



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ANÁLISIS MEDIOAMBIENTAL DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CANTÓN GIRÓN: DIAGNÓSTICO Y ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MEJORAS.

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES:

Novillo Jara Miriam Andrea

C.I. 0105729040

Patiño Jiménez Jenny Karina

C.I. 0106453889

DIRECTOR: Ing. Guanuchi Quito Alexandra Elizabeth

C.I. 0104604665

CUENCA-ECUADOR

2016



RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como finalidad la evaluación, el diagnóstico y la elaboración de un plan de mejoras que permita optimizar los procesos de depuración de las plantas de tratamiento de aguas residuales de los sectores Pambadel y Zhuringualo del Cantón Girón. En el diagnóstico de las PTAR se realizó la caracterización de los afluentes y efluentes; los valores obtenidos se compararon con la normativa ambiental TULSMA, a fin de evaluar el cumplimiento. Los resultados de laboratorio de los años 2014, 2015 y 2016 junto con la valoración in situ permitieron determinar los porcentajes de eficiencia de las depuradoras. Las eficiencias alcanzadas en el 2014 fueron de 70,98% para Pambadel, 69,14% en Zhuringualo, en el año 2015 de -266,94% para planta de Pambadel, 66,03% para Zhuringualo, en el 2016 de 40,45% y 71,23% respectivamente. Al momento de comparar con la normativa encontramos incumplimiento en parámetros como: fósforo, coliformes totales y termotolerantes. También se efectuó un análisis social en el cual se encuestó a los pobladores de las zonas de influencia directa de las PTAR con la finalidad de conocer las necesidades y molestias que estas generan. Concluyendo que es necesaria la implementación del plan de mejoras que implica los siguientes procesos de optimización: un programa de mantenimiento emergente y remodelación de infraestructura deteriorada, la implementación de un laboratorio básico, la construcción de un sistema de pretratamiento basándose en los planos de diseño y la realización de estudios técnicos posteriores.

Palabras clave: planta de tratamiento de aguas residuales, plan de mejoras, Pambadel, Zhuringualo.



ABSTRACT

This work titration aims assessment, diagnosis and development of an improvement plan for optimizing the processes of purification wastewater treatment plants of Pambadel and Zhuringualo sectors of Girón. In the diagnosis of WWTP characterization of influent and effluent of these it has been made; the values obtained were compared with environmental regulations TULSMA, to assess compliance. Laboratory results of 2014, 2015 and 2016 along with on-site assessment allowed to determine the percentages of efficiency of wastewater treatment. The efficiencies achieved in 2014 were 70.98% for Pambadel , 69.14% in Zhuringualo, in 2015 of -266.94% for Pambadel plant, 66.03 % for Zhuringualo, in 2016 40,45% and 71.23% respectively. When comparing with the regulations found breach in most parameters: phosphorus, total and thermotolerant coliforms. A social analysis in which the population of the areas of influence of the wastewater treatment plant were surveyed in order to meet the needs and nuisances they generate was made. Concluding that the implementation of the improvement plan that involves the following optimization process is needed: a program for emerging maintenance and renovation of dilapidated infrastructure, implementation of a basic laboratory, construction of a pretreatment system based on design drawings and conducting further technical studies.

Keywords: wastewater treatment plant, improvement plan, Pambadel, Zhuringualo.

**INDICE**

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
INDICE	3
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	12
INDICE DE ANEXOS.....	13
CLAUSULAS DE DERECHOS DE AUTOR	14
CLAUSULAS DE PROPIEDAD INTELECTUAL	16
AGRADECIMIENTOS	18
DEDICATORIA.....	19
DEDICATORIA.....	20
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	21
1.1. Identificación del problema y justificación.....	22
1.2. Objetivo General.....	24
1.3. Objetivos Específicos	24
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	25
2.1. Descripción del lugar de estudio	25
2.1.1. Límites.....	25
2.1.2. Hidrografía.....	26
2.1.3. Precipitación.....	27
2.1.4. Temperatura.....	27
2.1.5. Diagnóstico del Sistema Social y Cultural.....	28
2.1.6. Saneamiento Alcantarillado	31
2.1.7. Ubicación de la plantas de tratamiento.....	33
2.2. Descripción de aguas residuales	40
2.2.1. Aguas Residuales.....	40
2.2.2. Clasificación de Aguas residuales	40
2.2.3. Aspectos históricos del Tratamiento de las aguas residuales.....	41



2.2.4. Efectos contaminantes de las Aguas Residuales	41
2.2.5. Características del agua residual.....	42
2.3. Sistemas de tratamiento de Aguas Residuales.....	56
2.3.1. Procesos de tratamiento.....	56
2.3.2. Sistemas de Lagunaje	60
2.4. Condicionamientos que se deben cumplir en el proceso de depuración de aguas residuales.	64
2.5. Tipos de microorganismos en los tratamientos biológicos	65
2.6. Muestreo	68
2.6.1 Tipos de muestreo.....	69
2.6.2. Procedimientos de muestreo	70
2.6.3. Conservación de la muestra, transporte y almacenamiento	71
2.6.4. Identificación y registro de muestras	71
2.7. Operación y mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales	71
2.7.1. Operación	72
2.7.2. Mantenimiento.....	72
2.8. Método de Aforo Volumétrico para de terminación de Caudales	73
2.9. Determinación del grado de eficiencia de la planta:	74
2.10. Legislación Ambiental.....	75
2.10.1. Constitución de la República	75
2.10.2. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua	75
2.10.3. Criterios generales de descarga de efluentes	75
2.10.4. Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado, como a los cuerpos de agua	75
2.10.5. Legislación ambiental de efluentes líquidos	76
CAPÍTULO III: EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE PAMBADEL Y ZHURINGUALO	78
3.1. Análisis de parámetros físicos, químicos y biológicos del agua residual .	78
3.1.1. Programa de muestreo	78
3.1. 2. Toma de muestras	82
3.1.3. Determinación de parámetros físico-químicos y biológicos en el laboratorio de ETAPA	83
3.1.4. Determinación de parámetros físicos In Situ	84
3.1.5. Recolección y análisis de la información	84



3.2. Análisis sociocultural	84
3.2.1. Elaboración de Encuestas	84
3.2.2. Diseño de la encuesta	85
CAPITULO IV: CÁLCULOS Y PROCEDIMIENTOS.....	88
4.1. Determinación de las áreas utilizando software AutoCAD.....	88
4.1.1. Áreas de las Lagunas del sector Pambadel.....	89
4.1.2. Áreas de las Lagunas del sector Zhuringualo.....	90
4.2. Cálculo del volumen de los Sistemas de Lagunaje	91
4.2.1. Procedimiento	91
4.2.2. Volumen de las Lagunas Sector Pambadel	92
4.2.3. Volumen de las Lagunas Sector Zhuringualo	92
4.3. Cálculo de los Caudales por Aforo Volumétrico	93
4.3.1. Procedimiento	93
4.3.2 Cálculo del Caudal de las PTAR de Pambadel y Zhuringualo por Aforo Volumétrico.....	94
4.3.2.1 Cálculo de los Caudales de la PTAR de Pambadel y Zhuringualo por Aforo Volumétrico (8 de enero de 2016)	95
4.3.2.2. Cálculo de los Caudales de la PTAR de Pambadel y Zhuringualo por Aforo Volumétrico (1 de mayo de 2016).....	97
4.3.2.3. Cálculo de los Caudales de la PTAR de Pambadel y Zhuringualo por Aforo Volumétrico (6 de mayo de 2016).....	99
4.3.2.4. Cálculo de los Caudales de la PTAR de Pambadel y Zhuringualo por Aforo Volumétrico (16 de mayo de 2016).....	101
4.3.2.5. Cálculo de los Caudales de la PTAR de Pambadel y Zhuringualo por Aforo Volumétrico (17 de mayo de 2016).....	103
4.4. Determinación del Tiempo de Retención Teórico para los Sistemas de Lagunaje	105
4.4.1. Procedimiento	105
4.4.2. Determinación del Tiempo de Retención teórico de la PTAR de Pambadel	105
4.4.3. Determinación del Tiempo de Retención teórico de la PTAR de Zhuringualo	106
4.5. Cálculo de la Eficiencia de las plantas de Tratamiento	107
4.5.1. Eficiencia de la PTAR de Zhuringualo-14/08/2014	107
4.5.2. Eficiencia de la PTAR de Pambadel- 14/08/2014	108
4.5.3. Eficiencia de la PTAR de Zhuringualo- 27/05/2015	109
4.5.4. Eficiencia de la PTAR de Pambadel-27/05/2015	110



4.5.5. Eficiencia de la PTAR de Zhuringualo-2/05/2016	111
4.5.6. Eficiencia de la PTAR de Pambadel-2/05/2016.....	112
4.5.7. Eficiencia de la PTAR de Zhuringualo	113
4.5.8. Eficiencia de la PTAR de Pambadel.....	115
4.5.9. Eficiencia de la PTAR de Zhuringualo	116
4.5.10. Eficiencia de la PTAR de Pambadel	117
4.5.11. Eficiencia de la PTAR de Zhuringualo	118
4.5.12. Eficiencia de la PTAR de Pambadel	120
CAPÍTULO V: RESULTADOS	122
5.1. Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Pambadel y Zhuringualo .	122
5.2. Caracterización de la Infraestructura para el tratamiento de las Aguas Residuales del cantón Girón	123
5.2.1. Sistema de Tratamiento de Zhuringualo.....	123
5.2.2. Sistema de Tratamiento Sector Pambadel.....	133
5.3. Aspectos Administrativos Generales de las PTAR.....	138
5.4. Caracterización del Afluente y Efluente de los Sistemas de Lagunaje	139
5.4.1. Caracterización del Afluente y el Efluente de la PTAR de Zhuringualo	139
5.4.2. Caracterización del Afluente y el Efluente de la PTAR de Pambadel..	140
5.5. Medición de Parámetros In Situ de los Sistemas de Lagunaje de Pambadel y Zhuringualo -05/08/2015.....	141
5.6. Análisis de los Resultados de los Parámetros determinados In Situ.....	146
5.7. Resultados de los análisis entregados por el laboratorio de Saneamiento de ETAPA y de la Universidad de Cuenca de los afluentes y efluentes de los Sistemas de Lagunaje de Pambadel y Zhuringualo.....	146
5.8. Comparación de los Afluentes y Efluentes de las PTAR de Pambadel y Zhuringualo con la Normativa Ambiental Vigente	149
5.9. Porcentajes de Eficiencia de las PTAR de Pambadel y Zhuringualo.....	156
5.10. Análisis de los Resultados entregados por el laboratorio de Saneamiento de ETAPA de la Caracterización de los Afluentes y Efluentes, comparación con la normativa establecida en el TULSMA y porcentajes de Eficiencia de las PTARs de Pambadel y Zhuringualo	156
5.10.1. PTAR de Pambadel en el 2014.....	156
5.10.2. PTAR de Pambadel en el 2015.....	157
5.10.3. PTAR de Zhuringualo en el 2014	158
5.10.4. PTAR de Zhuringualo en el 2015	159
5.10.5. PTAR de Zhuringualo en el 2016	160



5.11. Análisis de Resultados de los parámetros evaluados.....	161
5.12. Análisis de resultados del caudal y tiempo de retención hidráulico teórico de los sistemas de lagunaje	170
5.12.1. Caudal de entrada-Salida	170
5.12.2. Tiempo de retención	171
5.13. Resumen de las Condiciones de Las PTAR de Pambadel y Zhuringualo	173
5.14. Resultados del análisis Social.....	175
5.14.1. Análisis Social.....	178
5.14.2. Análisis de resultados socioculturales	186
5.15. Elaboración de un Plan de Mejoras.....	186
5.15.1. Descripción de la Problemática.....	186
5.15.2. Propuestas de Optimización de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales	187
5.16. Planos actuales y diseño de mejoras de las PTAR de Pambadel y Zhuringualo	196
5.16.1. Planos del estado actual y diseños de mejora de la PTAR de Pambadel	197
5.16.2. Planos del estado actual y diseño de mejoras de la PTAR de Zhuringualo	198
5.16.3. Planos para la implementación del Sistema de Pretratamiento para las PTAR de Pambadel y Zhuringualo	200
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	201
6.1. Conclusiones.....	201
6.2. Recomendaciones.....	203
BIBLIOGRAFIA.....	204
ANEXOS	208

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Precipitación del cantón Girón, en promedio mensual obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INHAMI).....	27
Tabla 2: Censos Poblacionales del Cantón Girón	28
Tabla 3: Redes de alcantarillado y tipo de tratamiento	32
Tabla 4: Caudales y carga contaminante según la actividad en centros poblados de 5000-15000 habitantes.....	65
Tabla 5: Límites de descarga al Sistema de Alcantarillado Público.....	76
Tabla 6: Límites de descarga a un Cuerpo de Agua Dulce.....	77
Tabla 7 : Determinación de caudales de las PTAR de Pambadel y Zhuringualo (8 de enero de 2016).....	95
Tabla 8 : Determinación de caudales de las PTAR de Pambadel y Zhuringualo (1 de mayo de 2016)	97
Tabla 9 : Determinación de caudales de las PTAR de Pambadel y Zhuringualo (6 de mayo de 2016)	99
Tabla 10 : Determinación de caudales de las PTAR de Pambadel y Zhuringualo (16 de mayo de 2016)	101
Tabla 11 : Determinación de caudales de las PTAR de Pambadel y Zhuringualo (17 de mayo de 2016)	103
Tabla 12: Parámetros In Situ PTAR de Pambadel y Zhuringualo- año 2015	141
Tabla 13: Características Organolépticas- año 2015	142
Tabla 14: Parámetros In Situ PTAR de Zhuringualo- año 2016.....	142
Tabla 15: Características Organolépticas PTAR de Zhuringualo- año 2016 .	143
Tabla 16: Parámetros In Situ PTAR de Pambadel- año 2016.....	144
Tabla 17: Características Organolépticas PTAR de Pambadel- año 2016	145
Tabla 18: Determinación de Parámetros Físico-Químicos-Microbiológicos de las PTAR de Pambadel y Zhuringualo	147
Tabla 19: Determinación de Parámetros Físico-Químicos-Microbiológicos de las PTAR de Pambadel año 2016	147
Tabla 20: Comparación de resultados de afluentes con los límites máximos permisibles de descarga al sistema de alcantarillado público (TULSMA) de la planta de tratamiento de aguas residuales sector Pambadel-años 2014 y 2015	150
Tabla 21: Comparación de resultados de efluentes con los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce (TULSMA) de la planta de tratamiento de aguas residuales sector Pambadel año -2014,2015.....	151
Tabla 22: Comparación de resultados de afluentes con los límites máximos permisibles de descarga al sistema de alcantarillado público (TULSMA) de la planta de tratamiento de aguas residuales sector Pambadel -año 2016.....	152
Tabla 23: Comparación de resultados de efluentes con los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce (TULSMA) de la planta de tratamiento de aguas residuales sector Pambadel -año 2016.....	153



Tabla 24: Comparación de resultados de afluentes con los límites máximos permisibles de descarga al sistema de alcantarillado público (TULSMA) de la planta de tratamiento de aguas residuales sector Zhuringualo-año 2016	154
Tabla 25: Comparación de resultados de efluentes con los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce (TULSMA) de la planta de tratamiento de aguas residuales sector Zhuringualo -año 2016.....	155
Tabla 26: % de Eficiencia de las PTAR	156
Tabla 27: Condiciones de la Planta de Pambadel	173
Tabla 28: Condiciones de la Planta de Zhuringualo	174
Tabla 28: Tabulación de Encuestas Realizadas a la Población.....	176

**ÍNDICE DE GRÁFICOS**

Gráfico No 1: Eficiencia de las PTAR.....	160
Gráfico No 2: Porcentajes de remoción de DBO_5	161
Gráfico No 3: Porcentajes de reducción de DQO.....	162
Gráfico No 4: Porcentajes de remoción de Nitritos+Nitratos	163
Gráfico No 5: Porcentajes de Remoción de Fósforo	164
Gráfico No 6: Porcentajes de Remoción de Coliformes Totales.	165
Gráfico No 7: Porcentajes de Remoción de Coliformes Termotolerantes	165
Gráfico No 8: Porcentajes de Remoción de Sólidos Sedimentables.....	166
Gráfico No 9: Porcentajes de Variación de T.D.S.	167
Gráfico No 10: Porcentajes de Variación de pH.....	168
Gráfico No 11: Porcentajes de Variación de Temperatura.....	169
Gráfico No 12: Caudal de entrada y Salida de la PTAR Sector Pambadel ...	170
Gráfico No 13: Caudal de entrada y Salida de la PTAR Sector Zhuringualo	171
Gráfico No 14: Tiempos de Retención hidráulico	172
Gráfico No 15 : Porcentaje por sexo o género	178
Gráfico No 16: Rango de edad	179
Gráfico No 17: Viviendas conectadas al alcantarillado	179
Gráfico No 18: Necesidad de dar tratamiento al Agua residual	180
Gráfico No 19: Conocimiento de factores que contaminan el agua	180
Gráfico No 20: Factores de contaminación	181
Gráfico No 21: Conocimiento de medidas para evitar la contaminación del agua	182
Gráfico No 22: Existen campañas contra la contaminación del agua	182
Gráfico No 23 : Conocimiento de lugares para tratamiento de agua residual	183
Gráfico No 24: Conocimiento del funcionamiento de las PTAR	184
Gráfico No 25: Uso o consumo del agua del río Girón.....	184
Gráfico No 26: Agua Residual tratada apta para riego	185
Gráfico No 27: Molestias ocasionadas por las PTAR	186

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No 1: Ubicación del Cantón Girón	25
Figura N° 2: Microcuencas del Cantón Girón	26
Figura No 3: Población del Cantón Girón	29
Figura No 4: Ubicación de Fuentes de Agua y Distribución.	30
Figura No 5: Cobertura Agua para el consumo Humano	31
Figura No 6: Áreas Cobertura de Alcantarillado Cantón Girón.....	33
Figura No 7: Clasificación y cantidad de sólidos en agua residual urbana típica	46
Figura No 8: Procesos de tratamientos.....	56
Figura No 9: Tratamiento del Agua Residual	58
Figura No 10: Sistema simplificado de lagunaje	61
Figura No 11: Ruta aerobia y anaerobia en la degradación y conversión microbiana de material orgánico.	67
Figura No 12: Aforo volumétrico	
Fuente: (CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA, 2002)	74
Figura No 13: Diagrama de Flujo de la PTAR de Zhuringualo.	133
Figura No 14: Diagrama de Flujo de la PTAR de Pambadel	139
Figura No 15: Registro de Mantenimiento para la planta de Pambadel	188
Figura No 16: Planos de las condiciones actuales de la PTAR de Pambadel y diseños de mejora	197
Figura No 17: Planos de las condiciones actuales de la PTAR de Zhuringualo	198
Figura No 18: Planos de Diseño de mejora de la PTAR de Zhuringualo.....	199
Figura No 19: Planos para la Implementación de Pretratamiento para las PTAR de Pambadel y Zhuringualo	200
Figura No 20: Resultados del Análisis de Afluentes y Efluentes (14/06/2014) entregado por el Laboratorio de Saneamiento de ETAPA	208
Figura No 21: Resultados del Análisis de Afluentes y Efluentes (20/05/2015) entregado por el Laboratorio de Saneamiento de ETAPA	210
Figura No 22: Resultados del Análisis de Afluentes y Efluentes (23/05/2016) entregado por el Laboratorio de Saneamiento de ETAPA	211
Figura No 23: Resultados microbiológicos entregados por el laboratorio de la Universidad de Cuenca	212
Figura No 24: Encuesta realizada a una persona que vive cerca de la planta de Pambadel	214

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen No 1: Planos de la planta de tratamiento de aguas residuales de Pambadel	34
Imagen No 2: Planta de tratamiento de Aguas Residuales de Pambadel	35
Imagen No 3: Primera laguna Facultativa Sector Pambadel	35
Imagen No 4: Segunda laguna Maduración Sector Pambadel.....	36
Imagen No 5: Planos de la planta de tratamiento de aguas residuales.....	37
Imagen No 6: Planta de tratamiento de Aguas Residuales de Zhuringualo	38
Imagen No 7: Primera laguna Facultativa Sector Zhuringualo	38
Imagen No 8: Segunda laguna Facultativa Sector Zhuringualo	39
Imagen No 9: Tercera laguna: Maduración Sector Zhuringualo	39
Imagen No 10: Envases con etiquetas para análisis físico-químico	79
Imagen No 11: Envases y Etiquetas de muestras para análisis Microbiológico	79
Imagen No 12: Toma de muestra del Afluente de la Planta de Pambadel	80
Imagen No 13: Toma de muestra del Efluente de la Planta de Pambadel	80
Imagen No 14: Toma de muestra del Afluente de la Planta de Zhuringualo....	81
Imagen No 15: Toma de muestras de Efluentes Zhuringualo	81
Imagen No 16: Muestras en el laboratorio de ETAPA	83
Imagen No 17: Encuesta a la Población del Área de Influencia Directa a las PTAR.....	86
Imagen No 18: Área de la laguna facultativa Sector Pambadel	89
Imagen No 19: Área de la laguna de maduración Sector Pambadel	89
Imagen No 20: Área de la Primera laguna facultativa Sector Zhuringualo	90
Imagen No 21: Área de la Segunda laguna facultativa Sector Zhuringualo	90
Imagen No 22: Área de la laguna de Maduración Sector Zhuringualo	91
Imagen No 23: Aforo Volumétrico	93
Imagen No 24: Repartidor de Caudal sector Zhuringualo	124
Imagen No 25: Deterioro en el repartidor de Caudal.....	124
Imagen No 26: Entrada a la Primera Laguna Facultativa	125
Imagen No 27: Primera Laguna Facultativa	126
Imagen No 28: Compuertas de descarga.....	126
Imagen No 29: Segunda Laguna Facultativa	127
Imagen No 30: Problemas de Eutrofización en la Segunda Laguna Facultativa	128
Imagen No 31: Tubería que conduce el agua residual a la Laguna de maduración rota	129
Imagen No 32: Cerramiento y caminos de acceso.....	131
Imagen No 33: Laboratorio y área administrativa totalmente deteriorado y en desuso.....	132
Imagen No 34: Baños y sala de estar en condiciones precarias	132
Imagen No 35: Ingreso a la Laguna facultativa	134
Imagen No 36: Laguna Facultativa Pambadel.....	134



Imagen No 37: Laguna de Maduración Pambadel	136
Imagen No 38: Cerramiento PTAR Pambadel.....	137
Imagen No 39: Caseta de Guardia totalmente deteriorado y en desuso	138
Imagen No 40: Puntos de muestreo de Afluente y Efluente de la PTAR de Zhuringualo	140
Imagen No 41: Puntos de muestreo del Afluente y el Efluente de la PTAR de Pambadel	140
Imagen No 42: Georeferenciación de los sistemas de Lagunaje	215

INDICE DE ANEXOS

Anexo No 1: Resultados del Análisis de Afluentes y Efluentes entregado por el Laboratorio de Saneamiento de ETAPA	208
Anexo No 2: Análisis Social	212



CLAUSULAS DE DERECHOS DE AUTOR



Universidad de Cuenca
Clausula de derechos de autor

Miriam Andrea Novillo Jara, autora del trabajo de Titulación "ANÁLISIS MEDIOAMBIENTAL DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CANTÓN GIRÓN: DIAGNÓSTICO Y ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MEJORAS" reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de INGENIERO AMBIENTAL. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, 10 de Junio del 2016


Miriam Andrea Novillo Jara

C.I. 0105729040



Universidad de Cuenca
Clausula de derechos de autor

Jenny Karina Patiño Jiménez, autora del trabajo de Titulación "ANÁLISIS MEDIOAMBIENTAL DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CANTÓN GIRÓN: DIAGNÓSTICO Y ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MEJORAS" reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de INGENIERO AMBIENTAL. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, 10 de Junio del 2016

Jenny Karina Patiño Jiménez

C.I. 0106453889



CLAUSULAS DE PROPIEDAD INTELECTUAL



Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

Miriam Andrea Novillo Jara, autora del trabajo de Titulación "ANÁLISIS MEDIOAMBIENTAL DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CANTÓN GIRÓN: DIAGNÓSTICO Y ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MEJORAS, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 10 de Junio del 2016


Miriam Andrea Novillo Jara

C.I. 0105729040



Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

Jenny Karina Patiño Jiménez, autora del trabajo de Titulación "ANÁLISIS MEDIOAMBIENTAL DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CANTÓN GIRÓN: DIAGNÓSTICO Y ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MEJORAS, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 10 de Junio del 2016

Jenny Karina Patiño Jiménez

C.I. 0106453889



AGRADECIMIENTOS

A la Ing. Alexandra Guanuchi nuestra directora de tesis, quien con sus conocimientos y experiencia ha sabido dirigirnos a la consecución de este logro profesional.

Al Sr. José Miguel Uzhca, Alcalde de GAD municipal del Cantón Girón, ya que sin su apertura, colaboración y asistencia técnica, este proyecto de graduación no hubiera podido concretarse.

Al Dr. Patricio Ávila, técnico del GAD Municipal, que estuvo siempre buscando acompañarnos con soluciones a los problemas que se nos fueron presentando.

Al Ing. Juan Carlos Pizarro, por brindarnos todas las facilidades desde la asistencia técnica del GAD Municipal de Girón.

Al Ing. Daniel Zambrano quien contribuyó a que nuestro proyecto de tesis fuera aprobado.

Al Ing. Fernando García quien no teniendo la obligación, supo darnos su tiempo y responder las incertidumbres que fueron surgiendo.

Al Sr. Vinicio León por brindarnos su ayuda en temas técnicos que no manejábamos.

Al Ing. Juan Diego Espinoza y al Dr. Giovanni Larriva, miembros del tribunal de tesis por ayudarnos a solucionar los inconvenientes que se presentaron y facilitar la ejecución de este objetivo profesional.

A Luis Patiño, Gricelda Jiménez y Marlene Jara, nuestros padres quienes han sido un pilar fundamental en el logro de esta meta importante, ya que sin su respaldo no hubiera sido posible alcanzar este triunfo.

A todos nuestros familiares y amigos que nos han acompañado en este proceso de formación profesional y humana.

Miriam Andrea Novillo Jara
Jenny Karina Patiño Jiménez



DEDICATORIA

En primer lugar quiero agradecer a Dios que me dio la oportunidad de vivir y de regalarme una familia maravillosa, a mis padres “Luis Patiño y Gricelda Jiménez por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado por momentos muy difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor, por eso les agradezco de todo corazón.

A mi esposo Rubén Eduardo, por estar siempre a mi lado apoyándome, y brindándome su amor en todo momento, gracias por todo lo que haces por mí.

A mi hija “Allison Sofía”. Por ser mi inspiración y mi vida entera.

A mis hermanos “Fernando y Sonia”, gracias por estar conmigo y apoyarme en todo momento, los quiero mucho.

A mis sobrinas “Melanie, Micaela, Paula y Camila“, que las adoro.

A mi cuñada Maricela que la considero como mi hermana.

Al Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Girón, por la información brindada y el apoyo financiero, que fue de vital importancia, para el desarrollo de nuestro proyecto.

A mi compañera, Miriam Andrea, porque junto a ella he podido culminar con este proyecto.

A mi directora Ingeniera Alexandra Guanuchi, por guiarnos en el desarrollo de nuestro proyecto, por su tiempo, apoyo y sobre todo por su paciencia.

Jenny Karina Patiño Jiménez



DEDICATORIA

Gracias a la energía universal que habita en todo incluyéndome, hoy he podido cumplir esta meta.

A Marlene Jara mi madre. "Mamita gracias por graduarme de Ingeniera". Por su amor esfuerzo y paciencia suficiente; razones por las que hoy puedo dar este paso en mi vida.

A Marlene mi hermana y a mi sobrino Sebas que han sido un apoyo y me han brindado momentos de amor y alegría que me acompañan siempre.

A Andrés E. Martín "Cómo desearía que estuvieras aquí". Siempre vas a estar en mí.

A mis amigos que con sus bromas a manera de presión, su visión acerca de la vida y su alegría me han apurado en la tarea de ser productiva.

A mis otros familiares (los más cercanos), por estar pendientes de mi desarrollo personal y profesional.

A Jenny Patiño, "La presión mutua nos ha hecho triunfar". En la búsqueda de una meta parecida hemos compartido muchas vivencias que nos han acercado a un nivel personal muy profundo.

Miriam Andrea Novillo Jara



CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El tratamiento de las aguas residuales se considera de interés prioritario ya que se relaciona directamente con la salud pública, el control de la contaminación ambiental y la calidad de vida de las personas. La constitución de la República, así como el Plan Nacional del Buen Vivir, plantea "garantizar los derechos de la naturaleza y promover un ambiente sano y sustentable". Enfatizan en "prevenir, controlar y mitigar la contaminación ambiental como aporte al mejoramiento de la calidad de vida".

El presente trabajo de titulación contempla un análisis medioambiental de las plantas de tratamiento de aguas residuales de los sectores Zhuringualo y Pambadel pertenecientes al Cantón Girón, contando con la asistencia técnica del Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Municipal de Girón.

Las plantas de tratamiento por sistemas de lagunaje del cantón Girón están ubicadas en sectores dispersos el uno del otro; de modo que se tiene un sistema de tratamiento ubicado en Pambadel y otro en Zhuringualo. La planta de tratamiento del sector Pambadel está compuesta por una primera laguna facultativa y una segunda de maduración. En tanto que la planta de tratamiento del sector Zhuringualo consta de dos lagunas facultativas y la última de maduración. Actualmente las plantas se encuentran operando de manera regular, sin embargo los efluentes resultantes de los procesos de tratamiento no cumplen con todos los parámetros establecidos en la normativa ambiental vigente.

Para el plan de monitoreo se tomaron muestras tanto de los afluentes y efluentes de los sistemas de lagunaje de los dos sectores. Las determinaciones de los parámetros se tomaron in situ y a nivel de laboratorio, los resultados obtenidos se compararon entre sí, y con datos de análisis anteriormente realizados y proporcionados por el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Girón.

Para el diagnóstico de las plantas; se procedió a la determinación del grado de eficiencia de los sistemas de tratamiento, caudales y tiempos de retención hidráulica.



En este estudio se analizó el componente social, mediante encuestas realizadas a una muestra representativa de la población, en la cual se evaluó las causas del deterioro del recurso agua de acuerdo a los diversos usos, también las molestias derivadas del deficiente tratamiento que se le da al agua residual y la percepción que tienen sobre esta problemática.

En base a los resultados obtenidos por la determinación in Situ, laboratorio y encuestas, su posterior interpretación, los análisis de las falencias de los actuales sistemas de tratamiento; se diseñó un Plan de Mejoras, con la finalidad de optimizar los procesos que se llevan a cabo dentro de las plantas de tratamiento y mejorar la operatividad y eficiencia de las mismas. De tal manera que se evite la contaminación del río Girón que desemboca en el Jubones (Ilustre Municipalidad de Girón, 2010), se cumpla con la normativa ambiental vigente y sirva como herramienta preventiva de enfermedades a la población de influencia directa e indirecta que usa y consume agua y productos en estas áreas. Según (Hospital Cantonal de Girón Aida León Rodríguez, 2015) se han reportado 12 casos de Amebiasis, 4 de Giardiasis, 14 de diarrea y gastroenteritis y 4 de salmonella en el año 2015, enfermedades relacionadas con las aguas residuales

1.1. Identificación del problema y justificación.

El tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales es una necesidad sanitaria emergente de la población actual, debido al peligro que esta representa para la salud y el ambiente.

Las actuales condiciones de operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales de Pambadel y Zhuringualo del Cantón Girón, han conducido a que estas sean en parte causantes del deterioro de la calidad de agua del río Girón y la contaminación de cultivos aledaños.

Los sistemas de tratamiento muestran deficiencias en infraestructura, es notoria la presencia de vectores(roedores, insectos) al igual que una notable eutrofización en los sistemas, además el agua es descargada al río Girón con características organolépticas (color, turbiedad, olor) similares a aquellas que posee el agua residual al ingresar a los sistemas.



Por otro lado, la Municipalidad del Cantón Girón ha realizado análisis de afluentes y efluentes de las plantas de tratamiento, no obstante, no posee estudios posteriores a la construcción de las mismas, por lo tanto la información disponible carece de vigencia y fidelidad a las condiciones actuales bajo las cuales se encuentran operando los sistemas. Desde esta perspectiva, el presente trabajo aportará con datos actualizados que permiten realizar un diagnóstico real de los sistemas de tratamiento.

