100	100	15

Nota. Elaboración propia

Contaminación de los Ríos

Para las condiciones más desfavorables, es decir, para caudales bajos como recomienda Montelongo et al. (2007), el vertido del AR de las PTAR en los ríos Cañar y San Antonio no altera la vida acuática y los demás usos que se les da al agua de los ríos Cañar y San Antonio, en los cuales a causa de las descargas el contenido de OD disminuye a 7.76 mg/L y 7.48 mg/L

respectivamente, dichos valores cumplen con el contenido mínimo establecido en el TULASMA del 80% del OS que corresponde a 6.24mg/L.

Los contenidos de OD obtenidos en el modelo de Streeter y Phelps presentan pequeños errores respecto al OD medido en campo con el multiparamétrico, por lo que, con base en Sierra (2011) quien recomienda errores relativos menores al 10%, se podría validar con alta seguridad la aplicabilidad del método y sus constantes K1 y K2 que han sido obtenidas con base en la profundidad y velocidad de cada río.

El efluente vertido en el río San Antonio es de mejor calidad que el descargado en el río Cañar; sin embargo, en el último río al fluir un mayor caudal, induce a tener un menor déficit inicial de oxígeno y por consiguiente un aumento más bajo en la concentración de DBO5 en el punto de mezcla.

Referente al pH medido en las estaciones del río (anexo 5), se puede observar que cumplen con el intervalo establecido para los diferentes usos que se le pueda dar al agua; sin embargo, en la Figura 57 se puede observar la alteración de las condiciones naturales del río Cañar, debido al vertido de residuos aguas arriba de la PTAR.

Figura 57

Contaminación en el río Cañar



Nota. La Figura contiene fotografías tomadas durante el monitoreo de caudales, que muestran las condiciones del río Cañar. Elaboración propia

Conclusiones y Recomendaciones

Es importante conocer los distintos sistemas de tratamiento de aguas residuales, tal que, al momento de optar por uno, sea el más eficiente y bondadoso con la economía de las comunidades y con el medio ambiente.

Las características medias del agua residual a ser tratadas en las PTAR estimadas mediante análisis de laboratorio y mediciones en campo, cumplen con los parámetros de descarga al alcantarillado público; sin embargo, durante el monitoreo a través de muestras compuestas, el agua residual registró valores mayores al límite de descarga, en el centro urbano una DBO5 (736mg/L) y SS (266mg/L), mientras que, en la zona rural una DBO5 (747.6mg/L) y SS (266mg/L y 2196mg/L).

Los caudales y carga contaminante consideradas para la evaluación del diseño de las PTAR se han estimado de acuerdo a la proyección de población para el año 2020, para conocer su funcionamiento actual, considerando los datos de las memorias técnicas de diseño de las PTAR y los aportes per cápita de la normativa nacional vigente para zonas urbanas y rurales.

Los caudales que ingresan a la PTAR El Hervidero son inferiores a los teóricos, como se mencionó previamente, se debe a la influencia de un aliviadero en donde se desvía el agua directamente hacia el río, por lo que, se recomienda investigar la influencia de esta estructura en el caudal que ingresa a la PTAR.

Referente a la eficiencia de la PTAR El Hervidero se puede concluir que, existe un mal funcionamiento de las estructuras debido a que la remoción actual de DBO5 de 78.57% es muy inferior a la esperada de 96.31% que se estimó según la capacidad que presentan las unidades depuradoras. Los factores que inciden en el funcionamiento actual de la PTAR son el estado que presentan las tuberías, accesorios y demás complementos de las unidades, además que, es necesaria la implementación de un pretratamiento que impida el ingreso de sólidos gruesos a unidades posteriores.

De acuerdo con las unidades depuradoras existentes en cada PTAR, teóricamente la PTAR El Hervidero presenta una mayor remoción que la de la PTAR El Muelle, por lo que, debería generar efluente final de mejor calidad; sin embargo, actualmente está última PTAR presenta una mejor eficiencia de remoción y produce una menor concentración de DBO5 en el efluente vertido al río San Antonio.

La PTAR El Muelle, a pesar de sus pocos años de funcionamiento, la remoción actual (86%) se encuentra inferior a la remoción teórica (89%) estimada de acuerdo a las características y capacidades de las estructuras construidas; es decir, la PTAR está próxima al límite de su capacidad, por lo que se recomienda posteriores estudios de cada unidad para conocer falencias en el sistema de depuración y producir una mejor calidad de efluente hasta el año horizonte para el cual fue diseñada la PTAR.

Actualmente se deduce que la PTAR El Muelle presenta una eficiencia aceptable; sin embargo, el bombeo del agua resultante del lecho de secado debería ser bombeada al tanque Imhoff y no directamente a los FAFA.

Luego de la modelización de OD se puede concluir que en época de estiaje la polución de los ríos a causa de los efluentes de las PTAR es baja, debido a que los cuerpos de agua presentan valores de OD mayores a los mínimos recomendados por el Ministerio del Ambiente del Ecuador, en los puntos más críticos el río Cañar tiene un OD de 7.6mg/L y el río San Antonio de 6.28mg/L, también la concentración de DBO5 es bastante inferior a la máxima permitida de 20mg/L.

A las autoridades ambientales encargadas tener mayor control y supervisión en las descargas directas tanto a los ríos como al sistema de alcantarillado público, por la existencia de industrias en la zona.

En la PTAR El Hervidero implantar el pre tratamiento (rejilla) para evitar el paso de material grueso a unidades posteriores, un sistema de medición de caudal que permita tener un

control de la PTAR (vertederos), remplazar los accesorios y tuberías en mal estado de las unidades, así como un mantenimiento continuo de las unidades para un buen funcionamiento, en vista de que los filtros anaerobios no están trabajando a la capacidad esperada.

Realizar investigaciones que permitan conocer a fondo el comportamiento y eficiencia real de cada unidad para los distintos parámetros del agua residual. y realizar un programa continuo de monitoreo de OD y DBO a lo largo de los ríos especialmente en fuentes puntuales de contaminación, para tener valores de K1 y K2 en campo y lograr una caracterización más aproximada en varios tramos; aparte de ello, modelar la calidad de agua de los ríos empleando más parámetros de contaminación difusa.

Realizar análisis e investigaciones acerca de los diferentes usos que se le puede dar a los efluentes y lodos deshidratados de las PTAR.

Finalmente, se sugiere a los organismos encargados de las PTAR un control constante acerca del funcionamiento del sistema de depuración, de manera que, a través del tiempo se conozcan las posibles deficiencias que presenten los sistemas.

Referencias

- Andrade, F., & Peña, M. (2017). *Optimización energética de las lagunas aireadas de la planta de tratamiento de aguas residuales de Ucubamba* [tesis de pregrado, Universidad de Cuenca].
- Andrade, O. (2011). *Estudios de alcantarillado en las Comunidades: Absul, Romerillo, Pillcopata, Molinopungo, Chuichún Centro, Ana María, Bolaloma y Tunaspamba, cantón El Tambo - Provincia del Cañar*.
- Ayala, R., & Gonzales, G. (2008). *Apoyo didáctico en la enseñanza – Aprendizaje de la asignatura de plantas de tratamiento de aguas residuales* [tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Simón].
- Bodkhe, S. (2007). Development of an improved anaerobic filter for municipal wastewater treatment. *Bioresource Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.11.026>
- Cárdenas, G., & Sánchez, I. (2013). Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública. *Universidad y Salud*.
- Chapra, S., & Runkel, R. (1999). Modeling Impact of Storage Zones on Stream Dissolved Oxygen. *Environmental Engineering*.
- Chernicharo, C. (2007). Anaerobic reactors. In *Biological Wastewater Treatment Series*. IWA Publishing.
- CONAGUA. (2015a). *Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: filtros anaerobios de flujo ascendente*. Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento.
- CONAGUA. (2015b). *Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: pretratamiento y tratamiento primario*. In *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*.

- CONAGUA. (2015c). Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: Lagunas de estabilización. In *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*.
- CONAGUA. (2015d). *Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: procesos anaerobios*. Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento.
- Daija, L., Selberg, A., Rikmann, E., Zekker, I., Tenno, T., & Tenno, T. (2016). The influence of lower temperature, influent fluctuations and long retention time on the performance of an upflow mode laboratory-scale septic tank. *Desalination and Water Treatment*. <https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1094421>
- GADMICET. (2011). *EsIA y PMA para la Construcción y Funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y Sistema de Alcantarillado de las comunidades Absul, Romerillo, Pillcopata, Molinopungo, Chuichun Centro, Ana María Bolaloma y Tunaspamba del cantón El Tambo*.
- GADMICET. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Intercultural El Tambo.
- Gobierno de Perú. (2006). *Norma Técnica I.S. 020 Tanques Sépticos*. 3–18.
- Gobierno del Perú. (2009). *Norma OS.090: Plantas de tratamiento de aguas residuales*.
- Hoffmann, H., Platzer, C., Winker, M., & Von Muench, E. (2011). *Technology Review of Constructed Wetlands Subsurface flow constructed wetlands for greywater and domestic wastewater treatment*. Agencia de Cooperación Internacional de Alemania, GIZ Programa de Saneamiento Sostenible ECOSAN.
- International Organization for Standardization. (2007). *Hydrometry - Measurement of liquid flow in open channels using current-meters or floats (ISO 748:2007)*.
- Jaramillo, J. (2021). *Estimación de caudal en cauces naturales mediante integración*

- numérica aplicando lenguaje Python* [tesis de pregrado, Universidad Católica de Cuenca].
- Lettinga, G. (1995). Anaerobic digestion and wastewater treatment systems. *Antonie van Leeuwenhoek*, 67(1). <https://doi.org/10.1007/BF00872193>
- López, R. (1995). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados* (1st ed.). Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Madera, C., Silva, J., & Peña, M. (2005). Sistemas combinados para el tratamiento de aguas residuales basados en tanque séptico - filtro anaerobio y humedales subsuperficiales. *Ingeniería y Competitividad*, 7.
- Malina, J., & Pohland, F. (1992). *Design of anaerobic processes for the treatment of industrial and municipal wastes* (7th ed.). Water Quality Management Library.
- Metcalf & Eddy. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. (McGraw-Hill (ed.); 4th ed.).
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2015). *Reforma del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria*.
- Montelongo, R., Gordillo, A., Otazo, E., Villagómez, J., Acevedo, O., & Prieto, F. (2007). Modelación de la calidad del agua del río Tula, estado de Hidalgo, México. *Universidad Autónoma Del Estado de Hidalgo*.
- Morán, M., & Orellana, N. (2008). *Diagnóstico de atractivos naturales de la cuenca media-inferior del río Cañar, para el desarrollo de turismo aventura* [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica del Litoral].
- Once, D., & Ruiz, J. (2014). *Evaluación de las plantas de depuración de agua residual de las comunidades de Soldados y Churuguzo, cantón Cuenca, Azuay* [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca].
- Ordoñez, I., & Palacios, A. (2017). *Evaluación y propuesta de rediseño de la planta de*

- depuración de agua residual de Quillopungo, parroquia El Valle, Cuenca*, [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]
- Pulla, P., & Tapia, D. (2018). *Evaluación y propuesta de rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de Santa Ana, parroquia Santa Ana, Cuenca, Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca].
- Ramalho, R. (1996). *Introduction to Wastewater Treatment Processes*. Laval University.
- Reynolds, T. D., & Richards, P. A. (1995). Unit operations and processes in environmental engineering 2nd ed. In *PWS series in engineering*.
- Romero, J. A. (2005). *Tratamiento de aguas residuales, teoría y principios de diseño*. Escuela Colombiana de Ingeniería. <https://doi.org/10.1039/c5ra02799c>
- Sánchez, D. (2006). *Ingeniería ambiental: Calidad de las aguas*. Universidad de Castilla La Mancha: Escuela de Ingenieros de caminos, canales y puertos de ciudad Real .
- Santamaría, A. . (2013). *Análisis simplificado de oxígeno disuelto en el río Ubaté por el modelo Qual2K*. Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Sierra, C. A. (2011). *Calidad de agua: Evaluación y diagnóstico* (1st ed.).
- Streeter, H., & Phelps, E. (1925). *A study of the pollution and natural purification of the Ohio river*. United States Public Health Service.
- Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Philippe, R., Schertenleib, R., & Zurbrügg, C. (2018). *Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento* (2nd ed.).
- UNATSABAR. (2015). *Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización*.
- Valdez, C., & Vásquez, A. (2003). *Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales*.
- Verdugo, M. (2012). *Diseño de la planta de tratamiento sur para el cantón El Tambo—provincia del Cañar*.

Villón, M. (2007). *Hidráulica de canales*.

Von Sperling, M. (2007). Biological Wastewater Treatment. In *Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal*. (Vol. 1). IWA Publishing.

Von Sperling, M., & Chernicharo, C. (2005). Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions. In *IWA Publishing*. <https://doi.org/10.5860/CHOICE.45-2633>

Anexos

Anexo 1: Registro fotográfico de la PTAR El Hervidero

Figura 58

PTAR El Hervidero



Nota. Elaboración propia

Figura 59

Escalera 1 de ingreso a la parte superior de la fosa séptica



Nota. Elaboración propia

Figura 60

Escalera 2 de ingreso a la parte superior de la fosa séptica



Nota. Elaboración propia

Figura 61

Tees de PVC de fosa séptica



Nota. Elaboración propia

Figura 62

Caja de válvulas posterior a la fosa séptica y tanque de carga



Nota. Elaboración propia

Figura 63

Filtros anaerobios en paralelo



Nota. Elaboración propia

Figura 64

Muros de filtros anaerobios



Nota. Elaboración propia

Figura 65

Buzón de unión de efluentes de los dos filtros anaerobios en paralelo



Nota. Elaboración propia

Figura 66

Buzón de unión de efluentes de los filtros anaerobios y tubería del afluente de la laguna.



Nota. Elaboración propia

Figura 67

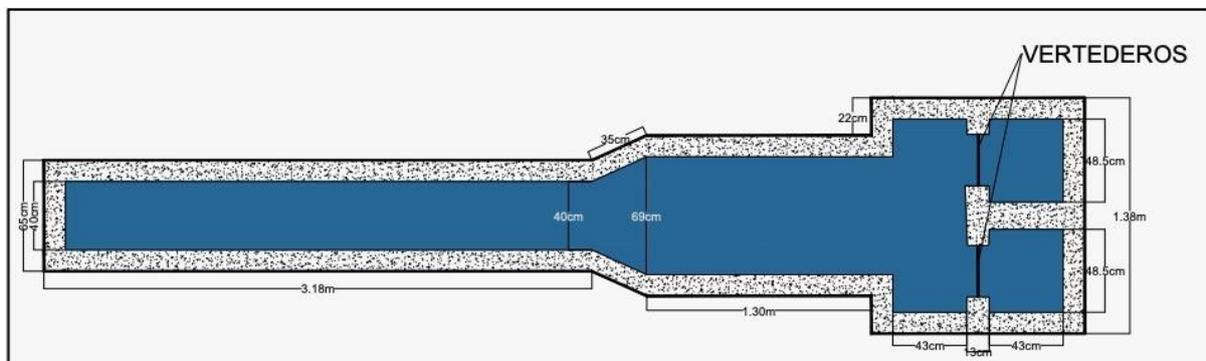
Pasillo superior a laguna facultativa



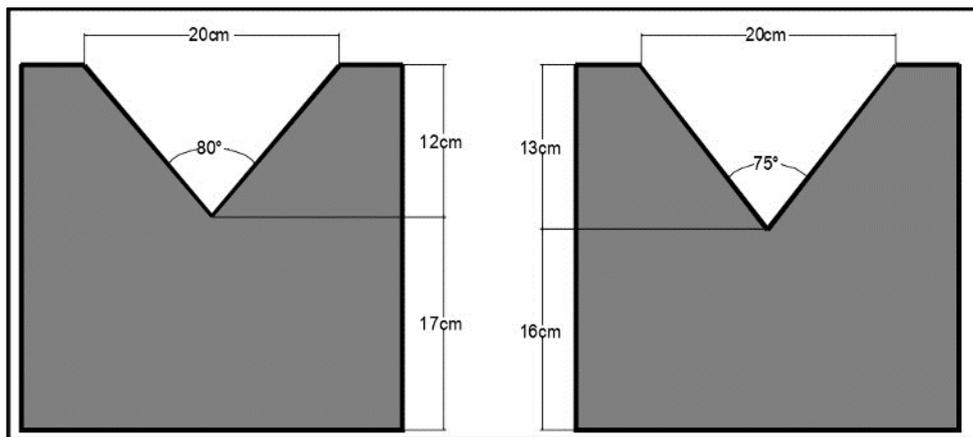
Nota. Elaboración propia

Figura 68*Tubería de PVC rota*

Nota. La figura muestra que parte del AR que es transportada a la laguna facultativa, es desviada directamente al tanque de cloración debido a la rotura que presenta. Elaboración propia

Anexo 2: Registro fotográfico de la PTAR El Muelle**Figura 69***Desarenador*

Nota. Elaboración propia

Figura 70*Vertederos triangulares*

Nota. Elaboración propia

Figura 71*Desarenador*

Nota. La figura muestra el desarenador suspendido durante el periodo de limpieza. Elaboración propia

Figura 72

Buzones de inspección



Nota. Elaboración propia

Figura 73

Limpieza del tanque Imhoff



Nota. Elaboración propia

Figura 74

Unión de efluentes de FAFA PTAR El Muelle



Nota. Elaboración propia

Figura 75

Descarga directa en la quebrada El Muelle



Nota. La figura ilustra el vertido directo del AR a la quebrada durante el periodo de limpieza de las unidades de las PTAR. Elaboración propia

Figura 76

Oficina del operador de la PTAR El Muelle



Nota. Elaboración propia

Figura 77

Toma de muestra simple del afluente



Nota. Elaboración propia

Anexo 3: Registro de consumo de agua potable EMAPAT

Tabla 43

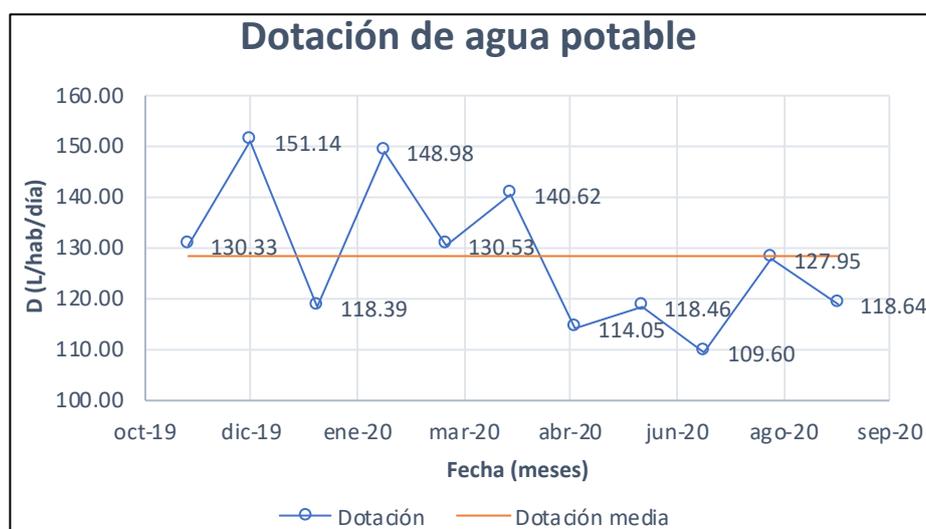
Registros de consumo de agua potable EMAPAT

Fecha	V (m3)	#Usuarios	Población	# días	D (L/hab/d)
nov-19	31755	2195	8122	30	130.33
dic-19	38088	2197	8129	31	151.14
ene-20	29850	2198	8133	31	118.39
feb-20	35139	2198	8133	29	148.98
mar-20	32937	2200	8140	31	130.53
abr-20	34339	2200	8140	30	140.62
may-20	28780	2200	8140	31	114.05
jun-20	29009	2206	8163	30	118.46
jul-20	27782	2210	8177	31	109.60
ago-20	32629	2223	8226	31	127.95
sept-20	29277	2223	8226	30	118.64
Promedio					128.06