Las plantas de tratamiento de aguas residuales carecen de pretratamiento y de tratamiento primario, únicamente cuentan con tratamiento secundario. Este tratamiento consiste en dos sistemas de lagunaje que se encuentran divididos en dos sectores. El primer sistema está ubicado en el Sector de Pambadel y consta de dos lagunas: la primera que receipta el agua del alcantarillado, es la facultativa y la segunda que es de maduración y posteriormente es vertida al río Girón. El segundo sistema se encuentra ubicado en el sector de Zhuringualo, que consta de tres lagunas, la primera y la segunda receiptan el agua del alcantarillado y son facultativas y la tercera es de maduración, sus efluentes son vertidos al río Girón. Los sistemas de lagunaje se construyeron y operan desde el año 1998 y tienen un periodo de vida útil de 22 años.

Según un informe de calidad de aguas servidas depuradas, por la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) de ETAPA. Para los dos sistemas de lagunaje; los datos señalan que las lagunas se encuentran removiendo contaminantes de tipo físico, químico y microbiológico, exceptuando coliformes fecales, en diferentes porcentajes.

Esta deficiencia en la remoción de estos contaminantes microbiológicos en las aguas residuales y su posterior descarga al cuerpo receptor, hacen que exista incumplimiento con la normativa ambiental estipulada en el TULSMA libro VI Anexo I, "Norma de Calidad Ambiental" y del "Reglamento de la ley de gestión Ambiental para la preservación y el control de la contaminación ambiental", específicamente en su anexo 1. "Norma de calidad ambiental y de descargas de efluentes recurso agua", al observarse la presencia de bacterias coliformes fecales en el agua que es descargada al río Girón en porcentajes inaceptables ante la ley.

Por lo tanto es una necesidad que las plantas de tratamiento sean sometidas a un estudio para establecer cuáles son las causas del deficiente proceso de remoción de contaminantes y sobre todo encontrar soluciones que permitan corregir tal situación para mejorar las actuales condiciones y poder cumplir con la normativa ambiental vigente, promover un ambiente sano, libre de contaminación y mejorar la calidad de vida de los pobladores.

1.2. Objetivo General

Analizar el funcionamiento de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales del Cantón Girón; sectores Pambadel y Zhuringualo mediante pruebas físicas, químicas, bacteriológicas y proponer un plan de mejoras para la optimización de las mismas.

1.3. Objetivos Específicos

- Efectuar un diagnostico técnico del funcionamiento actual de las Plantas de tratamiento del cantón Girón.
- Caracterizar los afluentes y efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de Pambadel y Zhuringualo, para comparar sus resultados con la legislación ecuatoriana vigente.
- Elaborar un plan de mejoras para las Plantas de tratamiento de aguas residuales de Pambadel y Zhuringualo, con el fin de optimizar su funcionamiento; basado en los estudios técnicos.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Descripción del lugar de estudio

El cantón Girón es uno de los quince cantones de la Provincia del Azuay; está ubicado al Suroccidente del Ecuador en la vía Girón-Pasaje a 37 Km de la ciudad de Cuenca, conforme establece la Planificación Nacional de la SENPLADES está ubicado en la zona seis (fig. N° 1). Se encuentra a una altura de 2.162 m.s.n.m., con una extensión de 346.5 Km² que representa el 4,3% del territorio de la provincia del Azuay (Veloso ,2010).



Figura No 1: Ubicación del Cantón Girón

Fuente: (Plan de Desarrollo Cantonal y Ordenamiento Territorial del Cantón Girón, 2014)

2.1.1. Límites

- Al Norte: las parroquias Victoria del Portete y Cumbe, pertenecientes al cantón Cuenca.
- Al Este: la parroquia Jima, perteneciente al cantón Sígsig.
- Al Sur: la parroquia Las Nieves, perteneciente al cantón Nabón, y la parroquia Abdón Calderón (La Unión) del cantón Santa Isabel.
- Al Oeste: la parroquia San Fernando y la parroquia Chumblín, pertenecientes al Cantón San Fernando.

2.1.2. Hidrografía

El cantón Girón cuenta con una gran riqueza hidrológica que permite desarrollar las actividades agropecuarias con buenos resultados.

La red hidrológica del cantón Girón pertenece al sistema fluvial de la cuenca del Río Jubones, que conjuntamente con otros desemboca en el Océano Pacífico. El cantón Girón está formado por once microcuencas las mismas que llevan el nombre de los ríos a los cuales estas pertenecen.

Las microcuencas más importantes son: El Chorro, El Portete, Pucucari, Cebadillas, Rosas, que son afluentes del San Gregorio; Curiquina y San Gregorio que desembocan en el río Burro. La confluencia del río Santa Ana, Rircay, El Burro y Girón desembocan en el Jubones.

El principal recurso hídrico del cantón constituye el río Girón; que forma parte de la cuenca alta del río Jubones. Este es utilizado para riego en la parte baja, a 13 Km de la desembocadura en el río Rircay. Los sectores del valle de Girón son regados a través de un sistema rudimentario de acequias que se alimentan de los cursos de agua ubicados en la parte alta.

El río Chorro Chico es utilizado para riego en la parte alta desde donde son captadas las aguas para riego de potreros. (GAD municipal de Girón POT, 2014)

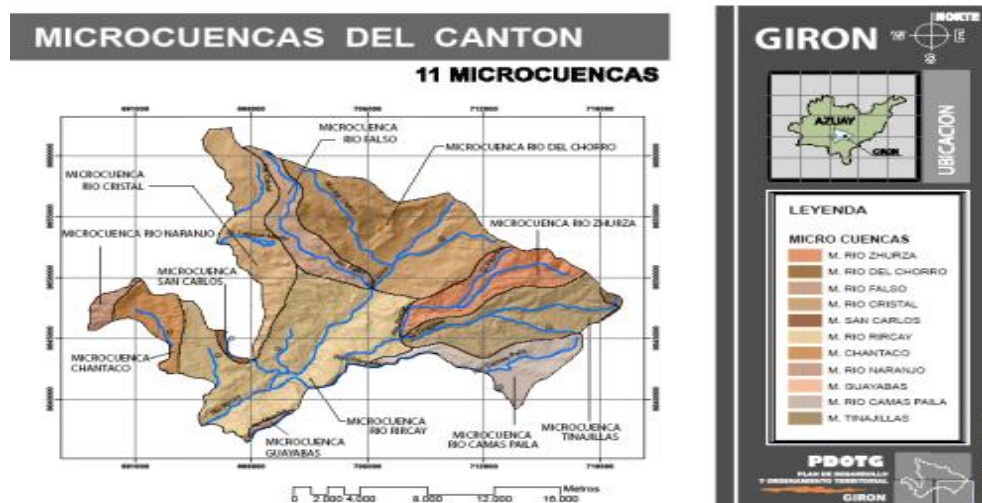


Figura N° 2: Microcuencas del Cantón Girón

Fuente: (Plan de Desarrollo Cantonal y Ordenamiento Territorial del Cantón Girón, 2014)

2.1.3. Precipitación

El cantón Girón agrupa diferentes rangos de precipitación: El primero comprendido entre los rangos de 250 a 500 mm anuales, que abarca la zona baja de la parroquia La Asunción. El segundo comprendido entre los rangos 500 a 750 mm anuales, que abarca la zona baja de la parroquia San Gerardo, la zona media-baja de la parroquia Girón y la zona media-alta de la parroquia La Asunción. El tercero localizado entre los rangos 750 a 1000 mm anuales, que abarca la zona media alta de la parroquia San Gerardo, y la zona alta de la parroquia Girón. El cuarto comprendido entre los rangos 1000 a 1250 mm anuales, localizado en la zona alta de las parroquias San Gerardo y Girón (GAD municipal de Girón POT, 2014).

Tabla 1: Precipitación del cantón Girón, en promedio mensual obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INHAMI).

Mes	Precipitación (mm)
Enero	152.58
Febrero	120.33
Marzo	213.13
Abril	124.48
Mayo	50.85
Junio	49.75
Julio	22.28
Agosto	9.55
Septiembre	20.93
Octubre	10.82
Noviembre	56.02
Diciembre	124.27
TOTAL	955.00

Elaborado por: (Autoras)

2.1.4. Temperatura

En el cantón Girón existen diferentes rangos de temperaturas, siendo de 10 a 20° C el rango de temperatura promedio durante todo el año, en las zonas medias y bajas de la parroquia San Gerardo y Girón, y en las zonas altas,

medias y bajas de la parroquia la Asunción. Existen un rango bajo de temperatura en las zonas altas de la parroquia San Gerardo y Girón, en donde la temperatura varía de 4 a 8° C. (GAD municipal de Girón POT, 2014).

2.1.5. Diagnóstico del Sistema Social y Cultural

2.1.5.1. Población de Girón

El cantón Girón está conformado por dos parroquias rurales y la cabecera cantonal, este cantón se ha visto reducido en territorio y población en 1986 para dar paso a la creación de los cantones San Fernando y Nabón, de este último se desprendió el territorio para conformar el cantón Oña. (GAD municipal de Girón POT, 2014)

Tabla 2: Censos Poblacionales del Cantón Girón

PARROQUIA	CENSO 1982	CENSO 1990	CENSO 2001
GIRON	10.628	9,035	8.623
LA ASUNCION	3,198	2,987	2.885
SAN GERARDO	---	1.169	1.075
TOTAL CANTON	13.824	---	---

Fuente: (GAD municipal de Girón POT, 2014)

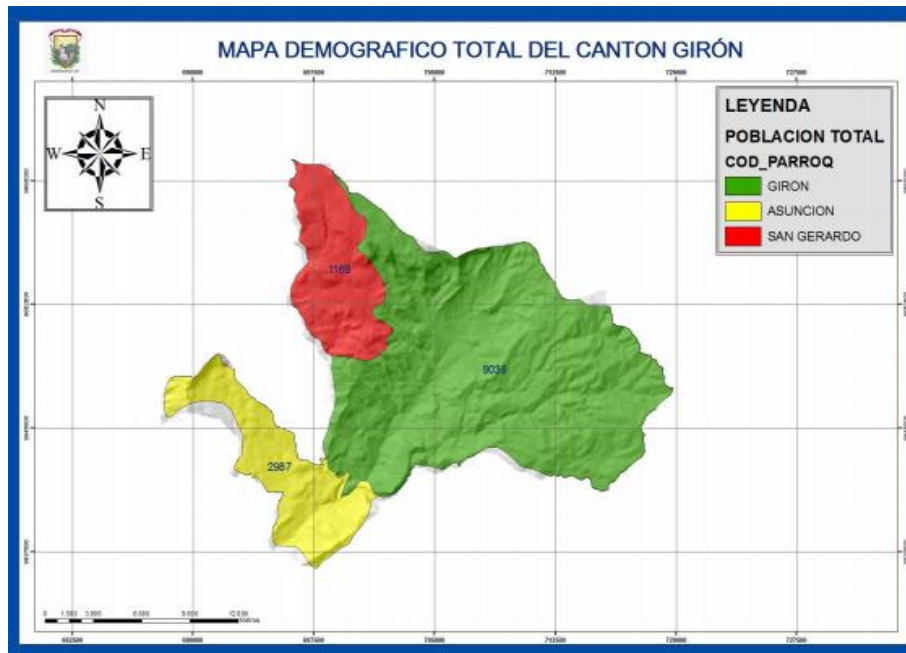


Figura No 3: Población del Cantón Girón

Fuente: (Plan de Desarrollo Cantonal y Ordenamiento Territorial del Cantón Girón, 2014)

2.1.5.3. Situación actual del Agua

La dotación del líquido vital abastece la mayor parte de comunidades del Cantón. Existen 38 sistemas de agua de los cuales sirven a dos o más comunidades. Estos sistemas corresponden a 5383 abonados y un caudal total aproximado. En la fuente de 81.68 litros por segundo distribuidos de la siguiente manera (fig.4) (GAD municipal de Girón POT, 2014)

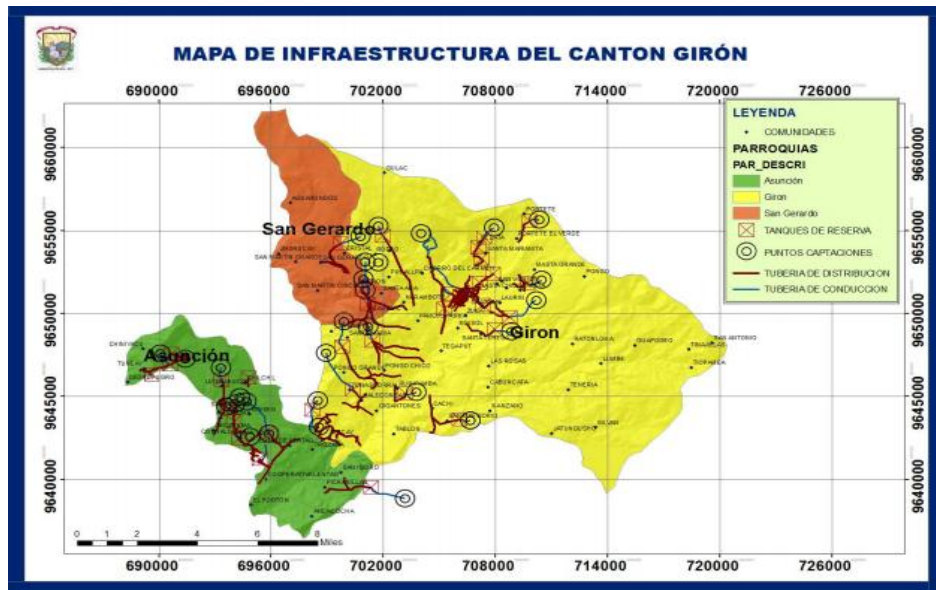


Figura No 4: Ubicación de Fuentes de Agua y Distribución.

Fuente: (GAD municipal de Girón POT, 2014).

2.1.5.4. Cobertura de agua para consumo humano

De acuerdo al censo de población y vivienda INEC 2010 la cobertura de agua para consumo humano alcanza altos porcentajes en el área urbana de Girón con un valor de 98.81% de cobertura contrastando totalmente con el área rural de la misma parroquia donde no se llega al 43.57% de cobertura. La parroquia Asunción mantiene 50.66% reflejando un porcentaje bajo de cobertura mientras que la parroquia San Gerardo alcanza un valor alto de cobertura cercano al 73%. (GAD municipal de Girón POT, 2014).



Figura No 5: Cobertura Agua para el consumo Humano

Fuente: (Plan de Desarrollo Cantonal y Ordenamiento Territorial del Cantón Girón, 2014)

2.1.5.5. Tipos De Distribución de Agua en el Cantón

El agua para consumo humano desde la red pública cubre al 65.42% de viviendas de todo el cantón mientras que el 34.58% de viviendas tienen otro tipo de abastecimiento, destacando el de río o vertiente que llega al 29.11%.

2.1.6. Saneamiento Alcantarillado

2.1.6.1. Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales

Se puede identificar en el cantón la ausencia de sistemas de alcantarillado incluso en áreas concentradas, y en los sistemas existentes se tienen problemas en cuanto al tratamiento. En los sistemas de alcantarillado que sirven a las cabeceras parroquiales de La Asunción y San Gerardo. En el sistema de alcantarillado del Barrio Las Rosas del centro cantonal, no se da ningún tipo de tratamiento, mientras que el 40% de los sistemas tienen un tratamiento deficiente (GAD municipal de Girón POT, 2014)

Tabla 3: Redes de alcantarillado y tipo de tratamiento

Parroquia	Sistema	Tipo de alcantarillado	Sistemas de tratamientos	Funcionamiento
Girón	Girón	Combinado	Lagunas residuales	Regular
Girón	San Vicente-Las Rosas	Combinado	Filtros anaerobeos	Deficiente
Girón	Las Rosas	Combinado	No dispone	-
Girón	Cachiloma	Sanitario	Fosa séptica doble cámara	Regular
Girón	Zapata	Sanitario	Fosa séptica doble cámara	Deficiente
Asunción	Asunción Centro	Combinado	No dispone	-
Asunción	Asunción circunvalación	Sanitario	Fosa séptica doble cámara	Bueno
Asunción	Cooperativa lentag	Sanitario	Fosa séptica doble cámara	Deficiente
Asunción	Cooperativa lentag	Sanitario	Fosa séptica doble cámara	Deficiente
San Gerardo	San Gerardo	Combinado	No dispone	-

Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Girón, 2014)

2.1.6.2. Cobertura de las redes de Alcantarillado

De los datos obtenidos por el INEC a través de Censo de Población y Vivienda 2010 se observa que la cobertura de redes de alcantarillado en el área urbana de la Parroquia Girón llega al 92.33% mientras que en el área rural de la parroquia Girón y en las parroquias San Gerardo y Asunción, esta cobertura no llega al 15%. (GAD municipal de Girón POT, 2014)



Figura No 6: Áreas Cobertura de Alcantarillado Cantón Girón.

Fuente:(Plan de Desarrollo Cantonal y Ordenamiento Territorial del Cantón Girón, 2014)

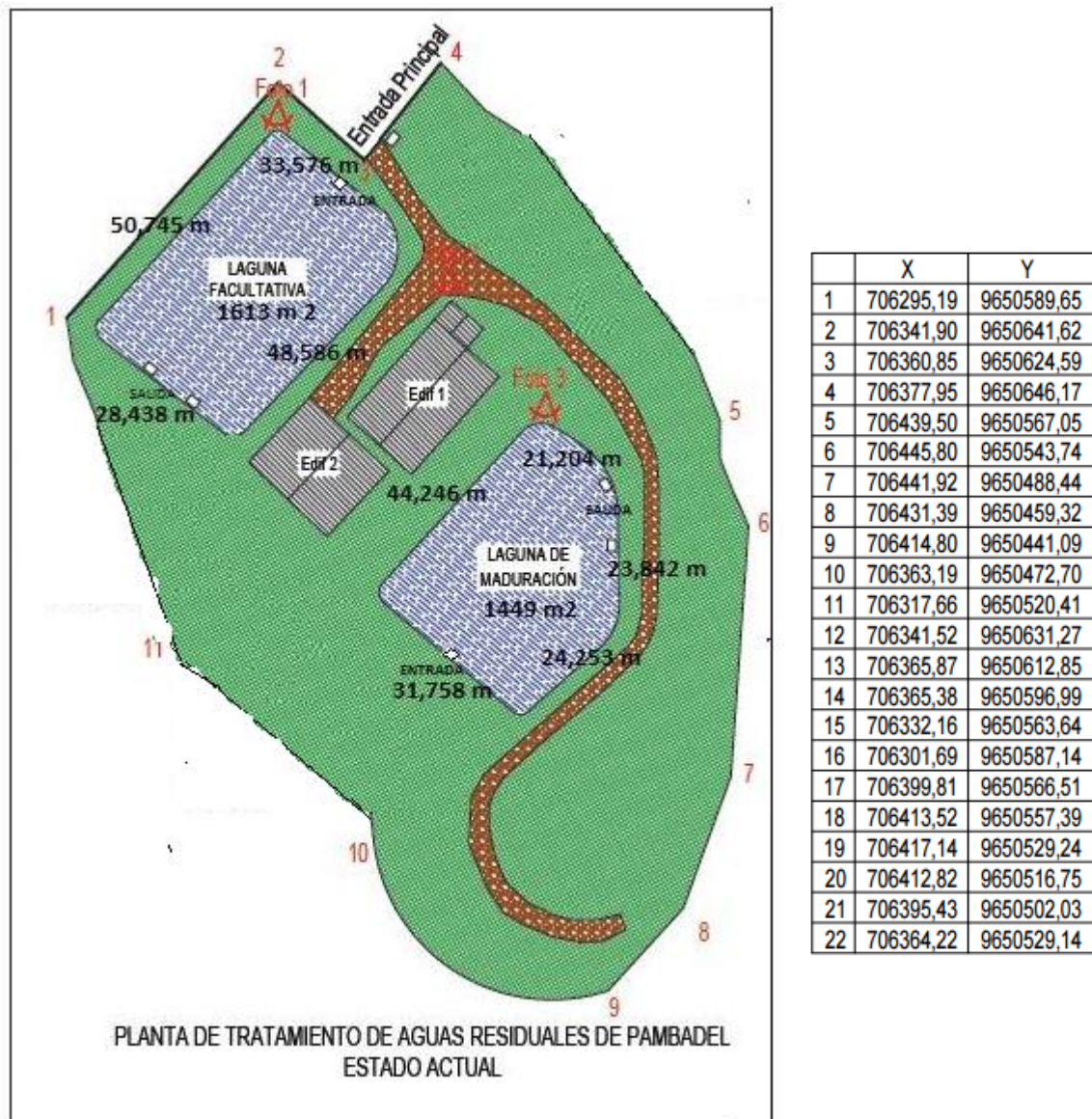
2.1.7. Ubicación de la plantas de tratamiento

El Cantón Girón cuenta con dos sistemas de tratamiento de aguas residuales que se encuentran ubicados, la primera en sector Pambadel y la segunda en el sector de Zhuringualo

2.1.7.1. Planta de tratamiento de Aguas Residuales de Pambadel

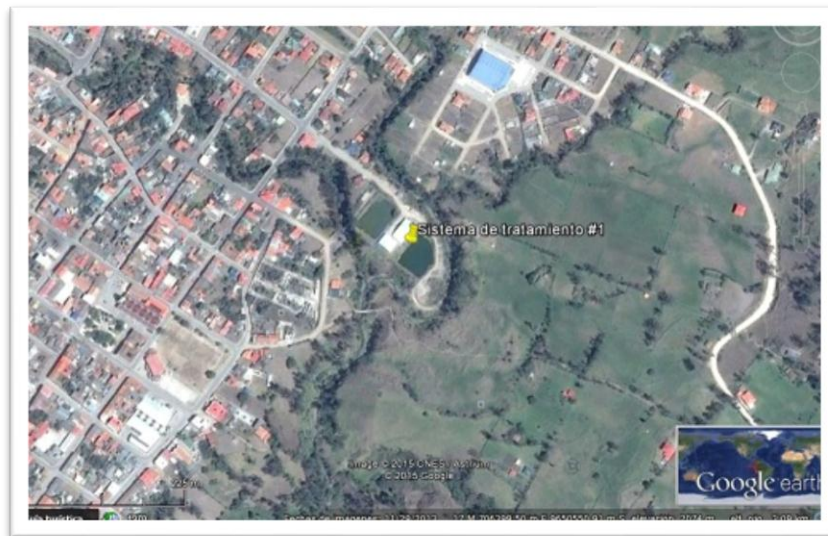
El primer sistema de lagunaje está ubicado en el Sector de Pambadel en las calles Arturo Sandez y Jorge Araujo y consta de dos lagunas con forma irregular: la primera que receipta el agua del alcantarillado, es la laguna facultativa que tiene un área de 1613 m² y la segunda es de maduración, tiene un área de 1449m², y su desfogue en el río Girón.

Imagen No 1: Planos de la planta de tratamiento de aguas residuales de Pambadel



Fuente: (Autoras)

Imagen No 2: Planta de tratamiento de Aguas Residuales de Pambadel



Fuente: (Google earth, 2015).

Imagen No 3: Primera laguna Facultativa Sector Pambadel



Fuente: (Autoras)

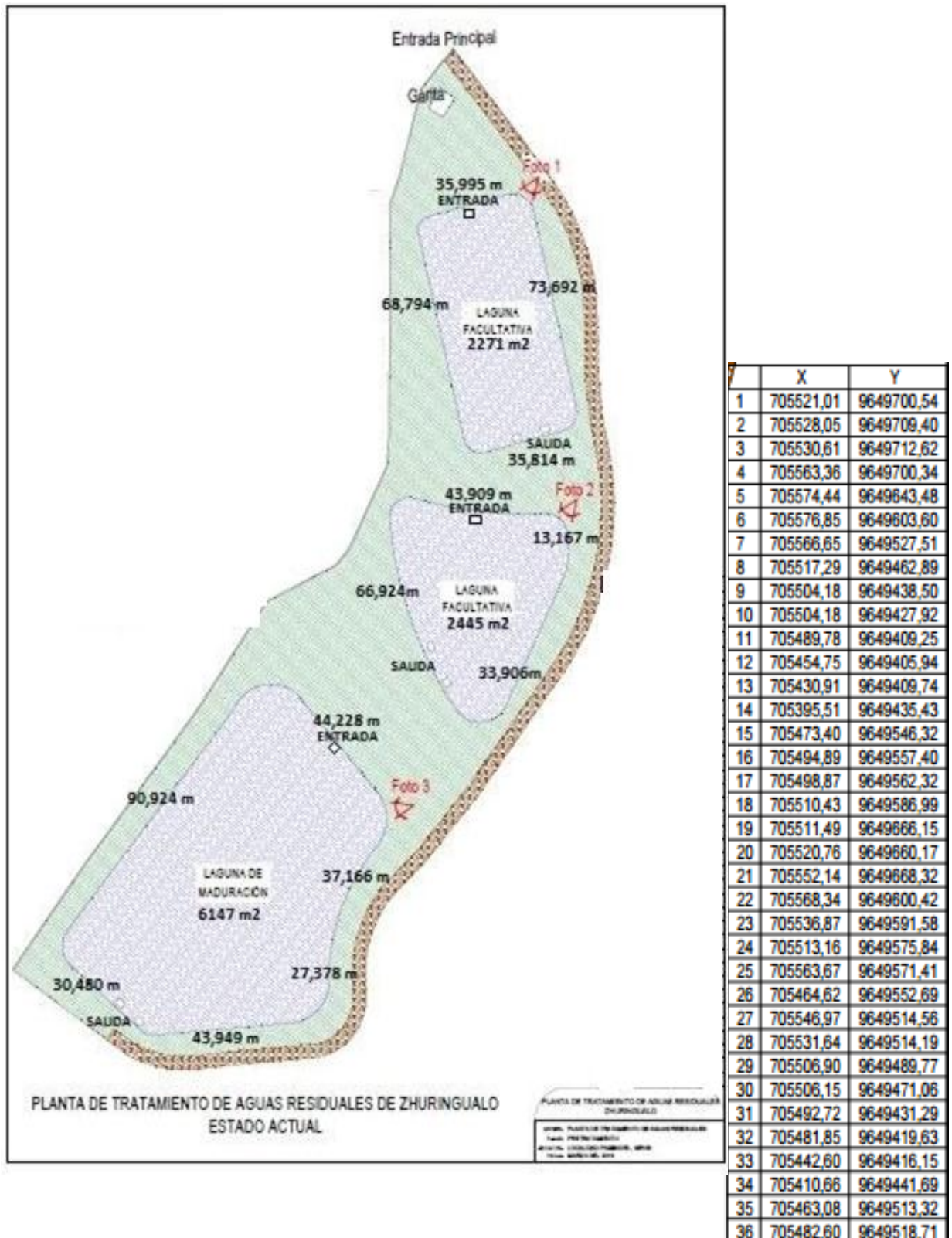
Imagen No 4: Segunda laguna Maduración Sector Pambadel

Fuente: (Autoras) .

2.1.7.2 .Planta de tratamiento de Aguas Residuales Zhuringualo

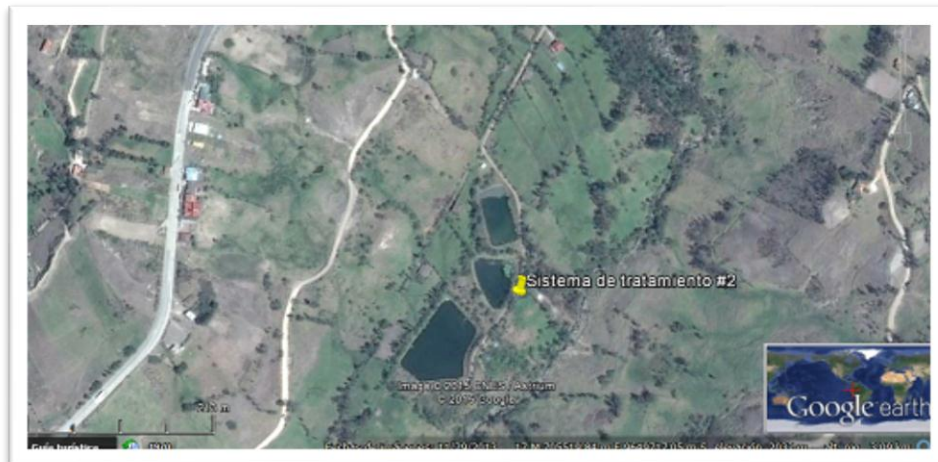
Este sistema se encuentra ubicado en la calle Antonio Flores sector de Zhuringualo, consta de tres lagunas, la primera y la segunda reciben el agua del alcantarillado, son facultativas tienen un área de 2271m² y 2445m² respectivamente y la tercera es de maduración con un área de 6147 m², sus efluentes son vertidos al río Girón.

Imagen No 5: Planos de la planta de tratamiento de aguas residuales



Fuente: (Autoras)

Imagen No 6: Planta de tratamiento de Aguas Residuales de Zhuringualo



Fuente: (Google earth, 2015).

Imagen No 7: Primera laguna Facultativa Sector Zhuringualo



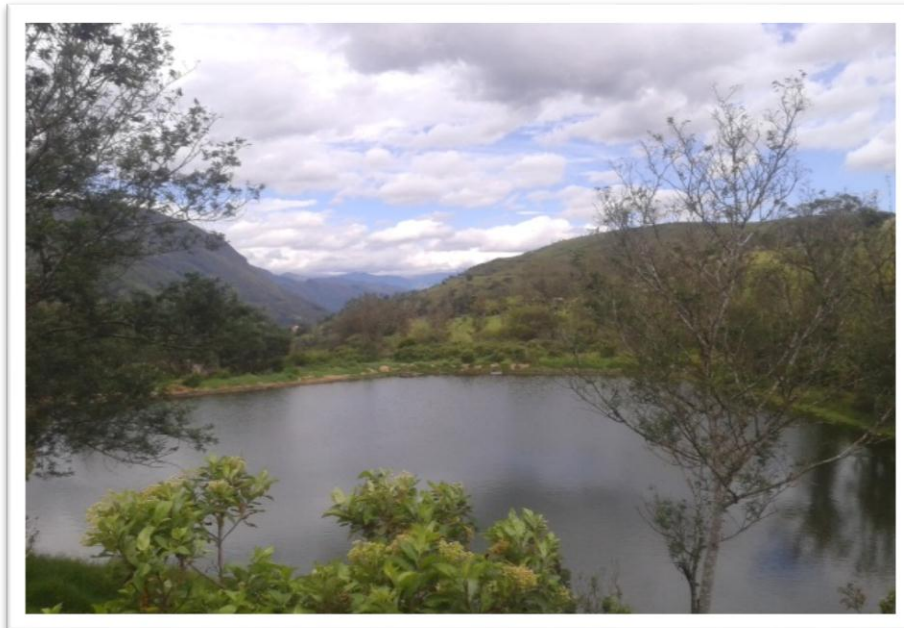
Fuente: (Autoras)

Imagen No 8: Segunda laguna Facultativa Sector Zhuringualo



Fuente: (Autoras)

Imagen No 9: Tercera laguna: Maduración Sector Zhuringualo



Fuente: (Autoras)

2.2. Descripción de aguas residuales

2.2.1. Aguas Residuales

Se trata de aguas que han sido empleadas en usos diversos y que tienen composición variada, incluyen los sólidos que se han introducido al sistema de alcantarillado. Las aguas residuales pueden ser clasificadas como se especifica a continuación. (Romero, 2004).

2.2.2. Clasificación de Aguas residuales

2.2.2.1. Aguas residuales domésticas (ARD): son procedentes de las actividades domésticas de la vida diaria como lavado de ropa, baño, preparación de alimentos, limpieza, etc. Estos desechos presentan un alto contenido de materia orgánica, detergentes y grasas. Su composición varía según los hábitos de la población que los genera.

2.2.2.2. Aguas lluvias (ALL): son las originadas por el escurrimiento superficial de las lluvias que fluyen desde los techos, calles, jardines y demás superficies del terreno. Los primeros flujos de ALL son generalmente muy contaminados debido al arrastre de basura y demás materiales acumulados en la superficie. La naturaleza de esta agua varía según su procedencia: zonas urbanas, rurales, semirurales y aún dentro de estas zonas se presentan enormes variaciones según el tipo de actividad o uso del suelo que se tenga.

2.2.2.3. Aguas Residuales industriales (ARI): son los provenientes de los diferentes procesos industriales. Su composición varía según el tipo de proceso industrial y aún para un mismo proceso industrial, se presentan características diferentes en industrias diferentes. Los RLI pueden ser alcalinos o ácidos, tóxicos, coloreados, etc., su composición refleja el tipo de materias primas utilizado dentro del proceso industrial.