Nota. La tabla contiene los datos de consumo de agua potable facturados por EMAPAT durante los meses indicados en la primera columna. Elaboración propia

Figura 78

Variación de la dotación de agua potable EMAPAT



Nota. Elaboración propia

Anexo 4: Proyección de población**Tabla 44***Proyección de población PTAR El Hervidero*

Método Geométrico					
Año	P (hab)	n	r	Pf (hab)	E. R
1990	2253				
2001	2883	11	0.023	3116	8.08%
2010	4674	9	0.037	4062	-13.08%
Promedio			0.030		21.16%
2020				5455	

Nota. Elaboración propia**Tabla 45***Proyección de población PTAR El Muelle*

Método Aritmético					
Año	P (hab)	n	r	Pf (hab)	E. R
1990	4721				
2001	5368	11	58.818	5067	-5.62%
2010	4801	9	4.000	5349	11.42%
Promedio			31.409		17.03%
2020				5663	

Nota. Elaboración propia

Anexo 5: Monitoreo de aguas residuales y naturales

Tabla 46

Registro de OD, T y pH en la PTAR El Hervidero y río Cañar

FECHA	PTAR EL HERVIDERO Y RÍO CAÑAR																											
	AGUAS ARRIBA				ENTRADA PTAR				SALIDA PTAR				50m A.A				100m A.A				150m A.A							
	OD	T °C	pH	T °C	OD	T °C	pH	T °C	OD	T °C	pH	T °C	OD	T °C	pH	T °C	OD	T °C	pH	T °C	OD	T °C	pH	T °C				
28/7/20	7.24	12.50			5.52	16.00			6.98	14.20															7.82	12.50	8.90	13.30
	7.99	12.60			5.50	16.40			6.95	14.20															7.80	13.40	8.00	13.30
	8.10	13.00			5.50	16.40			7.00	14.00															7.80	13.00		
	8.16	12.60			5.55	16.20			7.05	14.20															7.81	13.00		
6/8/20	8.12	13.10	7.76	10.70	5.90	16.30	7.96	14.00	7.22	14.10	8.00	16.10													7.59	12.10	8.53	11.70
	8.16	13.10	8.83	10.90	5.70	16.00	7.93	14.00	7.07	14.20	8.15	14.20													7.96	11.10	7.68	11.60
	8.19	13.10	8.00	13.20	5.65	16.10	7.87	14.50	7.22	14.10	8.13	14.10													8.09	10.90	7.71	11.60
	8.23	13.10	8.42	13.20	5.70	16.10			7.10	14.50	7.87	14.50													8.26	10.60	7.70	12.30
26/8/20	4.69	18.50			7.41	16.10	7.36	13.80	5.90	18.70	7.08	14.70	6.17	19.70			6.74	17.20							6.54	18.10		
	7.13	16.50			7.24	16.40	8.18	13.40	6.35	17.30	7.48	14.10	7.04	16.70			7.22	15.50							7.12	16.40		
	7.23	16.10			6.98	16.60	8.35	14.20	6.26	16.70	7.71	14.10	7.33	15.50			7.35	15.40							7.15	16.10		
	7.29	15.70			6.39	16.60	8.45	14.50	6.50	15.90	7.87	14.00	7.42	15.20			7.42	15.10							7.36	15.50		
1/9/20	7.86	12.90			6.24	16.20	6.60	13.60	7.17	14.20	7.35	14.60	7.78	13.20											7.81	12.80		
	7.75	13.00			5.41	16.50	7.46	15.70	6.18	14.50	7.53	14.60	7.73	13.10			7.77	12.80							7.74	12.60		
	7.73	13.00			5.24	16.10	7.47	15.70	5.31	14.50	7.94	14.60	7.72	13.10			7.75	12.90							7.67	12.70		
	7.73	13.00			5.17	15.90	7.76		5.97	14.50	7.96	14.60	7.72	13.00			7.75	12.90							7.58	12.80		
19/9/20	6.39	18.50	8.88	21.30	5.28	20.20	7.33	16.40	6.27	21.30	8.40	18.60	5.89	21.40	8.52	17.80	6.87	17.20	8.38	21.00	5.90	22.10	8.09	18.70				
	7.15	16.50	7.95	15.60	4.92	16.40	7.30	15.90	6.94	19.60	8.54	18.20	6.94	17.50	7.67	15.70	7.33	15.90	7.71	15.70	6.83	18.90	8.11	15.00				
	7.38	15.60	7.89	14.80	5.06	16.70	7.50	16.00	6.86	19.30	8.61	18.10	7.22	15.50	7.72	15.50	7.50	15.60	7.81	15.60	7.19	17.80	8.09	17.20				
	7.45	15.30	8.01	15.20	4.87	16.50	7.64	16.90	6.91	19.00			7.35	16.10			7.56	15.40	7.82	15.50	7.35	17.00						
24/9/20	5.99	18.30	8.35	16.90	4.90	24.80	8.20	20.40	6.75	23.10	7.97	16.10	6.29	18.40	8.97	15.10	5.69	20.90	9.52	18.10	6.69	16.80	8.47	17.80				
	7.07	14.50	7.85	11.70	4.41	23.60	7.67	16.90	6.71	22.20	8.04	16.40	7.08	15.80	7.71	13.10	7.04	16.20	8.74	13.40	7.49	14.20	8.37	14.00				
	7.60	12.80	7.73	11.40	4.26	22.80	7.74	17.10	6.76	21.20	8.13	16.00	7.43	14.80	7.60	12.90	7.47	14.70	8.59	13.00	7.75	13.50	8.23	13.50				
	7.89	12.00			4.40	22.00	7.81	17.00	6.27	19.20	8.16	15.60	7.53	14.50	7.55	12.70	7.63	14.20	8.46	12.80	7.87	13.20	8.16	13.30				
26/9/20									7.70	13.80							7.68	14.00							7.93	13.00		
									7.78	13.60																		
	8.05	11.30	7.74	11.00	6.38	16.70	9.25	16.10	6.40	18.30	8.13	16.20	6.17	16.80	8.37	12.40	7.47	14.70	8.61	15.00	6.72	15.40	8.56	15.90				
	8.07	11.50	7.66	10.90	4.97	16.80	8.81	16.30	5.93	18.00	8.13	16.20	7.39	13.40	8.15	12.10	7.50	14.00	8.24	10.90	7.66	12.80	8.44	12.60				
	8.02	11.50	7.87	10.80	4.86	16.70	8.50	15.50	5.81	17.80	8.19	16.20	7.88	12.30	7.05	11.80	8.16	12.70	8.27	10.80	7.87	12.30	8.24	12.40				
8.08	11.40			4.43	16.50	8.55	15.10	5.99	17.60	8.20	16.20	7.82	12.00	7.99	11.40	7.60	12.70	8.28	10.80	7.98	12.00	8.15	12.10					
27/9/20																												
	8.07	11.60	7.94	10.70	4.63	16.70	8.46	15.00	6.05	17.60	8.21	16.20	8.00	11.60	8.02	11.20	8.11	11.60	8.11	10.70	7.94	11.80	8.06	11.90				
	8.04	11.50	8.02	10.50	4.46	16.50	8.19	14.90	6.83	17.60	8.21	16.20	8.17	11.60	8.24	11.20	8.17	11.30	8.23	10.70	8.04	11.70	8.01	11.70				
	8.05	11.30	8.08	10.50	4.71	16.40	7.99	14.40	5.92	17.50	8.23	16.00	7.72	11.40	8.09	11.10	8.01	11.90	8.13	10.60	8.14	11.50	7.91	11.60				
8.05	11.50			4.79	15.30	7.81	14.20	6.21	16.90	8.25	16.20	8.16	11.20	8.25	11.00	8.02	11.70	8.21	10.60	8.16	11.50	7.88	11.50					
				4.41	15.10	7.92	14.40					8.18	11.10					8.22	10.50									

Nota. Elaboración propia

Tabla 47

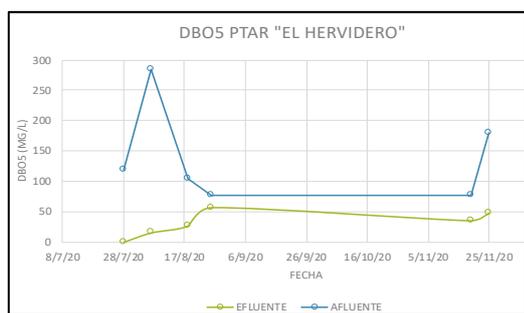
Registro de OD, T y pH en la PTAR El Muelle y río San Antonio

PTAR EL MUELLE Y RÍO SAN ANTONIO																											
FECHA	T °C CLIMA	AGUAS ARRIBA				ENTRADA PTAR				SALIDA PTAR				50m A.A				100m A.A				150m A.A					
		OD	T °C	pH	T °C	OD	T °C	pH	T °C	OD	T °C	pH	T °C	OD	T °C	pH	T °C	OD	T °C	pH	T °C	OD	T °C	pH	T °C		
28/7/20		7.33	15.20		7.20	16.30	7.90	7.44	14.90	8.33	15.50																
		7.77	15.00		7.00	16.30	8.10	7.40	14.90																		
		8.06	15.20		6.80	16.00	8.00	7.30	14.80																		
		8.17	15.30		7.00	16.10	8.05	7.30	14.90																		
		8.06	12.20	7.64	12.30	7.54	14.90	8.14	16.50	7.66	14.20	8.01	13.70														
6/8/20		8.17	11.80	7.61	11.70	7.49	15.00	7.74	15.20	7.37	14.50																
		8.21	11.6	7.62	11.30	7.44	15.10	7.80	14.90	7.18	14.70																
		8.32	11.4		7.10	14.50	7.81	14.50	6.92	14.80																	
		6.22	19.10	7.64	16.50	6.32	19.30	7.41	17.10	6.40	17.50	7.58	17.60	6.66	17.60												
		6.98	16.40		6.67	17.80	7.88	15.90	6.34	16.50	7.26	16.40	7.02	16.20													
26/8/20		7.26	15.10		6.79	16.90	7.99	15.60	6.44	16.30																	
		7.40	14.60		6.82	16.50	8.02	15.40	6.80	16.40																	
		7.86	13.90	8.04	13.30	7.00	17.00	7.59	15.30	7.06	15.10	7.16	14.80	7.96	13.40												
		7.66	14.20	7.93	14.00	7.10	16.00	7.26	15.30	7.09	15.20	6.79	15.30	7.63	14.00												
		7.64	14.20	7.83	14.00	7.19	15.70	7.37	15.30	7.32	15.20	6.98	15.20	7.61	14.10												
1/9/20		7.64	14.20		7.15	15.30	7.47	15.30	7.37	15.20	7.14	15.20	7.59	14.20													
		16.3	7.43	16.40	7.63	16.30				16.50	7.90	5.96	19.20	7.47	16.60	7.48	16.00	6.12	17.30	7.22	17.10	8.42	15.90	7.64	16.60	8.99	19.30
		7.52	16.10	8.03	16.00				16.20	7.80	6.56	17.80	7.39	16.40	7.52	15.90	8.00	15.60	7.47	16.40	8.37	15.80	7.52	16.40	7.94	16.90	
		7.55	16.00	8.03	15.90				16.40	8.00	6.57	17.50	7.50	16.20	7.53	15.90	8.31	15.50	7.53	16.20	8.38	15.70	7.54	16.30	8.60	16.50	
		7.56	16.10	7.66	15.80				16.20	8.00	6.63	17.20	7.51	16.10	7.54	15.80	7.76	15.50	7.56	16.10	8.38	15.60	7.57	16.20	8.52	16.40	
24/9/20		17.8	6.55	18.20	6.23	24.90				15.80	7.70	5.97	22.70	8.54	22.20	6.85	16.70	8.11	17.40	5.95	20.30	8.14	17.30	6.81	17.90	8.30	21.50
		7.26	16.20	8.10	16.60				15.90	7.70	7.48	19.00	7.26	16.20	7.50	15.20	8.04	15.60	7.12	16.90	7.69	15.20	7.37	16.00	8.12	17.10	
		7.48	15.50	7.96	15.90				15.70	8.00	6.42	17.80	7.20	16.20	7.62	14.80	8.02	15.10	7.06	16.10	7.84	14.20	7.49	15.70	8.04	16.60	
		7.56	15.40	7.91	15.50				16.00	7.90	6.82	17.20	7.34	15.30	7.71	14.40	8.04	15.00	7.50	15.30	7.89	14.60	7.59	15.20	7.91	16.30	
		18.8	7.56	15.20	7.85	15.30				15.90	8.20	6.70	16.90	7.36	15.30	7.82	14.20	7.95	14.80	7.49	15.50	7.73	14.30	7.66	15.00	7.90	16.10
26/9/20		7.54	15.00	7.83	15.20				15.70	8.10	6.67	17.00	7.42	15.20	7.81	14.10	7.91	14.70	7.53	15.30	7.86	14.40	7.73	14.80	8.11	15.80	
		7.68	14.80	7.90	15.10				15.70	8.15	6.76	16.70	7.42	15.10	7.83	14.00	7.87	14.60	7.38	15.10	7.86	14.30	7.76	14.70	8.04	15.70	
		7.60	15.00	7.85	14.90				15.80	8.10	6.94	16.20	7.34	15.10	7.84	14.00	7.84	14.50	7.74	15.00	7.94	14.10	7.76	14.60	7.94	15.50	
		19.8	7.62	15.00	7.83	14.80				16.20	7.90	6.82	15.90	7.36	15.00	7.88	13.90	7.81	14.40	7.67	14.90	7.93	14.10	7.81	14.50	7.89	15.30
		7.64	15.10	7.87	14.80				16.20	7.85	7.27	15.70	7.41	15.20	7.86	13.90	7.77	14.30	7.61	14.70	7.96	14.10	7.82	14.50	7.88	15.30	
27/9/20		7.64	14.90	7.85	14.70				16.40	7.90	6.94	15.70	7.43	14.90	7.86	13.90	7.74	14.30	7.70	14.60	7.95	14.10	7.80	14.50	7.90	15.20	
		7.66	14.90	7.75	14.70				16.20	8.00	6.91	15.60	7.40	15.20	7.50	13.80	7.73	14.20					7.80	14.50	7.89	15.20	

Nota. Elaboración propia

Figura 79

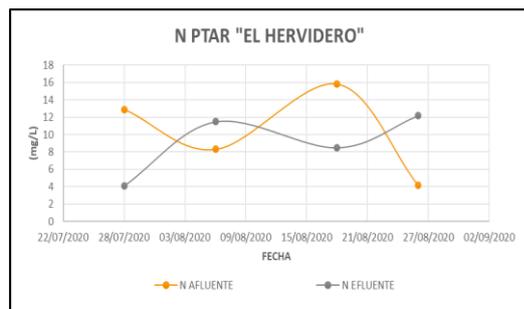
Características del AR PTAR "El Hervidero". a) DBO5. b) SS. c) N. d) T y pH



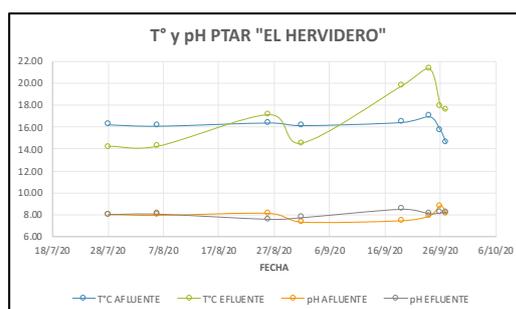
a)



b)



c)

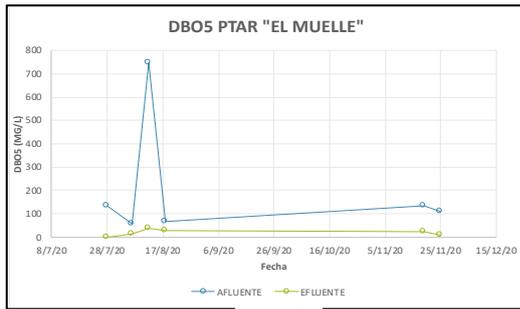


d)

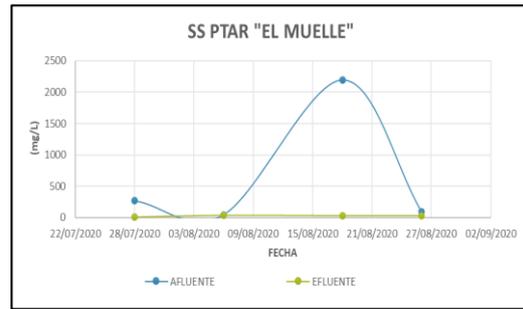
Nota. Elaboración propia

Figura 80

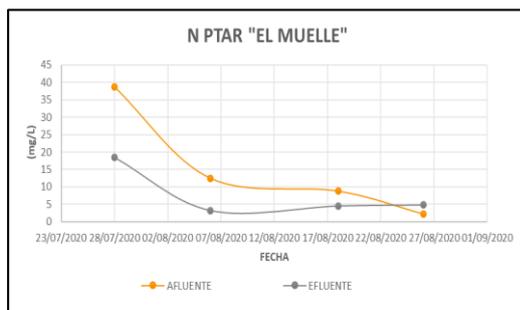
Características del AR PTAR "El Muelle". a) DBO5. b) SS. c) N. d) T y pH



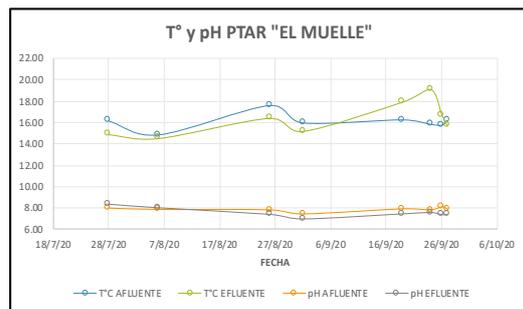
a)



b)



c)



d)

Nota. Elaboración propia

Anexo 6: Alícuotas de muestras compuestas de aguas residuales**Tabla 48***Alícuota de muestra compuesta del 28/07/2020 PTAR El Muelle*

Hora	Q (L/s)	ml / Q	V (ml)
6:00	6.11	13.24	80.94
7:00	6.62	13.24	87.69
8:00	6.98	13.24	92.37
9:00	5.79	13.24	76.62
10:00	5.71	13.24	75.56
11:00	5.79	13.24	76.62
12:00	6.20	13.24	82.04
13:00	6.54	13.24	86.54
14:00	6.62	13.24	87.69
15:00	6.45	13.24	85.40
16:00	6.28	13.24	83.15
17:00	6.45	13.24	85.40
Total	75.54		1000
Promedio	6.29		

Nota. Elaboración propia**Tabla 49***Alícuota de muestra compuesta del 06/08/2020 PTAR El Muelle*

Hora	Q (L/s)	ml / Q	V (ml)
6:00	6.80	10.77	73.25
7:00	7.53	10.77	81.11
8:00	8.50	10.77	91.61
9:00	8.30	10.77	89.45
10:00	7.53	10.77	81.11
11:00	7.53	10.77	81.11
12:00	7.72	10.77	83.15
13:00	8.30	10.77	89.45
14:00	8.30	10.77	89.45
15:00	7.53	10.77	81.11
16:00	7.25	10.77	78.10
17:00	7.53	10.77	81.11
Total	92.82		1000
Promedio	7.74		

Nota. Elaboración propia

Tabla 50*Alícuota de muestra compuesta del 12/08/2020 PTAR El Muelle*

Hora	Q (L/s)	ml / Q	V (ml)
6:00	6.45	12.79	82.49
7:00	6.62	12.79	84.70
8:00	7.53	12.79	96.27
9:00	7.16	12.79	91.53
10:00	6.45	12.79	82.49
11:00	6.45	12.79	82.49
12:00	5.95	12.79	76.08
13:00	6.28	12.79	80.32
14:00	6.80	12.79	86.94
15:00	6.11	12.79	78.18
16:00	6.11	12.79	78.18
17:00	6.28	12.79	80.32
Total	78.20		1000
Promedio	6.52		

Nota. Elaboración propia**Tabla 51***Alícuota de muestra compuesta del 18/08/2020 PTAR El Muelle*