2.2.2.4. Aguas residuales agrícolas (ARA): son las que provienen de la escorrentía superficial de las zonas agrícolas. Se caracterizan por la presencia de pesticidas, sales y un alto contenido de sólidos en suspensión. La descarga de esta agua es recibida directamente por los ríos o por los alcantarillados. (Metcalf &, Eddy 1995)

2.2.3. Aspectos históricos del Tratamiento de las aguas residuales

Desde tiempos inmemoriales la humanidad ha buscado un mecanismo para "deshacerse" de las aguas residuales, que resultan de los uso diversos de las diferentes actividades humanas. El concepto de tratamiento de las aguas residuales se introdujo por la necesidad sanitaria de las poblaciones.

En un principio contaban solo con reservorios de almacenamiento que en realidad no eran verdaderos sistemas de tratamiento, por empirismo se llegó a dar con un sistema que hacía que el agua que salía de él, tuviera mejores características que el agua residual que ingresaba. Posteriormente se realizaron pruebas alrededor del globo que se acomodaran a características locales y que funcionaran en la depuración de las aguas residuales. (Manga, Molinares & Arrieta, 2007).

2.2.4. Efectos contaminantes de las Aguas Residuales

Episodios de contaminación ocurren debido a que las aguas residuales son descargadas a los cuerpos receptores con características o condiciones que causan desequilibrio y vuelven inaceptable el agua según los usos posteriores que se vaya a hacer del recurso hídrico.

A continuación se detalla los efectos más relevantes de los principales agentes causantes de contaminación de los cuerpos hídricos por aguas residuales.

2.2.4.1. Sólidos Suspendidos

Encontramos los sólidos suspendidos totales (SST) y los sólidos suspendidos volátiles (SSV). Su acumulación pueden provocar depósitos de lodos y el desarrollo de condiciones anaerobias (sin presencia de oxígeno) en el medio en el cual se descarga el agua residual. (Romero, 2005).

2.2.4.2. Nutrientes: Nitrógeno y Fósforo

Son nutrientes que producen proliferación de crecimiento de vida acuática indeseable; como eutrofización. Los compuestos nitrogenados más relevantes son el NH_4^+ y el N y los ortofosfatos son los parámetros típicos de medida de la cantidad de fósforo presente. (Romero, 2005).

2.2.4.3. Materia Orgánica Biodegradable

Son constituyentes como: carbohidratos, grasas y proteínas, su efecto nocivo radica en la reducción del Oxígeno Disuelto (OD), así como la presencia de olores molestos. Los parámetros de medición de la cantidad de materia orgánica biodegradable son La DBO y la DQO. (Romero, 2005).

2.2.4.4. Patógenos

Son los principales causantes de enfermedades que son transmitidas por las aguas residuales. (Romero, 2005).

2.2.4.5. Metales Pesados

Producen extinción de la vida acuática, muerte de peses y demás organismos, su origen son las descargas industriales. (Romero, 2005).

2.2.4.6. Materia Orgánica Refractaria

En esta clasificación encontramos: fenoles, detergentes y pesticidas provocan resistencia del agua residual a tratamientos convencionales. (Romero, 2005).

2.2.4.7. Sólidos Disueltos

Material inorgánico, incluye, sodio, calcio y sulfatos resultados de aguas residuales domésticas, son un limitante para usos industriales y agrícolas. (Romero, 2005).

2.2.5. Características del agua residual

Las aguas residuales no son iguales, los componentes de las mismas son diferentes de acuerdo al uso que estas hayan tenido. Existen tres características fundamentales que ayudan en la depuración de aguas residuales, estas son

- Físicas.
- Químicas.
- Biológicas.

Para el análisis de las aguas residuales existen métodos cuantitativos, los que sirven para determinar la composición química de este tipo de agua, entre

estos métodos cuantitativos se puede citar el físico-químico, gravimétrico y volumétrico, así mismo existen métodos cualitativos los mismos que sirven para conocer las características físicas y biológicas

El agua residual en general consta de diversos contaminantes, los cuales tienen sus respectivas características.(Guananga 2014)

2.2.5.1. Características Físicas.

Los parámetros físicos determinan la calidad del agua residual, del proceso que se realiza y de los posibles problemas existentes en el tratamiento en una estación depuradora de aguas residuales.

Los parámetros físicos a medir son: temperatura, olor, conductividad eléctrica y turbidez (Delgadillo, Camacho, Pérez & Andrade, 2010).

2.2.5.1.1. Temperatura

La temperatura de aguas residuales es mayor que la temperatura de agua para abastecimiento como resultado de la incorporación de agua caliente proveniente del uso doméstico e industrial. Este parámetro es significativo en el tratamiento de aguas residuales ya que muchos procesos biológicos dependen de la temperatura.

De esta manera, es determinante para el desarrollo de la actividad bacteriana, cuyo rango óptimo se encuentra entre 25°C a 35°C. Cuando la temperatura se acerca a los 50°C los procesos de digestión aerobia y nitrificación bacteriana se detienen; por otro lado, cuando la temperatura es menor a 5°C la actividad microbiana se inhibe. La temperatura se determina en el lugar de muestreo mediante termómetros. (Delgadillo et al., 2010).

2.2.5.1.2. Color

Los colores grises pertenecen a aguas residuales domésticas frescas, con el transcurso del tiempo la tonalidad del agua va cambiando a colores gris oscuro y finalmente negro. La presencia de sulfuro metálico produce un color negro en las aguas sépticas, mientras que las aguas industriales principalmente de

industria textil y del papel muestran colores variados que indican el origen de la contaminación. (Rojas, 2004).

2.2.5.1.3. Turbiedad

La turbidez del agua se define, como la pérdida de su transparencia, provocada por el material particulado o en suspensión que arrastra la corriente de agua (Cárdenas, 2005). Estos materiales puede consistir en arcillas, limos, algas etc., que se mantienen en suspensión debido a la fuerza de arrastre de corriente o a su naturaleza coloidal (Queralt, 2003) indica que el material coloidal impide la trasmisión de la luz, ya que la absorbe o dispersa. La mayor turbidez está asociada con el tamaño de partículas a menor tamaño de partículas se tendrá mayor turbidez del agua.

2.2.5.1.4. Olor

Característica organoléptica del agua. Un olor sui géneris acompaña a las aguas residuales frescas, cuando el agua residual pasa a condiciones sépticas tiene un olor muy ofensivo, que se debe en mayor proporción a la presencia de H_2S , en menor medida; amoníaco, aminas, diaminas, sulfuros orgánicos, ácidos orgánicos (metanoico, acético, propiónico) por mencionar algunos. Las aguas residuales industriales tienen olores característicos que permiten identificar el sector industrial del cual provienen.

Debido a las afecciones que pueden provocar como náuseas, vómito, molestias en las relaciones humanas, menor consumo de agua entre otros, las autoridades ambientales hacen especial énfasis en su control. (Rojas, 2004).

2.2.5.1.5 Sólidos

2.2.5.1.5.1 Sólidos Totales

Es la materia que se adquiere luego que el agua ha sido sometida a evaporación ($103^{\circ}C$ - $105^{\circ} C$), los sólidos sedimentables son los que se sedimentan después de que la muestra de agua residual ha estado en el cono de Imhoff (recipiente cónico) por el lapso de una hora, esta medida expresada en mililitros sobre litro (ml/l) se aproxima a la cantidad de lodos que se obtendrá en la decantación primaria del agua residual.

Los sólidos se clasifican en filtrables o no filtrables que serían los sólidos en suspensión, para el proceso de separación se emplea por lo general un filtro “Whatman GF/C” con un tamaño nominal de poro de $1,2\mu\text{m}$, sin embargo se puede utilizar también un filtro de membrana de policarbonato. (Metcalf &, Eddy 1995)

La fracción filtrable de los sólidos pertenecen a los sólidos coloidales y disueltos, los coloidales están compuestos por partículas de material de tamaño entre 0.001 y 1 micrómetro. Los sólidos disueltos están compuestos de moléculas orgánicas, inorgánicas e iones en disolución en el agua. No se puede eliminar la fracción coloidal por sedimentación. Así mismo, los sólidos totales pueden dividirse en función de su volatilidad ($550^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$), a estas temperaturas la fracción orgánica se oxidará y se convertirá en gas dando como resultado una fracción inorgánica en forma de ceniza. De allí, que se emplean los términos Sólidos fijos y Sólidos volátiles. El análisis de sólidos volátiles usualmente se emplea para determinar la estabilidad biológica de los lodos de las aguas residuales. (Metcalf &, Eddy 1995)

2.2.5.1.5.2 Sólidos según su Naturaleza Química-Biológica:

2.2.5.1.5.2.1 Sólidos Orgánicos: (50-80 %) Son proteínas, carbohidratos, grasas que pueden degradarse biológicamente. La DBO5/DQO nos da una orientación sobre su degradación. (Metcalf &, Eddy 1995)

2.2.5.1.5.2.2 Sólidos Inorgánicos: (20-50 %) Están constituidos por gravas, arcillas, arenas, metales (Moléculas inorgánicas). No se degradan por la acción de las bacterias y permanecen como cenizas después de una calcinación. (Metcalf &, Eddy 1995)

2.2.5.1.5.3 Sólidos según la Sedimentación:

2.2.5.1.5.3.1 Sólidos en Suspensión (SS): (33%) Son retenidos por filtros y visibles, y se clasifican en sólidos sedimentables o coloidales

- **Sólidos Sedimentables:** Son capaces de decantar o depositar con el agua en reposo, son eliminados mediante procesos físicos o mecánicos

- **Sólidos Coloidales:** cuando el agua se encuentra en reposo no se da la sedimentación. Además es muy difícil eliminarlos por métodos mecánicos o físicos, por lo que se recurre a procesos de coagulación y floculación.
- **Sólidos Disueltos:** las técnicas utilizadas para la eliminación, no son efectivas. La única forma de eliminarlos no en su totalidad, pero si en parte es mediante cambios de temperatura, pH, mediante efectos quemantes, etc. O por sistema de membranas, ósmosis inversa, nano filtración, ultrafiltración. Según su volatilidad:
- **Sólidos Fijos:** Son los que persisten en el agua luego de una calcinación a 550° C, durante una hora.
- **Sólidos Volátiles:** los sólidos volátiles son aquellos que luego de la calcinación anterior no quedan, y la manera de calcularlos es restando a los totales los fijos. Figura No 7.

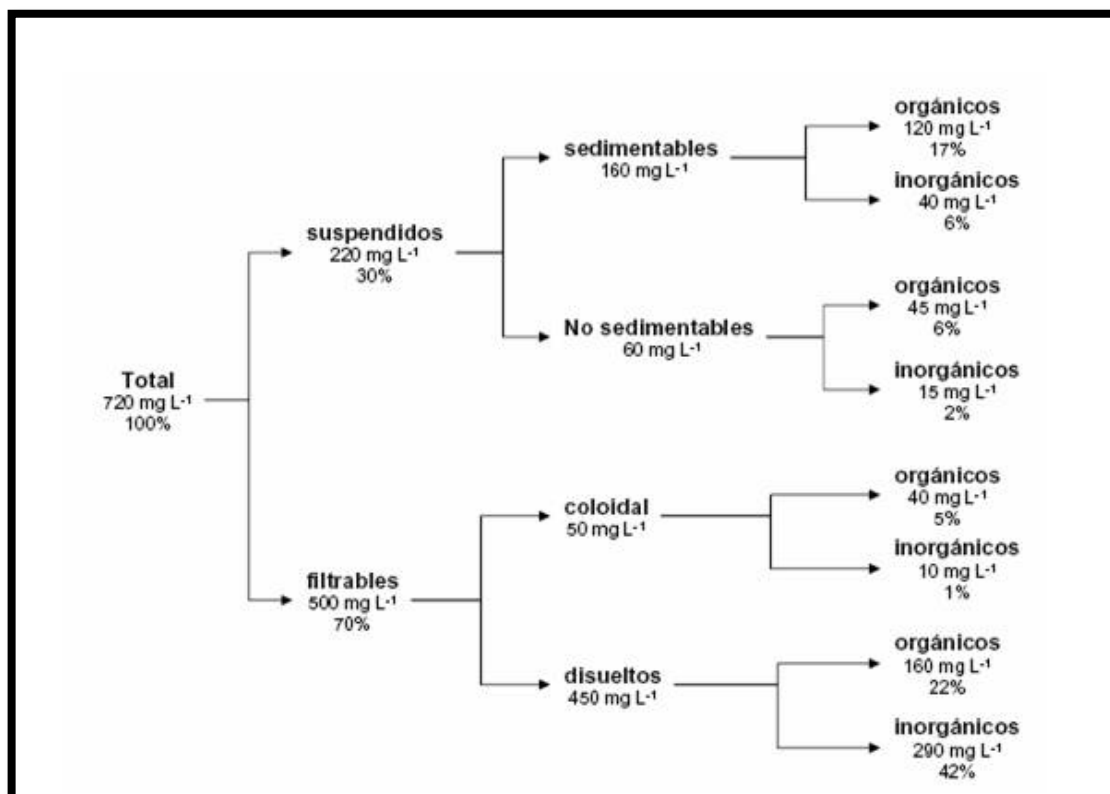


Figura No 7: Clasificación y cantidad de sólidos en agua residual urbana típica

Fuente:(Matcalf &, Eddy 1995)

2.2.5.1.5.3.2 Sólidos Disueltos totales (SDT).- los sólidos disueltos totales están compuestos de un 60% inorgánicos y un 40% orgánicos. La parte que pasa a través del filtro es orgánica, después es evaporada y secada a una temperatura específica. Lo que se mide como SDT, está compuesta de coloides y sólidos disueltos. Los coloides son de tamaño 0.001 a 1 mm 10. (Metcalf &, Eddy 1995)

2.2.5.1.5.3.3 Sólidos Suspendidos.- son aquellos que no se hunden en el agua, estos pueden ser: papeles, madera, restos de comida, basura, sólidos fecales, de los cuales el 30% son inorgánicos y 70% orgánicos. La gran cantidad de sólidos orgánicos provoca el aumento de turbidez en las aguas. Asimismo los sólidos suspendidos se dividen en sedimentables y no sedimentables

Los sólidos en suspensión pueden provocar el desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno acuático. Las concentraciones de sólidos suspendidos pueden llegar a ser de 120 mg/l para concentraciones débiles, de 210 mg/l para concentraciones medias y de 400 mg/l para concentraciones fuertes. (Metcalf &, Eddy 1995)

2.2.5.2. Características Químicas: Hacen referencia a la composición típica del agua residual. El agua residual generalmente contiene compuestos y elementos en diferente concentración. La presencia de una sustancia en determinada proporción es causante de problemas ambientales si se descarga al ambiente (Metcalf & Eddy, 1995)

Estas características al igual que las físicas y las biológicas proporcionan el conocimiento de la calidad del agua residual. Entre los parámetros a considerar encontramos: PH, alcalinidad, acidez, cloruros, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, oxígeno disuelto, nutrientes, materia orgánica, sustancias como grasas aceites y detergentes

2.2.5.2.1.Ácido Sulfhídrico

La descomposición anaerobia de las aguas residuales deja ácido sulfhídrico (H₂S) como producto; el mismo está asociado a la corrosión de la



infraestructura (alcantarillas, tuberías de concreto) que conduce las aguas residuales a la respectiva planta de tratamiento. El olor característico a "huevo podrido" se debe al desprendimiento de H_2S del agua residual a la atmósfera. Si el H_2S se mezcla con CH_4 y CO_2 se vuelve elevadamente tóxico en el caso de ser inhalado, corrosivo e altamente inflamable. El color negro en las aguas residuales se debe a la mezcla de H_2S más hierro que da Sulfuro ferroso (FeS). (Romero, 2005)

2.2.5.2.2. Cloruros

Las aportaciones diarias por persona están en rangos de 6 y 9 gramos. Entre las desventajas de elevadas concentraciones de cloruros encontramos problemas en la calidad del agua para reuso, riego, sabor, interferencias en la determinación de la DQO y en tratamientos biológicos convencionales. (Romero, 2005)

2.2.5.2.3. Acidez

Se puede definir como la capacidad de neutralizar bases a un PH de 8,2. La acidez resulta de la disolución de CO_2 atmosférico, descargas industriales con altos contenidos de acidez mineral y oxidación biológica de la materia orgánica. El efecto corrosivo y su capacidad para alterar la flora y fauna de sitios de descarga de las aguas residuales son aspectos de consideración. (Romero, 2005)

2.2.5.2.4. Alcalinidad

Es la capacidad del agua de neutralizar ácidos. Aguas residuales domésticas son alcalinas generalmente. La alcalinidad se debe a los bicarbonatos de calcio y magnesio principalmente, hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos calcio, magnesio, sodio, potasio o amonio. Se trata de un parámetro de considerable importancia dentro de los tratamientos químicos, biológicos, anaerobios, en la remoción de amoníaco; debido a la capacidad de mitigar cambios bruscos de pH y neutralizar ácidos.

En procesos de nitrificación es requerida alcalinidad suficiente de alcalinidad para que la reacción con la acidez producida se efectúe. La reducción del pH

en las aguas residuales que tienen alcalinidad caustica ocurre por un mecanismo de reacción con el CO_2 ; en la que se produce bicarbonato. (Romero, 2005)

2.2.5.2.5. Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs)

Compuestos con un punto de ebullición ≤ 100 °C y una presión de vapor sobre 1mm Hg. Son contaminantes que requieren ser controlados dentro de las plantas de tratamiento; que son emitidos a la atmósfera poseen una alta toxicidad y reactividad; contribuyendo a la formación de Ozono troposférico y otros contaminantes.

Encontramos compuestos como el benceno, tolueno, xileno, alfa-pineno, dicloroetileno, diclorometano, cloroformo, dicloroetano, alfa-pireno, trimetilbenceno, dietilbenceno, entre otros. (Romero, 2005)

2.2.5.2.6. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Cantidad de Oxígeno requerida por los microorganismos en la oxidación en condiciones aerobias de la materia orgánica que es biodegradable. Es el parámetro que más se emplea en determinación de calidad de las aguas residuales.

Se denomina Demanda Bioquímica última de Oxígeno Carbonácea (DBO_u) es el oxígeno necesario para degradar el material carbonáceo biodegradable.

Este parámetro se emplea en el diseño de tratamientos biológicos y en la evaluación de la eficiencia de los mismos; ya que permite conocer la cantidad de oxígeno que se requiere para estabilizar la materia orgánica presente en el agua o en el caso de fijar las cargas orgánicas que permita la legislación en las aguas que receptoras. (Romero, 2005)

2.2.5.2.7. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Se define como la cantidad de oxígeno capaz de oxidar químicamente la materia orgánica por medio de un agente químico, como lo es el dicromato de potasio. En otros casos es necesario el empleo de un catalizador como el sulfato de plata.



Este parámetro hace sencilla la determinación de concentración orgánica sobre todo en aguas residuales industriales o municipales sumamente tóxicas. Presenta la ventaja de que su determinación se puede llevar a cabo al término de tres horas.

En términos generales la DQO debe ser equivalente a la DBO última, pero en muchos casos no se cumple tal condición, sobre todo si tratamos con aguas industriales. (Romero, 2005)

2.2.5.2.8. Oxígeno Disuelto (OD)

Gas fundamental para la existencia de vida acuática aerobia. Un adecuado nivel de oxígeno disuelto favorece la capacidad natural de las aguas de auto purificarse. La concentración de saturación del OD está en función de variables como la presión, temperatura y la salinidad del cuerpo de agua.

Para adecuadas condiciones aerobias se requieren una concentración de 0,5mg/L. En aguas naturales la concentración óptima es de 4mg/L.

La cuantificación de OD es importante en el diseño, evaluación de los sistemas de operación y tratamiento, empleando para ello el cálculo de la DBO y considerando las condiciones de aerobividad. (Romero, 2005)

2.2.5.2.9. Materia Orgánica

La materia orgánica está compuesta por oxígeno, hidrógeno, carbono, nitrógeno (CHON), proteínas, grasas, aceites y carbohidratos en diferentes proporciones en las aguas residuales.

El contenido de sólidos suspendidos está en relación directa al contenido de materia orgánica, dichos sólidos pueden llegar a contener un 75% de materia orgánica, en tanto que los sólidos disueltos pueden contener un 40%.

Así, concentraciones grandes son medidas mediante DBO, DQO, COT, bajas concentraciones se determinan por cromatografía de gases. (Romero, 2005)

2.2.5.2.10. Nitrógeno

En el agua residual los compuestos de nitrógeno de importancia son el nitrógeno orgánico, nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal y nitrógeno total Kjeldhal (nitrógeno orgánico más nitrógeno amoniacal). Se requiere el conocimiento de los valores de nitrógeno para analizar la factibilidad de los tratamientos biológicos, en los cuales se requiere cantidades suficientes de tal elemento. Por otro lado cantidades elevadas provocan efectos de eutrofización; en cuyo caso, se presenta la condición de remover nitrógeno para efectos de tratamiento.

En aguas residuales domésticas frescas, predomina el nitrógeno orgánico, que pasará a nitrógeno amoniacal, posteriormente a nitritos y nitratos, bajo la acción de las bacterias en condiciones aerobias. Los nitratos indican estabilización del residuo, no obstante los nitratos pueden ser consumidos por organismos acuáticos como las algas.

A PH diferente la forma del nitrógeno cambia a condiciones tóxicas; en rangos menores a 9 se encuentra el ion amonio predominantemente. El NH_3 es la forma no ionizada, mientras que el NH_4 es la forma ionizada, no tóxica. A PH bajo el nitrógeno amoniacal en cantidades altas no es tóxico, ya que no existirá suficiente nitrógeno en forma no ionizada. (Romero, 2005)

2.2.5.2.11. Fósforo

Requiere ser removido de las aguas residuales ya que potencia el crecimiento de algas indeseables en los cuerpos receptores y su control es necesario en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Pueden encontrarse como polifosfatos, ortofosfatos, y fosfatos orgánicos. Los ortofosfatos no limitan la actividad microbiana, contribuyen al metabolismo biológico. Se requiere una relación de DBO/N/P de 100/5/1. en sistemas de tratamiento biológico. (Romero, 2005)

2.2.5.2.12. Grasas y Aceites

Son elementos que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno y se encuentran flotando en el agua residual. Se conocen como sustancias solubles en hexano,

si la prueba de determinación se realiza con hexano, se realiza en la actualidad extracción con freón. Proviene de la carne, aceites vegetales, manteca e hidrocarburos. Estos compuestos son difícilmente biodegradables, interfieren con la actividad biológica y con el tratamiento en general. Aquellos de naturaleza animal y vegetal son biodegradables y su tratamiento biológico es posible. Por otro lado, las grasas emulsificadas provenientes de lavadoras de autos, frigoríficos, mataderos y otras producen complicaciones en las plantas de tratamiento, grasas de origen mineral pueden ser no biodegradables y no se eliminan en tratamientos biológicos sin antes haber sido sometidas a tratamientos previos. (Romero, 2005)

2.2.5.2.13. pH

Se trata de la concentración de iones hidronio presente en el agua, que se expresa por el logaritmo negativo de la concentración molar de ion hidronio. Permiten determinar si un agua es ácida o básica. El pH juega un rol muy importante al momento de controlar tratamientos biológicos, en aguas con pH inferiores a 6 proliferan los hongos. El rango de pH óptimo para el tratamiento del agua y el equilibrio del ecosistema acuático es de 6,5 a 8,5.

Se recomiendan valores de 7.2 a 9 para desnitrificación en procesos biológicos. pH bajos se obtienen en lagunas de estabilización, debido a que las algas usan CO_2 en sus procesos fotosintéticos. A menudo se presentan variaciones diurnas de pH ya que estas algas usan como fuente de carbono al ion bicarbonato. (Romero, 2005)

2.2.5.2.14. Detergentes

Compuestos orgánicos con la capacidad de reducir la tensión superficial. Se conocen también como tensoactivo o agentes superficiales activos y son solubles en agua y aceite. Su origen son la mezcla del agente tensoactivo y sales como carbonatos, sulfatos, silicatos y fosfatos. Al ser parte de las actividades cotidianas de aseo de las personas, su presencia en las aguas residuales es muy común. Los detergentes favorecen la formación de espuma, debido a la acumulación de proteínas, sólidos y sales minerales disueltas. El control de estos compuestos es importante ya que tienen la capacidad de

inhibir la actividad de los microorganismos y la solubilidad del oxígeno se ve disminuida.

La determinación de los detergentes se realiza por el ensayo SAAM (sustancias activas al azul de metileno), en el que se produce una reacción de cambio de color en presencia del azul de metileno. (Romero, 2005)

2.2.5.3. Características Biológicas

Los parámetros biológicos de las aguas residuales, son muy importantes para prevenir enfermedades provocadas por organismos patógenos de origen humano. Las bacterias tienen una gran importancia, ya que son indispensable en la descomposición de la materia orgánica, de las aguas residuales como el las plantas de tratamiento de agua potable. Existe una gran cantidad de organismos patógenos y microorganismos en el agua residual que degradan la materia orgánica en compuestos más simples(David & Adrián 2015)

2.2.5.3.1 Microorganismos

Los microorganismos se encuentran presentes en las aguas tanto residuales como en las superficiales. Estos microorganismos se clasifican en organismos eucariotas, arqueobacterias y eubacterias, en su mayoría el organismo pertenecen a las eubacterias. La clase protista, dentro de los organismos eucariotas incluye algas, protozoos y hongos, los animales vertebrados e invertebrados se los conoce como eucariotas multicelulares. Los virus presentes en el agua residual se clasifican en función del sujeto infectado. (Once & Ruiz, 2014)

2.2.5.3.2 Bacterias

Las bacterias se originan en las heces fecales de personas y animales, esto quiere decir que las personas eliminan diariamente cerca de 100.000 a 400.000 millones de coliformes y otra clase de bacterias, estos pueden originarse también de procesos biológicos de biodegradación en la naturaleza. En los procesos de descomposición y estabilización de la materia orgánica es de gran importancia la función de las bacterias, por lo cual es de suma importancia conocer muy bien su metabolismo, desarrollo y características más

importantes. Entre las frecuentes en aguas residuales tenemos: Escherichia, Salmonella, Streptococos fecales, Nitrobacter. (Alvarado & Cardenas 2015)

2.2.5.3.3 Organismos Patógenos

Los organismos patógenos se encuentran presente en las aguas residuales y pueden provenir de desechos humanos con enfermedades coma la cólera, diarrea y tifoidea. Estas se encuentran en cantidades pequeñas y son difíciles de identificar, por lo cual se utiliza el organismo coliforme como indicador, debido a que su presencia es mayor y de fácil comprobación. Los humanos evacuan entre 100 y 400 mil millones de coliformes diariamente, dando como resultado la presencia de patógenos. Para establecer la calidad de agua se utilizan dos tipos de indicadores. (Once & Ruiz, 2014)

2.2.5.3.4 Coliformes Totales

Los coliformes totales se presentan en el medio natural, para lograr que el indicador sea exclusivamente entérico, se estableció un indicador biológico denominado coliformes fecales (CF). Para detectarlos en laboratorios se efectúan siembras en medios nutritivos específicos y al cabo de un tiempo determinado, luego se cuenta el número determinado de colonias formadas (técnica del filtro de membrana) o se observa el efecto de gas, resultado del proceso de fermentación de lactosa. Si no hay coliformes, se tiene la seguridad de que no existen gérmenes o contaminación de origen fecal. (Once & Ruiz, 2014)

2.2.5.3.5 Coliformes Termotolerantes

Los coliformes termo-tolerantes son bacterias que pertenecen al grupo coliforme, fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a 44.5 (+/-) 0.2 °C, dentro de las 24 (+/-) 2 horas. La mayor especie en el grupo de coliformes termo-tolerantes es la Escherichia Coli. El método para la determinación se lo realiza a partir de colonias positivas de coliformes totales en placas con medio m – endo, las cuales son transportadas en tubos conteniendo medio EC, durante 24 horas.

EscherichiaColi: Es posiblemente el organismo procariota más conocido por el ser humano. Se trata de un enterobacteria que se halla generalmente en los intestinos animales, y por ende en las aguas negras, dado que es un organismo muy difundido. Su contenido en las aguas residuales puede originar gastroenteritis o diarrea en las personas. (Once & Ruiz, 2014)

2.2.5.3.6 Los Virus de Aguas Residuales

Los virus no se hallan regularmente en las heces de las personas. Están presentes únicamente en el tracto gastrointestinal de personas que han sido afectados. Acerca de los virus se conoce que, aun en bajas concentraciones, tienen la capacidad de causar infección o enfermedad (red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua, 2000).

Las cantidades de virus halladas en ambiente acuático son muy variables como para ser considerados buenos indicadores de contaminación acuática. Hasta la actualidad se sabe que existen más de mil tipos de virus diferentes excretados por las heces, los cuales se clasifican en tres grupos enterovirus, virus de hepatitis y virus de gastroenteritis (Delgadillo , 2010).

2.2.5.4. Características Relevantes del Agua residual

Las aguas residuales son descargadas al alcantarillado con características variadas, estas variaciones vienen dadas por las costumbres de la población, los procesos de operación de las industrias aportantes y las condiciones climáticas. Todas estas condiciones influyen en las variaciones de caudales de las aguas residuales y la concentración de contaminantes que llegan a las plantas de tratamiento.

Los caudales mínimos se presentan entre las 2 am y las 5:30 am, mientras que el máximo caudal ocurre entre las 7am y las 10 am, o entre las 15 pm y 16 pm.

Las aguas negras contribuyen con materia orgánica, sólidos suspendidos, coliformes fecales y nitrógeno contenidos en las heces y la orina.

El agua lluvia influye en las variaciones de caudal y de las características de las aguas residuales.

Factores importantes que se requiere determinar para el diseño y operación de una planta de tratamiento de aguas residuales son las variaciones de caudal, DBO y otros contaminantes. (Rojas, 2004).

2.3. Sistemas de tratamiento de Aguas Residuales

2.3.1. Procesos de tratamiento

El proceso de tratamiento del agua residual se puede dividir en cuatro etapas: pre tratamiento, primaria, secundaria y terciaria. Algunos autores llaman a las etapas preliminar y primaria unidas como etapa primaria.

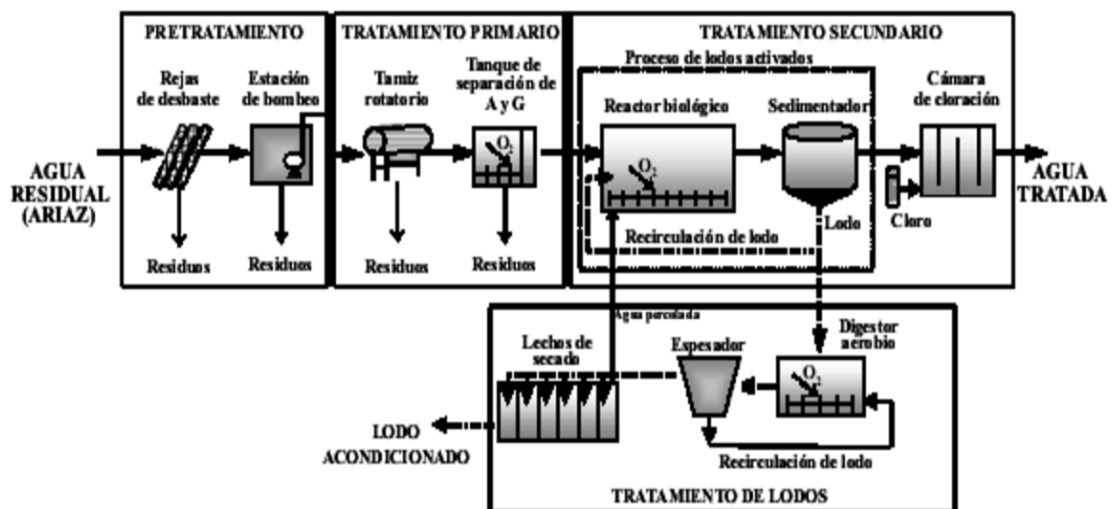


Figura No 8: Procesos de tratamientos

Fuente: (Caldera & Gutiérrez, 2010)

2.3.1.1. Tratamiento preliminar

La etapa preliminar debe cumplir dos funciones:

- Medir y regular el caudal de agua que ingresa a la planta.
- Extraer los sólidos flotantes grandes y la arena (a veces, también la grasa).

Normalmente las plantas están diseñadas para tratar un volumen de agua constante, lo cual debe adaptarse a que el agua servida producida por una comunidad no es constante. Hay horas, generalmente durante el día, en las que el volumen de agua producida es mayor, por lo que deben instalarse

sistemas de regulación de forma que el caudal que ingrese al sistema de tratamiento sea uniforme.