Hora	Q (L/s)	ml / Q	V (ml)
6:00	6.80	11.69	79.47
7:00	7.34	11.69	85.81
8:00	8.30	11.69	97.05
9:00	7.72	11.69	90.21
10:00	6.80	11.69	79.47
11:00	6.80	11.69	79.47
12:00	7.16	11.69	83.67
13:00	7.16	11.69	83.67
14:00	6.89	11.69	80.51
15:00	6.89	11.69	80.51
16:00	6.85	11.69	80.09
17:00	6.85	11.69	80.09
Total	85.55		1000
Promedio	7.13		

Nota. Elaboración propia

Tabla 52*Alícuota de muestra compuesta del 28/07/2020 PTAR El Hervidero*

Hora	Q (L/s)	ml / Q	V (ml)
6:00	2.46	27.48	67.52
7:00	2.60	27.48	71.48
8:00	4.10	27.48	112.60
9:00	3.44	27.48	94.63
10:00	2.81	27.48	77.24
11:00	2.36	27.48	64.73
12:00	2.71	27.48	74.34
13:00	3.59	27.48	98.61
14:00	3.64	27.48	100.14
15:00	3.09	27.48	84.99
16:00	2.73	27.48	74.99
17:00	2.87	27.48	78.72
Total	36.39		1000
Promedio	3.03		

Nota. Elaboración propia**Tabla 53***Alícuota de muestra compuesta del 06/08/2020 PTAR El Hervidero*

Hora	Q (L/s)	ml / Q	V (ml)
6:00	3.32	34.25	113.58
7:00	3.55	34.25	121.74
8:00	3.88	34.25	132.86
9:00	3.48	34.25	119.07
10:00	2.21	34.25	75.78
11:00	1.69	34.25	57.88
12:00	1.93	34.25	66.18
13:00	2.35	34.25	80.35
14:00	2.28	34.25	78.02
15:00	1.49	34.25	50.98
16:00	1.43	34.25	48.94
17:00	1.59	34.25	54.61
Total	29.20		1000
Promedio	2.43		

Nota. Elaboración propia

Tabla 54*Alícuota de muestra compuesta del 18/08/2020 PTAR El Hervidero*

Hora	Q (L/s)	ml / Q	V (ml)
6:00	2.97	27.64	82.24
7:00	3.72	27.64	102.73
8:00	4.80	27.64	132.59
9:00	3.67	27.64	101.56
10:00	2.68	27.64	74.22
11:00	2.09	27.64	57.85
12:00	2.54	27.64	70.24
13:00	3.52	27.64	97.41
14:00	3.47	27.64	95.98
15:00	2.74	27.64	75.66
16:00	1.97	27.64	54.48
17:00	1.99	27.64	55.05
Total	36.17		1000
Promedio	3.01		

Nota. Elaboración propia**Tabla 55***Alícuota de muestra compuesta del 26/08/2020 PTAR El Hervidero*

Hora	Q (L/s)	ml / Q	V (ml)
6:00	2.23	32.69	72.83
7:00	2.71	32.69	88.65
8:00	3.86	32.69	126.23
9:00	2.87	32.69	93.75
10:00	2.32	32.69	75.79
11:00	1.99	32.69	64.92
12:00	2.41	32.69	78.87
13:00	3.11	32.69	101.79
14:00	3.13	32.69	102.33
15:00	2.62	32.69	85.63
16:00	1.69	32.69	55.20
17:00	1.65	32.69	54.01
Total	30.59		1000
Promedio	2.55		

Nota. Elaboración propia

Anexo 7: Registro de caudales en las PTAR

Tabla 56

Caudales teóricos PTAR "El Hervidero"

Caudales PTAR El Hervidero		
Población	2728	hab
Dotación	128.06	L/hab. día
C.R	0.80	
Q.A.R.D	3.23	L/s
KMD	1.30	
KMH	2.00	
Q. M. D	4.21	L/s
Q. M. H	6.47	L/s
A	0.50	
Longitud	7.39	Km
Q. Infiltración	3.70	L/s
Q. Ilícito	80.00	L/hab. día
	2.53	L/s
Q.C. Erradas	0.84	L/s
Q Total	13.53	L/s

Nota. Elaboración propia

Tabla 57

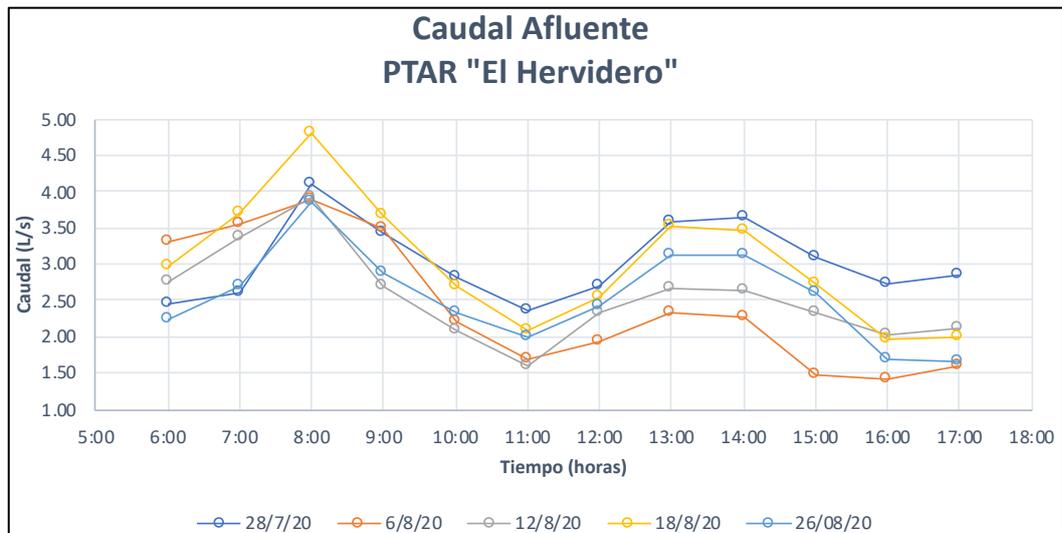
Caudales teóricos PTAR "El Muelle"

Caudales PTAR El Muelle		
Población	2594	hab
Dotación	128.06	L/hab. día
C.R	0.8	
Q.A.R.D (Medio)	3.08	L/s
KMD	1.25	
KMH	3	
Q. M. D	3.84	L/s
Q. M. H	9.23	L/s
A	0.5	
Longitud	5.69	Km
Q. Infiltración	2.84	L/s
Q. Ilícito	80	L/hab. día
	2.40	L/s
Q.C. Erradas	0.77	L/s
Q Total	15.24	L/s

Nota. Elaboración propia

Figura 81

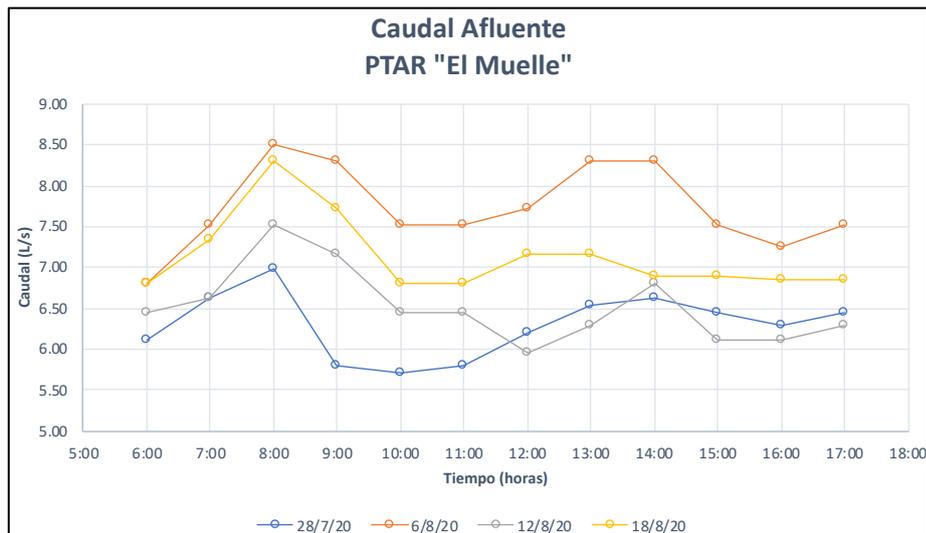
Registro de caudales en el afluente PTAR El Hervidero



Nota. Elaboración propia

Figura 82

Registro de caudales en el afluente PTAR El Muelle



Nota. Elaboración propia

Anexo 8: Monitoreo para la modelización de OD en los ríos Cañar y San Antonio**Figura 83**

Estaciones de monitoreo para la calibración del modelo Streeter-Phelps en el río "Cañar"



Nota. Elaboración propia

Figura 84

Estaciones de monitoreo para la calibración del modelo Streeter-Phelps en el río "San Antonio"



Nota. Elaboración propia

Figura 85

Medición y limpieza de secciones para aforo de caudal con molinete en el río San Antonio



Nota. Elaboración propia

Figura 86

Medición de caudal con molinete en el río Cañar



Nota. Elaboración propia

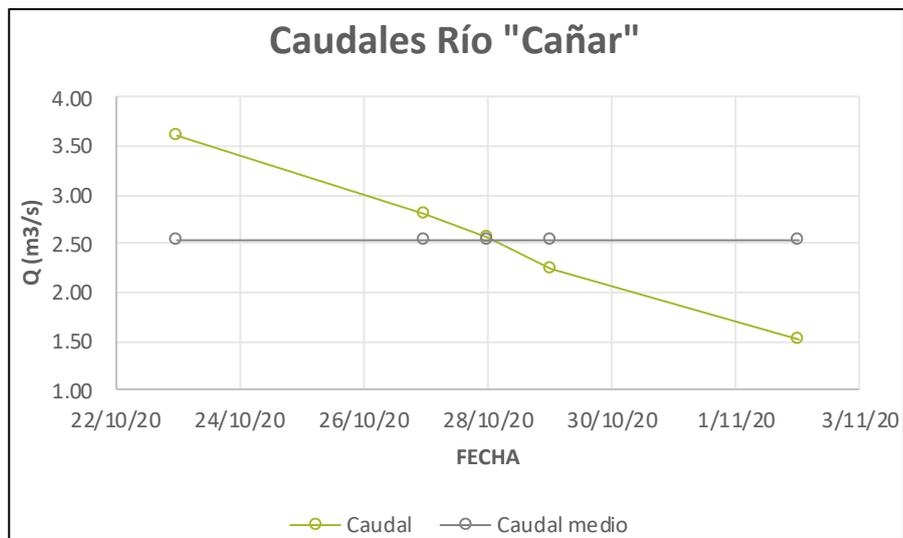
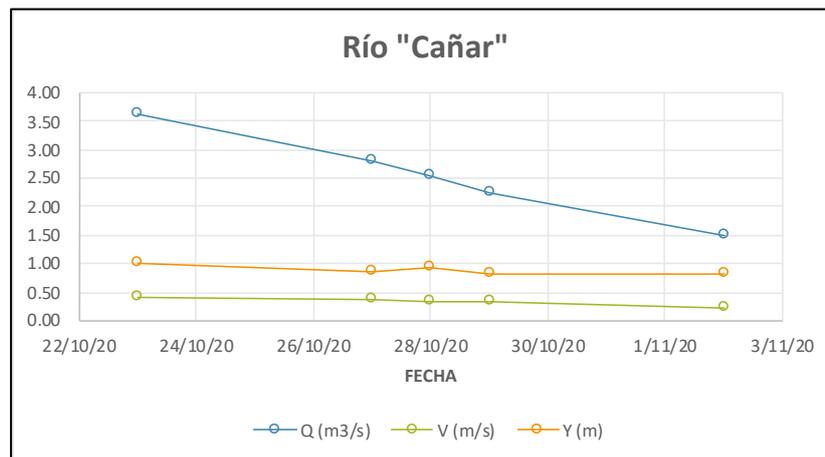
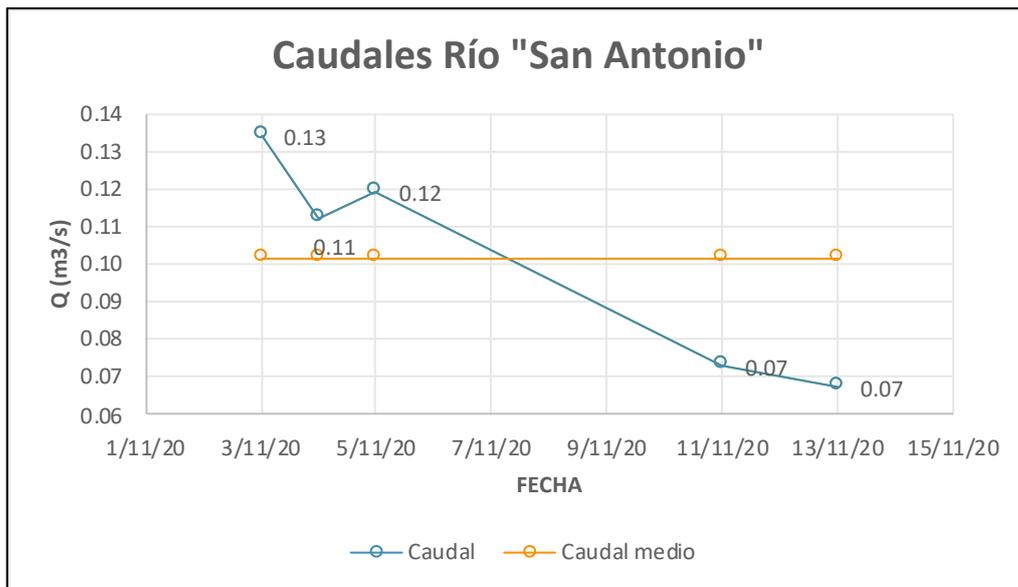
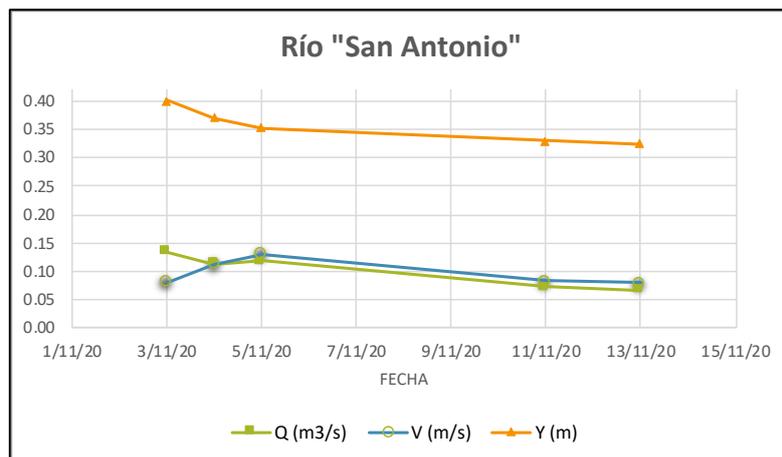
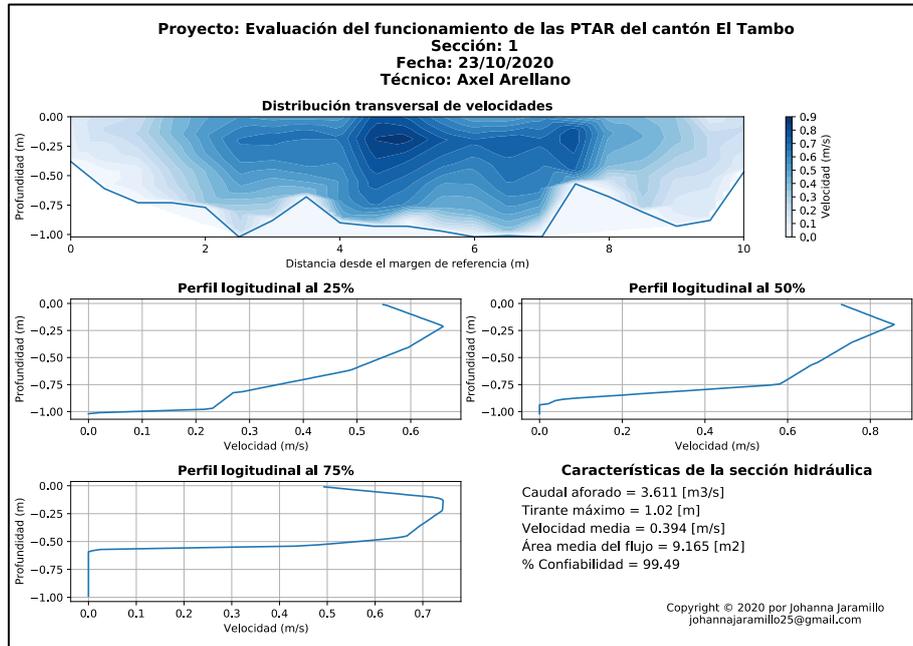
Figura 87*Caudales del río "Cañar"**Nota. Elaboración propia***Figura 88***Resultados del aforo en el río "Cañar"**Nota. Elaboración propia*

Figura 89*Caudales del río "San Antonio"**Nota. Elaboración propia***Figura 90***Resultados del aforo en el río "San Antonio"**Nota. Elaboración propia*

Anexo 9: Caudales de los ríos estimados con el código de programación de Python

Figura 91

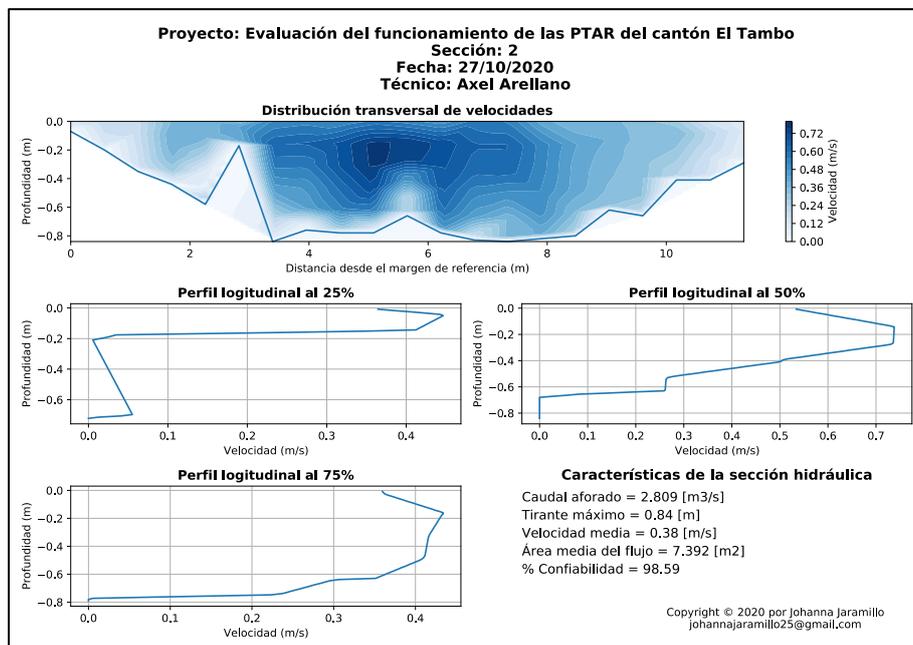
Caudal de la sección 1 del río Cañar 23/10/2020