Asimismo, para que el proceso pueda efectuarse normalmente, es necesario filtrar el agua para retirar de ella sólidos y grasas. Las rejillas, tamices, trituradores y desarenadores son las encargadas de esta función

En esta fase también se puede realizar el pre aireación, cuyas funciones son:

- Eliminar los compuestos volátiles presentes en el agua servida, que se caracterizan por ser malolientes.
- Aumentar el contenido de oxígeno del agua, lo que ayuda a la disminución de la producción de malos olores en las etapas siguientes del proceso de tratamiento. (Rojas 2002)

2.3.1.2. Tratamiento primario

Lo que el tratamiento primario busca es eliminar los sólidos en suspensión, mediante un proceso de sedimentación simple por gravedad o asistida por coagulantes y floculantes.

Tiene como objetivo eliminar los sólidos en suspensión por medio de un proceso de sedimentación simple por gravedad o asistida por coagulantes y floculantes. Así, para completar este proceso se pueden agregar compuestos químicos (aluminio y polielectrolitos floculantes) con el objeto de precipitar el fósforo, los sólidos en suspensión muy finos o aquellos en estado de coloide.

Los encargados de esta función son los estanques de sedimentación primarios o clarificadores primarios. Normalmente están diseñados para eliminar aquellas partículas que tienen tasas de sedimentación de 0,3 a 0,7 mm/s. Igualmente los estanques de sedimentación primarios o clarificadores primarios son las estructuras encargadas de esta función. Comúnmente están contruidos para eliminar partículas que tienen tasa una de sedimentación de 0,3 a 0,7 mm/s. Al igual que, el periodo de retención usualmente corto, 1h a 2 h. con estos parámetros, la profundidad del estanque fluctúa entre 2m a 5 m.

En esta fase se suprimen por precipitación aproximadamente de un 60% al 70% de los sólidos en suspensión. En la mayor parte de las plantas de

tratamiento existen varios sedimentadores primarios y su diseño puede ser cuadrado, o circular (Marsilli , 2005)

2.3.1.3. Tratamiento secundario

Mediante un proceso de oxidación de naturaleza biológica, el tratamiento secundario tiene como objetivo eliminar la materia orgánica en disolución y en estado coloidal. En este proceso participan microorganismos que se encuentran en el agua residual.

La degradación en anhídrido carbónico y agua, son generados por la alimentación de las bacterias de sólidos en suspensión y estado coloidal, esto produce una biomasa bacteriana que precipita en el decantador secundario, de esta manera el agua queda limpia generando fagos que hay que eliminar buscando medias adecuadas.

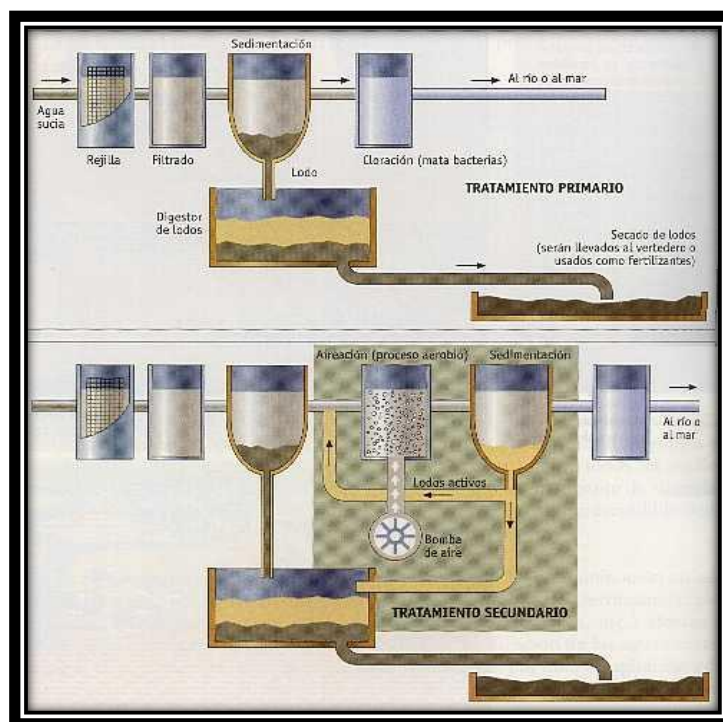


Figura No 9: Tratamiento del Agua Residual

Fuente: (Marsilli, 2005)

Para que los flóculos bacterianos generados en el reactor sedimenten, es necesario que en el decantador secundario, exista un flujo tranquilo de agua. El sedimento generado por las bacterias se le conoce como fango activo.



“Los microorganismos del reactor aireado pueden estar en suspensión en el agua (procesos de crecimiento suspendido o fangos activados), adheridos a un medio de suspensión (procesos de crecimiento adherido) o distribuidos en un sistema mixto (procesos de crecimiento mixto).” (Marsilli , 2005)

En el tratamiento secundario es necesario filtros percoladores, filtros de arena intermitentes, sistemas de digestión de fangos, lechos fluidizados, estaques de fangos activos, contactores biológicos rotatorios y lagunas de estabilización u oxidación. (Marsilli , 2005)

2.3.1.4. Tratamiento Terciario

En esta etapa se busca eliminar contaminantes presentes en el agua, para lograr efluentes más puros, las sustancias o compuestos comúnmente removidos son : nitratos, Huevos y quistes de parásitos, Sustancias tenso activas, Algas, Bacterias y virus (desinfección), Radionúclidos, Sólidos totales y disueltos, Temperatura y fosfatos provenientes de detergentes industriales y domésticos, el cual favorece al proceso de eutrofización, o sea provoca el desarrollo descontrolado y acelerado de la vegetación acuática, consumiendo el oxígeno y acabando con la fauna existente en la zona. Los procesos de tratamiento de esta categoría están conformados por procesos físicos, químicos y biológicos. (Rojas, 2002)

2.3.1.5. Desinfección

Se utiliza para atenuar sobre todo el contenido de quistes amebianos, bacterias y virus en las aguas residuales tratadas, antes de su disposición final. Para la desinfección, se utiliza agentes químicos, físicos, radiación y mecánicos. La desinfección busca eliminar organismos causantes de enfermedades. El más utilizado es la desinfección química con cloro. (Rojas, 2002)

2.3.1.6. Manejo de lodos

Se producen diferentes subproductos en el tratamiento de las aguas residuales, como los residuos en rejas, sedimentadores y desarenadores. La parte más

significativa de los subproductos son los residuos que se detienen en los sedimentadores tanto primarios como secundarios.

Los lodos deben ser preparados antes de su disposición final debido a su alto contenido de materia orgánica putrescible y estos no pueden estar dispuestos libremente. El lodo originado de las plantas de tratamiento no es igual en todas las plantas. Los lodos que son resultado de la sedimentación primaria representan 0.93% y 0.22% del volumen de agua residual y el contenido de sólidos volátiles es 63% al 83%. Por otra parte los lodos provenientes de la sedimentación secundaria, se modifican en función de los procesos. En el caso de los lodos provenientes de los filtros percoladores muestran un rendimiento de 0.08% a 0.10% del caudal tratado y el contenido de sólidos volátiles es del 60% en promedio. Los lodos activados normalmente muestran un rendimiento de 1.2 al 1.5 del volumen del agua tratada con un contenido de humedad del 97% al 99%.

En el manejo de los lodos existen diferentes procesos que son: concentración (deshidratación o secado, espesamiento, acondicionamiento, espesamiento, incineración, digestión y oxidación). De los cuales, la incineración, digestión u oxidación por vía humana son los más utilizados para la reducción de materia orgánica, y la concentración, acondicionamiento y deshidratación para la eliminación de la humedad. "El tratamiento de la materia orgánica persigue: (a) Reducción apreciable del contenido de la materia orgánica volátil. (b) Aumento del contenido de sólidos fijos. (c) Reducción del contenido de humedad. (d) Mayor posibilidad de drenaje del agua contenida en los lodos. (e) Producción de gases, principalmente metanos." (Rojas, 2002)

2.3.2. Sistemas de Lagunaje

Un sistema de lagunaje es una serie de procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales cuyas principales características son los bajos costos de operación y mantenimiento, la simplicidad del diseño y una alta eficiencia en la remoción de los contaminantes. (Manga, et al., 2007).

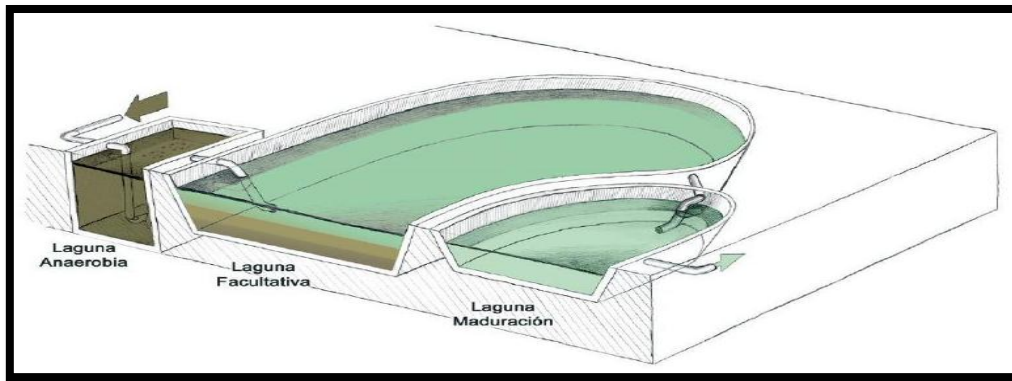


Figura No 10: Sistema simplificado de lagunaje

Fuente: (Instituto Tecnológico de Canaria s.f.)

El objetivo principal del que persigue el lagunaje es mejorar la calidad del agua residual proveniente de centros urbanos y de la industria, por medio de sistemas biológicos y procedimientos naturales. (Manga, et al., 2007).

2.3.2.1. Laguna de Estabilización

Son estanques construidos con fines de depuración biológica de las aguas residuales, de poca profundidad, este propósito se cumple por retención en un periodo de varios días, lo que facilita la creación de condiciones adecuadas. Los procesos biológicos que tienen lugar son la fotosíntesis y la oxidación de la materia orgánica por las bacterias. (Matsushita, 1972)

La oxidación de la materia orgánica se lleva a cabo por organismos heterótrofos y constituye el metabolismo de las bacterias presentes en el medio. Los organismos autótrofos que incluyen algas, son los responsables de mantener funcionando el sistema, ya que asimilan los nutrientes y proveen el oxígeno necesario. (Manga, et al., 2007).

2.3.2.2. Clasificación de los Sistemas de Lagunaje

Los criterios empleados en la clasificación en términos generales son el nivel de tratamiento resultante de cada laguna y el metabolismo predominante; pudiendo ser este autótrofo o heterótrofo. (Manga, et al., 2007).

2.3.2.2.1. Clasificación de las lagunas de acuerdo a los procesos biológicos que en ellas suceden

La concentración de oxígeno disuelto (OD) determina un tipo de clasificación; pudiendo ser estas aerobias, anaerobias, mecánicamente aireadas y facultativas. (Manga, et al., 2007).

2.3.2.2.1.1. Lagunas Aerobias: Cuenta con cantidades de oxígeno disuelto en abundancia, los mecanismos por los cuales el oxígeno se encuentra disponible dentro de la laguna son por difusión del oxígeno de la atmósfera a la superficie, y por fotosíntesis de las algas. Tienen poca profundidad para que la luz solar llegue hasta el fondo de la misma para que el proceso de fotosíntesis se cumpla de manera satisfactoria.

Las bacterias emplean el OD como receptor de electrones para la degradación y transformación de la materia orgánica y producción de nutrientes N Y P que posteriormente emplearán las algas en producción de biomasa. (Manga, et al., 2007).

2.3.2.2.1.2. Lagunas Anaerobias En estas estructuras no existe oxígeno disuelto disponible, ya que la demanda de oxígeno es mucho mayor que la producción del mismo por los organismos autótrofos. Existe también una elevada turbidez que no permite el paso de la luz solar en la masa de agua por lo que la cantidad de algas es mínima. Se trata de un sistema biológico de tratamiento primario de aguas residuales de elevadas cargas orgánicas.

La profundidad de éstas; está en el orden de 3 y 5m, mientras que los tiempos de retención están entre los 3 y los 6 días. Su área superficial puede ser pequeña debido a las grandes profundidades, lo cual contribuye a mantener condiciones anaerobias en el sistema. Se obtiene un mejor desempeño en climas templados y cálidos, ya que estas temperaturas son favorables en el crecimiento de los microorganismos anaerobios.

En cuanto a los porcentajes de remoción; estas lagunas permiten llegar a un 50 y 70% de remoción de BBO_5 . (Manga, et al., 2007).

2.3.2.2.1.3. Lagunas Anóxicas: La característica que da el nombre a estas lagunas es la ausencia de oxígeno bajo los primeros 10cm medidos desde la superficie. La velocidad de consumo de oxígeno de los microorganismos es proporcional a la producción que ocurre en la fotosíntesis.

Otra característica que se debe mencionar es el incremento que se produce de sólidos en suspensión, esto se debe a la presencia de bacterias fotosintéticas. Alguna literatura ubica a estas lagunas como un estado intermedio entre las anaerobias y las facultativas. (Manga, et al., 2007).

2.3.2.2.1.4. Lagunas Facultativas: En este tipo de lagunas ocurren los dos tipos de metabolismo aerobio y anaerobio. En ellas existen 3 zonas o capas, una superficial que es la aerobia; en la que hay presencia de OD, una segunda capa facultativa y una última zona anaerobia que contiene sólidos sedimentados.

Esta clase de lagunas son ampliamente empleadas en el tratamiento de regiones poco o medianamente pobladas, ya que suponen bajos costos de operación y construcción y los porcentajes de remoción de contaminantes están entre 75% y 85%.

En la parte superficial de las lagunas una población de microorganismos autótrofos provee el oxígeno que se requiere en la oxidación. En la parte más profunda la sedimentación de sólidos contribuye a la formación de una película de lodos por lo cual la demanda de oxígeno sobrepasa la producción y las condiciones anaerobias se presentan. En la zona intermedia se da la condición conocida como oxipausa en la que la producción es igual al consumo de oxígeno, bajo la cual podrían ocurrir un comportamiento anaerobio y aerobio según la hora del día y la disponibilidad de oxígeno. (Manga, et al., 2007).

2.3.2.2.2. Clasificación de las lagunas según el tipo de tratamiento obtenido

Generalmente se colocan varias de estas lagunas en serie o en paralelo, según el tipo de tratamiento que se desea dar al afluente y a las características finales del efluente que se deseen conseguir. (Manga, et al., 2007).

2.3.2.2.2.1. Lagunas Primarias Son las lagunas que reciben el afluente desde la red de alcantarillado o de un tratamiento simple. Estas estructuras funcionan como un decantador primario, es decir la materia orgánica suspendida se retiene para su posterior degradación todo ello ocurre en un ambiente anaerobio. Mayoritariamente se emplean lagunas anaerobias. Su diseño es esencial ya que condicionarían el buen funcionamiento del sistema completo. (Manga, et al., 2007).

2.3.2.2.2.2. Lagunas Secundarias: Luego de que el afluente ha recibido tratamiento primario, ha pasado por procesos como desarenado, sedimentación primaria; se hace pasar el agua por esta estructura. La función de este tipo de lagunas es entonces completar el tratamiento primario. Entre estas lagunas encontramos las aireadas y facultativas. Así se obtiene un efluente con características físico químicas aceptables. (Manga, et al., 2007).

2.3.2.2.2.3. Lagunas de Maduración Conocidas también como terciarias el afluente de este tipo de lagunas tiene una DBO estabilizada. Su finalidad es mejorar las características biológicas, eutróficas y fisicoquímicas para entregar un efluente depurado. Son sistemas aerobios, dadas las condiciones adecuadas para este tipo de tratamiento (PH, OD y luz solar disponible), se pueden remover el nitrógeno, fósforo y patógenos; en estos sistemas la demanda de oxígeno ha sido estabilizada. (Manga, et al., 2007).

2.4. Condicionamientos que se deben cumplir en el proceso de depuración de aguas residuales.

Para el fin de depuración de aguas residuales se debe conocer con qué caudal y carga se va a trabajar en la planta de tratamiento de agua residual, estos parametros son fundamentales para el diseño.

La literatura establece caudales y cargas contaminantes en función del número de habitantes de la localidad aportante de las aguas residuales. (Manga, et al., 2007).

Tabla 4: Caudales y carga contaminante según la actividad en centros poblados de 5000-15000 habitantes

Número de habitantes del Poblado	Actividad	Características	Dotación de Agua por actividad	Picos de vertimiento Total
5000-15000 habitantes	Agrícola-Ganadera	Vertido ganado criado en granjas	120-130l/h.d.	
	Agrícola-Turismo	Picos vertido estacional	200-400l/p.d	
	Agrícola	Picos vertido semanal	150-300l/p.d	
	Agrícola-Comercial		30-70l/h.d	
	Deportes en invierno	Picos vertido estacional	80-200l/p.d	

Fuente: (Hernández, Hernández, Galán, 1996)

2.5. Tipos de microorganismos en los tratamientos biológicos

2.5.1. Organismos Autotróficos y Heterotróficos:

Estos dos tipos de organismos se clasifican metabólicamente en bacterias autotróficas o heterotróficas.

Los organismos autotróficos emplean como fuente de carbono al CO_2 o bióxido de carbono, es necesaria la energía para ejecutar la fijación del CO_2 en la estructura celular. Se denomina al organismo fotosintético; si la energía necesitada es provista por el sol, o la luz sintética. Los organismos autótrofos quimiosintéticos son producto de la fijación del bióxido de carbono producida por la energía desprendida en una reacción química. Los organismos autotróficos más usuales son los que consiguen energía mediante procesos quimiosintéticos, no todos pueden lograr la fotosíntesis.

Los autotróficos son los creadores de la cadena alimenticia, ya que proveen las proteínas, carbohidratos y nutrientes, que son necesarios para la supervivencia de heterotróficos.

En los microorganismos heterótrofos su fuente principal son las moléculas, los azúcares, proteínas y carbohidratos, estos organismos requieren de los autótrofos para alimentarse ya que no puede obtener su fuente de carbono del bióxido de carbono.

Los organismos catalogados como consumidores en la cadena alimenticia son heterótrofos, estos pueden ser algún tipo de bacterias y hongos. (Ingeniería de Tratamiento de Aguas Residuales, 2015)

2.5.2. Digestión Aerobia y Anaerobia:

2.5.2.1. Digestión aerobia: esto se da cuando los microorganismos aerobios (son lo que necesitan oxígeno), para la obtención de energía descomponen la materia orgánica. Los trayectos o recorridos de este tipo de metabolismo, involucra la oxidación de proteínas, carbohidratos en orden complejo y grasas, que originan como sustancia terminales: sulfatos, bióxido de carbono, agua y amoníaco.

Si se mantienen las condiciones oxidantes, el amoníaco derivado de los compuestos nitrogenados y que no se dispersa a la atmósfera en forma de gas, se oxida a nitritos y luego a nitratos.

Esta manera de estabilización de la materia orgánica, no involucra la formación de compuestos ofensivos y desapacibles al medio ambiente, el tiempo que dura es mínimo y la degradación a óxidos y gases inocuos sucede en periodos cortos de tiempo. (Ingeniería de Tratamiento de Aguas Residuales, 2015)

2.5.2.2. Digestión anaerobia: La oxidación anaerobia requiere de microorganismos anaerobios que son los que subsisten en ausencia de oxígeno, y su metabolismo es muy diferente al de los microorganismos aerobios. La descomposición de la materia orgánica en forma anaerobia se compone de tres pasos esenciales y que son los siguientes. (Ingeniería de Tratamiento de Aguas Residuales, 2015)

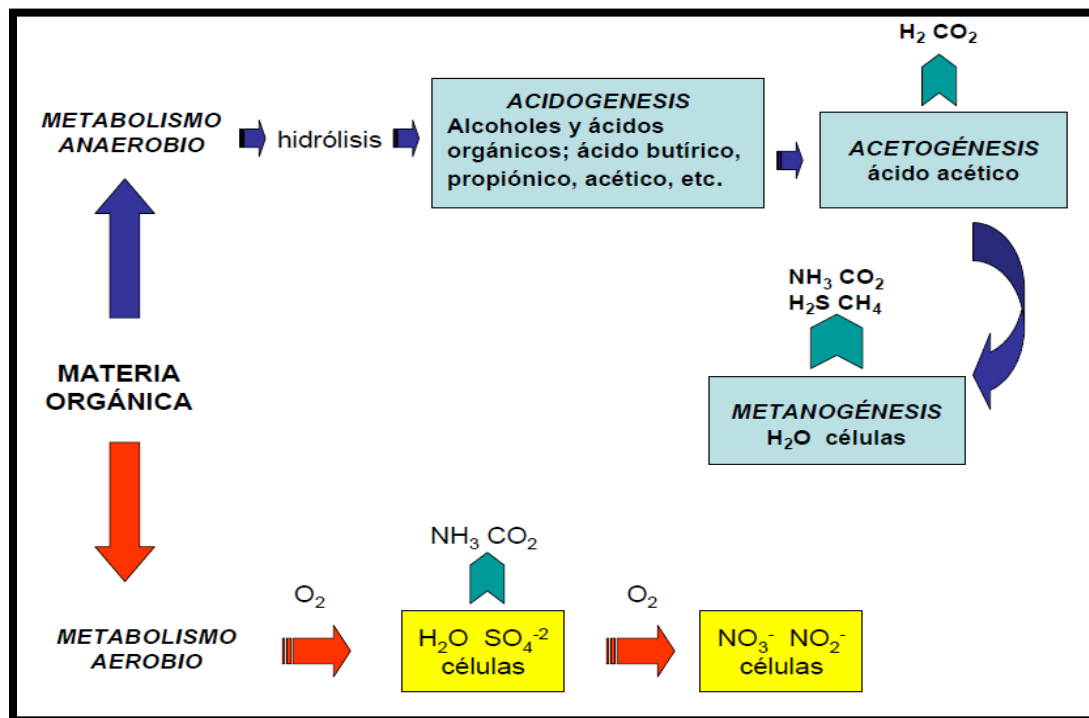


Figura No 11: Ruta aerobia y anaerobia en la degradación y conversión microbiana de material orgánico.

Fuente: (Ingeniería de Tratamiento de Aguas Residuales, 2015)

2.5.2.2.1. Hidrólisis: Se conoce como bacterias hidrolíticas a las que primero procesan y preparan la materia orgánica, para su posterior descomposición. Estas bacterias, segregan algunas enzimas que hidrolizan los polímeros orgánicos como celulosa, carbohidratos, lípidos, grasas y las proteínas. De esta manera las proteínas son transformadas a aminoácidos, carbohidratos a

azúcares y los lípidos son hidrolizados y transformados a ácidos grasos de cadena más corta. (Ingeniería de Tratamiento de Aguas Residuales, 2015)

2.5.2.2.2. Ácidogénesis o fermentación: Una vez completada la hidrólisis, si el medio es el conveniente se da la acidogénesis, que consiste en una degradación por microorganismos de este espécimen, de los azúcares de cadena corta, los aminoácidos y los ácidos grasos creados. En esta etapa del metabolismo anaerobio, los ácidos grasos se transforman a ácidos grasos volátiles de cadena corta como el ácido acético, butírico y propiónico principalmente.

En esta etapa la mayoría de la materia orgánica forma gases que son en promedio 80% CO₂, 20% H₂, y además algo de amoníaco NH₃. (Ingeniería de Tratamiento de Aguas Residuales, 2015)

2.5.2.2.3. Acetogénesis: el orden en este proceso anaerobio involucra la transformación a hidrógeno, bióxido de carbono y ácido acético. De los ácidos y alcoholes carboxílicos creados en la etapa anterior de la acidogénesis. (Ingeniería de Tratamiento de Aguas Residuales, 2015)

2.5.2.2.4. Metanogénesis: "El último proceso del metabolismo anaerobio microbiano, los microorganismos metanogénicos catabolizan el ácido acético que se produjeron de los ácidos grasos, azúcares y aminoácidos y lo transforman a metano CH₄" (Ingeniería de Tratamiento de Aguas Residuales, 2015). Lo que se obtuvo de la digestión anaerobia es la transformación de la materia carbonácea a bióxido de carbono y metano prioritariamente. Al igual que la digestión aerobia como la anaerobia originan nuevas células, pero es más eficiente en la transformación del sustrato a gases en el metabolismo anaerobio. En cambio en el metabolismo aerobio su eficiencia es menor para el aprovechamiento de la energía disponible en el sustrato y genera una cantidad mayor de células o biomasa a partir de la DBO que se encuentra en el agua residual. (Ingeniería de Tratamiento de Aguas Residuales, 2015).

2.6. Muestreo

El muestreo es la obtención de una porción representativa de una masa de agua residual con la intención de examinar sus características, y el nivel de

contaminación. Es muy importante el cuidado en la toma de la muestra para que esta no se altere y sea analizada correctamente.

La porción de masa de agua obtenida, es trasladada hasta el lugar de almacenamiento (refrigerador, nevera, etc.), para posteriormente ser enviada al laboratorio para su análisis, Para conseguir el objetivo se necesita que la muestra conserve las concentraciones respectivas de todos los componentes presentes en el material original y que no hayan ocurrido cambios significativos en su composición antes del análisis. (IDEAM, 2013)

2.6.1 Tipos de muestreo

2.6.1.1. Muestra simple o puntual: Este método es usado habitualmente cuando, el caudal de agua residual y su composición es relativamente constante, el flujo de agua es discontinuo y cuando las muestras compuestas consiguen ocultar condiciones extremas de las aguas residuales (pH, temperatura). El volumen mínimo de una muestra simple debe estar entre 1 y 2 litros. Es muy importante que los intervalos de muestreo estén acorde a la frecuencia esperada de los cambios, que puede variar desde tiempos tan cortos como 5 minutos hasta 1 hora o más. Las variaciones estacionales en sistemas naturales pueden necesitar muestreos de varios meses. Cuando la composición de las fuentes varía en el espacio más que en el tiempo, se requiere tomar las muestras en los sitios apropiados. (Ramalho, 2015)

2.6.1.2. Muestras compuestas: este método se refiere a una combinación de muestras sencillas o puntuales tomadas en el mismo sitio durante diferentes tiempos. La mayor parte de las muestras compuestas en el tiempo se emplean para observar concentraciones promedio, usadas para calcular las respectivas cargas o la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales. El uso de muestras compuestas representa un ahorro sustancial en costo y esfuerzo del laboratorio comparativamente con el análisis por separado de un gran número de muestras y su consecuente cálculo de promedios.

Para estos propósitos, se considera estándares para la mayoría de determinaciones una muestra compuesta que representa un período de 24 h.

Sin embargo, bajo otras circunstancias puede ser preferible una muestra compuesta que represente un cambio, o un menor lapso de tiempo, o un ciclo completo de una operación periódica. (Ramalho, 2015)

2.6.2. Procedimientos de muestreo

2.6.2.1. Muestreo manual

Estas muestras se deben efectuar por una persona preparada para la recolección de las muestras en el lugar y tiempo determinado. El procedimiento habitual que se realiza para el muestreo es el siguiente:

- En primer lugar se debe localizar el sitio de acuerdo a su ubicación previa en el plano para su posterior recolección de la muestra
- Los recipientes de muestreo deben ser anticipadamente identificados por medio de una etiqueta adherente e impermeable con marcador permanente en donde se debe anotar la fecha, hora en que se toma la muestra, nombre de la muestra, preservación y los parámetros a analizar.
- El laboratorio es el encargado de los datos del número de control y casillero para la identificación única a la muestra y situarla en el momento que se necesite.
- Se realiza el mismo procedimiento de muestreo hasta que el recipiente esté lleno para los análisis de laboratorio correspondiente, con la excepción de que para determinar los parámetros microbiológicos y grasas y aceites el recipiente no se debe enjuagar con agua de la muestra.
- Preservación de las muestras. (IDEAM, 2013)

2.6.2.2. Muestreo automático

Este muestreo se realiza con equipos que ayudan a obtener las muestras compuestas proporcionales al flujo y a intervalos ya programados. Existen diferentes tipos de equipos en el mercado, pueden contener recipientes con diferente capacidad, determinación de parámetros de campo incluyendo la

preservación a temperatura de refrigeración. Estos equipos tienen sus ventajas ya que permite que los errores humanos sean menores, pero su desventaja es su alto costo. Estos se pueden utilizar en descargas libres, canales y colectores. (Ramalho, 2015)

2.6.3. Conservación de la muestra, transporte y almacenamiento

Para la conservación de las muestras de aguas residuales, es necesario enfriarlas a una temperatura de 0 °C y 4 °C, y deben ser almacenadas en la oscuridad, son normalmente inalterables hasta por 24h. En caso de que se necesite determinar, la estabilidad a largo plazo se puede adquirir por congelamiento a una temperatura inferior a -18 °C. Si las muestras recogidas son compuestas durante periodos largos, deben ser conservadas en el momento del muestreo. El laboratorio a cargo del análisis de las muestras, le corresponde consultar con relación a la selección del método de conservación y transporte y almacenamiento. (IDEAM, 2013)

2.6.4. Identificación y registro de muestras

El informe del muestreo debe constar con los siguientes datos:

1. Punto de muestreo
2. Fecha de inicio y detención del muestreo;
3. Hora de inicio y detención del muestreo
4. Duración del período de muestreo
5. Intención del muestreo

Detalles del método de muestreo. (Ramalho, 2015)

2.7. Operación y mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales

El deterioro de la infraestructura de tratamiento de aguas residuales es inevitable y es debida a factores de índole diversa como el tiempo de funcionamiento, los mismos procesos de la planta, mal funcionamiento de la infraestructura, condiciones climáticas hostiles, variaciones en el caudal; así encontramos que se produce corrosión, incrustaciones en las tuberías, deterioro de estructuras como lagunas de estabilización, tuberías, filtros biológicos y otros equipos que pueden verse dañados.

2.7.1. Operación

Las actividades en este punto consisten en la determinación de los parámetros que permiten conocer el funcionamiento de la depuradora. Esta determinación se realiza tanto a la entrada y salida de la planta (afluente y efluente) y a la entrada y salida de cada sistema de tratamiento con que cuente la planta. Los parámetros a determinar analíticamente son: SSV, DBO₅, DQO, T, pH, N,P, turbidez, OD, detergentes. (Hernández, et al, 2004). Estos pueden variar según el tipo de tratamiento que se efectúa en la planta depuradora.

A la par de las actividades de determinación de parámetros se realizan también operaciones de seguimiento. Se entiende por seguimiento a las inspecciones y la vigilancia que se efectúe en la planta, para que se puedan controlar las fases del tratamiento y conseguir de esa forma una buena eficiencia en los procesos de tratamiento.

Esta etapa difiere según los equipos con que cuente la depuradora. A manera general las actividades a realizar consecuentes con un sistema de lagunaje son los siguientes:

- Inspección electromecánica de los equipos
- Revisión de colmatación
- Detección de olores
- Limpieza y cuidado de exteriores
- Comprobar la efectiva acción de los microorganismos
- Observar la presencia de lodos
- Observar efectos de la eutrofización
- Cuidado con los vectores (roedores, perros) (Hernández, et al, 2004)

2.7.2. Mantenimiento

Los objetivos de brindar mantenimiento a una planta de tratamiento de agua residual son: evitar los riesgos de averías de los dispositivos, eliminar los accidentes, asegurar el buen estado tanto en materiales, equipos e infraestructura minimizando costos.

Para que la consecución del objetivo de una depuradora de aguas residuales que es lograr un buen rendimiento en el tratamiento del agua residual se cumpla; se requiere emprender tres actividades básicas

- Dar mantenimiento a las instalaciones, infraestructura y equipos.

- Efectuar un seguimiento a los procesos, equipos e instalaciones a fin de constatar que estén cumpliendo con los fines esperados.
- Hacer un adecuado seguimiento y control a todos los aspectos de la depuradora, que incluyen los administrativos, económicos y funcionamiento.

Un factor de vital importancia en el adecuado funcionamiento de una estación depuradora es una adecuada asignación del presupuesto, a fin de controlar los gastos en la gestión, mantenimiento, financiamiento, mejoras que deban realizarse o ampliamiento de la infraestructura.

Toda PTAR debe contar con personal técnico calificado y con la documentación pertinente entre la que anotamos el libro, las fichas o manuales de operación y mantenimiento. (Hernández, et al, 2004).

2.8. Método de Aforo Volumétrico para de terminación de Caudales

Este método es funcional para corrientes pequeñas, es más exacto y se realiza midiendo el tiempo (t) requerido para llenar un recipiente de volumen (V) conocido, donde se colecta la descarga como se muestra en la figura, este método se recomienda en casos en los cuales se concentra el flujo en una corriente estrecha. La medición se debe efectuar tres o cuatro veces para reducir el error, los datos deben ser constantes.