Nota. Elaboración propia

Figura 92

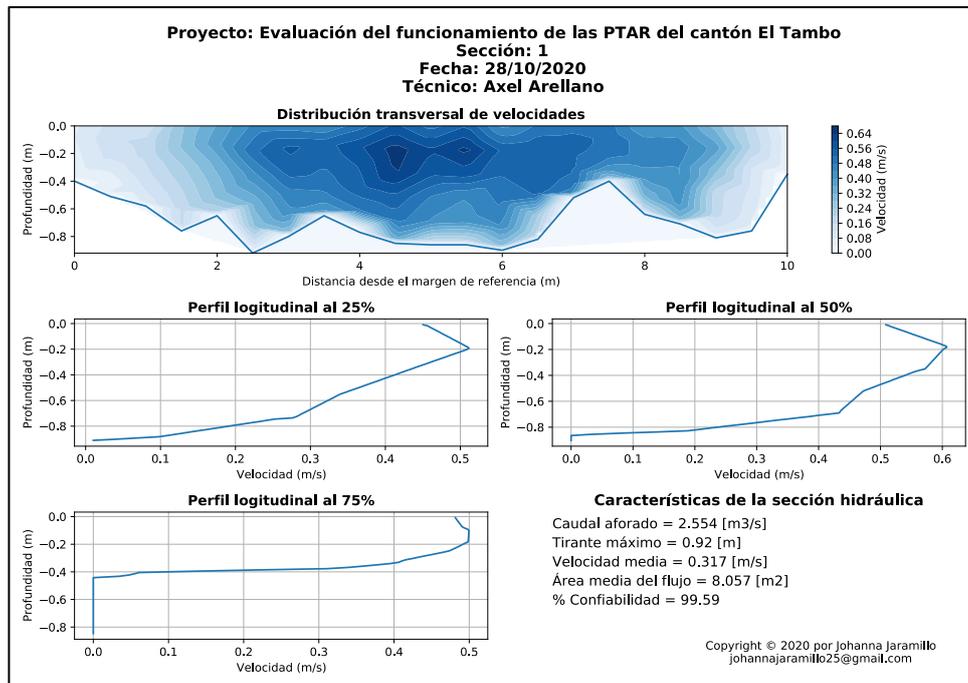
Caudal de la sección 2 del río Cañar 27/10/2020



Nota. Elaboración propia

Figura 93

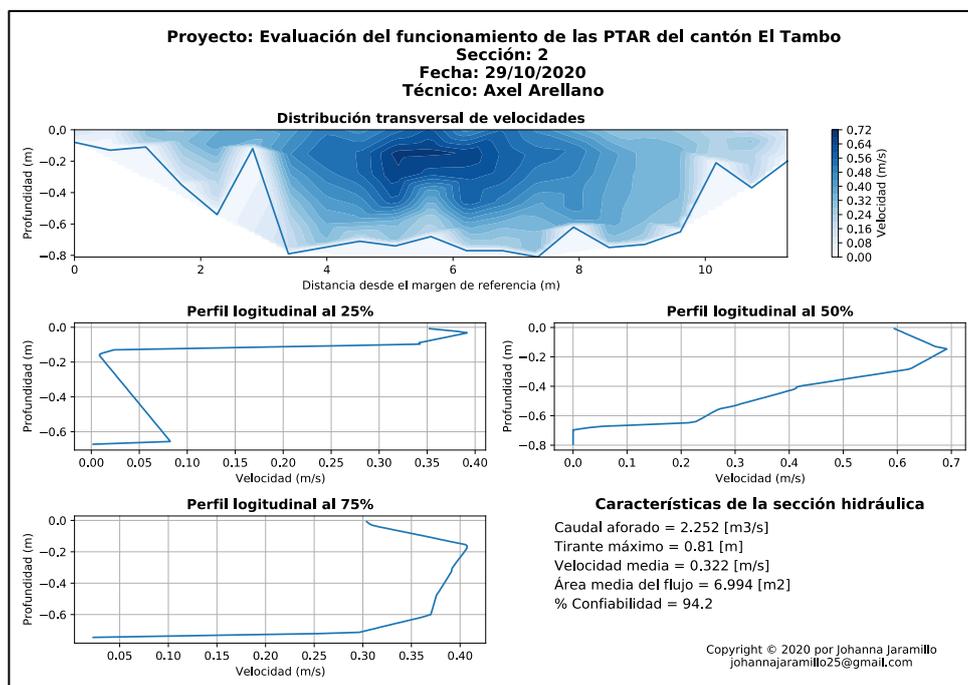
Caudal de la sección 1 del río Cañar 28/10/2020



Nota. Elaboración propia

Figura 94

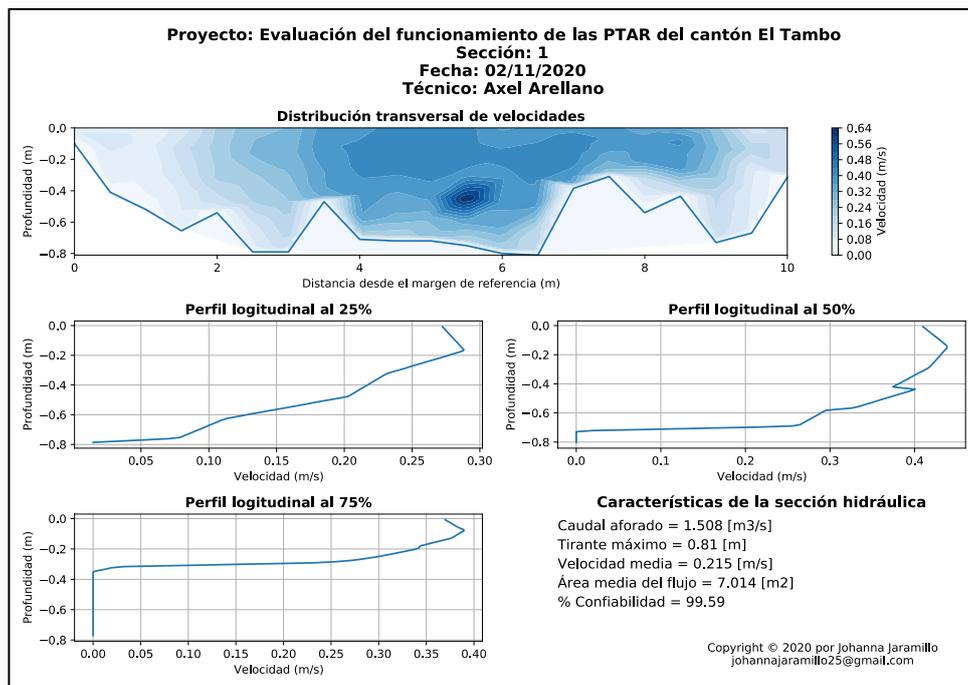
Caudal de la sección 2 del río Cañar 29/10/2020



Nota. Elaboración propia

Figura 95

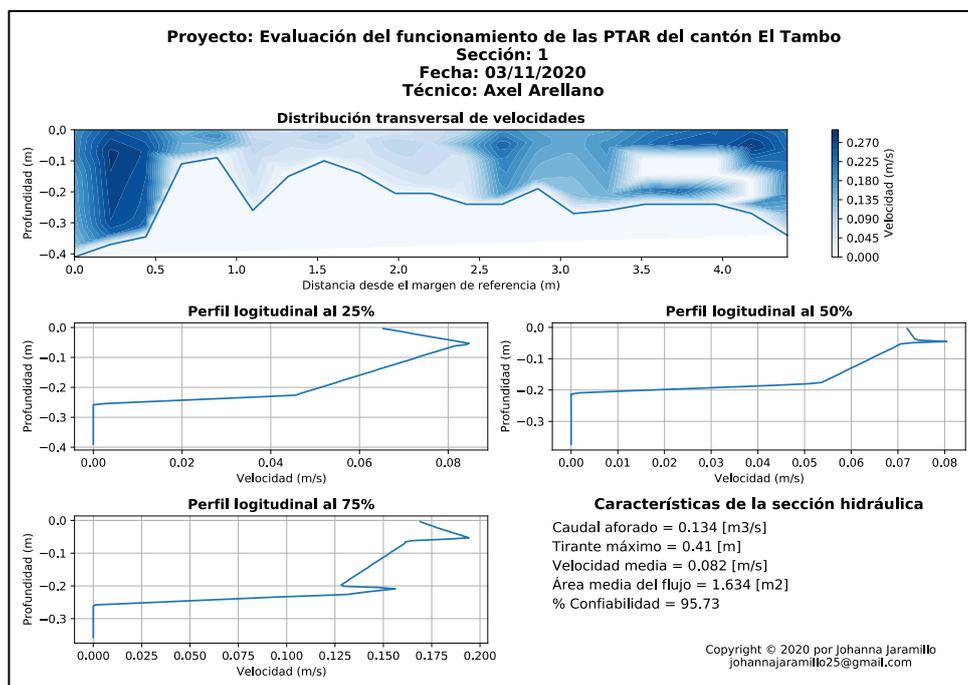
Caudal de la sección 2 del río Cañar 02/11/2020



Nota. Elaboración propia

Figura 96

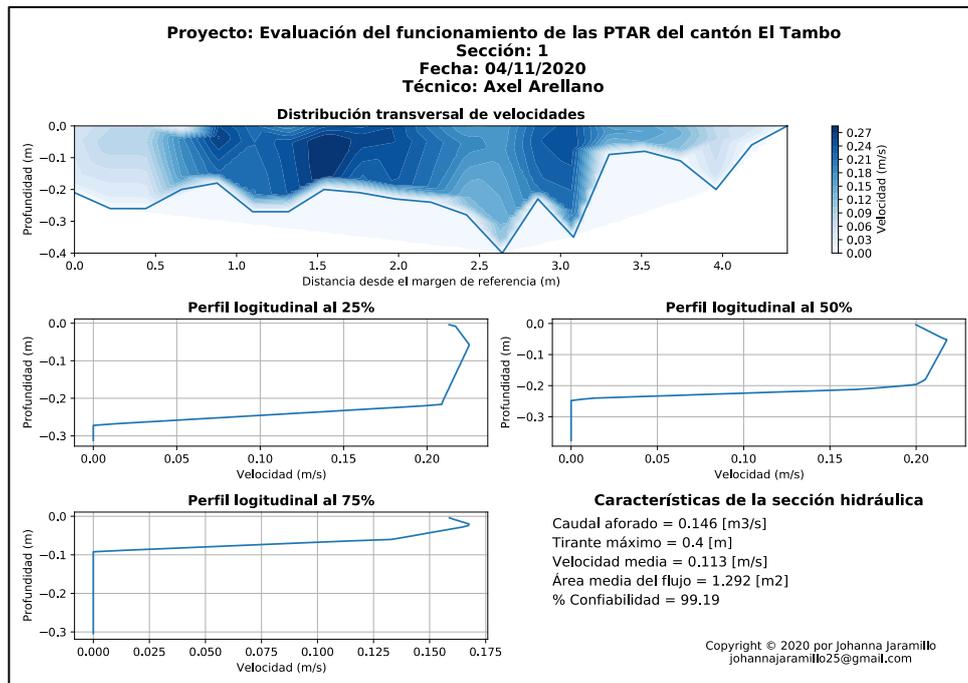
Caudal de la sección 1 del río San Antonio 03/11/2020



Nota. Elaboración propia

Figura 97

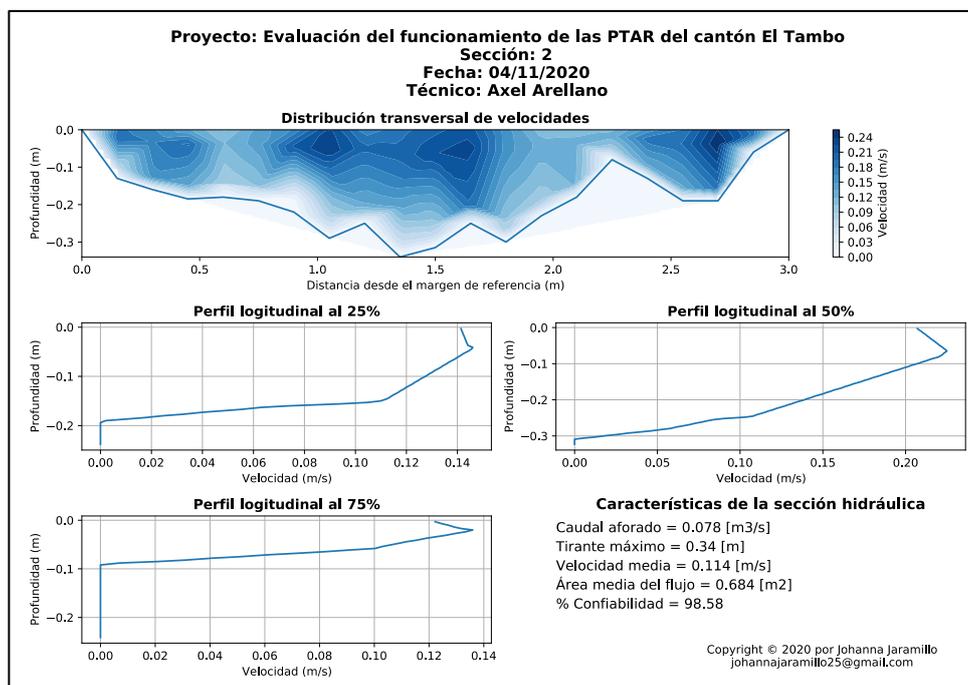
Caudal de la sección 1 del río San Antonio 04/11/2020



Nota. Elaboración propia

Figura 98

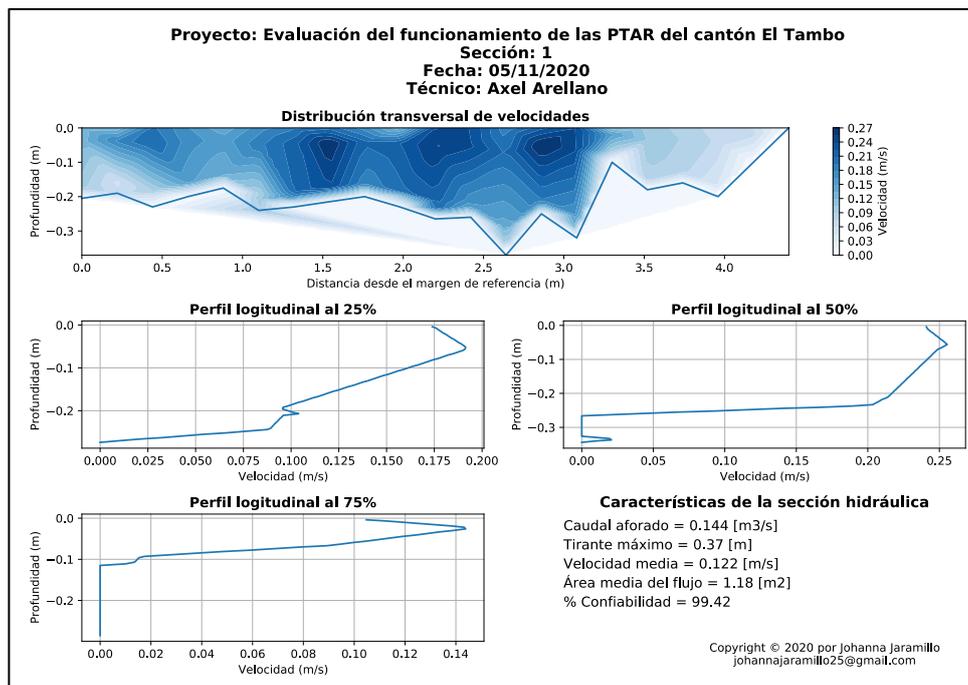
Caudal de la sección 2 del río San Antonio 04/11/2020



Nota. Elaboración propia

Figura 99

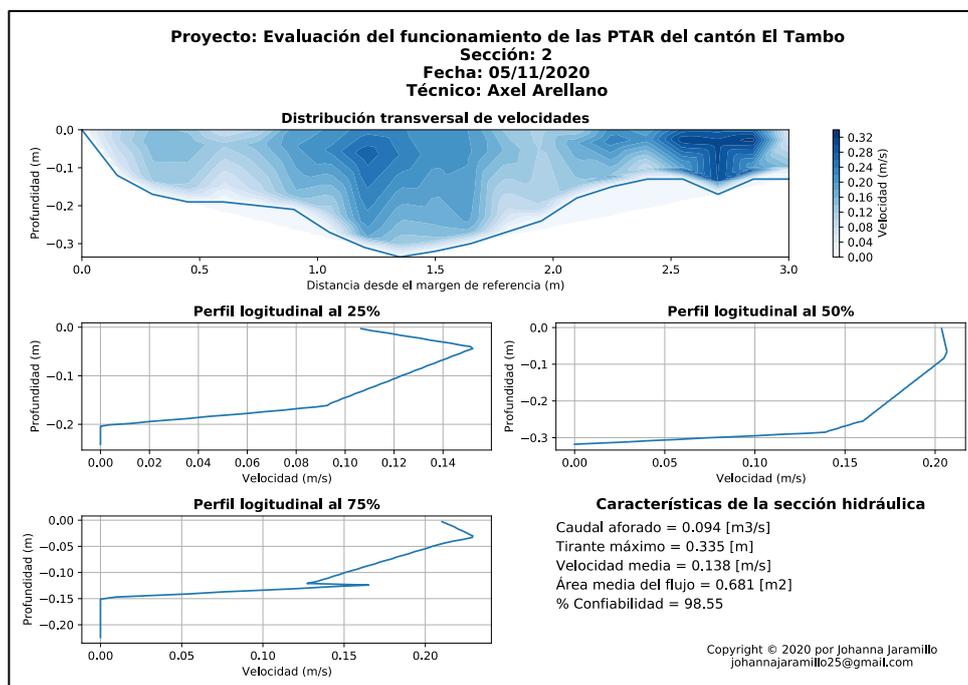
Caudal de la sección 1 del río San Antonio 05/11/2020



Nota. Elaboración propia

Figura 100

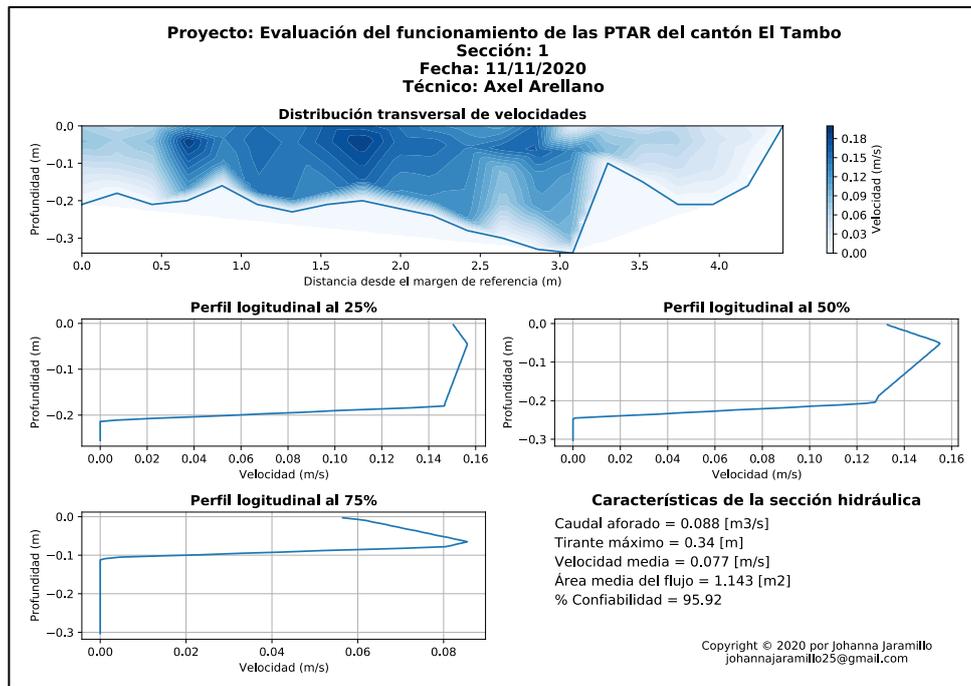
Caudal de la sección 2 del río San Antonio 05/11/2020



Nota. Elaboración propia

Figura 101

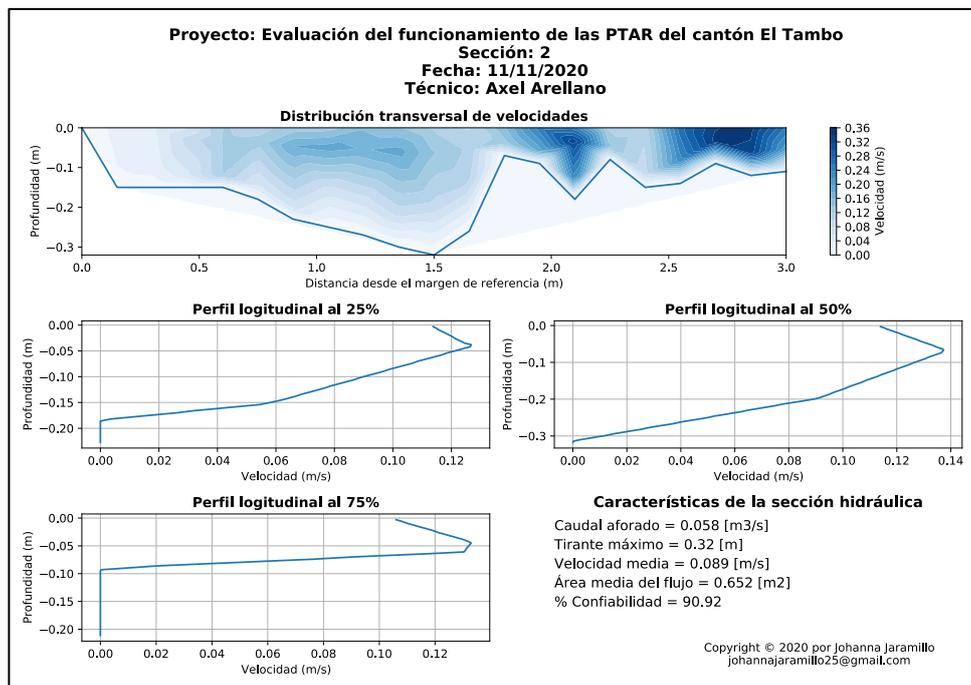
Caudal de la sección 1 del río San Antonio 11/11/2020



Nota. Elaboración propia

Figura 102

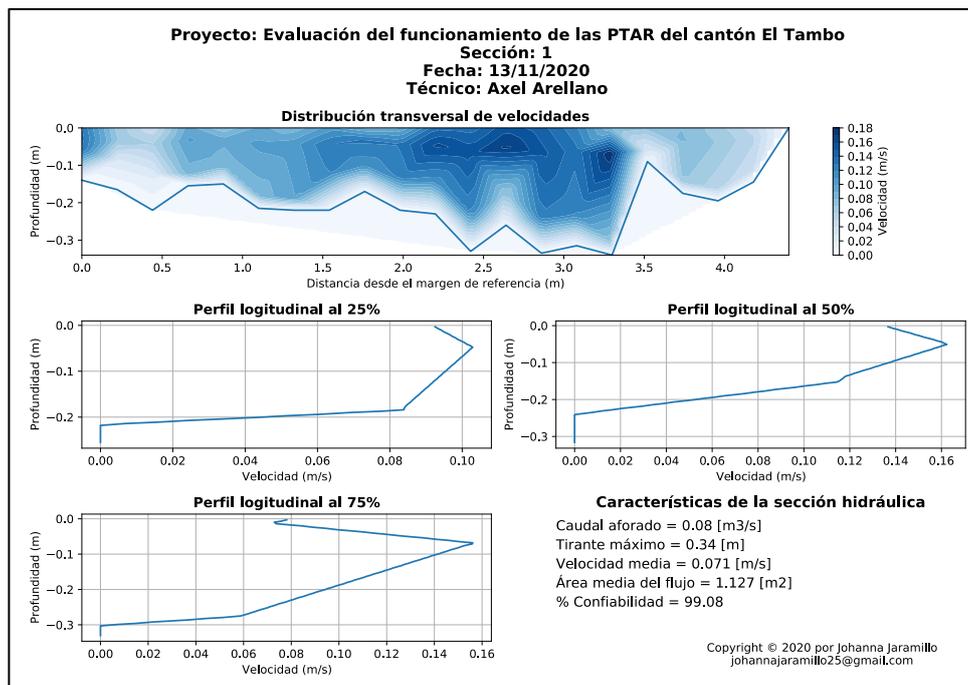
Caudal de la sección 2 del río San Antonio 11/11/2020



Nota. Elaboración propia

Figura 103

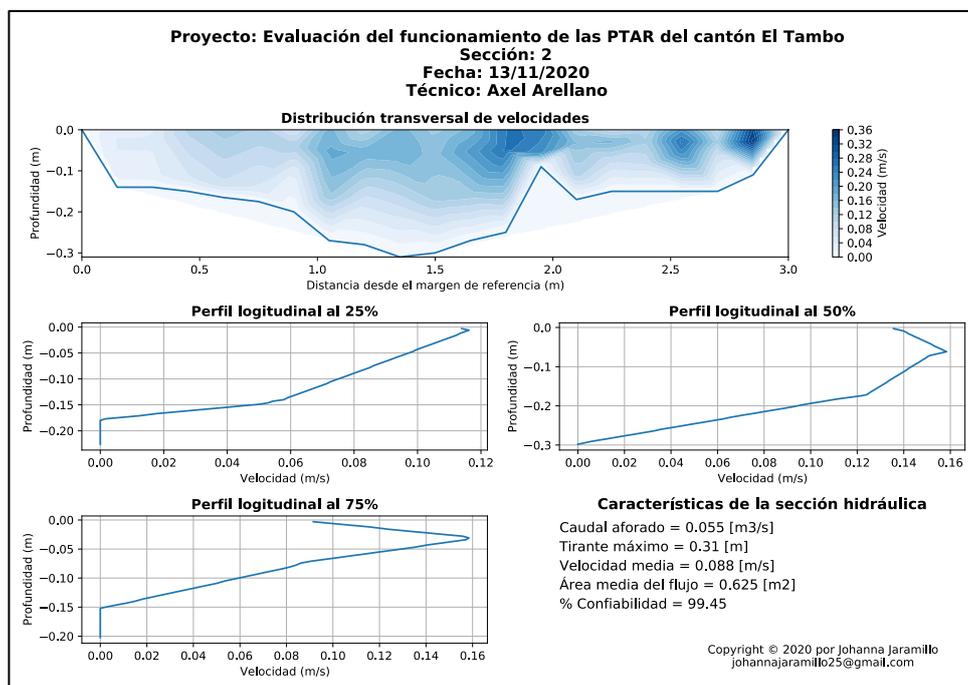
Caudal de la sección 1 del río San Antonio 13/11/2020



Nota. Elaboración propia

Figura 104

Caudal de la sección 2 del río San Antonio 13/11/2020



Nota. Elaboración propia

Anexo 10: Informes de laboratorio correspondientes a la PTAR El Hervidero

Figura 105

Análisis de muestra compuesta del afluente 28/07/2020

IHTALAB Laboratorio de Calidad de Agua		LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS				
CODIGO: F01-PG05						
INFORME No.	0A-20-182	Fecha de Emisión del Informe:	2020-08-06	Revisión 02		
CUENTE:	Sr. Axel Avellano			RUC:	0901942777	
DIRECCION:	Gonzalo Martínez y Darío Machuca - Cañar			TELEFONOS:	0988401294	
TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Entrada - Zona Urbana					
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):	N/A			IHTALAB () CLIENTE (X) OTRO ()		
Fecha de Recolección de muestras:	2020-07-29	Hora recolección:	08:00:00 a. m.	CUANDO IHTALAB ES RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA, SE GARANTIZA LA TRAZABILIDAD DE LA MUESTRA EN BASE A LA CADENA DE CUSTODIA Y LA INFORMACIÓN ABI CONTENIDA.		
Fecha de Recepción de muestras:	2020-07-29	Hora recepción:	10:30:00 a. m.			
Fecha de inicio de Ensayos:	2020-07-29	Fecha Fin de Ensayos:	2020-08-06			
RESULTADO ANALISIS DE AGUA						
AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 20-182	Valores máximos permisibles ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5	APHA 5210 D / PE - 07	mg O ₂ /l	118.8	250	2 - 4000 mg/l
	Nitratos	APHA 4500 NO2B / PE - 14	mg/l	12.9	N/A	1 - 300 mg/l
	Sólidos Suspendidos	APHA 2540 F / PE - 19	mg/l	166	220	30 - 750 mg/l

Laboratorio de Calidad de Agua

NOTAS:	
Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025	1: Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con los LÍMITES DE DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO Norma de calidad ambiental y de efluentes al recurso agua. Ministerio del Ambiente del Ecuador
Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado	
Los resultados incluidos en el presente Informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	Prohibida su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.

Observaciones:

Informe aprobado y autorizado por:

Ing. Carlos Matovelle, Mst.
Jefe Técnico

Azogues, Jueves 6 de agosto de 2020

Dirección: Sucre 9-02 y Camilo Ponce
Azogues - Ecuador
Tel: (07) 2244-988 Cel: 0996364296
Mail: ihta.azogues@gmail.com

Pág. 1 de 1

Nota. Elaborado por IHTALAB, 2020, Azogues, Ecuador

Figura 106

Análisis de muestra compuesta del efluente 28/07/2020

IHTALAB Laboratorio de Calidad de Agua		LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS				
CODIGO: F01-PG03						
INFORME No.	QA-20-183	Fecha de Emisión del Informe:	2020-08-06	Revisión 02		
CLIENTE:	Sr. Axel Avellano			RUC:	0301942777	
DIRECCION:	Gonzalo Martínez y Darío Machuca - Cañar			TELEFONOS:	0988401294	
TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Salida - Zona Urbana					
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):	N/A			IHTALAB ()	CLIENTE (X)	
Fecha de Recolección de muestras:	2020-07-29	Hora recolección:	06:00:00 a. m.	Como IHTALAB es responsable de la toma de Muestra, se garantiza la trazabilidad de la muestra en base a la cadena de custodia y la información ahí contenida		
Fecha de Recepción de muestras:	2020-07-29	Hora recepción:	10:30:00 a. m.			
Fecha de Inicio de Ensayos:	2020-07-29	Fecha Fin de Ensayos:	2020-08-06			
RESULTADO ANALISIS DE AGUA						
AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 20-183	Valores máximos permitibles ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5	APHA 5210 D / PE - 07	mg O2/l	No Detectado	100	2 - 4000 mg/l
	Nitratos	APHA 4500 NO2B / PE - 14	mg/l	4.1	N/A	1 - 300 mg/l
	Sólidos Suspendidos	APHA 2540 F / PE - 19	mg/l	44	130	30 - 750 mg/l

NOTAS:	
Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025.	1) Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con los LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE Norma de calidad ambiental y de efluentes al recurso agua. Ministerio del Ambiente del Ecuador
Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado.	
Los resultados incluidos en el presente informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	Prohibida su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.

Observaciones:

Informe aprobado y autorizado por:
  Ing. Carlos Matovelle, Mst. Jefe Técnico
Azogues, jueves 6 de agosto de 2020



Dirección: Sucre 9-02 y Camilo Ponce
 Azogues - Ecuador
 Tel: (07) 2244-888 Cel: 0988364296
 Mail: ihta.azogues@gmail.com

Pág. 1 de 1

Nota. Elaborado por IHTALAB, 2020, Azogues, Ecuador

Figura 107

Análisis de muestra compuesta del afluente 06/08/2020

 IHTALAB <small>LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA</small>		LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS				
CODIGO: F01-P003						
INFORME No.	0A-20-192	Fecha de Emisión del Informe:	2020-08-14	Revisión 02		
CLIENTE:	Sr. Axel Avellano			RUC:	0901942777	
DIRECCION:	Gonzalo Martínez y Darío Machuca - Cañar			TELEFONOS:	0988401294	
TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Entrada - Zona Urbana					
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):	N/A			IHTALAB () CLIENTE (X) OTRO ()		
Fecha de Recolección de muestras:	2020-08-06	Hora recolección:	08:00:00 a. m.	<small>Cuando IHTALAB es responsable de la toma de muestra, se garantiza la trazabilidad de la muestra en base a la cadena de custodia y la información ahí contenida.</small>		
Fecha de Recepción de muestras:	2020-08-06	Hora recepción:	10:30:00 a. m.			
Fecha de Inicio de Ensayos:	2020-08-06	Fecha Fin de Ensayos:	2020-08-14			
RESULTADO ANALISIS DE AGUA						
AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 20-192	Valores máximos permisibles ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5	APHA 5210 D / PE - 07	mg O ₂ /l	284.2	250	2 - 4000 mg/l
	Nitratos	APHA 4500 NO ₃ B / PE - 14	mg/l	8.3	N/A	1 - 300 mg/l
	Sólidos Suspendedos	APHA 2540 F / PE - 19	mg/l	72	220	30 - 750 mg/l

Laboratorio de Calidad de Agua

NOTAS:	
Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025.	<small>1: Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con los LÍMITES DE DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO Norma de calidad ambiental y de efluentes al recurso agua. Ministerio del Ambiente del Ecuador</small>
Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado.	
Los resultados incluidos en el presente Informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	Prohibida su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.

Observaciones:

Informe aprobado y autorizado por:



IHTA
INGENIERÍA TÉCNICA

Ing. Carlos Motovelle, Mst.
 Jefe Técnico

Azogues, viernes 14 de agosto de 2020



Dirección: Sucre 9-02 y Camilo Ponce
 Azogues - Ecuador
 Tel: (07) 2244-988 Cel: 0988364286
 Mail: ihta.azogues@gmail.com

Pág. 1 de 1

Nota. Elaborado por IHTALAB, 2020, Azogues, Ecuador

Figura 108

Análisis de muestra compuesta del efluente 06/08/2020

INFORME No.		Fecha de Emisión del Informe:		Revisión 02	
04-20-193		2020-08-14		Revisión 02	
CLIENTE:		Sr. Axel Avellano		RUC: 0301942777	
DIRECCION:		Gonzalo Martínez y Darío Machuca - Cañar		TELEFONOS: 0988401294	
TIPO DE MUESTRA:		Agua Residual		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA	
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:		Salida - Zona Urbana		IHTALAB () CLIENTE (X) OTRO ()	
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):		N/A		CUANDO IHTALAB SE RESPONSABILIZA DE LA TOMA DE MUESTRA, se garantiza la trazabilidad de la muestra en base a la cadena de custodia y la información ahí contactada.	
Fecha de Recolección de muestras:		2020-08-06		Hora recolección: 08:00:00 a. m.	
Fecha de Recepción de muestras:		2020-08-06		Hora recepción: 10:30:00 a. m.	
Fecha de Inicio de Ensayos:		2020-08-06		Fecha Fin de Ensayos: 2020-08-14	

RESULTADO ANALISIS DE AGUA						
AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 20-193	Valores máximos permisibles ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5	APHA 5210 D / PE - 07	mg O2/l	15.9	100	2 - 4000 mg/l
	Nitratos	APHA 4500 NO2B / PE - 14	mg/l	11.5	N/A	1 - 300 mg/l
	Sólidos Suspendedos	APHA 2540 F / PE - 19	mg/l	20	130	30 - 750 mg/l

NOTAS:	
Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025	1: Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con los LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE Norma de calidad ambiental y de efluentes al recurso agua. Ministerio del Ambiente del Ecuador
Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado	
Los resultados incluidos en el presente informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	

Observaciones:

Informe aprobado y autorizado por:
  Ing. Carlos Motovelle, Mst. Jefe Técnico Azogues, viernes 14 de agosto de 2020

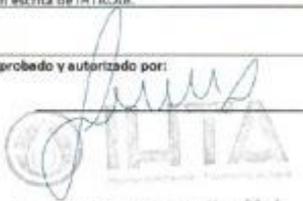


Dirección: Sucre 9-02 y Camilo Ponce
 Azogues - Ecuador
 Tel: (07) 2244-988 Cel: 0998364296
 Mail: ihta.azogues@gmail.com

Nota. Elaborado por IHTALAB, 2020, Azogues, Ecuador

Figura 109

Análisis de muestra compuesta del afluente 18/08/2020

IHTALAB LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS		CODIGO: F01-PG03				
INFORME No.	OA-20-213	Fecha de Emisión del Informe:	2020-08-28	Revisión: 02		
CLIENTE:	Sr. Axel Avellano		RUC:	0301942777		
DIRECCION:	Gonzalo Martínez y Darío Machuca - Cañar		TELEFONOS:	0988401294		
TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA			
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Entrada - Zona Urbana					
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):	N/A		IHTALAB () CLIENTE (X) OTRO ()			
Fecha de Recolección de muestras:	2020-08-20	Hora recolección:	08:00:00 a. m.	CUESTIONARIO IHTALAB ES RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA, SE GARANTIZA LA TRAZABILIDAD DE LA MUESTRA EN BASE A LA CADENA DE CUSTODIA Y LA INFORMACIÓN AHI CONTENIDA		
Fecha de Recepción de muestras:	2020-08-20	Hora recepción:	10:30:00 a. m.			
Fecha de inicio de Ensayos:	2020-08-20	Fecha Fin de Ensayos:	2020-08-28			
RESULTADO ANALISIS DE AGUA						
AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 20-213	Valores máximos permisióables ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5	APHA 5210 D / PE - 07	mg O2/l	104.61	250	2 - 4000 mg/l
	Nitratos	APHA 4500 NO2B / PE - 14	mg/l	15.8	N/A	1 - 300 mg/l
	Sólidos Suspendidos	APHA 2540 F / PE - 19	mg/l	234	220	30 - 750 mg/l
NOTAS:						
Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025			1: Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con los LÍMITES DE DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO Norma de calidad ambiental y de efluentes al recurso agua. Ministerio del Ambiente del Ecuador.			
Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado			Prohibida su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.			
Los resultados incluidos en el presente Informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.						
Observaciones:						
Informe aprobado y autorizado por:						
 Ing. Carlos Matovella, Mst. Jefe Técnico						
Azogues, viernes 28 de agosto de 2020						

Nota. Elaborado por IHTALAB, 2020, Azogues, Ecuador

Figura 110

Análisis de muestra compuesta del efluente 18/08/2020

IHTALAB		LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS				
CODIGO: F01-PG03						
INFORME No.	OA-20-214	Fecha de Emisión del Informe:	2020-08-28	Revisión 02		
CLIENTE:	Sr. Axel Avellano			RUC:	0301942777	
DIRECCIÓN:	Gonzalo Martínez y Darío Madruca - Cañar			TELEFONOS:	0988401294	
TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Salida - Zona Urbana			IHTALAB <input type="checkbox"/> CLIENTE <input checked="" type="checkbox"/> OTRO <input type="checkbox"/>		
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):	N/A			LIMITE IHTALAB ES RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA, SE GARANTIZA LA TRAZABILIDAD DE LA MUESTRA EN BASE A LA CADENA DE CUSTODIA Y LA INFORMACIÓN AHI CONTENIDA		
Fecha de Recolección de muestras:	2020-08-20	Hora recolección:	08:00:00 a. m.			
Fecha de Recepción de muestras:	2020-08-20	Hora recepción:	10:30:00 a. m.			
Fecha de inicio de Ensayos:	2020-08-20	Fecha Fin de Ensayos:	2020-08-28			
RESULTADO ANALISIS DE AGUA						
AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 20-214	Valores máximos permisibles ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5	APHA 5210 D / PE - 07	mg O2/l	26.02	100	2 - 4000 mg/l
	Nitratos	APHA 4500 NO2B / PE - 14	mg/l	8.5	N/A	1 - 300 mg/l
	Sólidos Suspendedos	APHA 2540 F / PE - 19	mg/l	24	130	30 - 750 mg/l
NOTAS:						
Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025			1: Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con los LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE Norma de calidad ambiental y de efluentes al recurso agua. Ministerio del Ambiente del Ecuador			
Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado			Prohíbe su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.			
Los resultados incluidos en el presente Informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.						
Observaciones:				Informe aprobado y autorizado por:		
				 Ing. Carlos Matovello, Mat. Jefe Técnico		
				Azogues, Jueves 20 de agosto de 2020		

Dirección: Sucre 9-02 y Camilo Ponce
 Azogues - Ecuador
 Tel: (07) 2244-988 Cel: 0998364296
 Mail: ihta.azogues@gmail.com

Pág. 1 de 1

Nota. Elaborado por IHTALAB, 2020, Azogues, Ecuador

Figura 111

Análisis de muestra compuesta del afluente 26/08/2020

		LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS				
CODIGO: F01-PG03						
INFORME No.	QA-20-232	Fecha de Emisión del Informe:	2020-09-04	Revisión 02		
CLIENTE:	Sr. Axel Avellano			RUC:	0901942777	
DIRECCION:	Gonzalo Martínez y Darío Machuca - Cañar			TELEFONOS:	0988401294	
TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Entrada Zona Urbana					
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):	N/A			IHTALAB () CLIENTE (X) OTRO ()		
Fecha de Recolección de muestras:	2020-08-27	Hora recolección:	08:00:00 a. m.	CUBIENDO IHTALAB ES RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA, SE GARANTIZA LA TRAZABILIDAD DE LA MUESTRA EN BASE A LA CADENA DE CUSTODIA Y LA INFORMACIÓN AHI CONTACTADA.		
Fecha de Recepción de muestras:	2020-08-27	Hora recepción:	10:30:00 a. m.			
Fecha de Inicio de Ensayos:	2020-08-27	Fecha Fin de Ensayos:	2020-09-04			
RESULTADO ANALISIS DE AGUA						
AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 20-232	Valores máximos permisibles ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5	APHA 5210 D / PE - 07	mg O2/l	77	100	2 - 4000 mg/l
	Nitratos	APHA 4500 NO2B / PE - 14	mg/l	4.2	N/A	1 - 300 mg/l
	Sólidos Suspendidos	APHA 2540 F / PE - 19	mg/l	92	190	30 - 750 mg/l

Laboratorio de Calidad de Agua

NOTAS:	
Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025	1/ Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con los LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE Norma de calidad ambiental y de efluentes al recurso agua. Ministerio del Ambiente del Ecuador
Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado	
Los resultados incluidos en el presente informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	Prohibida su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.