Los materiales que se necesitan para ejecutar este método son: balde aforado, cronometro, formato para registrar datos. Se necesitan al menos dos personas, una para captar el agua en el balde y la mientras la otra persona cronometra el tiempo en que tarda en llenarse el balde. (CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA, 2002)

El caudal quedaría determinado por:

$$Q = \frac{V}{t}$$

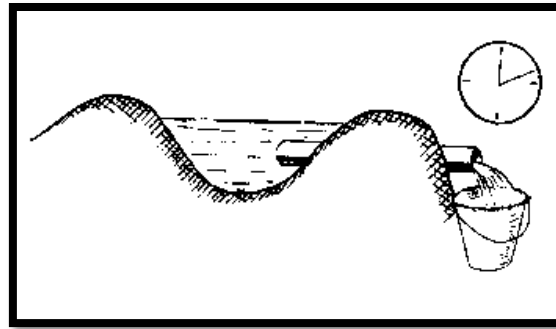


Figura No 12: Aforo volumétrico

Fuente: (CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA, 2002)

2.9. Determinación del grado de eficiencia de la planta:

La determinación de la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales es compleja, por las fluctuaciones en los afluentes y efluentes y el tiempo que el agua permanece dentro de las instalaciones.

El grado de eficiencia de una planta de tratamiento de agua residual, se define como la reducción porcentual de los indicadores de contaminación apropiados para tal proceso.

Para ello se determina la carga del afluente y la del efluente

$$\eta = \frac{F1 - F2}{F1} * 100$$

Donde:

η = Grado de eficiencia en %

F1 = Sumatoria de las cargas que ingresan a la planta.

F2 = Sumatoria de las cargas en el flujo de salida de la planta

(Asociación Alemana de Saneamiento, 1994).

2.10. Legislación Ambiental

2.10.1. Constitución de la República

En la sección segunda, referente a un Ambiente sano:

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

El Capítulo séptimo en lo relativo a Derechos de la Naturaleza:

Art. 72.- La naturaleza tiene derecho a la restauración.

(Constitución de la República del Ecuador, 2008).

2.10.2. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

2.10.3. Criterios generales de descarga de efluentes

Establece normas generales para descarga de efluentes, al sistema de alcantarillado y a los cuerpos de agua; así como los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes.

2.10.4. Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado, como a los cuerpos de agua

El regulado deberá mantener un registro de los efluentes generados, indicando el caudal del efluente, frecuencia de descarga, tratamiento aplicado a los efluentes, análisis de laboratorio y la disposición de los mismos, identificando el cuerpo receptor. Es mandatorio que el caudal reportado de los efluentes generados sea respaldado con datos de producción.

Los municipios serán las autoridades encargadas de realizar los monitoreos a la calidad de los cuerpos de agua ubicados en su jurisdicción, llevando los registros correspondientes, que permitan establecer una línea base y de fondo que permita ajustar los límites establecidos en esta Norma en la medida requerida.

Se prohíbe verter desechos sólidos, tales como: basuras, animales muertos, mobiliario, entre otros, y líquidos contaminados hacia cualquier cuerpo de agua y cauce de aguas estacionales secas o no. (Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, 2008).

2.10.5. Legislación ambiental de efluentes líquidos

El problema de la contaminación por compuestos químicos, físicos y biológicos en efluentes líquidos para ser descargados en cuerpos de agua dulce está presente en la definición de normas y leyes de carácter ambiental. Para el caso de Ecuador, el TULSMA (Texto Unificado de la Legislación Secundaria) (Ministerio del Ambiente, n.d.), dictada bajo el amparo del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental dicta los límites en la tabla 6 del Libro VI Anexo I (véase, Tabla 1).

A continuación indicaremos las tablas requeridas para fines de comparación:

Tabla 5: Límites de descarga al Sistema de Alcantarillado Público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O5.	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	500
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Sedimentables	SD	ml/l	20
Fósforo Total	P	mg/l	15
Temperatura	T	°C	<40

Fuente: TULSMA. Tabla 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Tabla 6: Límites de descarga a un Cuerpo de Agua Dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Sedimentables	SSU	mg/l	1
Coliformes totales	Nmp/100ml		Remoción > al 99;9%
Nitratos +Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10
Fósforo total	P	mg/l	10
Temperatura	T	°C	<35

Fuente: TULAS. Tabla 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce



CAPÍTULO III: EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE PAMBADEL Y ZHURINGUALO

3.1. Análisis de parámetros físicos, químicos y biológicos del agua residual

Para evaluar parámetros físicos, químicos y biológicos de los sistemas de tratamiento de aguas residuales tanto afluentes y efluentes, se desarrolló un programa de muestreo, el cual se basó en las recomendaciones técnicas dadas por la Norma INEN 2169 en lo referente a manejo y conservación de las muestras, también se realizó una caracterización de afluentes y efluentes mediante muestreo In situ.

3.1.1. Programa de muestreo

Para el monitoreo se siguió el siguiente proceso:

1. Designación de los sitios de muestreo
2. Toma de las muestras en los sitios seleccionados
3. Traslado y preservación de las muestras
4. Determinación de parámetros físico-químicos y biológicos en el laboratorio de Saneamiento de ETAPA
5. Recolección y análisis de la información
6. Comparación de resultados con el TULSMA
7. Presentación de resultados

3.1.1.1 Designación de los sitios de muestreo

Para la designación de los sitios estratégicos de muestreo, se realizó una inspección con la colaboración del equipo de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado del Canto Girón en la que se establecieron los puntos para análisis de afluentes y efluentes.

Imagen No 10: Envases con etiquetas para análisis físico-químico



Fuente: (Autoras)

Imagen No 11: Envases y Etiquetas de muestras para análisis Microbiológico



Fuente: (Autoras)

3.1.1.1.1. Para la Planta de Tratamiento de aguas Residuales ubicadas en el Sector Pambadel se estableció los siguientes puntos:

1. El primer punto de muestreo, se colocó en el canal de ingreso que receipta agua residual del pozo de revisión a la entrada de la laguna Facultativa, esta muestra se la denominó con el nombre de afluente. Se tomó en un envase plástico de 5 litros y los parámetros a analizar son físico-químicos.

En cambio para los parámetros biológicos, se tomó dos muestras en envases esterilizados en los mismos puntos y se les denominaron afluentes.

Imagen No 12: Toma de muestra del Afluente de la Planta de Pambadel



Fuente: (Autoras)

2. El Segundo punto de muestreo, se ubicó a la salida de la laguna de maduración, en una de las compuertas de salida, se empleó para ello un envase de 5 litros y a esta muestra se la llamo efluente.

De igual manera para el análisis biológico, se tomó dos muestras en envases esterilizados en los mismos puntos y se les denominaron efluente.

Imagen No 13: Toma de muestra del Efluente de la Planta de Pambadel



Fuente: (Autoras)

3.1.1.1.2. Para la Planta de Tratamiento de aguas Residuales ubicadas en el Sector Zhuringualo se estableció los siguientes puntos:

1. El primer punto de muestreo, se ejecutó en el repartidor de caudales a la entrada de la planta de tratamiento, esta muestra se nombró "afluente". Se recogió el agua residual en un envase plástico de 5 litros y los parámetros a analizar son físico-químicos, además se tomaron dos muestras más en envases esterilizados para los análisis microbiológicos.

Imagen No 14: Toma de muestra del Afluente de la Planta de Zhuringualo



Fuente: (Autoras)

2. El segundo punto de muestreo fue ubicado a la salida de la laguna de maduración de la planta de tratamiento de aguas residuales, con el envase de 5 litros y a esta muestra se etiquetó con el nombre de efluente, igualmente se tomaron dos muestras adicionales en envases esterilizados para los análisis biológicos en los mismos puntos.

Imagen No 15: Toma de muestras de Efluentes Zhuringualo



Fuente: (Autoras)

3.1. 2. Toma de muestras

El objetivo de la toma de muestras, es obtener un volumen de agua representativa, que sea de fácil transporte y manipulación en el laboratorio. Es importante que el personal encargado de esta operación tenga los conocimientos necesarios para así garantizar los resultados a analizar.

Los materiales necesarios para la toma de muestras son:

- Frascos recolectores de plástico 5 litros (análisis físico-químico)
- Frascos recolectores de 250 ml (análisis biológico)
- Fundas negras
- Guantes desechables
- Mascarillas desechables
- Cámara fotográfica
- Esferos, cuaderno.
- Conductímetro (muestreo *in situ*)
- Phmetro (muestreo *in situ*)
- Termómetro (muestreo *in situ*)

La toma de muestras se efectuó en diferentes fechas.

3.1.2.1. Muestreo del 20 de Mayo del 2015

El tipo de muestra considerada fue instantánea. Primero se realizó el muestreo en el sector de Pambadel, para lo cual se requirió 2 envases plásticos de 5 litros y 4 frascos recolectores de 250ml. Los envases nuevos fueron previamente enjuagados para evitar algún tipo de contaminación. Se tomaron 4 muestras en un intervalo de 10 minutos en el sistema.

Para la planta de tratamiento de Zhuringualo, se utilizaron 2 envases plásticos de 5 litros y 4 frascos recolectores de 250ml, y el intervalo de tiempo entre fue de 10 minutos para las 4 muestras.

3.1.2.2. Muestreo de Mayo del 2016

Se consideró una muestra integrada, para ello se realizaron muestreos una vez por semana durante este mes.

3.1.2.3. Muestreo del 2 de mayo de 2016

Se inició con la toma de muestras en la PTAR de Zhuringualo. Dentro de la planta se emplearon 2 envases plásticos de 5l para análisis físico-químico de afluente y efluente, 2 frascos estériles de 250ml. Las 4 muestras se tomaron en 10 minutos.

Posteriormente se procedió a realizar el muestreo en la planta del sector de Zhuringualo; siguiendo un procedimiento similar al empleado en la PTAR de Zhuringualo.

3.1.2.4. Muestreo del 9 de mayo de 2016

Se comenzó el muestreo en la Planta de Zhuringualo, recolectando 4 muestras para análisis de afluentes y efluentes, el procedimiento se replicó para la PTAR de Pambadel.

3.1.2.5. Muestreo del 16 de mayo de 2016

Para la recolección de las alícuotas nos conducimos a la PTAR de Pambadel, en la que se recolectaron 4 muestras para su análisis posterior en un tiempo de 10 minutos. En el sistema de lagunaje de Zhuringualo el intervalo de tiempo de recolección de las 4 alícuotas fue de 15 minutos.

3.1.3. Determinación de parámetros físico-químicos y biológicos en el laboratorio de ETAPA

Imagen No 16: Muestras en el laboratorio de ETAPA



Fuente: (Novillo, Patiño, 2015)



Las muestras simples de los dos sistemas de tratamiento de aguas residuales ubicados en el sector de Pambadel y Zhuringualo del Cantón Girón, se colocaron en una funda negra para evitar el contacto con la luz solar y posteriormente en una hielera de espuma flex junto con un gel refrigerante para su traslado inmediato a la Ciudad de Cuenca, al laboratorio de Saneamiento de ETAPA y de la Universidad de Cuenca, donde se realizó el análisis de los parámetros: DBO₅, DQO, Nitratos+Nitritos, Fósforo total, Sólidos Sedimentables, Coliformes Totales, termotolerantes.

3.1.4. Determinación de parámetros físicos In Situ

El diagnóstico preliminar de los sistemas de lagunaje requiere la determinación de los siguientes parámetros in situ: conductividad, sólidos disueltos, temperatura y pH, valores que fueron determinados mediante un conductímetro, termómetro y Phmetro respectivamente que nos fueron facilitados por el laboratorio de agua potable del GAD municipal de Girón. De forma similar las muestras para el análisis in situ se tomaron a la entrada y salida de las dos plantas de tratamiento en las mismas fechas en las que se realizó el muestreo para análisis en el laboratorio.

Finalmente se procedió a la determinación de las características organolépticas como son el color, olor y el aspecto del agua residual de las dos PTAR a la entrada y salida de cada sistema.

3.1.5. Recolección y análisis de la información

Los datos obtenidos en el proceso de muestreo, serán registrados en diferentes tablas 18, 19,20, 21,22, 23, 24 y 25., según la zona de muestreo y la Planta de tratamiento estudiada, todo ello con el propósito de facilitar el análisis comparativo de los resultados obtenidos, y de esa manera poder realizar el diagnóstico actual de las plantas y el plan de mejoras para cada una de ellas.

3.2. Análisis sociocultural

3.2.1. Elaboración de Encuestas

El objetivo de la elaboración de las encuestas, fue conocer la afectación que sufre la población que se encuentra localizada en una zona de influencia directa de 10000 m² a las plantas de tratamiento de aguas residuales del



Cantón Girón. Se realizaron 20 encuestas en el Sector de Pambadel debido a que existen 20 familias que se encuentran cercanas a esta Planta, mientras que en el sector Zhuringualo se realizaron 10 encuestas debido a que ese es el número de familias próximas a esta planta de tratamiento.

3.2.2. Diseño de la encuesta

Se Obtuvieron resultados de servicios básicos, sobre las plantas de tratamiento (ubicación, tratamiento, factores y medidas para evitar la contaminación), medidas tomadas por GAD Municipal al igual que molestias causadas por vectores, estos datos nos sirven para conocer la afectación a las áreas de influencia directa al igual que las medidas que se están tomando por parte del GAD Municipal y la población.



Imagen No 17: Encuesta a la Población del Área de Influencia Directa a las
PTAR

**UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Ciudadano/a, el motivo de la presente encuesta es evaluar las causas del deterioro de la calidad del agua del río Girón.

EDAD

SEXO

15 - 20

F M

21 - 26

27- 35

36 En adelante

1. ¿Su vivienda se encuentra conectada a alcantarillado sanitario?

SI

NO

Si la respuesta es negativa, preguntar.

1.1. ¿Cómo evacúa las aguas servidas y las excretas?

Pozo Séptico o Letrina

Descarga al río o quebrada

directamente.

Otro

2. ¿Considera necesario dar tratamiento a las aguas servidas antes de que vayan a los cursos de agua?

SI

NO

3. ¿Conoce cuáles son los factores que contaminan el agua?

SI

NO



4. ¿Usted ha podido constatar la contaminación del agua del Río Girón mediante las diferentes características?

- Olor
- Color
- Turbiedad
- Otros

5. ¿Cree que la población conoce suficientes medidas para evitar la contaminación del agua?

- SI
- NO

6. ¿Considera que desde el Gobierno Autónomo Descentralizado de Girón se impulsan suficientes campañas contra la contaminación del agua?

- SI
- NO
- No lo sé ni me interesa.

7. ¿Sabe usted si existen lugares para dar tratamiento a las aguas servidas en el Cantón Girón?

- SI
- NO

8. ¿Cree Usted que las plantas de tratamiento de aguas residuales del Cantón Girón funcionan de manera correcta?

- SI
- NO

9. ¿Usa o consume agua del Río Girón?

- SI
- NO

10. ¿Usted cree que el agua residual ya tratada en las plantas es apta para riego?

- SI
- NO

11. ¿Qué molestias ha sentido usted por la cercanía de su hogar a la planta de tratamiento de aguas residuales?

- Insectos
- Roedores u otros vectores
- Malos olores
- Contaminación visual
- Ninguno

Gracias

Fuente: (Autoras)

CAPITULO IV: CÁLCULOS Y PROCEDIMIENTOS

En este capítulo se presentan las determinaciones de las áreas de los sistemas de lagunaje, mismos que permiten la obtención de los volúmenes, mediante una altura conocida, que posteriormente sirve para calcular los caudales tanto de ingreso a cada sistema como de ingreso. Los caudales a su vez permiten determinar el tiempo de retención hidráulico de cada laguna. Finalmente se procede a evaluar los porcentajes de remoción de contaminantes para establecer el grado de eficiencia a la cual operan los sistemas de lagunaje de Pambadel y Zhuringualo.

Es importante medir el flujo de agua residual que ingresa a las plantas de tratamiento, sabiendo que este fluctuará según condiciones climáticas como lluvias o sequías. Se debe controlar los caudales dentro de las PTAR para determinar si existen infiltraciones en el terreno o existe ruptura en las tuberías de conducción, así como evitar que las estructuras de recepción del fluido que han sido diseñados para un caudal determinado, colapsen.

Conociendo que los procesos y operaciones de depuración ocurren a un ritmo lento; tiempos de retención largos hacen que los procesos biológicos al interior de las lagunas se produzcan adecuadamente.

Se evaluaron los porcentajes de remoción de reducción: DQO, DBO₅, Nitratos+Nitritos, Fósforo, pH, sólidos disueltos totales, sedimentables, coliformes totales, termotolerantes, tanto de análisis realizados en el 2014 2015 y 2016 gracias a los cuales se calcula la eficiencia a la cual operan las plantas de tratamiento de Pambadel y Zhuringualo.

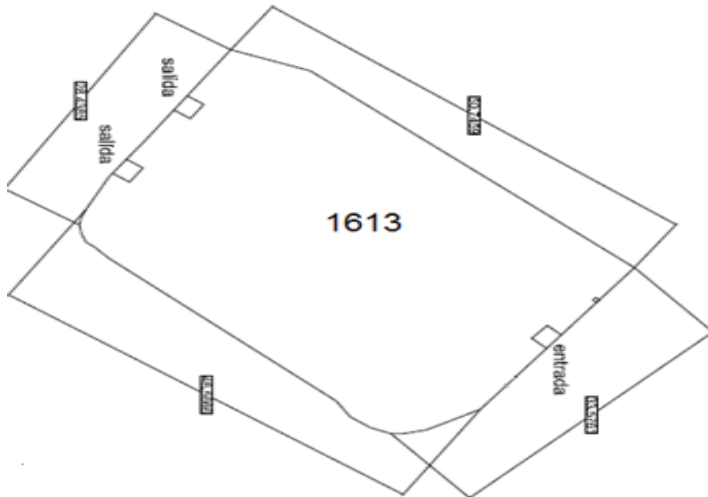
4.1. Determinación de las áreas utilizando software AutoCAD

Previo a la determinación de las áreas se procedió a realizar los planos de los sistemas de lagunaje, valiéndonos de GOOGLE EARTH y de mediciones realizadas en los terrenos en los cuales funcionan los sistemas de tratamiento. Los datos de las dimensiones del perímetro de las lagunas nos permitieron determinar las áreas que vemos a continuación.

4.1.1. Áreas de las Lagunas del sector Pambadel

4.1.1.1. Área de Laguna Facultativa: (1613m²)

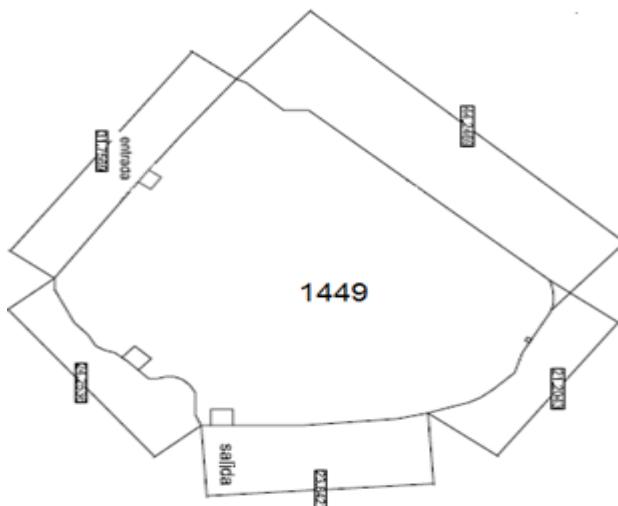
Imagen No 18: Área de la laguna facultativa Sector Pambadel



Fuente: (Autoras)

4.1.1.2. Área de Laguna Maduración: (1449m²)

Imagen No 19: Área de la laguna de maduración Sector Pambadel

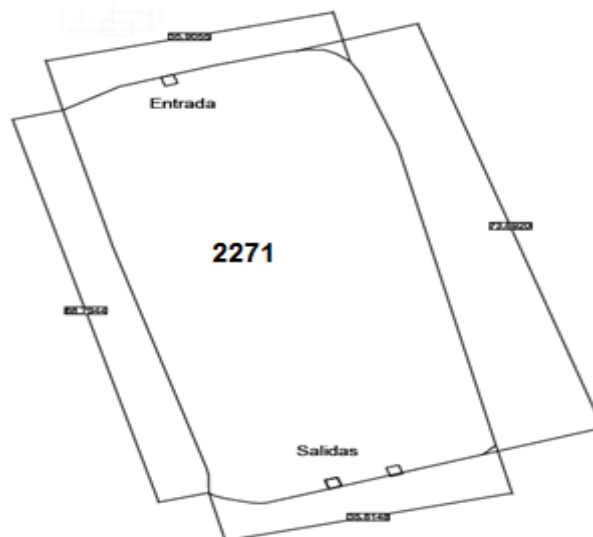


Fuente: (Autoras)

4.1.2. Áreas de las Lagunas del sector Zhuringualo

4.1.2.1. Área de la Primera Laguna Facultativa: (2271m²)

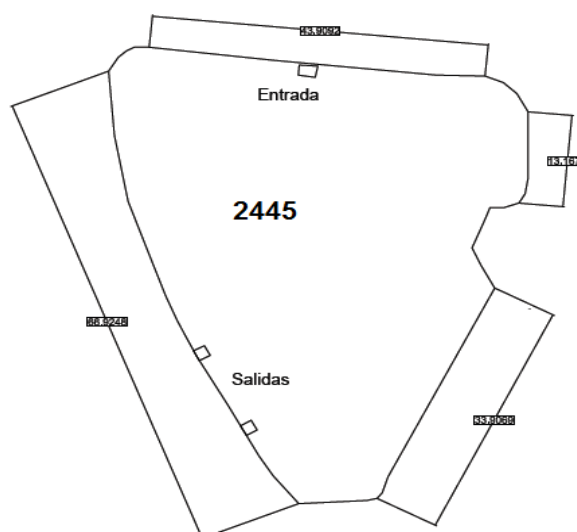
Imagen No 20: Área de la Primera laguna facultativa Sector Zhuringualo



Fuente: (Autoras)

4.1.2.2. Área de la Segunda Laguna Facultativa: (2445m²)

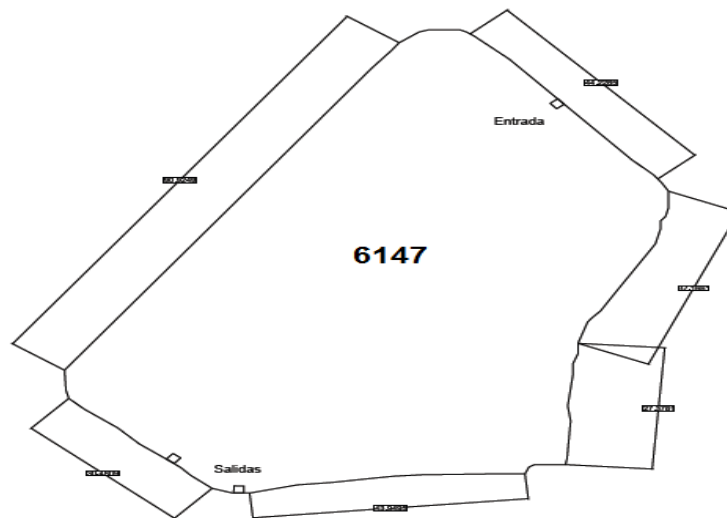
Imagen No 21: Área de la Segunda laguna facultativa Sector Zhuringualo



Fuente: (Autoras)

4.1.2.3. Área de la Laguna de Maduración: (6147 m²)

Imagen No 22: Área de la laguna de Maduración Sector Zhuringualo



Fuente: (Autoras)

4.2. Cálculo del volumen de los Sistemas de Lagunaje

4.2.1. Procedimiento

- En la determinación del volumen de cada laguna, nos servimos de la fórmula:

$$V = A * h$$

- Las áreas para las lagunas de cada uno de los sistemas han sido calculadas por el software AutoCad.
- Las alturas para las lagunas facultativas y de maduración de las PTAR de Pambadel y Zhuringualo han sido obtenidas de un documento proporcionado por el GAD Municipal de Girón que establece una profundidad de 2 m. para todas las lagunas (Ilustre Municipalidad de Girón, 1998).

4.2.2. Volumen de las Lagunas Sector Pambadel

4.2.2.1. Volumen de la laguna Facultativa

Datos

$$\text{Área} = 1613 \text{ m}^2$$

$$\text{Altura} = 2\text{m}$$

$$V = 1613 \text{ m}^2 * 2\text{m} = \mathbf{3226\text{m}^3}$$

4.2.2.2. Volumen de la laguna de Maduración

Datos

$$\text{Área} = 1449 \text{ m}^2$$

$$\text{Altura} = 2\text{m}$$

$$V = 1449 \text{ m}^2 * 2\text{m} = \mathbf{2898\text{m}^3}$$

4.2.3. Volumen de las Lagunas Sector Zhuringualo

4.2.3.1. Volumen de la Primera laguna Facultativa

Datos

$$\text{Área} = 2271 \text{ m}^2$$

$$\text{Altura} = 2\text{m}$$

$$V = 2271 \text{ m}^2 * 2\text{m} = \mathbf{4542\text{m}^3}$$

4.2.3.2. Volumen de la Segunda laguna Facultativa

Datos

$$\text{Área} = 2445 \text{ m}^2$$

$$\text{Altura} = 2\text{m}$$

$$V = 2445 \text{ m}^2 * 2\text{m} = \mathbf{4890\text{m}^3}$$

4.2.3.3. Volumen de la laguna de Maduración

Datos

$$\text{Área} = 6147\text{m}^2$$

$$\text{Altura} = 2\text{m}$$

$$V = 6147 \text{ m}^2 * 4\text{m} = 12294\text{m}^3$$

4.3. Cálculo de los Caudales por Aforo Volumétrico

Imagen No 23: Aforo Volumétrico



Fuente: (Autoras)

4.3.1. Procedimiento

- Se emplea un recipiente de volumen conocido a la entrada del sistema de lagunaje.
- Con un cronómetro se determina el tiempo que tarda en llenarse el recipiente.
- Se repite este proceso para obtener varios tiempos
- Con los datos del volumen del recipiente y los tiempos obtenidos se calcula un caudal para cada tiempo. Posteriormente se obtiene un caudal promedio. $Q = \frac{V}{t}$

4.3.2 Cálculo del Caudal de las PTAR de Pambadel y Zhuringualo por Aforo Volumétrico

En las tablas No 7,8,9,10 y 11 se presentan los cálculos de los caudales efectuados en 5 fechas distintas por el método de aforo volumétrico para ello se considera un volumen de recipiente para la PTAR de Pambadel de $0,0095\text{m}^3$, $0,0038\text{m}^3$ y para la PTAR de Zhuringualo de $0,0189\text{m}^3$ y $0,0284\text{m}^3$.

Datos

v del recipiente= $0,0095\text{m}^3$ PTAR Pambadel

v del recipiente= $0,0038\text{m}^3$ PTAR Pambadel

v del recipiente = $0,0189\text{m}^3$ PTAR Zhuringualo

v del recipiente= $0,0284\text{m}^3$ PTAR Zhuringualo

La determinación del caudal por aforo volumétrico se hace imposible para la laguna de maduración de la PTAR de Zhuringualo, ya que una sección de la tubería se encuentra rota. El caudal de agua residual para esta laguna es la suma de los caudales de entrada de la primera y segunda laguna facultativa de esta planta.



4.3.2.1 Cálculo de los Caudales de la PTAR de Pambadel y Zhuringualo por Aforo Volumétrico (8 de enero de 2016)

Tabla 7 : Determinación de caudales de las PTAR de Pambadel y Zhuringualo (8 de enero de 2016)

PTAR	PTAR PAMBADEL				PTAR ZHURINGUALO					
	Laguna Facultativa		Laguna de Maduración		Repartidor de Caudales		1ra Laguna Facultativa		2da Laguna Facultativa	
No. Muestra	Tiempo (s)	Determinación del Caudal (m ³ /s) $Q = \frac{V}{t}$	Tiempo (s)	Determinación del Caudal (m ³ /s) $Q = \frac{V}{t}$	Tiempo (s)	Determinación del Caudal (m ³ /s) $Q = \frac{V}{t}$	Tiempo (s)	Determinación del Caudal (m ³ /s) $Q = \frac{V}{t}$	Tiempo (s)	Determinación del Caudal (m ³ /s) $Q = \frac{V}{t}$
t1	4,01	0,00237	4,06	0,0023	1,71	0,0111	3,2	0,0089	12,65	0,0022
t2	3,79	0,00251	3,93	0,0024	1,72	0,0110	3	0,0095	12,99	0,0022
t3	3,89	0,00244	4	0,0024	1,82	0,0104	3,12	0,0091	13	0,0022
t4	4,1	0,00232	3,7	0,0026	1,65	0,0115	3,5	0,0081	12,7	0,0022
t5	4,06	0,00234	4,01	0,0024	1,49	0,0127	3,36	0,0085	12,82	0,0022
t6	4	0,00238	4,15	0,0023	1,55	0,0122	3	0,0095	12,7	0,0022
t7	3,92	0,00242	3,88	0,0024	1,6	0,0118	3,39	0,0084	12,5	0,0023
t8	3,75	0,00253	4,1	0,0023	1,76	0,0107	3,27	0,0087	12,63	0,0022
t9	3,68	0,00258	4,2	0,0023	1,5	0,0126	3,25	0,0087	12,8	0,0022
t10	3,99	0,00238	3,89	0,0024	1,73	0,0109	3,47	0,0082	12,86	0,0022



Caudal		$0,00243\text{m}^3/\text{s} \rightarrow$		$0,0024\text{m}^3/\text{s} \rightarrow$		$0,0115\text{m}^3/\text{s} \rightarrow$		$0,0087\text{m}^3/\text{s} \rightarrow$		$0,0022\text{m}^3/\text{s} \rightarrow$
		$209,68\text{m}^3/\text{d}$		$205,87\text{m}^3/\text{d}$		$992,17\text{m}^3/\text{d}$		$755,68\text{m}^3/\text{d}$		$192,25\text{m}^3/\text{d}$
						Laguna de Maduración	$Q = Q1 + Q2 =$			
							$775,68\text{m}^3/\text{d} + 192,25\text{m}^3/\text{d} = 947,93\text{m}^3/\text{d}$			

Elaboración: (Autoras)



4.3.2.2. Cálculo de los Caudales de la PTAR de Pambadel y Zhuringualo por Aforo Volumétrico (1 de mayo de 2016)

Tabla 8 : Determinación de caudales de las PTAR de Pambadel y Zhuringualo (1 de mayo de 2016)

PTAR	PTAR PAMBADEL				PTAR ZHURINGUALO					
	Laguna Facultativa		Laguna de Maduración		Repartidor de Caudales		1ra Laguna Facultativa		2da Laguna Facultativa	
No. Muestra	Tiempo (s)	Determinación del Caudal (m ³ /s) $Q = \frac{V}{t}$	Tiempo (s)	Determinación del Caudal (m ³ /s) $Q = \frac{V}{t}$	Tiempo (s)	Determinación del Caudal (m ³ /s) $Q = \frac{V}{t}$	Tiempo (s)	Determinación del Caudal (m ³ /s) $Q = \frac{V}{t}$	Tiempo (s)	Determinación del Caudal (m ³ /s) $Q = \frac{V}{t}$
T1	4,8	0,0020	4,85	0,0020	1,78	0,0106	3,6	0,0079	13,09	0,0022
T2	4	0,0024	4,8	0,0020	1,8	0,0105	3,6	0,0079	13,05	0,0022
T3	3,9	0,0024	4,6	0,0021	1,85	0,0102	3,67	0,0077	13,37	0,0021
T4	4,71	0,0020	4,7	0,0020	1,9	0,0099	3,55	0,0080	13,35	0,0021
T5	4,26	0,0022	4,6	0,0021	1,8	0,0105	3,49	0,0081	13,4	0,0021
T6	4,3	0,0022	4,2	0,0023	1,91	0,0099	3,51	0,0081	13,39	0,0021
T7	4,5	0,0021	4,15	0,0023	1,81	0,0104	3,8	0,0075	13,2	0,0022
T8	4,6	0,0021	4,75	0,0020	1,75	0,0108	3,63	0,0078	13,22	0,0021
T9	4,35	0,0022	4,22	0,0023	1,98	0,0095	3,75	0,0076	13,26	0,0021
T10	4,75	0,0020	4,75	0,0020	1,79	0,0106	3,65	0,0078	13,1	0,0022



Caudal		$0,0022\text{m}^3/\text{s} \rightarrow$		$0,0021\text{ m}^3/\text{s} \rightarrow$		$0,0103\text{ m}^3/\text{s} \rightarrow$		$0,0078\text{ m}^3/\text{s} \rightarrow$		$0,0021\text{ m}^3/\text{s} \rightarrow$
		$186,68\text{m}^3/\text{d}$		$180,51\text{ m}^3/\text{d}$		$890,12\text{ m}^3/\text{d}$		$677,35\text{ m}^3/\text{d}$		$185,30\text{ m}^3/\text{d}$
						Laguna de Maduración	$Q = Q1 + Q2 =$ $677,35\text{m}^3 / \text{d} + 185,30\text{m}^3 / \text{d} = 862,65\text{m}^3 / \text{d}$			