Observaciones:

Informe aprobado y autorizado por:


Ing. Carlos Matovello, Mst. Jefe Técnico
Azogues, viernes 4 de septiembre de 2020

Dirección: Sucre 9-02 y Camilo Ponce
Azogues - Ecuador
Tel: (07) 2244-988 Cel: 0998364296
Mail: ihta.azogues@gmail.com

Pág. 1 de 1

Nota. Elaborado por IHTALAB, 2020, Azogues, Ecuador

Figura 112

Análisis de muestra compuesta del efluente 26/08/2020

IHTALAB Laboratorio de Calidad de Agua		LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS				
CODIGO: F01-PG03						
INFORME No.:	CA-20-233	Fecha de Emisión del Informe:	2020-09-04	Revisión 02		
CLIENTE:	Sr. Axel Avellano			RUC:	0301941777	
DIRECCIÓN:	Gonzalo Martínez y Dario Machuca - Cañar			TELEFONOS:	0988401294	
TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Salida Zona Urbana					
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):	N/A			IHTALAB () CLIENTE (X) OTRO ()		
Fecha de Recolección de muestras:	2020-08-27	Hora recolección:	08:00:00 a. m.	CUANDO IHTALAB ES RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA, se garantiza la trazabilidad de la muestra en base a la cadena de custodia y la información ahí contenida.		
Fecha de Recepción de muestras:	2020-08-27	Hora recepción:	10:30:00 a. m.			
Fecha de inicio de Ensayos:	2020-08-27	Fecha Fin de Ensayos:	2020-09-04			
RESULTADO ANALISIS DE AGUA						
AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 20-233	Valores máximos permilables ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5	APHA 5210 D / PE - 07	mg O2/l	56	100	2 - 4000 mg/l
	Nitratos	APHA 4500 NO3B / PE - 14	mg/l	12.2	N/A	1 - 300 mg/l
	Sólidos Suspendidos	APHA 2540 F / PE - 19	mg/l	66	130	30 - 750 mg/l

Laboratorio de Calidad de Agua

NOTAS:	
Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025	1: Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con los LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE Norma de calidad ambiental y de efluentes al recurso agua. Ministerio del Ambiente del Ecuador
Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado.	
Los resultados incluidos en el presente Informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	Prohibida su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.

Observaciones: 	Informe aprobado y autorizado por:   Ing. Carlos Matavolta, MSc. Jefe Técnico Azogues, viernes 4 de septiembre de 2020
-----------------------------------	--

Nota. Elaborado por IHTALAB, 2020, Azogues, Ecuador

Figura 113

Análisis de muestra simple del afluente 19/11/2020

		LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL				
		INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS				
CODIGO: F01-PG19						
INFORME No.		OA-20-291	Fecha de Emisión del Informe:		2020-12-02	
				Revisión 02		
CLIENTE:		Sr. Axel Avellano			RUC:	0301942777
DIRECCION:		Gonzalo Martínez y Darío Machuca			TELEFONOS	0988401294
TIPO DE MUESTRA:		Agua Residual				
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:		Entrada PTAR El Hervidero - zona urbana				
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):		N/A				
Fecha de Recolección de muestras:		2020-11-19	Hora recolección:	08:00:00 a. m.	RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA IHTALAB () CLIENTE (X) OTRO () Cuando IHTALAB es responsable de la Toma de Muestra, se garantiza la trazabilidad de la muestra en base a la cadena de custodia y la información ahí contenida	
Fecha de Recepción de muestras:		2020-11-19	Hora recepción:	09:30:00 a. m.		
Fecha de Inicio de Ensayos:		2020-11-19	Fecha Fin de Ensayos:	2020-11-29		
RESULTADO ANALISIS DE AGUA						
AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 20-291	Valores máximos permisibles ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de oxígeno DBO5	APHA 5210 D / PE - 07	mg O2/l	76.5	< 2	6 - 4000 mg/l

IHTALAB
Laboratorio de Calidad de Agua

NOTAS:	1: Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con TABLA 1: CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO de Norma de calidad ambiental y de efluentes al recurso agua. Ministerio del Ambiente del Ecuador.
Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025	
Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado	
Los resultados incluidos en el presente Informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	Prohibida su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.

Observaciones:



Informe aprobado y autorizado por:





Azogues, **miércoles 2 de diciembre de 2020**

Dirección: Sucre 9-02 y Camilo Ponce
Azogues - Ecuador
Tel: (07) 2244-988 Cel: 0998364296
Mail: ihta.azogues@gmail.com

Pág. 1 de 1

Nota. Elaborado por IHTALAB, 2020, Azogues, Ecuador

Figura 114

Análisis de muestra simple del efluente 19/11/2020

		LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS				
		CODIGO: F01-PG19				
INFORME No.	OA-20-292	Fecha de Emisión del Informe:	2020-12-02	Revisión 02		
CLIENTE:	Sr. Axel Avellano		RUC:	0301942777		
DIRECCION:	Gonzalo Martínez y Darío Machuca		TELEFONOS:	0988401294		
TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Salida PTAR El Hervidero - zona urbana					
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):	N/A			IHTALAB () CLIENTE (X) OTRO ()		
Fecha de Recolección de muestras:	2020-11-19	Hora recolección:	08:00:00 a. m.	Cuando IHTALAB es responsable de la Toma de Muestra, se garantiza la trazabilidad de la muestra en base a la cadena de custodia y la información ahí contenida.		
Fecha de Recepción de muestras:	2020-11-19	Hora recepción:	09:30:00 a. m.			
Fecha de Inicio de Ensayos:	2020-11-19	Fecha Fin de Ensayos:	2020-11-29			
RESULTADO ANALISIS DE AGUA						
AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 20-292	Valores máximos permisibles ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de oxígeno DBO5	APHA 5210 D / PE - 07	mg O2/l	35	< 2	6 - 4000 mg/l

IHTALAB

Laboratorio de Calidad de Agua

NOTAS:	1: Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con TABLA 1: CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO de Norma de calidad ambiental y de efluentes al recurso agua. Ministerio del Ambiente del Ecuador.
Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025	
Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado	
Los resultados incluidos en el presente Informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	Prohibida su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.

Observaciones:

Informe aprobado y autorizado por:




**IHTA
CIA LTDA**



Dirección: Sucre 9-02 y Camilo Ponce
Azogues - Ecuador
Tel: (07) 2244-988 Cel: 0998364296
Mail: ihta.azogues@gmail.com

Azogues, **miércoles 2 de diciembre de 2020**

Nota. Elaborado por IHTALAB, 2020, Azogues, Ecuador

Figura 115

Análisis de muestra simple del afluente 25/11/2020

		LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL				
		INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS				
CODIGO: F01-PG19						
INFORME No.		OA-20-300	Fecha de Emisión del Informe:		2020-12-02 Revisión 02	
CLIENTE:		Sr. Axel Avellano		RUC:	0301942777	
DIRECCION:		Gonzalo Martínez y Darío Machuca		TELEFONOS:	0988401294	
TIPO DE MUESTRA:		Agua Residual		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:		Entrada PTAR El Hervidero - zona urbana				
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):		N/A		IHTALAB () CLIENTE (X) OTRO ()		
Fecha de Recolección de muestras:		2020-11-25	Hora recolección:	09:00:00 a. m.		
Fecha de Recepción de muestras:		2020-11-25	Hora recepción:	12:00:00 p. m.		
Fecha de Inicio de Ensayos:		2020-11-25	Fecha Fin de Ensayos:	2020-12-05		
RESULTADO ANALISIS DE AGUA						
AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 20-300	Valores máximos permisibles ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de oxígeno DBO5	APHA 5210 D / PE - 07	mg O2/l	179.8	< 2	6 - 4000 mg/l

IHTALAB
Laboratorio de Calidad de Agua

NOTAS:	
Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025	1: Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con TABLA 1: CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO de Norma de calidad ambiental y de efluentes al recurso agua. Ministerio del Ambiente del Ecuador.
Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado	
Los resultados incluidos en el presente Informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	Prohibida su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.

Observaciones:

Informe aprobado y autorizado por:





Azogues, miércoles 2 de diciembre de 2020



Dirección: Sucre 9-02 y Camilo Ponce
Azogues - Ecuador
Tel: (07) 2244-988 Cel: 0998364296
Mail: ihta.azogues@gmail.com

Pág. 1 de 1

Nota. Elaborado por IHTALAB, 2020, Azogues, Ecuador

Figura 116

Análisis de muestra simple del efluente 25/11/2020

		LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS				
		CODIGO: F01-PG19				
INFORME No.	OA-20-301	Fecha de Emisión del Informe:	2020-12-02	Revisión 02		
CLIENTE:	Sr. Axel Avellano			RUC:	0301942777	
DIRECCION:	Gonzalo Martínez y Darío Machuca			TELEFONOS	0988401294	
TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Salida PTAR El Hervidero - zona urbana					
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):	N/A			IHTALAB () CLIENTE (X) OTRO ()		
Fecha de Recolección de muestras:	2020-11-25	Hora recolección:	09:00:00 a. m.	Cuando IHTALAB es responsable de la Toma de Muestra, se garantiza la trazabilidad de la muestra en base a la cadena de custodia y la información ahí contenida.		
Fecha de Recepción de muestras:	2020-11-25	Hora recepción:	12:00:00 p. m.			
Fecha de Inicio de Ensayos:	2020-11-25	Fecha Fin de Ensayos:	2020-12-05			
RESULTADO ANALISIS DE AGUA						
AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 20-301	Valores máximos permisibles ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de oxígeno DBO5	APHA 5210 D / PE - 07	mg O2/l	47	< 2	6 - 4000 mg/l

NOTAS:	
Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025	1: Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con TABLA 1: CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO de Norma de calidad ambiental y de efluentes al recurso agua. Ministerio del Ambiente del Ecuador.
Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado	
Los resultados incluidos en el presente Informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	Prohibida su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.

Observaciones:

Informe aprobado y autorizado por:


Azogues, miércoles 2 de diciembre de 2020



Dirección: Sucre 9-02 y Camilo Ponce
Azogues - Ecuador
Tel: (07) 2244-988 Cel: 0998364296
Mail: ihta.azogues@gmail.com

Pág. 1 de 1

Nota. Elaborado por IHTALAB, 2020, Azogues, Ecuador

Anexo 11: Informes de laboratorio correspondientes a la PTAR El Hervidero

Figura 117

Análisis de muestra compuesta del afluente 28/07/2020

IHTALAB		LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS				
CODIGO: F01-PG03						
INFORME No.	OA-20-185	Fecha de Emisión del informe:	2020-08-06	Revisión 02		
CLIENTE:	Sr. Axel Avellano			RUC:	0801942777	
DIRECCION:	Gonzalo Martínez y Darío Madhuca - Cañar			TELEFONOS:	0968401254	
TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA IHTALAB () CLIENTE (X) OTRO ()		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Entrada - Zona Rural					
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):	N/A			Cuando IHTALAB es responsable de la Toma de Muestra, se garantiza la trazabilidad de la muestra en base a la cadena de custodia y la información ahí contenida.		
Fecha de Recolección de muestras:	2020-07-29	Hora recolección:	08:00:00 a. m.			
Fecha de Recepción de muestras:	2020-07-29	Hora recepción:	10:30:00 a. m.			
Fecha de Inicio de Ensayos:	2020-07-29	Fecha fin de Ensayos:	2020-08-06			
RESULTADO ANALISIS DE AGUA						
AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 20-185	Valores máximos permisibles ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5	APHA 5210 D / PE - 07	mg O2/l	186.2	250	2 - 4000 mg/l
	Nitratos	APHA 4500 NO2B / PE - 14	mg/l	38.8	N/A	1 - 300 mg/l
	Sólidos Suspendidos	APHA 2540 F / PE - 19	mg/l	266	220	30 - 750 mg/l
Laboratorio de Calidad de Agua						
NOTAS:			<p>1. Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con los LÍMITES DE DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO Norma de calidad ambiental y de efluentes al recurso agua, Ministerio del Ambiente del Ecuador</p> <p>Prohibida su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.</p>			
<p>Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025</p> <p>Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado</p> <p>Los resultados incluidos en el presente informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.</p>						
Observaciones:			<p>Informe aprobado y autorizado por:</p>  <p>IHTA Ingeniería y Tecnología Ambiental</p> <p>Ing. Carlos Matovelle, Mst. Jefe Técnico</p> <p>Azogues, Jueves 6 de agosto de 2020</p>			
						
<p>Dirección: Sucre 9-02 y Camilo Ponce Azogues - Ecuador Tel: (07) 2244-988 Cel: 0998364196 Mail: ihta.azogues@gmail.com</p>						

Nota. Elaborado por IHTALAB, 2020, Azogues, Ecuador

Figura 118

Análisis de muestra compuesta del afluente 28/07/2020

		LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL				
		INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS				
CODIGO: F01-PG03						
INFORME No.	0A-20-184	Fecha de Emisión del Informe:	2020-08-06	Revisión 02		
CLIENTE:	Sr. Axel Avellano			RUC:	0301942777	
DIRECCION:	Gonzalo Martínez y Darío Machuca - Cañar			TELEFONOS:	0988401294	
TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Salida - Zona Rural					
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):	N/A			IHTALAB () CLIENTE (X) OTRO ()		
Fecha de Recolección de muestras:	2020-07-29	Hora recolección:	08:00:00 a. m.	CUESTOS IHTALAB ES RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA, SE GARANTIZA LA Trazabilidad de la muestra en base a la cadena de custodia y la información ahí contenida.		
Fecha de Recepción de muestras:	2020-07-29	Hora recepción:	10:30:00 a. m.			
Fecha de inicio de Ensayos:	2020-07-29	Fecha Fin de Ensayos:	2020-08-06			
RESULTADO ANALISIS DE AGUA						
AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 20-184	Valores máximos permisibles ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5	APHA 5210 D / PE - 07	mg O ₂ /l	No Detectado	100	2 - 4000 mg/l
	Nitratos	APHA 4500 NO ₃ B / PE - 14	mg/l	18.5	N/A	1 - 300 mg/l
	Sólidos Suspendidos	APHA 2540 F / PE - 19	mg/l	8	130	30 - 750 mg/l
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA						
NOTAS:						
Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025			1: Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con los LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE Norma de calidad ambiental y de efluentes al recurso agua. Ministerio del Ambiente del Ecuador			
Ensayos subcontratados, IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica al laboratorio subcontratado			Prohibida su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.			
Los resultados incluidos en el presente informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.						
Observaciones:						
			Informe aprobado y autorizado por:			
						
						
			Ing. Carlos Motovello, Mst. Jefe Técnico			
			Azogues, Jueves 6 de agosto de 2020			

Nota. Elaborado por IHTALAB, 2020, Azogues, Ecuador

Figura 119

Análisis de muestra compuesta del afluente 06/08/2020

IHTALAB Laboratorio de Calidad de Agua		LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS				
CODIGO: F01-PG05						
INFORME No.	OA-20-195	Fecha de Emisión del Informe:	2020-08-14	Revisión 02		
CLIENTE:	Sr. Axel Avellano			RUC:	0301942777	
DIRECCION:	Gonzalo Martínez y Darío Machuca - Cañar			TELEFONOS:	0988401294	
TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Entrada - Zona Rural					
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):	N/A			IHTALAB () CLIENTE (X) OTRO ()		
Fecha de Recolección de muestras:	2020-08-06	Hora recolección:	08:00:00 a. m.	Cuando IHTALAB es responsable de la toma de muestra, se garantiza la trazabilidad de la muestra en base a la cadena de custodia y la información ahí contenida.		
Fecha de Recepción de muestras:	2020-08-06	Hora recepción:	10:30:00 a. m.			
Fecha de Inicio de Ensayos:	2020-08-06	Fecha Fin de Ensayos:	2020-08-14			
RESULTADO ANALISIS DE AGUA						
AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 20-195	Valores máximos permisibles ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5	APHA 5210 D / PE - 07	mg O ₂ /l	56.3	250	2 - 4000 mg/l
	Nitratos	APHA 4500 NO ₂ B / PE - 14	mg/l	12.5	N/A	1 - 300 mg/l
	Sólidos Suspendidos	APHA 2540 F / PE - 19	mg/l	42	220	30 - 750 mg/l

Laboratorio de Calidad de Agua

NOTAS:	
Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025	<p>1: Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con los LÍMITES DE DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO Norma de calidad ambiental y de efluentes al recurso agua. Ministerio del Ambiente del Ecuador.</p> <p>Prohibida su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.</p>
Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado	
Los resultados incluidos en el presente informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	
Observaciones:	
<p>Informe aprobado y autorizado por:</p>  <p>IHTA Laboratorio de Calidad de Agua</p> <p>Ing. Carlos Matovelle, Mst. Jefe Técnico</p> <p>Azogues, viernes 14 de agosto de 2020</p>	

IHTALAB

Dirección: Sucre 9-02 y Camilo Ponce
Azogues - Ecuador
Tel: (07) 2244-988 Cel: 0998364296
Mail: ihta.azogues@gmail.com

Pág. 1 de 1

Nota. Elaborado por IHTALAB, 2020, Azogues, Ecuador

Figura 120

Análisis de muestra compuesta del afluente 06/08/2020

IHTALAB		LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS				
CODIGO: F01-PS03						
INFORME No.	0A-20-196	Fecha de Emisión del Informe:	2020-08-14	Revisión 02		
CLIENTE:	Sr. Axel Avellano			RUC:	0301942777	
DIRECCION:	Gonzalo Martínez y Darío Machuca - Cañar			TELEFONOS:	0988401294	
TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Salida - Zona Rural					
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):	N/A			IHTALAB ()	CLIENTE (X)	OTRO ()
Fecha de Recolección de muestras:	2020-08-06	Hora recolección:	08:00:00 a. m.	Cualquier IHTALAB es responsable de la Toma de Muestra, se garantiza la trazabilidad de la muestra en base a la cadena de custodia y la información ahí consignada.		
Fecha de Recepción de muestras:	2020-08-06	Hora recepción:	10:30:00 a. m.			
Fecha de Inicio de Ensayos:	2020-08-06	Fecha Fin de Ensayos:	2020-08-14			
RESULTADO ANALISIS DE AGUA						
AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 20-196	Valores máximos permisibles ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5	APHA 5210 D / PE - 07	mg O2/l	13.1	100	2 - 4000 mg/l
	Nitrosos	APHA 4500 NO2B / PE - 14	mg/l	3.2	N/A	1 - 300 mg/l
	Sólidos Suspendidos	APHA 2540 F / PE - 19	mg/l	36	130	30 - 750 mg/l

Laboratorio de Calidad de Agua

NOTAS:	
Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025	1) Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con los LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE Norma de calidad ambiental y de efluentes al recurso agua. Ministerio del Ambiente del Ecuador
Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado. Los resultados incluidos en el presente Informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	Prohibida su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.

Observaciones:

Informe aprobado y autorizado por:



Ing. Carlos Matovelle, Mst.
Jefe Técnico

Azogues, viernes 14 de agosto de 2020

IHTALAB

Dirección: Sucre 9-02 y Camilo Ponce
Azogues - Ecuador
Tel: (07) 2244-988 Cel: 0998364296
Mail: ihta.azogues@gmail.com

Pág. 1 de 1

Nota. Elaborado por IHTALAB, 2020, Azogues, Ecuador

Figura 121

Análisis de muestra compuesta del afluyente 12/08/2020

IHTALAB Laboratorio de Calidad de Agua		LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS				
CODIGO: F01-PG05						
INFORME No.	0A-20-210	Fecha de Emisión del Informe:	2020-08-21	Revisión 02		
CLIENTE:	Sr. Axel Avellano			RUC:	0301942777	
DIRECCION:	Gonzalo Martínez y Darío Machuca - Cañar			TELEFONOS:	0988401294	
TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Entrada - Zona Rural					
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):	N/A			IHTALAB () CLIENTE (X) OTRO ()		
Fecha de Recolección de muestras:	2020-08-13	Hora recolección:	06:00:00 a. m.	CUANDO IHTALAB ES RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA, SE GARANTIZA LA TRAZABILIDAD DE LA MUESTRA EN BASE A LA CADENA DE CUSTODIA Y LA INFORMACIÓN ABIERTA CONTENIDA		
Fecha de Recepción de muestras:	2020-08-18	Hora recepción:	10:30:00 a. m.			
Fecha de Inicio de Ensayos:	2020-08-18	Fecha Fin de Ensayos:	2020-08-21			
RESULTADO ANALISIS DE AGUA						
AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 20-210	Valores máximos permisibles ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5	APHA 5210 D / PE - 07	mg O ₂ /l	747.6	250	2 - 4000 mg/l
	Nitratos	APHA 4500 NO ₃ B / PE - 14	mg/l	8.8	N/A	1 - 300 mg/l
	Sólidos Suspendidos	APHA 2540 F / PE - 19	mg/l	2196	220	30 - 750 mg/l

NOTAS:	
Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025	¹ Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con los LÍMITES DE DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO Norma de calidad ambiental y de efluentes al recurso agua. Ministerio del Ambiente del Ecuador.
Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado.	
Los resultados incluidos en el presente informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	
Observaciones:	Prohibida su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.

	Informe aprobado y autorizado por:  Ing. Carlos Matovelle, Mst. Jefe Técnico
	Azogues, viernes 21 de agosto de 2020

Nota. Elaborado por IHTALAB, 2020, Azogues, Ecuador

Figura 122

Análisis de muestra compuesta del afluyente 12/08/2020

		LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS				
CODIGO: F01-PG03						
INFORME No.	04-20-211	Fecha de Emisión del Informe:	2020-08-21	Revisión 02		
CLIENTE:	Sr. Axel Avellano			RUC:	0301942777	
DIRECCION:	Gonzalo Martínez y Darío Machuca - Cañar			TELEFONOS:	0983401294	
TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Salida - Zona Rural					
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):	N/A			IHTALAB ()	CLIENTE (X)	
Fecha de Recolección de muestras:	2020-08-13	Hora recolección:	08:00:00 a. m.	Cuando el Cliente es responsable de la Toma de Muestra, se garantiza la trazabilidad de la muestra en base a la cadena de custodia y la información ahí contenida.		
Fecha de Recepción de muestras:	2020-08-13	Hora recepción:	10:30:00 a. m.			
Fecha de Inicio de Ensayos:	2020-08-13	Fecha Fin de Ensayos:	2020-08-21			
RESULTADO ANALISIS DE AGUA						
AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 20-211	Valores máximos permitibles ¹	Límite de cuantificación
	Demandas Bioquímica de Origen DBO5	APHA 5210 D / PE - 07	mg O2/l	35	100	2 - 4000 mg/l
	Nitratos	APHA 4500 NO2B / PE - 14	mg/l	4,5	N/A	1 - 300 mg/l
	Sólidos Suspendidos	APHA 2540 F / PE - 13	mg/l	< 30 (No detectable)	130	30 - 750 mg/l

Laboratorio de Calidad de Agua

NOTAS:	
Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025	1) Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con los LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE Norma de calidad ambiental y de efluentes al recurso agua. Ministerio del Ambiente del Ecuador
Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado	
Los resultados incluidos en el presente informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	Prohibida su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.

Observaciones:

Informe aprobado y autorizado por:



Ing. Carlos Matovello, Mst.
Jefe Técnico

Azogues, viernes 21 de agosto de 2020



Dirección: Sucre 9-02 y Camilo Ponce
Azogues - Ecuador
Tel: (07) 2344-988 Cel: 0998364296
Mail: ihta.azogues@gmail.com

Pág. 1 de 1

Nota. Elaborado por IHTALAB, 2020, Azogues, Ecuador

Figura 123

Análisis de muestra compuesta del afluente 18/08/2020

INFORME No.		Fecha de Emisión del Informe:		Revisión 02	
CLIENTE:		Sr. Axel Arellano		RUC: 0801942777	
DIRECCION:		Gonzalo Martínez y Darío Machuca - Cañar		TELEFONOS: 0988401294	
TIPO DE MUESTRA:		Agua Residual		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA	
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:		Entrada - Zona Rural			
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):		N/A		IHTALAB () CLIENTE (X) OTRO ()	
Fecha de Recolección de muestras:		2020-08-20		Hora recolección: 08:00:00 a. m.	
Fecha de Recepción de muestras:		2020-08-20		Hora recepción: 10:30:00 a. m.	
Fecha de inicio de Ensayos:		2020-08-20		Fecha Fin de Ensayos: 2020-08-28	

RESULTADO ANALISIS DE AGUA

AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 20-216	Valores máximos permisibles ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5	APHA 5210 D / PE - 07	mg O ₂ /l	64.9	250	2 - 4000 mg/l
	Nitratos	APHA 4500 NO ₃ B / PE - 14	mg/l	2.2	N/A	1 - 300 mg/l
	Sólidos Suspendedos	APHA 2540 F / PE - 19	mg/l	92	220	30 - 750 mg/l

NOTAS:

Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025

Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado

Los resultados incluidos en el presente Informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.

1- Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con los LÍMITES DE DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO Norma de calidad ambiental y de efluentes al recurso agua. Ministerio del Ambiente del Ecuador.

Prohibida su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.

Observaciones:

Informe aprobado y autorizado por:





Ing. Carlos Matovelle, Mat.
Jefe Técnico

Azogues, viernes 28 de agosto de 2020

Nota. Elaborado por IHTALAB, 2020, Azogues, Ecuador

Figura 124

Análisis de muestra compuesta del afluyente 18/08/2020

		LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS				
		CODIGO: F01-PG03				
INFORME No.	04-20-217	Fecha de Emisión del Informe:	2020-08-28	Revisión 02		
CLIENTE:	Sr. Axel Avellano		RUC:	0301942777		
DIRECCIÓN:	Gonzalo Martínez y Darío Madhuca - Cañar		TELEFONOS	0988402294		
TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA			
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Salida - Zona Rural					
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):	N/A		IHTALAB ()	CLIENTE (X)	OTRO ()	
Fecha de Recepción de muestras:	2020-08-20	Hora recolección:	08:00:00 a. m.	Cuando IHTALAB es responsable de la toma de Muestra, se garantiza la trazabilidad de la muestra en base a la cadena de custodia y la información ahí contenida.		
Fecha de Recepción de muestras:	2020-08-20	Hora recepción:	10:30:00 a. m.			
Fecha de Inicio de Ensayos:	2020-08-20	Fecha Fin de Ensayos:	2020-08-28			
RESULTADO ANALISIS DE AGUA						
AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 20-217	Valores máximos permisibles ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de Oxígeno-DBO5	APHA 5210 D / PE - 07	mg O2/l	27,4	100	2 - 4000 mg/l
	Nitratos	APHA 4500 NO2B / PE - 14	mg/l	4,8	N/A	1 - 300 mg/l
	Sólidos Suspendidos	APHA 2540 F / PE - 19	mg/l	< 30 (No Detectable)	130	30 - 750 mg/l

Laboratorio de Calidad de Agua

NOTAS:	
Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025	1: Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con los LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE norma de calidad ambiental y de efluentes al recurso agua. Ministerio del Ambiente del Ecuador
Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado. Los resultados incluidos en el presente informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	
	Prohibida su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.

Observaciones:

Informe aprobado y autorizado por:


Ing. Carlos Motovelle, Mat. Jefe Técnico
Azogues, viernes 14 de agosto de 2020

IHTALAB

Dirección: Sucre 9-02 y Camilo Ponce
Azogues - Ecuador
Tel: (07) 2244-988 Cel: 0998354295
Mail: ihta.azogues@gmail.com

Pág. 1 de 1

Nota. Elaborado por IHTALAB, 2020, Azogues, Ecuador

Figura 125

Análisis de muestra simple del afluente 19/11/2020

 IHTALAB Laboratorio de Calidad de Agua		LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS				
		CODIGO: F01-PG19				
INFORME No.		OA-20-293	Fecha de Emisión del Informe:	2020-12-02	Revisión 02	
CLIENTE:		Sr. Axel Avellano		RUC:	0301942777	
DIRECCION:		Gonzalo Martínez y Darío Machuca		TELEFONOS:	0988401294	
TIPO DE MUESTRA:		Agua Residual		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA IHTALAB () CLIENTE (X) OTRO ()		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:		Entrada PTAR El Muelle - zona Rural				
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):		N/A		Quando IHTALAB es responsable de la Toma de Muestra, se garantiza la trazabilidad de la muestra en base a la cadena de custodia y la información ahí contenida		
Fecha de Recolección de muestras:		2020-11-19	Hora recolección:			08:00:00 a. m.
Fecha de Recepción de muestras:		2020-11-19	Hora recepción:			09:30:00 a. m.
Fecha de Inicio de Ensayos:		2020-11-19	Fecha Fin de Ensayos:			2020-11-29
RESULTADO ANALISIS DE AGUA						
AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 20-293	Valores máximos permisibles ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de oxígeno DBO5	APHA 5210 D / PE - 07	mg O ₂ /l	135.6	< 2	6 - 4000 mg/l


 Laboratorio de Calidad de Agua

NOTAS: Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025 Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado Los resultados incluidos en el presente Informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	1: Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con TABLA 1: CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO de Norma de calidad ambiental y de efluentes al recurso agua. Ministerio del Ambiente del Ecuador. Prohibida su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.
--	---

Observaciones:

Informe aprobado y autorizado por:




Azogues, miércoles 2 de diciembre de 2020



Dirección: Sucre 9-02 y Camilo Ponce
 Azogues - Ecuador
 Tel: (07) 2244-988 Cel: 0998364296
 Mail: ihta.azogues@gmail.com

Pág. 1 de 1

Nota. Elaborado por IHTALAB, 2020, Azogues, Ecuador

Figura 126

Análisis de muestra simple del afluente 19/11/2020

 IHTALAB Laboratorio de Calidad de Agua		LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS				
CODIGO: F01-PG19						
INFORME No.		OA-20-294	Fecha de Emisión del Informe:		2020-12-02 Revisión 02	
CLIENTE:		Sr. Axel Avellano		RUC:	0301942777	
DIRECCION:		Gonzalo Martínez y Darío Machuca		TELEFONOS:	0988401294	
TIPO DE MUESTRA:		Agua Residual		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:		Salida PTAR El Muelle - zona rural				
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):		N/A		IHTALAB () CLIENTE (X) OTRO ()		
Fecha de Recolección de muestras:		2020-11-19	Hora recolección:	08:00:00 a. m.		
Fecha de Recepción de muestras:		2020-11-19	Hora recepción:	09:30:00 a. m.		
Fecha de Inicio de Ensayos:		2020-11-19	Fecha Fin de Ensayos:	2020-11-29		
RESULTADO ANALISIS DE AGUA						
AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 20-294	Valores máximos permisibles ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de oxígeno DBO5	APHA 5210 D / PE - 07	mg O2/l	24.6	< 2	6 - 4000 mg/l

Cuando IHTALAB es responsable de la Toma de Muestra, se garantiza la trazabilidad de la muestra en base a la cadena de custodia y la información ahí contenida

NOTAS:	1: Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con TABLA 1: CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO de Norma de calidad ambiental y de efluentes al recurso agua. Ministerio del Ambiente del Ecuador.
Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025	
Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado	
Los resultados incluidos en el presente Informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	Prohibida su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.

Observaciones:

Informe aprobado y autorizado por:

Azogues, miércoles 2 de diciembre de 2020

Dirección: Sucre 9-02 y Camilo Ponce
 Azogues - Ecuador
 Tel: (07) 2244-988 Cel: 0998364296
 Mail: ihta.azogues@gmail.com

Pág. 1 de 1

Nota. Elaborado por IHTALAB, 2020, Azogues, Ecuador

Figura 127

Análisis de muestra simple del afluente 25/11/2020

		LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL				
		INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS				
CODIGO: F01-PG19						
INFORME No.	OA-20-302	Fecha de Emisión del Informe:	2020-12-02	Revisión 02		
CLIENTE:	Sr. Axel Avellano			RUC:	0301942777	
DIRECCION:	Gonzalo Martínez y Darío Machuca			TELEFONOS	0988401294	
TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Entrada PTAR El Muelle - zona Rural					
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):	N/A			IHTALAB () CLIENTE (X) OTRO ()		
Fecha de Recolección de muestras:	2020-11-25	Hora recolección:	09:00:00 a. m.	Cuando IHTALAB es responsable de la Toma de Muestra, se garantiza la trazabilidad de la muestra en base a la cadena de custodia y la información ahí contenida		
Fecha de Recepción de muestras:	2020-11-25	Hora recepción:	12:00:00 p. m.			
Fecha de Inicio de Ensayos:	2020-11-25	Fecha Fin de Ensayos:	2020-12-05			
RESULTADO ANALISIS DE AGUA						
AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 20-302	Valores máximos permisibles ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de oxígeno DBO5	APHA 5210 D / PE - 07	mg O2/l	110	< 2	6 - 4000 mg/l

IHTALAB
Laboratorio de Calidad de Agua

NOTAS:	
Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025	1: Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con TABLA 1: CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO de Norma de calidad ambiental y de efluentes al recurso agua. Ministerio del Ambiente del Ecuador.
Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado	
Los resultados incluidos en el presente Informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	Prohibida su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.

Observaciones:

Informe aprobado y autorizado por:





Azogues, miércoles 2 de diciembre de 2020



Dirección: Sucre 9-02 y Camilo Ponce
Azogues - Ecuador
Tel: (07) 2244-988 Cel: 0998364296
Mail: ihta.azogues@gmail.com

Pág. 1 de 1

Nota. Elaborado por IHTALAB, 2020, Azogues, Ecuador

Figura 128

Análisis de muestra simple del afluente 25/11/2020

		LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL				
		INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS				
		CODIGO: F01-PG19				
INFORME No.	OA-20-303	Fecha de Emisión del Informe:	2020-12-02	Revisión 02		
CLIENTE:	Sr. Axel Avellano			RUC:	0301942777	
DIRECCION:	Gonzalo Martínez y Darío Machuca			TELEFONOS	0988401294	
TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Salida PTAR El Muelle - zona rural					
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):	N/A			IHTALAB () CLIENTE (X) OTRO ()		
Fecha de Recolección de muestras:	2020-11-25	Hora recolección:	09:00:00 a. m.	Cuando IHTALAB es responsable de la Toma de Muestra, se garantiza la trazabilidad de la muestra en base a la cadena de custodia y la información ahí contenida		
Fecha de Recepción de muestras:	2020-11-25	Hora recepción:	12:00:00 p. m.			
Fecha de Inicio de Ensayos:	2020-11-25	Fecha Fin de Ensayos:	2020-12-05			
RESULTADO ANALISIS DE AGUA						
AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 20-303	Valores máximos permisibles †	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de oxígeno DBO5	APHA 5210 D / PE - 07	mg O2/l	10.45	< 2	6 - 4000 mg/l

NOTAS:	
Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025	1: Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con TABLA 1: CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO de Norma de calidad ambiental y de efluentes al recurso agua. Ministerio del Ambiente del Ecuador.
Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado	
Los resultados incluidos en el presente Informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	Prohibida su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.

Observaciones:



Informe aprobado y autorizado por:





Azogues, miércoles 2 de diciembre de 2020

Dirección: Sucre 9-02 y Camilo Ponce
Azogues - Ecuador
Tel: (07) 2244-988 Cel: 0998364296
Mail: ihta.azogues@gmail.com

Pág. 1 de 1

Nota. Elaborado por IHTALAB, 2020, Azogues, Ecuador

Anexo 12: Informes de laboratorio correspondientes a los ríos Cañar y San Antonio

Figura 129

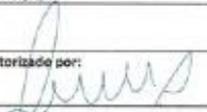
Análisis de muestra simple del río Cañar 28/07/2020

IHTALAB LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS		CODIGO: F01-PG03				
INFORME No.	0A-20-181	Fecha de Emisión del informe:	2020-08-06	Revisión 02		
CUENTE:	Sr. Axel Aveillano		RUC:	0301942777		
DIRECCION:	Gonzalo Martínez y Darío Machuca - Cañar		TELEFONOS:	0988401294		
TIPO DE MUESTRA:	Agua Natural		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA			
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Aguas Arriba - Zona Urbana					
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):	N/A		IHTALAB () CLIENTE (X) OTRO ()			
Fecha de Recolección de muestras:	2020-07-29	Hora recolección:	08:00:00 a. m.	Cuando IHTALAB es responsable de la toma de muestra, se garantiza la trazabilidad de la muestra en base a la cadena de custodia y la información ahí contenida.		
Fecha de Recepción de muestras:	2020-07-29	Hora recepción:	10:30:00 a. m.			
Fecha de Inicio de Ensayos:	2020-07-29	Fecha Fin de Ensayos:	2020-08-06			
RESULTADO ANALISIS DE AGUA						
AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 20-181	Valores máximos permisionales ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de oxígeno DBO5	APHA 5210 D / PE - 07	mg O2/l	2,4	20	2 - 4000 mg/l

NOTAS:	
Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025	<p>1: Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con los TABLA 2: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS, norma de calidad ambiental y de efluentes al recurso agua - Ministerio del Ambiente del Ecuador</p> <p>Prohíbe su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.</p>
Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado	
Los resultados incluidos en el presente informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	

Observaciones:

Informe aprobado y autorizado por:





Ing. Carlos Matovelle, Mst.
Jefe Técnico

Azogues, Jueves 6 de agosto de 2020



Nota. Elaborado por IHTALAB, 2020, Azogues, Ecuador

Figura 130

Análisis de muestra simple del río Cañar 06/08/2020

		LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS				
CODIGO: F01-PG03						
INFORME No.	OA-20-194	Fecha de Emisión del Informe:	2020-08-14	Revisión 02		
CLIENTE:	Sr. Axel Avellano			RUC:	0301942777	
DIRECCION:	Gonzalo Martínez y Darío Machuca - Cañar			TELEFONOS:	0988401294	
TIPO DE MUESTRA:	Agua Natural			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Aguas Arriba - Zona Urbana					
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):	N/A			IHTALAB () CLIENTE (X) OTRO ()		
Fecha de Recolección de muestras:	2020-08-06	Hora recolección:	08:00:00 a. m.	CUBRiendo IHTALAB ES RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA, se garantiza la trazabilidad de la muestra en base a la cadena de custodia y la información ahí contenida.		
Fecha de Recepción de muestras:	2020-08-06	Hora recepción:	10:30:00 a. m.			
Fecha de Inicio de Ensayos:	2020-08-06	Fecha Fin de Ensayos:	2020-08-14			
RESULTADO ANALISIS DE AGUA						
AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 20-194	Valores máximos permisibles ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de oxígeno DBO5	APHA 5210 D / PE - 07	mg O2/l	No Detectado	20	2 - 4000 mg/l

NOTAS:	
Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025	Si los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con los TABLA 2: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACION DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARNAS Y DE ESTUARIOS, Norma de calidad ambiental y de efluentes al recurso agua. Ministerio del Ambiente del Ecuador
Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado	
Los resultados incluidos en el presente Informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	Prohibida su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.