Elaboración: (Autoras)



4.3.2.3. Cálculo de los Caudales de la PTAR de Pambadel y Zhuringualo por Aforo Volumétrico (6 de mayo de 2016)

Tabla 9 : Determinación de caudales de las PTAR de Pambadel y Zhuringualo (6 de mayo de 2016)

PTAR	PTAR PAMBADEL				PTAR ZHURINGUALO					
	Laguna Facultativa		Laguna de Maduración		Repartidor de Caudales		1ra Laguna Facultativa		2da Laguna Facultativa	
No. Muestra	Tiempo (s)	Determinación del Caudal (m ³ /s) $Q = \frac{V}{t}$	Tiempo (s)	Determinación del Caudal (m ³ /s) $Q = \frac{V}{t}$	Tiempo (s)	Determinación del Caudal (m ³ /s) $Q = \frac{V}{t}$	Tiempo (s)	Determinación del Caudal (m ³ /s) $Q = \frac{V}{t}$	Tiempo (s)	Determinación del Caudal (m ³ /s) $Q = \frac{V}{t}$
T1	4,3	0,0022	4,3	0,0022	1,82	0,0104	3,85	0,0074	13,75	0,0021
T2	4,4	0,0022	4,31	0,0022	1,9	0,0099	3,88	0,0073	13,7	0,0021
T3	4,2	0,0023	4,38	0,0022	1,95	0,0097	3,73	0,0076	13,99	0,0020
T4	4,3	0,0022	4,4	0,0022	1,99	0,0095	3,68	0,0077	13,88	0,0020
T5	4,29	0,0022	4,48	0,0021	1,75	0,0108	3,72	0,0076	13,8	0,0021
T6	4,37	0,0022	4,25	0,0022	1,85	0,0102	3,91	0,0073	13,79	0,0021
T7	4,42	0,0021	4,35	0,0022	1,9	0,0099	3,67	0,0077	13,65	0,0021
T8	4,39	0,0022	4,41	0,0022	1,98	0,0095	3,6	0,0079	14,02	0,0020
T9	4,35	0,0022	4,45	0,0021	1,78	0,0106	3,9	0,0073	13,72	0,0021
T10	4.25	0.0022	4.19	0.0023	2	0.0095	3.7	0,0077	13,75	0,0021



Caudal		$0,0022 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow$		$0,0022 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow$		$0,0100 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow$		$0,0076 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow$		$0,0021 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow$	
		$189,74 \text{ m}^3/\text{d}$		$188,68 \text{ m}^3/\text{d}$		$864,85 \text{ m}^3/\text{d}$		$652,41 \text{ m}^3/\text{d}$		$177,76 \text{ m}^3/\text{d}$	
						Laguna de Maduración	$Q = Q1 + Q2 =$				
							$652,41 \text{ m}^3/\text{d} + 177,76 \text{ m}^3/\text{d} = 830,17 \text{ m}^3/\text{d}$				

Elaboración: (Autoras)



4.3.2.4. Cálculo de los Caudales de la PTAR de Pambadel y Zhuringualo por Aforo Volumétrico (16 de mayo de 2016)

Tabla 10 : Determinación de caudales de las PTAR de Pambadel y Zhuringualo (16 de mayo de 2016)

PTAR	PTAR PAMBADEL				PTAR ZHURINGUALO					
	Laguna Facultativa		Laguna de Maduración		Repartidor de Caudales		1ra Laguna Facultativa		2da Laguna Facultativa	
No. Muestra	Tiempo (s)	Determinación del Caudal (m ³ /s) $Q = \frac{V}{t}$	Tiempo (s)	Determinación del Caudal (m ³ /s) $Q = \frac{V}{t}$	Tiempo (s)	Determinación del Caudal (m ³ /s) $Q = \frac{V}{t}$	Tiempo (s)	Determinación del Caudal (m ³ /s) $Q = \frac{V}{t}$	Tiempo (s)	Determinación del Caudal (m ³ /s) $Q = \frac{V}{t}$
T1	2,15	0,0018	2,39	0,0016	2,03	0,0093	3,69	0,0077	15,65	0,0018
T2	1,78	0,0021	2,4	0,0016	2,1	0,0090	3,77	0,0075	16	0,0018
T3	1,76	0,0022	2,41	0,0016	2,07	0,0091	3,73	0,0076	15,26	0,0019
T4	2	0,0019	2,3	0,0017	1,9	0,0099	3,7	0,0077	15	0,0019
T5	1,83	0,0021	2,35	0,0016	2,02	0,0094	3,65	0,0078	15,71	0,0018
T6	1,68	0,0023	2,33	0,0016	2,01	0,0094	3,71	0,0077	15,68	0,0018
T7	1,82	0,0021	2,25	0,0017	1,88	0,0101	3,7	0,0077	15,15	0,0019
T8	1,7	0,0022	2,2	0,0017	1,9	0,0099	3,72	0,0076	15,53	0,0018
T9	1,66	0,0023	2,35	0,0016	1,95	0,0097	3,63	0,0078	16,09	0,0018
T10	1,85	0,0021	2,31	0,0016	1,95	0,0097	3,75	0,0076	15,38	0,0018



Caudal		0,0021 m³/s--->		0,0016 m³/s--->		0,0096 m³/s--->		0,0077 m³/s--->		0,0018 m³/s--->
		181,15 m³/d		141,08 m³/d		825,40 m³/d		662,36 m³/d		157,92 m³/d
						Laguna de Maduración	$Q = Q1 + Q2 =$ $662,36m^3 /d + 157,92m^3 /d = 820,28m^3/d$			

Elaboración: (Autoras)



4.3.2.5. Cálculo de los Caudales de la PTAR de Pambadel y Zhuringualo por Aforo Volumétrico (17 de mayo de 2016)

Tabla 11 : Determinación de caudales de las PTAR de Pambadel y Zhuringualo (17 de mayo de 2016)

PTAR	PTAR PAMBADEL				PTAR ZHURINGUALO					
	Laguna Facultativa		Laguna de Maduración		Repartidor de Caudales		1ra Laguna Facultativa		2da Laguna Facultativa	
No. Muestra	Tiempo (s)	Determinación del Caudal (m ³ /s) $Q = \frac{V}{t}$	Tiempo (s)	Determinación del Caudal (m ³ /s) $Q = \frac{V}{t}$	Tiempo (s)	Determinación del Caudal (m ³ /s) $Q = \frac{V}{t}$	Tiempo (s)	Determinación del Caudal (m ³ /s) $Q = \frac{V}{t}$	Tiempo (s)	Determinación del Caudal (m ³ /s) $Q = \frac{V}{t}$
T1	1,8	0,0021	2,3	0,0017	2,11	0,0090	3,55	0,0080	15,38	0,0018
T2	1,75	0,0022	2,37	0,0016	1,99	0,0095	3,7	0,0077	15,5	0,0018
T3	1,73	0,0022	2,33	0,0016	2	0,0095	3,72	0,0076	15,81	0,0018
T4	1,8	0,0021	2,25	0,0017	1,89	0,0100	3,69	0,0077	15,9	0,0018
T5	1,73	0,0022	2,15	0,0018	1,98	0,0095	3,65	0,0078	15,79	0,0018
T6	1,9	0,0020	2,17	0,0018	2,05	0,0092	3,65	0,0078	15,75	0,0018
T7	1,75	0,0022	2,1	0,0018	1,99	0,0095	3,73	0,0076	15,9	0,0018
T8	1,7	0,0022	2,2	0,0017	1,9	0,0099	3,66	0,0078	15,61	0,0018
T9	1,76	0,0022	2,18	0,0017	1,85	0,0102	3,59	0,0079	14,98	0,0019
T10	1,75	0,0022	2,32	0,0016	1,95	0,0097	3,7	0,0077	15,76	0,0018



Caudal	$0,0022 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow$ $185,9670 \text{ m}^3/\text{d}$	$0,0017 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow$ $146,9818 \text{ m}^3/\text{d}$	$0,0096 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow$ $829,6403 \text{ m}^3/\text{d}$	$0,0078 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow$ $669,8441 \text{ m}^3/\text{d}$	$0,0018 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow$ $156,9585 \text{ m}^3/\text{d}$
				Laguna de Maduración	$Q = Q1 + Q2 =$ $669,84 \text{ m}^3 / \text{d} + 156,96 \text{ m}^3 / \text{d} = 826,8 \text{ m}^3 / \text{d}$

Elaboración: (Autoras)



4.4. Determinación del Tiempo de Retención Teórico para los Sistemas de Lagunaje

4.4.1. Procedimiento

- Las áreas de cada sistema de lagunaje han sido previamente determinadas por el Software AutoCad.
- Una vez obtenida el área de cada laguna, conociendo la profundidad de las mismas se obtiene el volumen. $v = A * h$
- Después de determinado el volumen de la laguna y el caudal promedio calculado por medio de aforo volumétrico que ingresa a la misma, se establece el tiempo de retención hidráulico teórico mediante:

$$t_o = \frac{V}{Q}$$

4.4.2. Determinación del Tiempo de Retención teórico de la PTAR de Pambadel

4.4.2.1. Determinación del Tiempo de Retención teórico de la Laguna Facultativa de la PTAR de Pambadel

Datos

$$V=3226m^3$$

$$Q=190,64 \text{ m}^3/d$$

$$t_o = \frac{V}{Q} = \frac{3226m^3}{190,64 \text{ m}^3/d} = 16,92 \text{ ---} \rightarrow 17d$$

4.4.2.2. Determinación del Tiempo de Retención teórico de la Laguna de Maduración de la PTAR de Pambadel

Datos

$$V=2898m^3$$

$$Q=172,62 \text{ m}^3/d$$



$$t_o = \frac{V}{Q} = \frac{2898m^3}{172,62m^3/d} = 16,78d \rightarrow 17d$$

4.4.3. Determinación del Tiempo de Retención teórico de la PTAR de Zhuringualo

4.4.3.1 Determinación del Tiempo de Retención teórico de la Primera Laguna Facultativa de la PTAR de Zhuringualo

Datos

$$V=4542m^3$$

$$Q=683,53 m^3/d$$

$$t_o = \frac{V}{Q} = \frac{4542m^3}{683,53m^3/d} = 6,64d \rightarrow 7d$$

4.4.3.2. Determinación del Tiempo de Retención teórico de la Segunda Laguna Facultativa de la PTAR de Zhuringualo

Datos

$$V=4890m^3$$

$$Q=174,03 m^3/d$$

$$t_o = \frac{V}{Q} = \frac{4890m^3}{174,03 m^3/d} = 28,09d \rightarrow 28d$$

4.4.3.3. Determinación del Tiempo de Retención teórico de la Laguna de Maduración de la PTAR de Zhuringualo

Datos

$$V=12294m^3$$

$$Q=857,56 m^3/d$$



$$t_o = \frac{V}{Q} = \frac{12294m^3}{857,56m^3/d} = 14,33d \rightarrow 14d$$

4.5. Cálculo de la Eficiencia de las plantas de Tratamiento

$$\eta = \frac{F1 - F2}{F1} * 100$$

En donde:

η = Grado de eficiencia en %

F1=sumatoria de las cargas que ingresan a la planta

F2= sumatoria de las cargas en el flujo de salida de la planta

(Asociación Alemana de Saneamiento , 1988)

Cálculo del nivel de confianza

$$n = \frac{Z^2 \times p \times q \times N}{N \times e^2 + Z^2 p \times q}$$

n =nivel de confianza

N= Universo

Z= 1.96 (tabla de distribución normal para el 95% de confiabilidad)

e= 5% =0.05

p=0,5

q=0,5

(Hernández, 1979).

4.5.1. Eficiencia de la PTAR de Zhuringualo-14/08/2014

$$DBO_5 = \frac{165mg/l - 24mg/l}{165mg/l} * 100 = 85,45\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1 - 0,50)(85,45)}{(85,45)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1 - 0,50)} = 69,90$$



$$\text{DQO} = \frac{433\text{mg/l} - 160\text{mg/l}}{433\text{mg/l}} * 100 = \mathbf{63,04\%}$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(63,04)}{(63,04)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 54,15$$

$$\text{Nitratos + Nitritos} = \frac{0,112\text{mg/l} - 0,06\text{mg/l}}{0,112\text{mg/l}} * 100 = \mathbf{0,46\%}$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(46)}{(46)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 0,459$$

$$\text{Coliformes Totales} = \frac{1,1\text{E}7\text{NMP}/100\text{ml} - 7\text{E}7\text{NMP}/100\text{ml}}{1,1\text{E}7\text{NMP}/100\text{ml}} * 100 = \mathbf{99\%}$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(99)}{(99)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 78,71$$

$$\text{Coliformes Termotolerantes} = \frac{4,9\text{E}6\text{NMP}/100\text{ml} - 1,1\text{E}5\text{NMP}/100\text{ml}}{4,9\text{E}6\text{NMP}/100\text{ml}} * 100 = \mathbf{97,75\%}$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(97,75)}{(97,75)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 77,92$$

4.5.2. Eficiencia de la PTAR de Pambadel- 14/08/2014

$$\text{DBO}_5 = \frac{228\text{mg/l} - 30\text{mg/l}}{228\text{mg/l}} * 100 = \mathbf{86,84\%}$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(86,84)}{(86,84)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 70,82$$

$$\text{DQO} = \frac{516\text{mg/l} - 193\text{mg/l}}{516\text{mg/l}} * 100 = \mathbf{62,59\%}$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(62,59)}{(62,59)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 53,89$$

$$\text{Nitratos + Nitritos} = \frac{0,032\text{mg/l} - 0,03\text{mg/l}}{0,032\text{mg/l}} * 100 = \mathbf{6,25\%}$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(6,25)}{(6,25)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 6,14$$

$$\text{Coliformes Totales} = \frac{1,6\text{E}9\text{mg/l} - 4,9\text{E}5\text{mg/l}}{1,6\text{E}9\text{mg/l}} * 100 = \mathbf{99,9\%}$$



$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1 - 0,50)(99,9)}{(99,9)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1 - 0,50)} = 79,28$$

$$\text{Coliformes Termotolerantes} = \frac{3,5E7\text{NMP}/100\text{ml} - 2,4E5\text{NMP}/100\text{ml}}{3,5E7\text{NMP}/100\text{ml}} * 100 = 99,3\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1 - 0,50)(99,3)}{(99,3)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1 - 0,50)} = 78,9$$

4.5.3. Eficiencia de la PTAR de Zhuringualo- 27/05/2015

$$\text{DBO}_5 = \frac{133\text{mg/l} - 33\text{mg/l}}{133\text{mg/l}} * 100 = 75,18\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(75,18)}{(75,18)(0,5)^2+(1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 62,87$$

$$\text{DQO} = \frac{665\text{mg/l} - 256\text{mg/l}}{665\text{mg/l}} * 100 = 61,5\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(61,5)}{(61,5)(0,5)^2+(1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 53,01$$

$$\text{Nitratos + Nitritos} = \frac{0,06\text{mg/l} - 0,03\text{mg/l}}{0,06\text{mg/l}} * 100 = 50\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(50)}{(50)(0,5)^2+(1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 44,24$$

$$\text{Sólidos Sedimentables} = \frac{2\text{mg/l} - 0,7\text{mg/l}}{2\text{mg/l}} * 100 = 65\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(65)}{(65)(0,5)^2+(1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 55,19$$

$$\text{Coliformes Totales} = \frac{3,3E7\text{NMP}/100\text{ml} - 3,3E5\text{NMP}/100\text{ml}}{3,3E7\text{NMP}/100\text{ml}} * 100 = 99\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(99)}{(99)(0,5)^2+(1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 78,71$$

$$\text{Coliformes Termotolerantes} = \frac{3,3E7\text{NMP}/100\text{ml} - 3,3E5\text{NMP}/100\text{ml}}{3,3E7\text{NMP}/100\text{ml}} * 100 = 99\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(99)}{(99)(0,5)^2+(1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 78,71$$

**Determinación In situ**

$$\text{Sólidos Totales Disueltos} = \frac{144,14\text{mg/l} - 121,21\text{mg/l}}{144,14\text{mg/l}} * 100 = 15,9\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(15,9)}{(15,9)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 15,26$$

29/12/2015

$$\text{Fósforo Total} = \frac{5,19\text{mg/l} - 1,94\text{mg/l}}{5,19\text{mg/l}} * 100 = 62,62\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(62,62)}{(62,62)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 53,84$$

4.5.4. Eficiencia de la PTAR de Pambadel-27/05/2015

$$\text{DBO}_5 = \frac{120\text{mg/l} - 78\text{mg/l}}{120\text{mg/l}} * 100 = 35\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(35)}{(35)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 32,08$$

$$\text{DQO} = \frac{304\text{mg/l} - 287\text{mg/l}}{304\text{mg/l}} * 100 = 5,59\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(5,59)}{(5,59)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 5,5$$

$$\text{Nitratos + Nitritos} = \frac{0,02\text{mg/l} - 0,52\text{mg/l}}{0,02\text{mg/l}} * 100 = -2500\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(0,52)}{(0,52)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 453,90$$

$$\text{Sólidos Sedimentables} = \frac{4\text{mg/l} - 0,2\text{mg/l}}{4\text{mg/l}} * 100 = 95\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(95)}{(95)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 76,16$$

$$\text{Coliformes Totales} = \frac{1,3\text{E}7\text{NMP}/100\text{ml} - 2,2\text{E}5\text{NMP}/100\text{ml}}{1,3\text{E}7\text{NMP}/100\text{ml}} * 100 = 98,3\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(98,3)}{(98,3)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 78,27$$



$$\text{Coliformes Termotolerantes} = \frac{4,9E6\text{NMP}/100\text{ml} - 1,1E5\text{NMP}/100\text{ml}}{4,9E6\text{NMP}/100\text{ml}} * 100 = 97,76\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(97,76)}{(97,76)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 78,9$$

Determinación In situ

$$\text{Sólidos Disueltos Totales} = \frac{138,68\text{mg/l} - 117,94\text{mg/l}}{138,68\text{mg/l}} * 100 = 14,96\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(14,96)}{(14,96)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 14,4$$

29/12/2015

$$\text{Fósforo Total} = \frac{3,97\text{mg/l} - 3,26\text{mg/l}}{3,97\text{mg/l}} * 100 = 17,88\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(17,88)}{(17,88)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 17,08$$

4.5.5. Eficiencia de la PTAR de Zhuringualo-2/05/2016

$$\text{DBO}_5 = \frac{135\text{mg/l} - 19\text{mg/l}}{135\text{mg/l}} * 100 = 85,93\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(85,93)}{(85,93)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 70,23$$

$$\text{DQO} = \frac{281\text{mg/l} - 103\text{mg/l}}{281\text{mg/l}} * 100 = 63,35\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(63,35)}{(63,35)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 54,38$$

$$\text{Sólidos Sedimentables} = \frac{1,5\text{mg/l} - 0,2\text{mg/l}}{1,5\text{mg/l}} * 100 = 86,67\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(86,67)}{(86,67)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 70,71$$

$$\text{Nitratos + Nitritos} = \frac{0,06\text{mg/l} - 0,06\text{mg/l}}{0,06\text{mg/l}} * 100 = 0\%$$



$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(0)}{(0)(0,5)^2+(1,96)^2(0,5)(1-0,5)}=0$$

$$\text{Coliformes Totales} = \frac{3600\text{NMP}/100\text{ml} - 2400\text{NMP}/100\text{ml}}{3600\text{NMP}/100\text{ml}} * 100 = 33,33\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(33,33)}{(33,33)(0,5)^2+(1,96)^2(0,5)(1-0,5)}=30,66$$

$$\text{Coliformes Termotolerantes} = \frac{2800\text{NMP}/100\text{ml} - 1500\text{NMP}/100\text{ml}}{2800\text{NMP}/100\text{ml}} * 100 = 46,43\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(46,43)}{(46,43)(0,5)^2+(1,96)^2(0,5)(1-0,5)}=41,42$$

$$\text{Fósforo Total} = \frac{3,67\text{mg/l} - 1,46\text{mg/l}}{3,67\text{mg/l}} * 100 = 60,22\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(60,22)}{(60,22)(0,5)^2+(1,96)^2(0,5)(1-0,5)}=52,05$$

Determinación In situ

$$\text{Sólidos Disueltos Totales} = \frac{180,6\text{mg/l} - 133,7\text{mg/l}}{6,9\text{mg/l}} * 100 = 25,97\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(25,97)}{(25,97)(0,5)^2+(1,96)^2(0,5)(1-0,5)}=24,32$$

4.5.6. Eficiencia de la PTAR de Pambadel-2/05/2016

$$\text{DBO}_5 = \frac{89\text{mg/l} - 52\text{mg/l}}{89\text{mg/l}} * 100 = 41,57\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(41,57)}{(41,57)(0,5)^2+(1,96)^2(0,5)(1-0,5)}=37,51$$

$$\text{DQO} = \frac{225\text{mg/l} - 118\text{mg/l}}{225\text{mg/l}} * 100 = 47,56\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(47,56)}{(47,56)(0,5)^2+(1,96)^2(0,5)(1-0,5)}=42,32$$

$$\text{Sólidos Sedimentables} = \frac{0,7\text{mg/l} - 0,3\text{mg/l}}{0,7\text{mg/l}} * 100 = 57,14\%$$



$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(57,14)}{(57,14)(0,5)^2+(1,96)^2(0,50)(1-0,50)}=49,74$$

$$\text{Nitratos + Nitritos} = \frac{0,61\text{mg/l} - 0,03\text{mg/l}}{0,61\text{mg/l}} * 100 = \mathbf{95,08\%}$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(95,08)}{(95,08)(0,5)^2+(1,96)^2(0,50)(1-0,50)}=76,22$$

$$\text{Coliformes Totales} = \frac{3000\text{NMP}/100 - 2400\text{NMP}/100\text{ml}}{3000\text{NMP}/100\text{ml}} * 100 = \mathbf{20\%}$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(20)}{(20)(0,5)^2+(1,96)^2(0,50)(1-0,50)}=19,01$$

$$\text{Coliformes Termotolerantes} = \frac{2600\text{NMP}/100\text{ml} - 1800\text{NMP}/100\text{ml}}{2600\text{NMP}/100\text{ml}} * 100 = \mathbf{30,77\%}$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(30,77)}{(30,77)(0,5)^2+(1,96)^2(0,50)(1-0,50)}=28,49$$

$$\text{Fósforo Total} = \frac{3\text{mg/l} - 1,68\text{mg/l}}{3\text{mg/l}} * 100 = \mathbf{44\%}$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(44)}{(44)(0,5)^2+(1,96)^2(0,50)(1-0,50)}=39,48$$

Determinación In situ

$$\text{Sólidos Disueltos Totales} = \frac{210\text{mg/l} - 154\text{mg/l}}{210\text{mg/l}} * 100 = \mathbf{26,67\%}$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(26,67)}{(26,67)(0,5)^2+(1,96)^2(0,50)(1-0,50)}=24,94$$

4.5.7. Eficiencia de la PTAR de Zhuringualo

10/05/2016

$$\text{DBO}_5 = \frac{185\text{mg/l} - 17\text{mg/l}}{185\text{mg/l}} * 100 = \mathbf{90,81\%}$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(90,81)}{(90,81)(0,5)^2+(1,96)^2(0,50)(1-0,50)}=73,44$$



$$\text{DQO} = \frac{517\text{mg/l} - 70\text{mg/l}}{517\text{mg/l}} * 100 = \mathbf{86,46\%}$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(86,46)}{(86,46)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,5)(1-0,5)} = 70,57$$

$$\text{Sólidos Sedimentables} = \frac{0,9\text{mg/l} - 0,1\text{mg/l}}{0,9\text{mg/l}} * 100 = \mathbf{88,89\%}$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(88,89)}{(88,89)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,5)(1-0,5)} = 72,18$$

$$\text{Nitratos + Nitritos} = \frac{0,77\text{mg/l} - 0,12\text{mg/l}}{0,77\text{mg/l}} * 100 = \mathbf{84,42\%}$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(84,42)}{(84,42)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,5)(1-0,5)} = 69,21$$

$$\text{Fósforo Total} = \frac{3,53\text{mg/l} - 1,94\text{mg/l}}{3,53\text{mg/l}} * 100 = \mathbf{45,04\%}$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(45,04)}{(45,04)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,5)(1-0,5)} = 40,31$$

Determinación In situ

$$\text{Sólidos Disueltos Totales} = \frac{191,8\text{mg/l} - 144,2\text{mg/l}}{191,8\text{mg/l}} * 100 = \mathbf{24,82\%}$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(24,82)}{(24,82)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,5)(1-0,5)} = 23,31$$

6/05/2016

$$\text{Coliformes Totales} = \frac{3400\text{NMP}/100\text{ml} - 2100\text{NMP}/100\text{ml}}{3400\text{NMP}/100\text{ml}} * 100 = \mathbf{38,24\%}$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(38,24)}{(38,24)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,5)(1-0,5)} = 34,77$$

$$\text{Coliformes Termotolerantes} = \frac{2800\text{NMP}/100\text{ml} - 1500\text{NMP}/100\text{ml}}{2800\text{NMP}/100\text{ml}} * 100 = \mathbf{46,43\%}$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(46,43)}{(46,43)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,5)(1-0,5)} = 41,42$$



4.5.8. Eficiencia de la PTAR de Pambadel

10/05/2016

$$DBO_5 = \frac{90\text{mg/l} - 68\text{mg/l}}{90\text{mg/l}} * 100 = 24,44\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(24,44)}{(24,44)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 22,98$$

$$DQO = \frac{220\text{mg/l} - 140\text{mg/l}}{220\text{mg/l}} * 100 = 36,36\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(36,36)}{(36,36)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 33,22$$

$$\text{Sólidos Sedimentables} = \frac{0,9\text{mg/l} - 3,5\text{mg/l}}{0,9\text{mg/l}} * 100 = -288,89\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(-288,89)}{(-288,89)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = -1164,9$$

$$\text{Nitratos + Nitritos} = \frac{1,39\text{mg/l} - 0,36\text{mg/l}}{1,39\text{mg/l}} * 100 = 74,1\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(74,1)}{(74,1)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 62,12$$

$$\text{Fósforo Total} = \frac{3,78\text{mg/l} - 2,23\text{mg/l}}{3,78\text{mg/l}} * 100 = 41,01\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(41,01)}{(41,01)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 37,13$$

6/05/2016

$$\text{Coliformes Totales} = \frac{3250\text{NMP}/100\text{ml} - 28300\text{NMP}/100\text{ml}}{3250\text{NMP}/100\text{ml}} * 100 = -770,76\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(-770,76)}{(-770,76)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 765,9$$

$$\text{Coliformes Termotolerantes} = \frac{2800\text{NMP}/100\text{ml} - 1900\text{NMP}/100\text{ml}}{2800\text{NMP}/100\text{ml}} * 100 = 32,14\%$$



$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(32,14)}{(32,14)(0,5)^2+(1,96)^2(0,5)(1-0,5)} = 29,66$$

Determinación In situ

$$\text{Sólidos Disueltos Totales} = \frac{231,7\text{mg/l} - 167,3\text{mg/l}}{231,7\text{mg/l}} * 100 = 27,79\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(27,79)}{(27,79)(0,5)^2+(1,96)^2(0,5)(1-0,5)} = 25,91$$

4.5.9. Eficiencia de la PTAR de Zhuringualo

16/05/2016

$$\text{DBO}_5 = \frac{99\text{mg/l} - 18\text{mg/l}}{99\text{mg/l}} * 100 = 81,81\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(81,81)}{(81,81)(0,5)^2+(1,96)^2(0,5)(1-0,5)} = 67,44$$

$$\text{DQO} = \frac{339\text{mg/l} - 78\text{mg/l}}{339\text{mg/l}} * 100 = 76,99\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(76,99)}{(76,99)(0,5)^2+(1,96)^2(0,5)(1-0,5)} = 64,13$$

$$\text{Sólidos Sedimentables} = \frac{3\text{mg/l} - 0,5\text{mg/l}}{3\text{mg/l}} * 100 = 83,33\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(83,33)}{(83,33)(0,5)^2+(1,96)^2(0,5)(1-0,5)} = 68,47$$

$$\text{Nitratos + Nitritos} = \frac{0,33\text{mg/l} - 0,11\text{mg/l}}{0,33\text{mg/l}} * 100 = 66,67\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(66,67)}{(66,67)(0,5)^2+(1,96)^2(0,5)(1-0,5)} = 56,81$$

$$\text{Fósforo Total} = \frac{3,13\text{mg/l} - 1,92\text{mg/l}}{3,13\text{mg/l}} * 100 = 38,66\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(38,66)}{(38,66)(0,5)^2+(1,96)^2(0,5)(1-0,5)} = 35,13$$

**Determinación In situ**

$$\text{Sólidos Disueltos Totales} = \frac{175\text{mg/l} - 122,5\text{mg/l}}{175\text{mg/l}} * 100 = 30\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(30)}{(30)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 27,82$$

13/05/2016

$$\text{Coliformes Totales} = \frac{3300\text{NMP}/100\text{ml} - 2200\text{NMP}/100\text{ml}}{3300\text{NMP}/100\text{ml}} * 100 = 33,33\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(33,33)}{(33,33)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 30,66$$

$$\text{Coliformes Termotolerantes} = \frac{2800\text{NMP}/100\text{ml} - 1800\text{NMP}/100\text{ml}}{2800\text{NMP}/100\text{ml}} * 100 = 35,71\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(35,71)}{(35,71)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 32,67$$

4.5.10. Eficiencia de la PTAR de Pambadel**16/05/2016**

$$\text{DBO}_5 = \frac{123\text{mg/l} - 49\text{mg/l}}{123\text{mg/l}} * 100 = 60,16\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(60,16)}{(60,16)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 52,01$$

$$\text{DQO} = \frac{398\text{mg/l} - 73\text{mg/l}}{398\text{mg/l}} * 100 = 81,66\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(81,66)}{(81,66)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 67,34$$

$$\text{Sólidos Sedimentables} = \frac{8\text{mg/l} - 0,5\text{mg/l}}{8\text{mg/l}} * 100 = 93,75\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(93,75)}{(93,75)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 75,36$$

$$\text{Nitratos + Nitritos} = \frac{0,15\text{mg/l} - 0,06\text{mg/l}}{0,15\text{mg/l}} * 100 = 60\%$$



$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(60)}{(60)(0,5)^2+(1,96)^2(0,50)(1-0,50)}=51,89$$

$$\text{Fósforo Total} = \frac{4,49\text{mg/l} - 1,48\text{mg/l}}{4,49\text{mg/l}} * 100 = 67,04\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(67,04)}{(67,04)(0,5)^2+(1,96)^2(0,50)(1-0,50)}=57,08$$

Determinación In situ

$$\text{Sólidos Disueltos Totales} = \frac{196\text{mg/l} - 151,9\text{mg/l}}{196\text{mg/l}} * 100 = 22,5\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(22,5)}{(22,5)(0,5)^2+(1,96)^2(0,50)(1-0,50)}=21,25$$

13/05/2016

$$\text{Coliformes Totales} = \frac{3100\text{NMP}/100\text{ml} - 2700\text{NMP}/100\text{ml}}{3100\text{NMP}/100\text{ml}} * 100 = 12,9\%$$

$$n = \frac{(12,9)^2(0,5)(1-0,50)(60,16)}{(12,9)(0,5)^2+(1,96)^2(0,50)(1-0,50)}=12,48$$

$$\text{Coliformes Termotolerantes} = \frac{2600\text{NMP}/100\text{ml} - 2010\text{NMP}/100\text{ml}}{2600\text{NMP}/100\text{ml}} * 100 = 22,69\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(22,69)}{(22,69)(0,5)^2+(1,96)^2(0,50)(1-0,50)}=21,42$$