Observaciones:

Informe aprobado y autorizado por:



IHTA
Laboratorio de Calidad de Agua

Ing. Carlos Matovelle, Mst.
Jefe Técnico

Azogues, viernes 14 de agosto de 2020



Nota. Elaborado por IHTALAB, 2020, Azogues, Ecuador

Figura 131

Análisis de muestra simple del río Cañar 18/08/2020

IHTALAB Laboratorio de Calidad de Agua		LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS				
CODIGO: F01-PG03						
INFORME No.	04-20-215	Fecha de Emisión del Informe:	2020-08-28	Revisión 02		
CLIENTE:	Sr. Axel Avellano			RUC:	0301942777	
DIRECCIÓN:	Gonzalo Martínez y Darío Machuca - Cañar			TELEFONOS:	0988403294	
TIPO DE MUESTRA:	Agua Natural			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Aguas Arriba - Zona Urbana					
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):	N/A			IHTALAB () CLIENTE (X) OTRO ()		
Fecha de Recolección de muestras:	2020-08-20	Hora recolección:	08:00:00 a. m.	Cuando IHTALAB es responsable de la toma de Muestra, se garantiza la trazabilidad de la muestra en base a la cadena de custodia y la información ahí custodiada.		
Fecha de Recepción de muestras:	2020-08-20	Hora recepción:	10:30:00 a. m.			
Fecha de Inicio de Ensayos:	2020-08-20	Fecha Fin de Ensayos:	2020-08-28			
RESULTADO ANALISIS DE AGUA						
AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 20-215	Valores máximos permisibles ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de oxígeno DBO5	APHA 5210 D / PE - 07	mg O2/l	12.75	20	2 - 4000 mg/l

NOTAS:	
Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025	1) Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con los TABLA 2: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS, Norma de calidad ambiental y de efluentes al recurso agua, Ministerio del Ambiente del Ecuador
Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado.	
Los resultados incluidos en el presente Informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	
Prohibida su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.	

Observaciones:

Informe aprobado y autorizado por:
  Ing. Carlos Matavalle, Mst. Jefe Técnico Azogues, viernes 28 de agosto de 2020

Dirección: Sucre 9-02 y Camilo Ponce
 Azogues - Ecuador
 Tel: (07) 2244-988 Cel: 0998364296
 Mail: ihta.azogues@gmail.com

Pág. 1 de 1

Nota. Elaborado por IHTALAB, 2020, Azogues, Ecuador

Figura 132

Análisis de muestra simple del río Cañar 26/08/2020

IHTALAB Laboratorio de Calidad de Agua		LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS				
CODIGO: F01-PG03						
INFORME No.	CA-20-234	Fecha de Emisión del Informe:	2020-09-04	Revisión: 02		
CUENTE:	Sr. Axel Avellano			RUC:	0301942777	
DIRECCION:	Gonzalo Martínez y Darío Machuca - Cañar			TELEFONOS:	0988401294	
TIPO DE MUESTRA:	Agua Natural			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Aguas Arriba - Zona Urbana			IHTALAB () CLIENTE (X) OTRO ()		
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):	N/A			CUESTIONADO IHTALAB es responsable de la Toma de Muestra, se garantiza la trazabilidad de la muestra en base a la cadena de custodia y la información ahí contenida.		
Fecha de Recolección de muestras:	2020-08-27	Hora recolección:	08:00:00 a. m.			
Fecha de Recepción de muestras:	2020-08-27	Hora recepción:	10:30:00 a. m.			
Fecha de Inicio de Ensayos:	2020-08-27	Fecha Fin de Ensayos:	2020-09-04			
RESULTADO ANALISIS DE AGUA						
AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 20-234	Valores máximos permisibles ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5	APHA 5210 D / PE - 07	mg O2/l	No Detectado	20	2 - 4000 mg/l

NOTAS:	
Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025	1: Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con los TABLA 2: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARIAS Y DE ESTUARIOS, Norma de calidad ambiental y de efluentes al recurso agua. Ministerio del Ambiente del Ecuador
Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado.	Prohibida su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.
Los resultados incluidos en el presente Informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	

Observaciones:

Informe aprobado y autorizado por:



Ing. Carlos Mataveille, Mol.
Ingeniero Técnico

Azogues, viernes 4 de septiembre de 2020

Nota. Elaborado por IHTALAB, 2020, Azogues, Ecuador

Figura 133

Análisis de muestra simple del río San Antonio 28/07/2020

 IHTALAB <small>Laboratorio de Calidad de Agua</small>	LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS				
	CODIGO: FGL-PG03				
INFORME No.	0A-20-180	Fecha de Emisión del informe:	2020-08-06	Revisión 02	
CLIENTE:	Sr. Axel Avelano		RUC:	0801942777	
DIRECCION:	Gonzalo Martínez y Darío Machuca - Cañar		TELEFONO:	0988401294	
TIPO DE MUESTRA:	Agua Natural		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA IHTALAB () CLIENTE (X) OTRO ()		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Aguas Arriba - Zona Rural				
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):	N/A		<small>Cuando IHTALAB es responsable de la toma de Muestra, se garantiza la trazabilidad de la muestra en base a la cadena de custodia y la información ahí contenida.</small>		
Fecha de Recolección de muestras:	2020-07-29	Hora recolección:			08:00:00 a. m.
Fecha de Recepción de muestras:	2020-07-29	Hora recepción:			10:30:00 a. m.
Fecha de inicio de Ensayos:	2020-07-29	Fecha Fin de Ensayos:			2020-08-05
RESULTADO ANALISIS DE AGUA					

AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 20-180	Valores máximos permilbles ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de oxígeno DBD5	APHA 5210 D / PE - 07	mg O ₂ /l	3.0	20	2 - 4000 mg/l

NOTAS: Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025 Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado Los resultados incluidos en el presente Informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	¹ Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con los TABLA 2: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS, Norma de calidad ambiental y de efluentes al recurso agua. Ministerio del Ambiente del Ecuador Prohíbe su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.
---	---

Observaciones:

Informe aprobado y autorizado por:




Ing. Carlos Matovelle, Mat.
Jefe Técnico

Azogues, Jueves 6 de agosto de 2020



Dirección: Sre 9-02 y Camilo Ponce
 Azogues - Ecuador
 Tel: (07) 2244-988 Cel: 0998364296
 Mail: ihta.azogues@gmail.com

Pág. 1 de 1

Nota. Elaborado por IHTALAB, 2020, Azogues, Ecuador

Figura 134

Análisis de muestra simple del río San Antonio 06/08/2020

		LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS				
CODIGO: F01-PG05						
INFORME No.	OA-20-197	Fecha de Emisión del Informe:	2020-08-14	Revisión 02		
CLIENTE:	Sr. Axel Arellano			RUC:	0301942777	
DIRECCION:	Gonzalo Martínez y Darío Machuca - Cañar			TELEFONOS:	0988401294	
TIPO DE MUESTRA:	Agua Natural			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Aguas Arriba - Zona Rural					
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):	N/A			IHTALAB () CLIENTE (X) OTRO ()		
Fecha de Recolección de muestras:	2020-08-06	Hora recolección:	08:00:00 a. m.	CUMPLIENDO IHTALAB SU RESPONSABILIDAD EN LA TOMA DE MUESTRA, SE GARANTIZA LA TRAZABILIDAD DE LA MUESTRA EN BASE A LA CADENA DE CUSTODIA Y LA INFORMACIÓN AHÍ CONTENIDA.		
Fecha de Recepción de muestras:	2020-08-06	Hora recepción:	10:30:00 a. m.			
Fecha de Inicio de Ensayos:	2020-08-06	Fecha Fin de Ensayos:	2020-08-14			
RESULTADO ANALISIS DE AGUA						
AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 20-197	Valores máximos permisibles ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de oxígeno DBO5	APHA 5210 D / PE - 07	mg O2/l	No Detectado	20	2 - 4000 mg/l

NOTAS:	
Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025.	
Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado.	E: Los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con los TABLA 2: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS, Norma de calidad ambiental y de efluentes al recurso agua. Ministerio del Ambiente del Ecuador
Los resultados incluidos en el presente informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	Prohibida su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.

Observaciones:

Informe aprobado y autorizado por:


Ing. Carlos Matovelle, Mat. Jefe Técnico
Azogues, viernes 14 de agosto de 2020

Nota. Elaborado por IHTALAB, 2020, Azogues, Ecuador

Figura 135

Análisis de muestra simple del río San Antonio 12/08/2020

IHTALAB Laboratorio de Calidad de Agua		LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS				
CODIGO: F01-PG03						
INFORME No.	OA-20-218	Fecha de Emisión del Informe:	2020-08-28	Revisión 02		
CLIENTE:	Sr. Axel Avellano			RUC:	0301942777	
DIRECCION:	Gonzalo Martínez y Darío Machuca - Cañar			TELEFONOS:	0988401294	
TIPO DE MUESTRA:	Agua Natural			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Aguas Arriba - Zona Rural			IHTALAB () CLIENTE (X) OTRO ()		
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):	N/A			CUESTIONARIO IHTALAB DE RESPONSABILIDAD EN TOMA DE MUESTRA, se garantiza la trazabilidad de la muestra en base a la cadena de custodia y la información ahí contenida.		
Fecha de Recolección de muestras:	2020-08-20	Hora recolección:	08:00:00 a. m.			
Fecha de Recepción de muestras:	2020-08-20	Hora recepción:	10:30:00 a. m.			
Fecha de Inicio de Ensayos:	2020-08-20	Fecha Fin de Ensayos:	2020-08-28			
RESULTADO ANALISIS DE AGUA						
AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 20-218	Valores máximos permisibles ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de oxígeno DBO5	APHA 5210 D / PE - 07	mg O2/l	11.5	20	2 - 4000 mg/l

NOTAS:	
Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025.	Si los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con los TABLA 2: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACION DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS, Norma de calidad ambiental y de efluentes al recurso agua. Ministerio del Ambiente del Ecuador
Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado.	Prohíbe su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.
Los resultados incluidos en el presente informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	

Observaciones:

Informe aprobado y autorizado por:
 IHTA Ingeniería y Tecnología Ambiental Ing. Carlos Motovelle, Mat. Jefe Técnico Azogues, viernes 28 de agosto de 2020

Dirección: Sucre 9-02 y Camilo Ponce
 Azogues - Ecuador
 Tel: (07) 2244-988 Cel: 0988364296
 Mail: ihta.azogues@gmail.com

Pág. 1 de 1

Nota. Elaborado por IHTALAB, 2020, Azogues, Ecuador

Figura 136

Análisis de muestra simple del río San Antonio 18/08/2020

IHTALAB INSTITUTO ECUATORIANO DE INVESTIGACIONES EN AGUA		LABORATORIO PARA DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS				
CODIGO: F01-P003						
INFORME No.	04-20-235	Fecha de Emisión del Informe:	2020-09-04	Revisión 02		
CLIENTE:	Sr. Axel Avellano			RUC:	0301942777	
DIRECCION:	Gonzalo Martínez y Darío Machuca - Cañar			TELEFONOS:	0988401294	
TIPO DE MUESTRA:	Agua Natural			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA		
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Aguas Arriba - Zona Rural					
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):	N/A			IHTALAB () CLIENTE (X) OTRO ()		
Fecha de Recolección de muestras:	2020-08-27	Hora recolección:	08:00:00 a. m.	CUANDO IHTALAB ES RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA, SE GARANTIZA LA TRAZABILIDAD DE LA MUESTRA EN BASE A LA CADENA DE CUSTODIA Y LA INFORMACIÓN AHI CONTENIDA.		
Fecha de Recepción de muestras:	2020-08-27	Hora recepción:	10:30:00 a. m.			
Fecha de Inicio de Ensayos:	2020-08-27	Fecha Fin de Ensayos:	2020-09-04			
RESULTADO ANALISIS DE AGUA						
AA	Análisis	Método de Referencia / Método Interno	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 20-255	Valores máximos permisibles ¹	Límite de cuantificación
	Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5	APHA 5210 D / PE - 07	mg O2/l	12.7	20	2 - 4000 mg/l

NOTAS:	
Ensayos realizados bajo la norma ISO 17025	Si los resultados obtenidos en el ensayo, son comparados con los TABLA 2: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACION DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS, Norma de calidad ambiental y de efluentes al recurso agua. Ministerio del Ambiente del Ecuador
Ensayos subcontratados. IHTALAB asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado	
Los resultados incluidos en el presente informe están relacionados únicamente a las muestras analizadas.	
Prohibida su reproducción parcial, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de IHTALAB.	

Observaciones:

Informe aprobado y autorizado por:



IHTA

Ing. Carlos Metoveile, Met.
Jefe Técnico

Azogues, viernes 4 de septiembre de 2020

Nota. Elaborado por IHTALAB, 2020, Azogues, Ecuador

Anexo 13: Resultados de la modelización de OD en el río Cañar mediante código de programación Matlab

TRABAJO DE TITULACIÓN: EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CANTÓN EL TAMBO
 INGENIERÍA CIVIL
 MODELO STREETER Y PHELPS
 AXEL ARELLANO ZAMBRANO
 axel.az1996@hotmail.com
 DATOS GENERALES PARA EL MODELO
 INGRESAR LOS DATOS DEL RÍO
 INGRESAR EL NOMBRE DEL RÍO (ENTRE COMILLAS SIMPLES)'RÍO CAÑAR'

NOMBRERIO =

'RÍO CAÑAR'

CAUDAL (m3/s)2.5468
 VELOCIDAD (m3/s)0.3256
 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO DB05 (mg/L)0.8
 OXÍGENO DISUELTTO (mg/L)7.77
 TEMPERATURA (°C)13.48
 CONSTANTE DE DESOXIGENACIÓN CARBONÁCEA "K1" (d^-1)0.34
 CONSTANTE DE RE AIREACIÓN "K2"(d^-1)0.85
 OXÍGENO DE SATURACIÓN (mg/L)7.8
 INGRESAR EL NÚMERO DE EFLUENTES1
 INGRESAR LOS DATOS DEL EFLUENTE
 CAUDAL (m3/s)0.00396
 INGRESAR DBO (mg/L)30
 OXÍGENO DISUELTTO (mg/L)6.53
 TEMPERATURA (°C)15.84
 INGRESAR EL OD MEDIDO EN CAMPO
 OD A 50m AGUAS ABAJO (mg/L)7.76
 OD A 100m AGUAS ABAJO (mg/L)7.75
 OD A 150m AGUAS ABAJO (mg/L)7.72
 RESULTADOS DEL MODELO STREETER AND PHELPS PARA EL RÍO
 RÍO CAÑAR
 DATOS DE MEZCLA
 CAUDAL DE MEZCLA (m3/s)
 2.5508
 DBO DE MEZCLA (mg/L)
 0.8453
 TEMPERATURA DE MEZCLA (°C)
 13.4837

 PUNTO CRÍTICO
 OD PUNTO CRÍTICO (mg/L)
 7.6092
 DÉFICIT DE OXÍGENO (mg/L)
 0.1908
 TIEMPO AL PUNTO CRÍTICO (días)
 1.6823
 DISTANCIA AL PUNTO CRÍTICO (Km)
 47.3262

 CONSTANTE DE DESOXIGENACIÓN CARBONÁCEA K1
 0.3400
 CONSTANTE DE RE AIREACIÓN K2
 0.8500
 EL ERROR RELATIVO DE LA CALIBRACIÓN DEL MODELO ES EN %
 0.9242

Anexo 14: Resultados de la modelización de OD en el río San Antonio mediante código de programación Matlab

```

TRABAJO DE TITULACIÓN: EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES DEL CANTÓN EL TAMBO
INGENIERÍA CIVIL
MODELO STREETER Y PHELPS
AXEL ARELLANO ZAMBRANO
axel.az1996@hotmail.com
DATOS GENERALES PARA EL MODELO
INGRESAR LOS DATOS DEL RÍO
INGRESAR EL NOMBRE DEL RÍO (ENTRE COMILLAS SIMPLES)'RÍO SAN ANTONIO'

NOMBRERIO =

'RÍO SAN ANTONIO'

CAUDAL (m3/s)0.101
VELOCIDAD (m3/s)0.098
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO DB05 (mg/L)6.8
OXÍGENO DISUELT0 (mg/L)7.57
TEMPERATURA (°C)14.4
CONSTANTE DE DESOXIGENACIÓN CARBONÁCEA "K1" (d^-1)0.28
CONSTANTE DE RE AIREACIÓN "K2"(d^-1)0.85
OXÍGENO DE SATURACIÓN (mg/L)7.8
INGRESAR EL NÚMERO DE EFLUENTES1
INGRESAR LOS DATOS DEL EFLUENTE
CAUDAL (m3/s)0.00769
INGRESAR DBO (mg/L)18.41
OXÍGENO DISUELT0 (mg/L)6.9
TEMPERATURA (°C)16.24
INGRESAR EL OD MEDIDO EN CAMPO
OD A 50m AGUAS ABAJO (mg/L)7.56
OD A 100m AGUAS ABAJO (mg/L)7.52
OD A 150m AGUAS ABAJO (mg/L)7.5
RESULTADOS DEL MODELO STREETER AND PHELPS PARA EL RÍO
RÍO SAN ANTONIO
DATOS DE MEZCLA
CAUDAL DE MEZCLA (m3/s)
0.1087

DBO DE MEZCLA (mg/L)
7.6214

TEMPERATURA DE MEZCLA (°C)
14.5302

.....
PUNTO CRÍTICO
OD PUNTO CRÍTICO (mg/L)
6.2889

DÉFICIT DE OXÍGENO (mg/L)
1.5111

TIEMPO AL PUNTO CRÍTICO (días)
1.8131

DISTANCIA AL PUNTO CRÍTICO (Km)
15.3518

.....
CONSTANTE DE DESOXIGENACIÓN CARBONÁCEA K1
0.2800

CONSTANTE DE RE AIREACIÓN K2
0.8500

EL ERROR RELATIVO DE LA CALIBRACIÓN DEL MODELO ES EN %
1.0465

```

UCACUE-CAVU-UT-2021-011-AP
Azogues, 06 de abril de 2021

Ingeniero
Ricardo Romero González
DIRECTOR DE CARRERA

Ingeniero
Goethe Palomeque Larriva
DOCENTE TUTOR
INGENIERÍA CIVIL SEDE AZOGUES
Ciudad

ASUNTO: Informe de similitud del trabajo de titulación del estudiante
Arellano Zambrano Axel Fabián.

REFERENCIA: Oficio Nro. UCACUE-GP-G-21-21-001

Reciban un cordial y atento saludo; en atención a la solicitud en referencia adjunto al presente el *RESULTADO DE SIMILITUD TURNITIN* del trabajo de titulación: "Evaluación del funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales del cantón El Tambo", elaborado por el estudiante **ARELLANO ZAMBRANO AXEL FABIÁN**. El resultado presenta un índice de similitud del **NUEVE por ciento (9%)**, siendo inferior al límite establecido en el *Reglamento de la Unidad de Titulación*, y en consecuencia **APTO** para continuar con el proceso de titulación. Adjunto el documento completo revisado por el sistema Turnitin.

ArellanoZambrano			
INFORME DE ORIGINALIDAD			
9%	9%	2%	%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
FUENTES PRIMARIAS			
1	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet		1%
2	docplayer.es Fuente de Internet		1%

Particular que pongo a su conocimiento para fines pertinentes.

Atentamente;
DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



Ing. Cristian Arturo Vintimilla Ulloa MSc.
RESPONSABLE DE UNIDAD DE TITULACIÓN
INGENIERÍA CIVIL SEDE AZOGUES

PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo Axel Fabian Arellano Zambrano, portador de la cédula de ciudadanía Nro. 0301942777, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “Evaluación del funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales del cantón El Tambo”, de conformidad a lo establecido en el artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Así mismo autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 114 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Azogues, 15 de abril de 2021



Axel Fabian Arellano Zambrano

CI: 0301942777

EL BIBLIOTECARIO DE LA SEDE AZOGUES

CERTIFICA:

Que, **ARELLANO ZAMBRANO AXEL FABIÁN**. Con cédula de ciudadanía **Nro.**

0301942777 de la carrera de **INGENIERIA CIVIL**.

No adeuda libros, a esta fecha.

Azogues, 01 de abril del 2021.



SR. BYRON ALONSO TORRES ROMO

BIBLIOTECARIO

Biblioteca Universitaria
#ONS: "FROILAN FOZO QUEVEDO"