4.5.11. Eficiencia de la PTAR de Zhuringualo

23/05/2016

$$\text{DBO}_5 = \frac{160\text{mg/l} - 12\text{mg/l}}{160\text{mg/l}} * 100 = 92,5\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(92,5)}{(92,5)(0,5)^2+(1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 74,54$$

$$\text{DQO} = \frac{416\text{mg/l} - 54\text{mg/l}}{416\text{mg/l}} * 100 = 87,01\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(87,01)}{(87,01)(0,5)^2+(1,96)^2(0,50)(1-0,50)}=70,94$$



$$\text{Sólidos Sedimentables} = \frac{4\text{mg/l} - 0\text{mg/l}}{4\text{mg/l}} * 100 = \mathbf{100\%}$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(100)}{(100)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 79,34$$

$$\text{Nitratos + Nitritos} = \frac{0,31\text{mg/l} - 0,38\text{mg/l}}{0,31\text{mg/l}} * 100 = \mathbf{-22,58\%}$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(-22,58)}{(-22,58)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = -23,99$$

$$\text{Fósforo Total} = \frac{6,27\text{mg/l} - 1,69\text{mg/l}}{6,27\text{mg/l}} * 100 = \mathbf{73,05\%}$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(73,05)}{(73,05)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 61,37$$

$$\text{Coliformes Totales} = \frac{5,4\text{E}8\text{NMP}/100\text{ml} - 2,2\text{E}5\text{NMP}/100\text{ml}}{5,4\text{E}8\text{NMP}/100\text{ml}} * 100 = \mathbf{99,95\%}$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(99,95)}{(99,95)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 79,31$$

$$\text{Coliformes Termotolerantes} = \frac{5,4\text{E}8\text{NMP}/100\text{ml} - 1,755\text{NMP}/100\text{ml}}{5,4\text{E}8\text{NMP}/100\text{ml}} * 100 = \mathbf{99,96\%}$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(99,96)}{(99,96)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 79,32$$

Determinaciones In situ

$$\text{Sólidos Disueltos Totales} = \frac{186,9\text{mg/l} - 131,6\text{mg/l}}{186,9\text{mg/l}} * 100 = \mathbf{29,59\%}$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,50)(29,59)}{(29,59)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,50)(1-0,50)} = 27,47$$

20/05/2016

$$\text{Coliformes Totales} = \frac{3300\text{NMP}/100\text{ml} - 2400\text{NMP}/100\text{ml}}{3300\text{NMP}/100\text{ml}} * 100 = \mathbf{27,27\%}$$



$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(27,27)}{(27,27)(0,5)^2+(1,96)^2(0,5)(1-0,5)}=25,46$$

$$\text{Coliformes Termotolerantes}=\frac{2500\text{NMP}/100\text{ml} - 1900\text{NMP}/100\text{ml}}{2500\text{NMP}/100\text{ml}} * 100 = 24\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(24)}{(24)(0,5)^2+(1,96)^2(0,5)(1-0,5)}=22,58$$

4.5.12. Eficiencia de la PTAR de Pambadel

23/05/2016

$$\text{DBO}_5=\frac{360\text{mg/l} - 50\text{mg/l}}{360\text{mg/l}} * 100 = 86,11\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(86,11)}{(86,11)(0,5)^2+(1,96)^2(0,5)(1-0,5)}=70,34$$

$$\text{DQO}=\frac{691\text{mg/l} - 85\text{mg/l}}{691\text{mg/l}} * 100 = 87,7\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(87,7)}{(87,7)(0,5)^2+(1,96)^2(0,5)(1-0,5)}=71,4$$

$$\text{Sólidos Sedimentables}=\frac{2\text{mg/l} - 0\text{mg/l}}{2\text{mg/l}} * 100 = 100\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(100)}{(100)(0,5)^2+(1,96)^2(0,5)(1-0,5)}=79,35$$

$$\text{Nitratos + Nitritos}=\frac{0,39\text{mg/l} - 1,8\text{mg/l}}{0,39\text{mg/l}} * 100 = -361,54\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(-361,54)}{(-361,54)(0,5)^2+(1,96)^2(0,5)(1-0,5)}= -6140,11$$

$$\text{Fósforo Total}=\frac{3,03\text{mg/l} - 4,68\text{mg/l}}{3,03\text{mg/l}} * 100 = -54,46\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(-54,46)}{(-54,46)(0,5)^2+(1,96)^2(0,5)(1-0,5)}= -63,46$$



$$\text{Coliformes Totales} = \frac{3,3E7\text{NMP}/100\text{ml} - 1,3E5\text{NMP}/100\text{ml}}{3,3E7\text{NMP}/100\text{ml}} * 100 = 99,6\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(99,6)}{(99,6)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,5)(1-0,5)} = 79,09$$

$$\text{Coliformes Termotolerantes} = \frac{3,3E7\text{NMP}/100\text{ml} - 7,9E4\text{NMP}/100\text{ml}}{\text{NMP}/100\text{ml}} * 100 = 99,76\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(99,76)}{(99,76)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,5)(1-0,5)} = 79,19$$

Determinación In situ

$$\text{Sólidos Disueltos Totales} = \frac{242,9\text{mg/l} - 176,4\text{mg/l}}{242,9\text{mg/l}} * 100 = 27,38\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(27,38)}{(27,38)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,5)(1-0,5)} = 25,56$$

20/05/2016

$$\text{Coliformes Totales} = \frac{3600\text{NMP}/100\text{ml} - 2900\text{NMP}/100\text{ml}}{3600\text{NMP}/100\text{ml}} * 100 = 19,44\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(19,44)}{(19,44)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,5)(1-0,5)} = 18,5$$

$$\text{Coliformes Termotolerantes} = \frac{2100\text{NMP}/100\text{ml} - 1800\text{NMP}/100\text{ml}}{2100\text{NMP}/100\text{ml}} * 100 = 14,29\%$$

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(1-0,5)(14,29)}{(14,29)(0,5)^2 + (1,96)^2(0,5)(1-0,5)} = 13,78$$



CAPÍTULO V: RESULTADOS

5.1. Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Pambadel y Zhuringualo

Las plantas de tratamiento de aguas residuales de los sectores de Pambadel y Zhuringualo, reciben el agua residual del centro cantonal y zonas aledañas a las plantas. En lo que hace referencia a recolección y evacuación de aguas residuales el cantón Girón cuenta con un sistema de alcantarillado combinado y sanitario que conduce el agua residual a las distintas plantas. El río Girón es el receptor de los efluentes de ambos sistemas de tratamiento ya que posee características de autodepuración como su caudal y volumen que permiten la dilución de contaminantes, una reducción de su toxicidad y la cantidad de oxígeno necesario para que exista una adecuada actividad microbiana y de las plantas acuáticas. (Revista Ambientum, 2002)

Para la determinación del estado actual de las plantas nos basamos en inspecciones que permitan establecer las acciones necesarias para optimizar las depuradoras.

La información proporcionada por el GAD Municipal de Girón también es importante en el momento de realizar el diagnóstico integral.

Se ha procedido a determinar los caudales de cada una de las lagunas, los tiempos de retención y los porcentajes de remoción de Nitratos+Nitritos, Fósforo, DBO_5 , DQO, coliformes totales, termotolerantes, sólidos sedimentables, sólidos disueltos totales, mismos que son los parámetros de mayor consideración para aguas residuales.

Dentro del diagnóstico de las plantas de tratamiento se ha considerado a la población del área de influencia directa de los dos sistemas de lagunaje, para ello se ha efectuado una encuesta a fin de conocer las deficiencias y molestias que las PTAR provocan a los pobladores, así como determinar la percepción de la gente en cuanto al cuidado del recurso agua.



5.2. Caracterización de la Infraestructura para el tratamiento de las Aguas Residuales del cantón Girón

5.2.1. Sistema de Tratamiento de Zhuringualo

- Red de alcantarillado
- Cerramiento
- Separador de Caudales
- Sistema de tratamiento: dos lagunas facultativas y una de maduración
- Tuberías de interconexión entre lagunas
- Compuertas para Descargas
- Caseta del guardián
- Camino de acceso a las lagunas

5.2.1.1. Captación y entrada al sistema de Lagunaje.

El agua residual que fluye a través del sistema de alcantarillado sanitario, ingresa a la planta de tratamiento por medio de tuberías de hormigón centrifugado y PVC de 200mm respectivamente, hasta llegar a un pozo de revisión de 2m de profundidad (Ilustre Municipalidad del Cantón Girón, 1998). Por inspección determinamos que el agua es conducida hasta un repartidor de caudales de hormigón simple y armado de 2,9m*2,42m, con dos compuertas de acero al final de esta estructura de dimensiones 0,4*0,5m. La compuerta izquierda envía una parte del caudal a la primera laguna facultativa, en tanto que la compuerta de la derecha conduce el flujo de agua correspondiente a la segunda laguna facultativa. Esta conducción del caudal a cada laguna se hace a través de dos tuberías PVC de 200mm de diámetro.

Imagen No 24: Repartidor de Caudal sector Zhuringualo



Fuente: (Autoras)

Imagen No 25: Deterioro en el repartidor de Caudal



Fuente: (Autoras)

5.2.1.1.1. Primera Laguna Facultativa Características Técnicas

Al ingreso de la laguna se encuentra un repartidor de caudal de hormigón simple de dimensiones 2,1m*0,7m. El cual suministra agua residual en tuberías PVC de 200mm hacia la izquierda y derecha cuando el caudal es máximo.

Imagen No 26: Entrada a la Primera Laguna Facultativa

Fuente: (Autoras)

La impermeabilización del fondo de la laguna se efectuó con arcilla (0,20m) (Ilustre Municipalidad del Cantón Girón, 1998). La laguna cuenta con las siguientes dimensiones: 68,79m*35,9m*73,69*35,81m.

Dado que a esta laguna entra agua residual cruda, la formación de varios centímetros de capas de lodo ocurre. Así también; la presencia de basura, otros sólidos, arena, grasas, aceites y lodos sedimentados es notoria. Los lodos son causantes del notable mal olor característico de esta laguna, de la presencia de mosquitos y otros insectos, también se puede ver el crecimiento de mala yerba y problemas de eutrofización por proliferación de lechuguín.

El signo de buen funcionamiento de esta laguna es la coloración verde brillante. Dando a entender que existe una cantidad de algas apropiada para la degradación de la materia orgánica (Mara, 1996).

Imagen No 27: Primera Laguna Facultativa



Fuente: (Autoras)

Una vez finalizado el tratamiento en esta laguna; el agua residual se dirige hacia las compuertas de descarga, de las cuales funciona una. Estos dispositivos se encuentran en mal estado, las compuertas metálicas están oxidadas como se comprueba en la imagen No 28.

Imagen No 28: Compuertas de descarga



Fuente: (Autoras).

El agua residual se transporta por tubería de hormigón centrifugado de 200mm a un pozo de revisión de 2m de altura.

5.2.1.1.2. Segunda Laguna Facultativa Características Técnicas

Imagen No 29: Segunda Laguna Facultativa



Fuente: (Autoras)

El agua residual ingresa al separador de caudal para esta laguna por tubería PVC de 200mm de diámetro. Las medidas del separador son las iguales a las de la primera laguna facultativa y su estructura la misma, dos tubos PVC de 200mm de diámetro, transportaría el caudal hacia la derecha e izquierda. El fondo se encuentra impermeabilizado con arcilla. Las dimensiones de esta laguna son: 43,9m*66,92*33,9m*13,16m.

Las situaciones adversas que se presentan en esta laguna son similares a las que ocurren en la primera laguna. Presencia de lodo flotante o sedimentado, un olor desagradable característico, colmatación de lechuguín, pulgas de agua, mosquitos, yerba mala en los taludes y a los alrededores de las lagunas. (Ver Imagen No 30).

Imagen No 30: Problemas de Eutrofización en la Segunda Laguna Facultativa

Fuente: (Autoras)

El agua residual tratada en esta etapa se dirige a las compuertas de descarga para su paso a la etapa final del tratamiento. Las compuertas de 0,40*0,50m están construidas de hormigón simple y acero estructural, a la actualidad solo es funcional una de las compuertas. Estos dispositivos presentan el mismo nivel de deterioro que las salidas de la primera laguna. Desde este punto una tubería de hormigón centrifugado de 200mm conduce el agua residual tratada en la primera y segunda laguna hacia un pozo de revisión de 4m de profundidad.

5.2.1.1.3. Laguna de Maduración Características Técnicas

El agua tratada en la primera y segunda laguna facultativa tras pasar por un pozo de revisión y un pozo de salto de 4m de profundidad ingresa por tubería de hormigón centrifugado de 200mm de diámetro a un repartidor de caudal de 2,1m*0,7m del cual se bifurcan dos tuberías PVC de 200mm de diámetro hacia la izquierda y derecha.

La tubería de hormigón se encuentra rota en una sección antes de llegar al repartidor de caudal, no obstante el agua residual si es conducida a dicha estructura con menor caudal debido a la ruptura como se ve en la Imagen No

31. Las dimensiones de esta laguna corresponden a 90,92m *44,22m *37,16m *27,37m* 43,94m*3 0,48m.

Imagen No 31: Tubería que conduce el agua residual a la Laguna de maduración rota



Fuente: (Autoras)

Los problemas que se evidencian en esta laguna son: presencia de espuma, lodo flotante y en fondo de la laguna plantas acuáticas como lechuguín, yerba mala en los taludes. En contra posición a estas situaciones adversas, el color de la laguna es de un verde menos brillante al de las lagunas facultativas, prueba de que el tratamiento se está llevando a cabo.

Una vez finalizado el tratamiento en esta PTAR, el agua residual ya tratada se dirige hacia el by pass de salida, una constante en estos sistemas de tratamiento es que solamente una de las dos compuertas funciona.

5.2.1.1.4. Interconexión de las Lagunas

Para este efecto se dispone de dos pozos de revisión de 2m, dos de 4m de profundidad, un pozo de salto de 4m de profundidad y tuberías de hormigón centrifugado de 200mm. (Ilustre Municipalidad del Cantón Girón, 1998).



Los efluentes de las lagunas facultativas 1 y 2 se combinan en un pozo de revisión y un pozo de salto, posterior a ello; son transportadas por tubería de hormigón armado a la laguna de maduración.

5.2.1.1.5. Descarga Final del efluente

Finalmente el agua abandona el sistema de tratamiento por una tubería PVC que continua con una tubería de hormigón centrifugado, para descargar el efluente al río Girón.

No existe camino de acceso al sitio de descarga del efluente. Para ello se debe caminar varios minutos montaña abajo con los considerables riesgos de seguridad.

5.2.1.1.6. Cerramiento, Caminos de Acceso y otros Elementos

Cuenta con una puerta metálica en mal estado, postes de madera y alambre de puas.

El camino principal es de tierra rellenado con material del sitio. Para acceder a otros sectores de la PTAR no existen caminos. Las zonas por las que se debe caminar son agrestes como se puede ver en la Imagen No 32.

La depuradora carece de cercas o verjas de protección de las lagunas lo que puede provocar cualquier accidente.

Imagen No 32: Cerramiento y caminos de acceso

Fuente: (Autoras)

5.2.1.1.7. Área administrativa y Laboratorio

La infraestructura emplazada en esta área cuenta con una construcción pequeña de hormigón y techo de zinc. Esta edificación no cumple ninguna función, su estado actual es un deterioro total, los vidrios están rotos, los baños no están terminados, así como tampoco el laboratorio. Esta PTAR carece de caseta para el guardián.

No hay ningún técnico fijo trabajando en la PTAR, no existe espacio físico para el personal asignado a realizar alguna actividad de mantenimiento, como se puede observar en las Imágenes No 33 y 34.

Imagen No 33: Laboratorio y área administrativa totalmente deteriorado y en desuso



Fuente: (Autoras)

Imagen No 34: Baños y sala de estar en condiciones precarias



Fuente: (Autoras)

A continuación presentamos un diagrama de flujo del sistema de lagunaje.

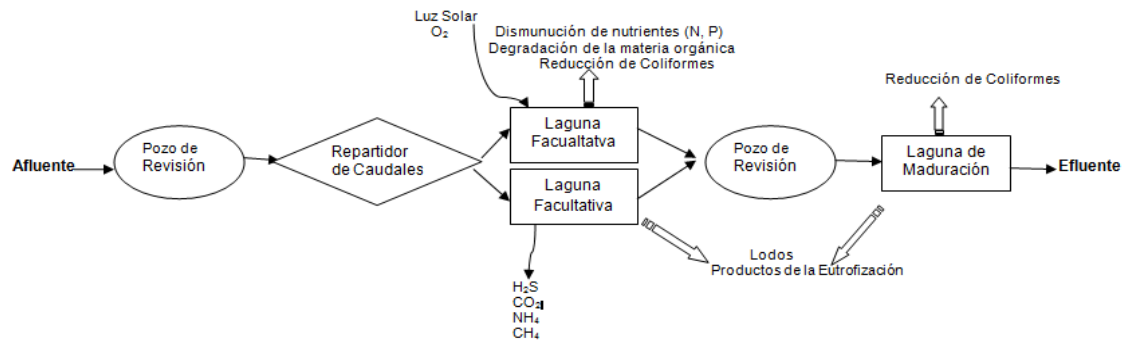


Figura No 13: Diagrama de Flujo de la PTAR de Zhuringualo.

Elaboración: (Autoras)

5.2.2. Sistema de Tratamiento Sector Pambadel

- Redes de alcantarillado
- Cerramiento
- Separador de caudales
- Sistema de tratamiento: una laguna facultativa y una de maduración
- Tuberías de conexión
- Compuertas para descargas
- Caseta del Guardián
- Oficinas (Bodegas).

5.2.2.1. Captación y entrada al sistema de Lagunaje.

El agua residual es conducida mediante el sistema de alcantarillado sanitario, a través de tuberías de hormigón centrifugado de 200mm y por tuberías PVC de 200mm (Ilustre Municipalidad del Cantón Girón, 1998), al ingresar a la planta el agua llega a un pozo de revisión, posteriormente las aguas servidas son conducidas a un separador de caudales de 1m², construido con encofrado en hormigón simple y armado y acero estructural. En esta estructura el caudal se reparte en dos tuberías PVC de 200mm, el separador de caudales envía el flujo de aguas residuales solamente a la tubería que se dirige a la izquierda que desemboca en un vertedero de 150cm *120cm de donde pasa a la laguna facultativa para iniciar su tratamiento. (Ver imagen No 35)

Imagen No 35: Ingreso a la Laguna facultativa



Fuente: (Autoras)

5.2.2.2. Laguna Facultativa Características Técnicas

Imagen No 36: Laguna Facultativa Pambadel



Fuente: (Autoras)

Excavada y rellenada posteriormente con material del sitio, el fondo de la laguna se encuentra impermeabilizado con arcilla (0,20m). (Ilustre Municipalidad del Cantón Girón, 1998). La laguna es de forma irregular sus dimensiones son 50,74m*28,43m*48,58m*33,57m.

Al no existir pretratamiento y tratamiento primario; el agua residual ingresa con basura, arena, grasa y material suspendido.



Existen problemas de eutrofización que se evidencian con la presencia de lechuguín y algas, así como también se evidencia la presencia de lodo, el cual no ha sido removido desde la construcción de este sistema.

Por otro lado el color verde brillante de esta laguna evidencia que el tratamiento se efectúa de manera correcta.

Luego de efectuado el tratamiento el agua pasa a la laguna de maduración. Este paso se hace mediante dos sistemas de compuertas de descarga construidas con hormigón simple y acero estructural. La compuerta es de 0,40*0,50m, de estos sistemas solamente funciona uno. Estas estructuras se encuentran corroídas y deterioradas.

5.2.2.3. Interconexión de las Lagunas

Para este efecto se cuenta con un pozo de revisión de 4m de profundidad. (Ilustre Municipalidad del Cantón Girón, 1998). El agua residual es transportada a la laguna de maduración mediante tubería de hormigón centrifugado de 200mm.

5.2.2.4. Laguna de Maduración Características Técnicas

El material de construcción es similar al de la laguna facultativa; encofrado en hormigón simple y arcilla para impermeabilizar el fondo. Las dimensiones de esta laguna de forma irregular son: 44,24m*31,75m*24,25m*23,84m*21,20m.

El agua residual tratada en la laguna facultativa que se receipta en el pozo de revisión, se trasporta a esta laguna por una tubería PVC de 200mm. El sitio de llegada es un repartidor de caudal de 0,84m*1m. El caudal nuevamente es enviado por tubería PVC de 200mm únicamente hacia el lado derecho del repartidor, ya que el ducto que va hacia la izquierda se encuentra taponado.

La formación de lodos y su nula remoción son el principal problema que se presenta en esta laguna.

El agua residual tras haber sido tratada se dirige a las compuertas de salida, de las cuales solamente funciona una. Así mismo estas estructuras se encuentran oxidadas, corroídas y deterioradas por la acción del clima y su antigüedad.

Imagen No 37: Laguna de Maduración Pambadel



Fuente:(Autoras)

5.2.2.5. Descarga Final del efluente

El agua que ha recibido tratamiento secundario en el sistema de lagunaje, es descargada al río Girón por medio de una tubería de hormigón centrifugado de 200mm. El acceso al sitio de descarga es muy complicado, se debe descender montaña abajo.

5.2.2.6. Cerramiento, Caminos de Acceso y otros Elementos

Posee una puerta metálica en mal estado, postes de hormigón y alambre de puas.

La depuradora cuenta con un camino principal de tierra relleno con material del sitio. El acceso a distintas áreas de la PTAR es más sencillo comparada con la dificultad de acceso que se tiene en la PTAR de Zhuringualo.

La PTAR adolece de verjas de protección para las lagunas lo que hace que cualquier situación de riesgo pueda presentarse.

Imagen No 38: Cerramiento PTAR Pambadel



Fuente: (Autoras)

5.2.2.7. Área administrativa, caseta del Guardián y Bodegas

La construcción de las oficinas es a base de concreto con techo de zinc y puertas metalizadas, esta área se emplea solamente como bodega de equipo, material y maquinaria de construcción.

Por lo tanto no existe espacio para el trabajo de técnicos o personal de mantenimiento.

La caseta del guardián está construida con madera y techo de zinc. No desempeña ninguna función en vista de que no hay una persona que se desenvuelva en el cargo de guardián. (Ver Imagen No 39)

Imagen No 39: Caseta de Guardia totalmente deteriorado y en desuso



Fuente: (Autoras)

Se presenta el resumen de las condiciones actuales de las plantas de tratamiento. Tablas 27 y 28.

5.3. Aspectos Administrativos Generales de las PTAR

EL GAD municipal de Girón no prioriza el tratamiento de las aguas residuales, lo que explica el deterioro de las estructuras de tratamiento. No existe un técnico fijo asignado para trabajar en las plantas.

Las actividades designadas al personal que se dedica a mantenimiento son básicamente de limpieza y corte de malezas. El espacio físico para el trabajo de este personal no está adecuado para tal efecto. No se cuenta con elementos de seguridad e higiene para la gente que hace mantenimiento.

El acceso a estas depuradoras es sumamente sencillo, este hecho se evidencia en que la gente usa la planta de Zhuringalo como camino de paso para llegar a sus terrenos.

En la siguiente figura presentamos un diagrama de flujo para la depuradora.

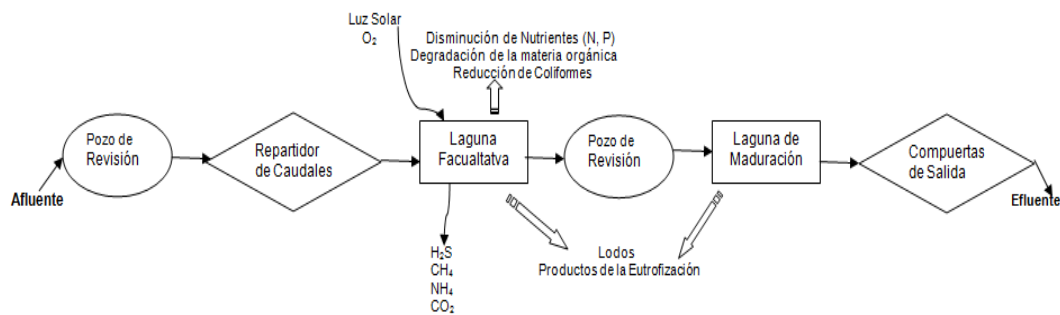


Figura No 14. Diagrama de Flujo de la PTAR de Pambadel

Elaboración: (Autoras).

5.4. Caracterización del Afluente y Efluente de los Sistemas de Lagunaje

5.4.1. Caracterización del Afluente y el Efluente de la PTAR de Zhuringualo

La caracterización de los afluentes y efluentes se realizaron en el laboratorio de Saneamiento de ETAPA. Se procedió a la medición de Parámetros In Situ con los instrumentos del laboratorio de Agua Potable del GAD Municipal.

Se establecieron 2 puntos de muestreo (Ver Imagen No 40). El punto número uno se ubicó en el repartidor de caudales a la entrada del sistema, el segundo punto se ubicó en la compuerta de descarga del efluente de la laguna de maduración.

Imagen No 40: Puntos de muestreo de Afluente y Efluente de la PTAR de Zhuringualo



Fuente: (Autoras)

5.4.2. Caracterización del Afluente y el Efluente de la PTAR de Pambadel

Las muestras de agua se enviaron al laboratorio de Saneamiento de ETAPA. Se midieron varios parámetros In Situ

Para la caracterización de efluentes y afluentes se establecieron 2 puntos de muestreo (Ver Imagen No 41). El primero se colocó en la bifurcación que está en pleno funcionamiento de repartidor de caudales a la entrada a la laguna facultativa, el otro punto se ubicó a la salida del sistema en la compuerta de descarga que conduce el agua al río.

Imagen No 41: Puntos de muestreo del Afluente y el Efluente de la PTAR de Pambadel



Fuente: (Autoras)

5.5. Medición de Parámetros In Situ de los Sistemas de Lagunaje de Pambadel y Zhuringualo -05/08/2015

Dentro del diagnóstico de los plantas de tratamiento de los sectores de Pambadel y Zhuringualo, se realizaron mediciones in situ de la conductividad, la temperatura y el pH de los afluentes y efluentes, en las tablas No.12 a la 17, se detallan los valores de dichas mediciones así como la determinación de las características organolépticas.

Tabla 12: Parámetros In Situ PTAR de Pambadel y Zhuringualo- año 2015

Parámetro	Zhuringualo (2015)		Pambadel (2015)	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Conductividad (µmhos/cm)	205,92	173,16	198,12	168,48
Temperatura	15,5	15,8	16,5	16,6
pH	6,9	7,8	7,5	8,9
Sólidos Totales Disueltos (mg/l)	*144,14	*121,21	*138,68	*117,94

*Sólidos Totales Disueltos (mg/l) = 0,7 * Conductividad (µmhos/cm)

Elaboración: (Autoras)



Tabla 13: Características Organolépticas- año 2015

Característica	Zhuringualo		Pambadel	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Color	Verde brillante	Verde más opaco	Verde brillante	Verde más opaco
Olor	Pútrido	Menos pútrido	Pútrido	Menos pútrido
Aspecto	Turbio, lleno de basura y sólidos.	Agua más clara	Turbio, lleno de basura y sólidos.	Agua más clara

Elaboración: (Autoras)

Tabla 14: Parámetros In Situ PTAR de Zhuringualo- año 2016

PARÁMETRO	Muestreo 1-05/2016		Muestreo 2-05/2016		Muestreo 3-05/2016		Muestreo 4-05/2016	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Conductividad (µmhos/cm)	258	191	274	206	250	175	267	188
Temperatura (°C)	17	17,5	19	19	20	19	20	21
pH	6,47	6,63	6,69	6,9	6,4	6,79	6,9	7,15
Sólidos Totales Disueltos (mg/l)	180,6	133,7	191,8	144,2	175	122,5	186,9	131,6

Elaboración: (Autoras)

**Tabla 15:** Características Organolépticas PTAR de Zhuringualo- año 2016

Características Organolépticas	Muestreo 1-05/2016		Muestreo 2-05/2016		Muestreo 3-05/2016		Muestreo 4-05/2016	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Color	Verde brillante	Verde más opaco	Verde brillante	Verde más opaco	Verde brillante	Verde más opaco	Verde brillante	Verde más opaco
Olor	Pútrido	Pútrido	Pútrido	Menos pútrido	Pútrido	Menos pútrido	Pútrido	Pútrido
Aspecto	Turbio, lleno de basura, sólidos y lechuguín	Agua más clara, presencia de lechuguín.	Turbio, lleno de basura, sólidos y lechuguín.	Agua más clara, presencia de lechuguín.	Turbio, lleno de basura, sólidos y lechuguín.	Agua más clara, presencia de lechuguín.	Turbio, lleno de basura, sólidos y lechuguín.	Agua más clara, presencia de lechuguín.

Elaboración: (Autoras)

**Tabla 16:** Parámetros In Situ PTAR de Pambadel- año 2016

PARÁMETRO	Muestreo 1-05/2016		Muestreo 2-05/2016		Muestreo 3-05/2016		Muestreo 4-05/2016	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
Conductividad (μ mhos/cm)	300	220	331	239	280	217	347	252
Temperatura (°C)	18	18,5	20	20	19	19,5	21	21
pH	6,6	6,5	6,85	7,01	6,98	6,77	7,35	8
Sólidos Totales Disueltos (mg/l)	210	154	231,7	167,3	196	151,9	242,9	176,4

Elaboración: (Autoras)

**Tabla 17:** Características Organolépticas PTAR de Pambadel- año 2016

Características Organolépticas	2 /05/2016		9/05/2016		16/05/2016		23/05/2016	
	Afluyente	Efluente	Afluyente	Efluente	Afluyente	Efluente	Afluyente	Efluente
Color	Verde brillante	Verde más opaco	Verde brillante	Verde más opaco	Verde brillante	Verde más opaco	Verde brillante	Verde más opaco
Olor	Pútrido	Aceptable	Pútrido	Aceptable	Pútrido	Aceptable	Pútrido	Aceptable
Aspecto	Turbio, lleno de basura, sólidos y lenteja de agua.	Más clara, presencia de lenteja de agua.	Turbio, lleno de basura, sólidos y lenteja de agua.	Más clara, presencia de lenteja de agua.	Turbio, lleno de basura, sólidos y lenteja de agua.	Más clara, presencia de lenteja de agua.	Turbio, lleno de basura, sólidos y lenteja de agua.	Más clara, presencia de lenteja de agua.

Elaboración: (Autoras).



5.6. Análisis de los Resultados de los Parámetros determinados In Situ

Según las características organolépticas observamos que el agua residual en las dos PTAR, en las lagunas facultativas presenta un color verde brillante, que significa que hay presencia de algas, lo cual es un claro signo de que el tratamiento biológico se desarrolla de manera normal. Las algas y las bacterias actúan en forma simbiótica, resultado de la degradación de la materia orgánica.

5.7. Resultados de los análisis entregados por el laboratorio de Saneamiento de ETAPA y de la Universidad de Cuenca de los afluentes y efluentes de los Sistemas de Lagunaje de Pambadel y Zhuringualo.

Para la caracterización de los afluentes y efluentes se procedió a realizar un muestreo simple, que consistió en la toma de muestras del agua cruda que ingresa a las dos plantas y del agua tratada que va al río Girón en el caso de las dos PTAR, este muestreo tiene fechas 27/05/2015, 29/12/2015, 2/05/2016, 6/05/2016, 10/05/2016, 13/05/2016, 16/05/2016, 20/05/2016 y 23/05/2016. Mientras que para un mayor nivel de confianza hemos registrado los datos de laboratorio del año 2014. Obteniendo los resultados que se detallan en las tablas 18 y 19.



Tabla 18: Determinación de Parámetros Físico-Químicos-Microbiológicos de las PTAR de Pambadel y Zhuringualo

PTAR		Zhuringualo		Pambadel		Zhuringualo		Pambadel	
Año		2014		2014		2015		2015	
Parámetros	Unidades	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
DBO ₅	mg/l	165	24	228	30	133	33	120	78
DQO	mg/l	433	160	516	193	665	256	304	287
pH		7,07	9,15	7,35	10,45	6,84	7,66	7,16	8,78
Sólidos Sedimentables						2	0,7	4	0,2
Nitritos +Nitratos	mg/l	0,112	0,06	0,032	0,03	0,06	0,03	0,02	0,52
Fósforo Total	mg/l					5,19	1,94	3,97	3,26
Coliformes Totales	NMP/100ml	1,1E+07	7E+04	1,16E+09	4,9E+05	3,3E+07	3,3E+05	1,3E+07	2,2E+05

Fuente: (Laboratorio de Saneamiento de ETAPA, 2014, 2015)

Tabla 19: Determinación de Parámetros Físico-Químicos-Microbiológicos de las PTAR de Pambadel año 2016

Fuente:(ETAPA, Universidad de Cuenca, 2016).

PTAR		Zhuringualo								Pambadel							
Fecha:		Muestreo 1- mayo de 2016		Muestreo 2- mayo de 2016		Muestreo 3- mayo de 2016		Muestreo 4- mayo de 2016		Muestreo 1- mayo de 2016		Muestreo 2- mayo de 2016		Muestreo 3- mayo de 2016		Muestreo 4- mayo de 2016	
Parámetros	Unidades	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
DBO ₅	mg/l	135	19	185	17	99	18	160	12	89	52	90	68	123	49	360	50
DQO	mg/l	281	103	517	70	339	78	416	54	225	118	220	140	398	73	691	85



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Sólidos Sedimenta_bles	mg/l	1,5	0,2	0,9	0,1	3	0,5	4	0	0,7	0,3	0,9	3,5	8	0,5	2	0
Nitratos +Nitritos	mgN/l	0,06	0,06	0,77	0,12	0,33	0,11	0,31	0,38	0,61	0,03	1,39	0,36	0,15	0,06	0,39	1,8
Coliformes Totales	NMP/100 ml	≥3600	≥2400	≥3400	≥2100	≥3300	≥2200	5,4E8 >3300	2,2E5 >2400	≥3000	≥2400	≥3250	≥28300	≥3100	≥2700	3,3E7 >3600	1,3E5 >2900
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	≥2800	≥1500	≥2800	≥1500	≥2800	≥1800	5,4E8 >2500	1,7E5 >1900	≥2600	≥1800	≥2800	≥1900	≥2600	≥2010	3,3E7 >2100	7,9E4 >1800
Fosforo Total	mg/l	3,67	1,46	3,53	1,94	3,13	1,92	6,27	1,69	3	1,68	3,78	2,23	4,49	1,48	3,03	4,68

Elaboración: (Autoras)



5.8. Comparación de los Afluentes y Efluentes de las PTAR de Pambadel y Zhuringualo con la Normativa Ambiental Vigente

En las tablas 20,21,22,23,24,25, se realiza las comparaciones de las concentraciones obtenidas de las dos plantas de tratamiento de aguas residuales del Cantón Girón, ubicadas en el Sector Pambadel y Zhuringualo, tanto de los afluentes como efluentes obtenidos en los años 2014, 2015 y 2016. Los análisis de laboratorio se comparan con los límites establecidos por el Texto Unificado de Legislación Ambiental TULSMA.



Tabla 20: Comparación de resultados de afluentes con los límites máximos permisibles de descarga al sistema de alcantarillado público (TULSMA) de la planta de tratamiento de aguas residuales sector Pambadel-años 2014 y 2015

Parámetros	Unidades	Límites máximos permisibles	Afluente Pambadel (2014)	Cumplimiento	Afluente Pambadel (2015)	Cumplimiento	Afluente Zhuringualo (2014)	Cumplimiento	Afluente Zhuringualo (2015)	Cumplimiento
DBO₅	mg/l	250	228	Cumple	120	Cumple	165	Cumple	133	Cumple
DQO	mg/l	500	516	No cumple	304	Cumple	433	Cumple	665	No cumple
Nitratos+ Nitritos	mgN/l	10	0,03	Cumple	0.02	Cumple	0,11	Cumple	0,06	Cumple
pH		5-9	7,35	Cumple	7.16	Cumple	7,05	Cumple	6,84	Cumple
Sólidos Sedimentables	ml/l	20		No hay valores	4	Cumple		No hay valores	2	Cumple
Coliformes Totales	NMP/100 mg	Remoción > al 99,9%	1,6E+09 99,9	Cumple	1,3E+07 98,3	No cumple	1,1E+07 99	No cumple	3,3E+07 99	No cumple
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mg	Remoción > al 99,9%	3,5E+07 99,3	No cumple	4,9E+06 97,76	No cumple	7E+06 97,75	No cumple	2,3E+07 99	No cumple
Fósforo Total	mg/l	15		No hay valores	3,97	Cumple		No hay valores	5,19	Cumple
Temperatura	°C	<40		No hay valores	16,5	Cumple		No hay valores	15,5	Cumple

Elaboación: (Autoras)



Tabla 21: Comparación de resultados de efluentes con los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce (TULSMA) de la planta de tratamiento de aguas residuales sector Pambadel año -2014,2015

Parámetros	Unidades	Límites Máximos Permisibles	Efluente Pambadel (2014)	Cumplimiento	Efluente Pambadel (2015)	Cumplimiento	Efluente Zhuringualo (2014)	Cumplimiento	Efluente Zhuringualo (2015)	Cumplimiento
DBO ₅	mg/l	100	30	Cumple	78	Cumple	24	Cumple	33	Cumple
DQO	mg/l	250	193	Cumple	287	No cumple	160	Cumple	256	No cumple
Nitratos + Nitritos	mgN/l	10	0,03	Cumple	0,52	Cumple	0,06	Cumple	0,03	Cumple
pH		5-9	10,45	No cumple	8,78	Cumple	9,15	No cumple	7,66	Cumple
Sólidos Sedimentables	ml/l	1,0		No hay valores	0,2	Cumple		No hay valores	0,7	Cumple
Coliformes Totales	NMP/100 mg	Remoción > al 99,9%	4,9E+05 99,9	Cumple	2,2E+05 98,3	No cumple (2015)	1,1E+07 99	No cumple	3,3E+05 99	No cumple
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mg	Remoción > al 99,9%	2,4E+05 99,3	No cumple	4,9E+06 97,76	No cumple	7E+06 97,75	No cumple	2,3E+07 99	No cumple
Fósforo Total	mg/l	10		No hay valores	3,26	Cumple		No hay valores	1,94	Cumple
Temperatura	°C	<35		No hay valores	16,6	Cumple		No hay valores	15,8	Cumple

Elaboración: (Autoras)



Tabla 22: Comparación de resultados de afluentes con los límites máximos permisibles de descarga al sistema de alcantarillado público (TULSMA) de la planta de tratamiento de aguas residuales sector Pambadel -año 2016

Parámetros	Unidades	Límites Máximos Permisibles	Afluente Pambadel (Muestreo 1-2016)	Cumplimiento	Afluente Pambadel (Muestreo 2-2016)	Cumplimiento	Afluente Pambadel (Muestreo 3-2016)	Cumplimiento	Afluente Pambadel (Muestreo 4-2016)	Cumplimiento
DBO ₅	mg/l	250	89	Cumple	90	Cumple	123	Cumple	360	No Cumple
DQO	mg/l	500	225	Cumple	220	Cumple	398	Cumple	691	No cumple
Nitratos + Nitritos	mgN/l	10	0,61	Cumple	1,39	Cumple	0,15	Cumple	0,39	Cumple
Sólidos Sedimentables	ml/l	20	0,7	Cumple	0,9	Cumple	8	Cumple	2	Cumple
Coliformes Totales	NMP/100 mg	Remoción > al 99,9%	≥3000 20	No cumple	≥3250 -770,76	No cumple	≥3100 13,9	No cumple	3,3E7 99,6 ≥3600 19,44	No cumple
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mg	Remoción > al 99,9%	≥2600 30,77	No cumple	≥2800 32,14	No cumple	≥2600 22,69	No cumple	3,3E7 99,76 ≥210014,29	No cumple
Fósforo Total	mg/l	15	3	Cumple	3,78	Cumple	4,49	Cumple	3,03	Cumple
pH		5-9	6,6	Cumple	6,85	Cumple	6,98	Cumple	7,35	Cumple
Temperatura	°C	<40	18	Cumple	20	Cumple	19	Cumple	21	Cumple

Elaboración: (Autoras)



Tabla 23: Comparación de resultados de efluentes con los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce (TULSMA) de la planta de tratamiento de aguas residuales sector Pambadel -año 2016

Parámetros	Unidades	Límites Máximos Permisibles	Efluente Pambadel (Muestreo 1-2016)	Cumplimiento	Efluente Pambadel (Muestreo 2-2016)	Cumplimiento	Efluente Pambadel (Muestreo 3-2016)	Cumplimiento	Efluente Pambadel (Muestreo 4-2016)	Cumplimiento
DBO₅	mg/l	100	52	Cumple	68	Cumple	49	Cumple	50	Cumple
DQO	mg/l	250	118	Cumple	140	Cumple	73	Cumple	85	Cumple
Nitratos + Nitritos	mgN/l	10	0,03	Cumple	0,36	Cumple	0,06	Cumple	1,8	Cumple
Sólidos Sedimentables	ml/l	1,0	0,3	Cumple	3,5	No cumple	0,5	Cumple	0	Cumple
Coliformes Totales	NMP/100 mg	Remoción > al 99,9%	>2400 20	No cumple	>28300 -770,76	No cumple	>2700 12,9	No cumple	1,3E5 99,6 >2900 19,6	No cumple
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mg	Remoción > al 99,9%	>1800 30,77	No cumple	>1900 32,14	No cumple	>2010 22,69	No cumple	7,9E4 99,76 >1800 14,29	No cumple
Fósforo Total	mg/l	10	1,68	Cumple	2,23	Cumple	1,48	Cumple	4,68	Cumple
Ph		5-9	6,5	Cumple	7,01	Cumple	6,77	Cumple	8	Cumple
Temperatura	°C	<35	18,5	Cumple	20	Cumple	19,5	Cumple	21	Cumple

Elaboración: (Autoras)



Tabla 24: Comparación de resultados de afluentes con los límites máximos permisibles de descarga al sistema de alcantarillado público (TULSMA) de la planta de tratamiento de aguas residuales sector Zhuringualo-año 2016

Parámetros	Unidades	Límites Máximos Permisibles	Afluente Zhuringualo (Muestreo 1-2016)	Cumplimiento	Afluente Zhuringualo (Muestreo 2-2016)	Cumplimiento	Afluente Zhuringualo (Muestreo 3-2016)	Cumplimiento	Afluente Zhuringualo (Muestreo 4-2016)	Cumplimiento
DBO ₅	mg/l	250	135	Cumple	185	Cumple	99	Cumple	160	Cumple
DQO	mg/l	500	281	Cumple	517	No cumple	339	Cumple	416	Cumple
Nitratos + Nitritos	mgN/l	10	0,06	Cumple	0,77	Cumple	0,33	Cumple	0,31	Cumple
Sólidos Sedimentables	ml/l	20	1,5	Cumple	0,9	Cumple	3	Cumple	4	Cumple
Coliformes Totales	NMP/100 mg	Remoción > al 99,9%	>3600 33,33	No cumple	>3400 38,24	No cumple	>3300 33,33	No cumple	5,4E8 99,95 ≥3300 27,27	Cumple No cumple
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mg	Remoción > al 99,9%	>2800 46,43	No cumple	>2800 46,43	No cumple	>2800 35,71	No cumple	5,4E8 99,96 ≥2500 24	Cumple No cumple
Fósforo Total	mg/l	15	3,67	Cumple	3,53	Cumple	3,13	Cumple	6,27	Cumple
Ph		5-9	6,47	Cumple	6,69	Cumple	6,4	Cumple	6,9	Cumple
Temperatura	°C	<40	17	Cumple	19	Cumple	20	Cumple	20	Cumple

Elaboración: (Autoras)



Tabla 25: Comparación de resultados de efluentes con los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce (TULSMA) de la planta de tratamiento de aguas residuales sector Zhuringualo -año 2016

Parámetros	Unidades	Límites Máximos Permisibles	Efluente Zhuringualo (Muestreo 1-2016)	Cumplimiento	Efluente Zhuringualo (Muestreo 2-2016)	Cumplimiento	Efluente Zhuringualo (Muestreo 3-2016)	Cumplimiento	Efluente Zhuringualo (Muestreo 4-2016)	Cumplimiento
DBO₅	mg/l	100	19	Cumple	17	Cumple	18	Cumple	12	Cumple
DQO	mg/l	250	103	Cumple	70	Cumple	48	Cumple	54	Cumple
Nitratos + Nitritos	mgN/l	10	0,06	Cumple	0,12	Cumple	0,11	Cumple	0,38	Cumple
Sólidos Sedimentables	ml/l	1,0	0,2	Cumple	0,1	Cumple	0,5	Cumple	0	Cumple
Coliformes Totales	NMP/100 mg	Remoción > al 99,9%	>2400 33,33	No cumple	>2100 38,24	No cumple	>2200 33,33	No Cumple	2,2E5 99,95 >2400 27,27	Cumple No cumple
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mg	Remoción > al 99,9%	>1500 46,43	No cumple	>1500 46,43	No cumple	>1800 35,71	No cumple	1,7E5 99,96 >1900 24	Cumple No cumple
Fósforo Total	mg/l	10	1,46	Cumple	1,94	Cumple	1,92	Cumple	1,69	Cumple
Ph		5-9	6,63	Cumple	6,9	Cumple	6,79	Cumple	7,15	Cumple
Temperatura	°C	<35	17,5	Cumple	19	Cumple	19	Cumple	21	Cumple

Elaboración: (Autoras)



5.9. Porcentajes de Eficiencia de las PTAR de Pambadel y Zhuringualo

En la tabla N. 26 detallamos los resultados calculados de las eficiencias de remoción de contaminantes, de los parámetros analizados.

Tabla 26: % de Eficiencia de las PTAR

PTAR	Zhuringualo			Pambadel		
	% de Eficiencia (2014)	% de Eficiencia (2015)	% de Eficiencia (2016)	% de Eficiencia (2014)	% de Eficiencia (2015)	% de Eficiencia (2016)
DBO ₅	85,45	75,18	87,76	86,84	35	53,07
DQO	63,04	61,5	78,45	62,59	5,59	63,32
Sólidos Sedimentables		65	89,72		95	-9,5
Nitritos +Nitratos	0,46	50	32,13	6,25	-2500	-33,09
Coliformes Totales	99	99	99,95	99,9	98,3	99,6
Coliformes Termotolerantes	97,75	99	99,96	99,3	97,76	99,76
Fósforo Total		62,62	54,24		17,88	24,42
Sólidos Disueltos Totales		15,9	27,59		14,98	26,09
Total % Eficiencia	69,14	66,03	71,23	70,98	-266,94	40,45

Elaboración: (Autoras)

5.10. Análisis de los Resultados entregados por el laboratorio de Saneamiento de ETAPA de la Caracterización de los Afluentes y Efluentes, comparación con la normativa establecida en el TULSMA y porcentajes de Eficiencia de las PTARs de Pambadel y Zhuringualo

5.10.1. PTAR de Pambadel en el 2014

Los resultados de los afluentes se compararon con la normativa dada por el TULSMA para descarga al Alcantarillado Público, con los datos de esta



comparación podemos decir que desde el ingreso a la Planta de tratamiento existe incumplimiento con dicha normativa en los parámetros de DQO, turbiedad y coliformes termotolerantes. Lo que deviene en un problema a la hora de la depuración.

En cuanto a los efluentes, los valores se compararon con los dados por la Normativa del TULSMA referentes a Límites de descarga a Cuerpos de Agua Dulce. Mediante esta comparación se determinó, que existen problemas de incumplimiento en parámetros como pH y coliformes termotolerantes. Si analizamos los porcentajes de remoción de contaminantes en la PTAR de Pambadel en el año 2014, de acuerdo a los parámetros analizados se tiene que la planta trabaja a un 70,98% de eficiencia.

Los valores menores de remoción pertenecen a parámetros como: nitratos+ nitritos (6,25%), mientras que en lo que respecta a remoción de coliformes tenemos valores de 99,9% y 99,3% para coliformes totales y termotolerantes respectivamente.

La remoción de contaminantes se efectúa en la planta de Pambadel, no obstante no se cumplen los porcentajes estipulados en la normativa. Existen problemas en la remoción de nitritos, dando valores negativos en la eficiencia de depuración, lo que significa que en lugar de que la concentración de contaminantes se reduzca, hay un aumento significativo.

5.10.2. PTAR de Pambadel en el 2015

En lo que respecta a la caracterización de los efluentes y su posterior comparación con la legislación encontramos problemas de incumplimiento en la DQO, coliformes termotolerantes y fósforo total.

En cuanto a los porcentajes de remoción de contaminantes según los valores entregados por el laboratorio de Saneamiento de ETAPA de los parámetros a la entrada del sistema de lagunaje y a la salida, obtuvimos que la PTAR tiene una eficiencia promedio de -666,94%, debido al incremento de nitratos y nitritos a la salida de la PTAR.



Los valores más bajos en eficiencia de remoción de contaminantes pertenecen a parámetros como: DBO_5 (35%), DQO (5,59%), fósforo total (49,58%), aumento en la concentración de nitratos y nitritos (-2500%), y aumento del pH de un valor de 7,16 a 8,78 en el efluente, mientras que los coliformes están en un rango de remoción de 98,3% y 97,76% para totales y termotolerantes.

5.10.3. PTAR de Pambadel en el 2016

Con los resultados de los laboratorios de ETAPA y de la Universidad de Cuenca se llevó a cabo una comparación con la normativa establecida por el TULSMA, hallando que las inconsistencias en el cumplimiento de la normativa ocurren en el caso de los coliformes totales y termotolerantes.

En lo referente a la remoción de contaminantes se obtuvieron promedios negativos de - 9,5% para sólidos sedimentables, -33,09 para NO_3 y NO_2 , de los resultados entregados por la Universidad de Cuenca para coliformes totales calculamos un valor -17,6% 123,76%. El valor promedio de eficiencia a la que opera la planta es de 40,45%.

5.10.3. PTAR de Zhuringualo en el 2014

Para el diagnóstico de la planta de tratamiento de Zhuringualo, se compararon los resultados entregados por el laboratorio de Saneamiento de ETAPA con la normativa del TULSMA que especifica límites de Descarga al sistema de Alcantarillado Público, de dicho análisis deducimos que existen problemas en el cumplimiento en parámetros como son: coliformes totales y termotolerantes, en contraposición, se encuentran dentro de la normativa parámetros importantes como: DBO_5 , nitratos y nitritos.

De manera similar a lo efectuado para el diagnóstico de la PTAR de Pambadel, hemos procedido a realizar la caracterización de los efluentes mediante los resultados proporcionados por el laboratorio de ETAPA, realizando su comparación con la normativa relacionada a Límites de descarga a cuerpos de Agua Dulce. De dichos datos mencionamos que existe incumplimiento en los valores de pH, turbiedad, coliformes totales y termotolerantes. Mientras que los parámetros que se encuentran en cumplimiento con la normativa son: DBO_5 , DQO y Nitritos+Nitratos.



Al momento de analizar los valores de los parámetros del agua cruda y tratada de la PTAR de Zhuringualo en el año 2014, obtenemos como resultado de la eficiencia de la planta un promedio de 69,14% en el proceso de depuración.

Para obtener la eficiencia promedio que hemos detallado, analizamos parámetros como DBO_5 , DQO, sólidos sedimentables, nitratos+nitritos, coliformes totales y termotolerantes, arrojando valores para nitratos y nitritos de 0,46%, 99% y 97,75% para coliformes totales y termotolerantes.

Como en el caso de la PTAR de Pambadel, hay remoción de varios contaminantes, sin que esto signifique que hay total cumplimiento de la normativa. Los nitritos por ejemplo entran al sistema con una concentración de $<0,002$ y salen con una concentración de 0,03.

5.10.4. PTAR de Zhuringualo en el 2015

Siguiendo un procedimiento similar al de los casos anteriores, sometiendo los resultados de laboratorio a comparación con los límites estipulados en la normativa para descarga al sistema de alcantarillado público, encontramos que parámetros como: DBO_5 , Nitritos + Nitratos, pH y Sólidos sedimentables se encuentran cumpliendo la normativa, mientras que valores como: DQO, coliformes totales y termotolerantes.

Para los efluentes, la situación se describe de la siguiente manera; al comparar los resultados dados por el laboratorio con la normativa correspondiente a descargas a cuerpos de agua dulce, hallamos que, DQO, coliformes totales y termotolerantes, se encuentran incumpliendo la normativa. Parámetros como DBO_5 , pH, sólidos sedimentables cumplen con la regulación.

La eficiencia con la que opera la planta de tratamiento de aguas residuales de Zhuringualo en el 2015 es de 66,03%. Los parámetros que se consideraron para obtener tal resultado son: DBO_5 , DQO, sólidos sedimentables y totales, nitritos+nitratos, coliformes totales, termotolerantes, fósforo total. El único valor equivalente al 50% de eficiencia es para los nitratos y nitritos, para coliformes totales y termotolerantes, los resultados son de 99% en cada caso, lo que no es suficiente ya que no cumplen con la normativa.

5.10.5. PTAR de Zhuringualo en el 2016

Similarmente se emplean los resultados de los laboratorios de ETAPA y de la Universidad de Cuenca para su comparación con la normativa para descargas al sistema de alcantarillado y cuerpos de agua dulce respectivamente. Según resultados entregados por ETAPA existe cumplimiento en el requerimiento normativo para coliformes totales y fecales, en cuanto a los resultados del Laboratorio de de la Universidad de Cuenca existe incumplimiento. Con los resultados obtenidos de los 4 muestreos se calcula una eficiencia de 71,23% a la que opera la planta, el menor valor obtenido es para los nitritos y nitratos de 32,13%.

En el gráfico 1 se presenta un balance de los porcentajes de eficiencia a la cual operan las dos depuradoras de aguas residuales, de acuerdo a los análisis disponibles del 2014, 2015 y 2016. Notando así que la mayor eficiencia alcanzada corresponde a la Planta de Pambadel en el 2014 con un valor de 70,98%. Sin embargo, ocurren procesos de reducción de contaminantes en cada una de las plantas en los periodos analizados.

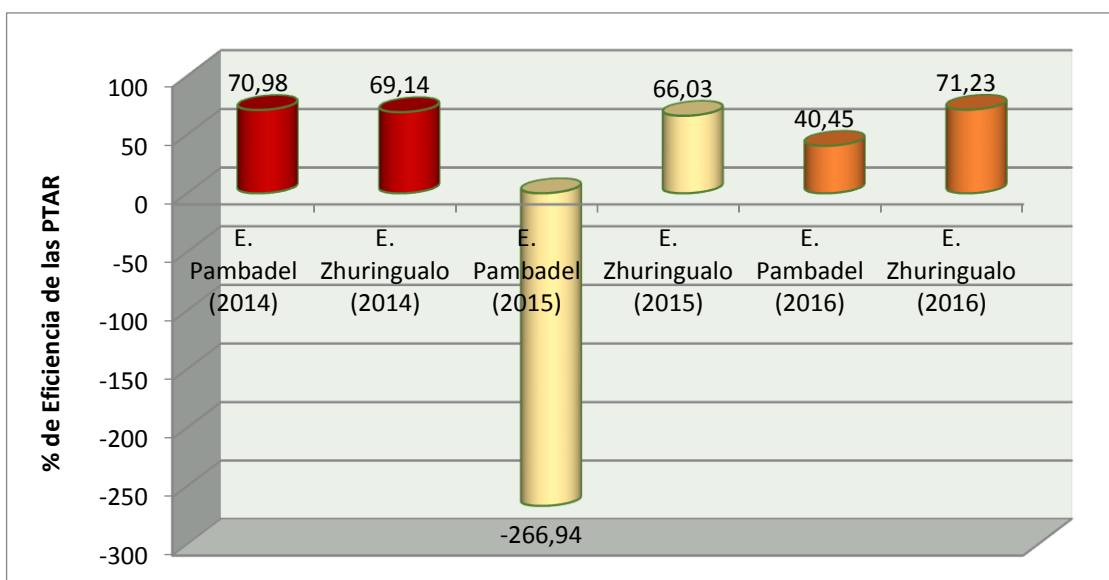


Gráfico No 1: Eficiencia de las PTAR

Elaboración: (Autoras)

5.11. Análisis de Resultados de los parámetros evaluados

La remoción de la DBO₅ ocurre en todos los escenarios estudiados. Lo que significa que la materia orgánica que ingresa a las PTAR está siendo degradada. Este parámetro se encuentra cumpliendo la normativa ambiental estipulada en el TULSMA para descarga a los cuerpos de agua dulce. En el muestreo del 2015 efectuado en Pambadel observamos que se produce la menor reducción de los parámetro estudiados con un valor inicial de 120mg/l a un valor de 78mg/l a la salida del efluente.

En el muestreo del 2016 efectuado en Pambadel observamos que se produce la menor eliminación del contaminantes con un valor inicial de 90 mg/l a un valor de 68 mg/l a la salida del efluente. De igual manera para la PTAR de Zhuringualo en el 2016 se produce una eliminación del contaminante con un valor inicial de 99 mg/l a un valor de 18 mg/l a la salida del efluente

En el gráfico 2 se comparan las eficiencias alcanzadas en la reducción de la DBO₅

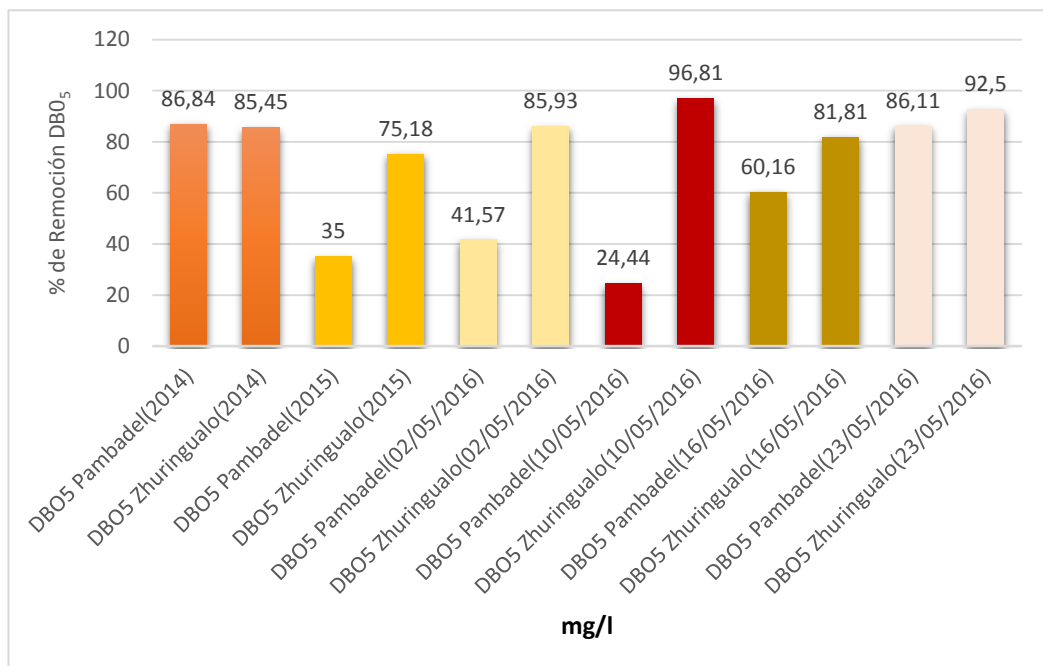


Gráfico No 2: Porcentajes de remoción de DBO₅

Elaboración: (Autoras)

La normativa para límites de descarga a cuerpos de agua dulce establece un límite máximo permisible de 250mg/l de DQO. Observamos el incumplimiento en el caso de las dos PTAR en el año 2015, con valores de 287mg/l y 256mg/l

en Pambadel y Zhuringualo respectivamente. En el año 2014 y 2016 existe cumplimiento en la reducción de este parámetro. Podemos decir que existe oxidación de compuestos orgánicos produciendo CO_2 . En el gráfico 3 especificamos la eficiencia en la remoción de DQO en los casos indicados.

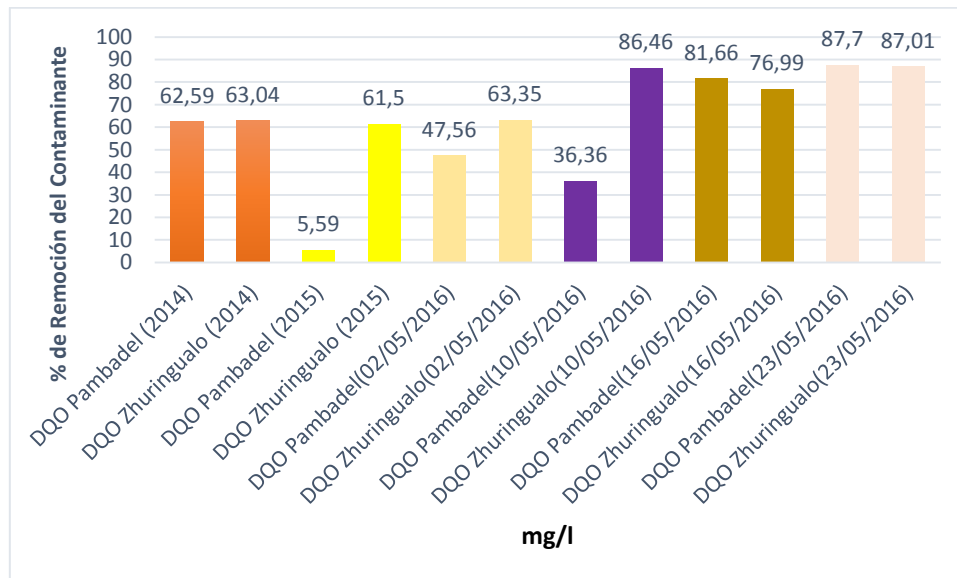


Gráfico No 3: Porcentajes de reducción de DQO

Elaboración: (Autoras)

El nitrógeno se encuentra en forma orgánica en las aguas residuales, este se descompone en nitrógeno amoniacal y a su vez este en nitratos y nitritos (Hernández et al., 1996). Los nitritos sirven de nutrientes lo que deviene en problemas de eutrofización. En el gráfico 4 podemos analizar el comportamiento de este parámetro en las plantas de tratamiento de aguas residuales estudiadas. La eficiencia en la remoción de nitratos+nitritos es muy baja, exceptuando en la Planta de Pambadel en el año 2016 donde alcanza un punto máximo con un 95,08% de eficiencia y para PTAR de Zhuringualo de 84,42 %. Notamos que en la planta de Pambadel en el año 2016 existe un incremento de un valor de 0,02mgN/l a de 0,52mgN/l en el efluente.

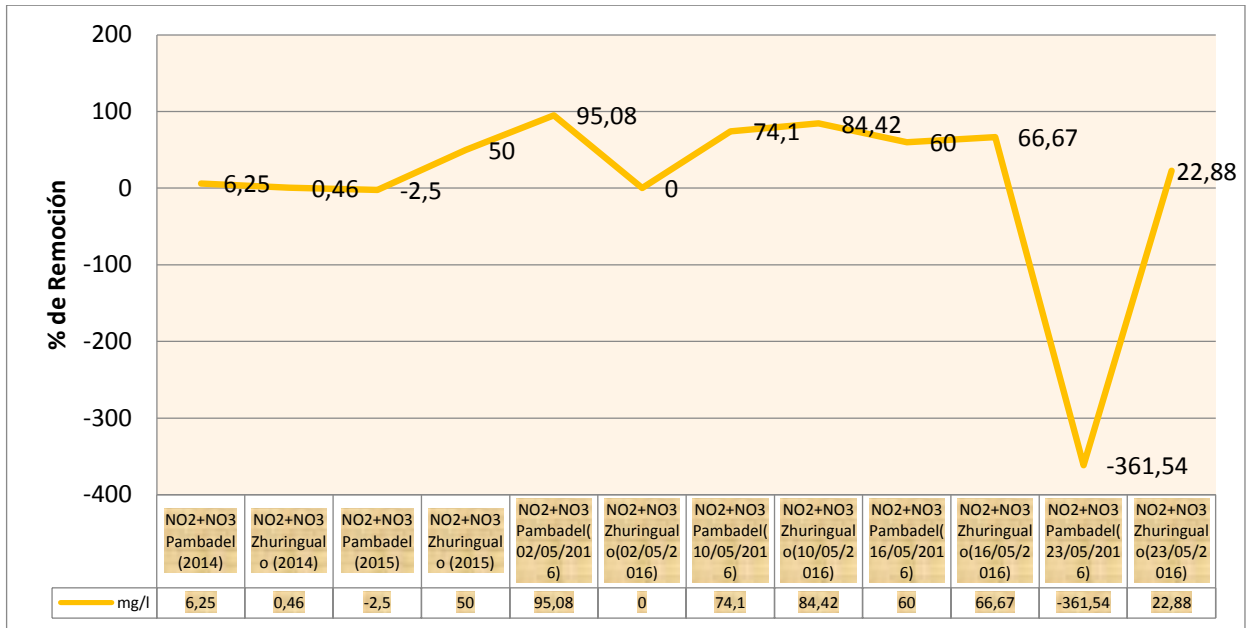


Gráfico No 4: Porcentajes de remoción de Nitritos+Nitratos

Fuente: (Autoras)

La presencia de fósforo se debe a detergentes y demás productos de limpieza. Un exceso en la carga contaminante genera problemas de eutrofización. Los valores obtenidos de los muestreos realizados en el año 2015 y 2016 nos indican que se está cumpliendo con la normativa ambiental que permite 10mg/l en ambos sistemas. La eficiencia mayor en remoción de este parámetro se presenta en la planta de Zhuringualo en el 2016 con un 73%, lo que no explica el nivel de colmatación de lechuguín en este sistema de tratamiento. El pico más bajo en la gráfica corresponde al penúltimo muestreo del mes de mayo con un valor negativo de -54,46%, lo que indica que no hay remoción de fósforo si no que más bien se produce un incremento en el efluente. En el gráfico No 5 se distingue la variación de eficiencia en la remoción de este nutriente.

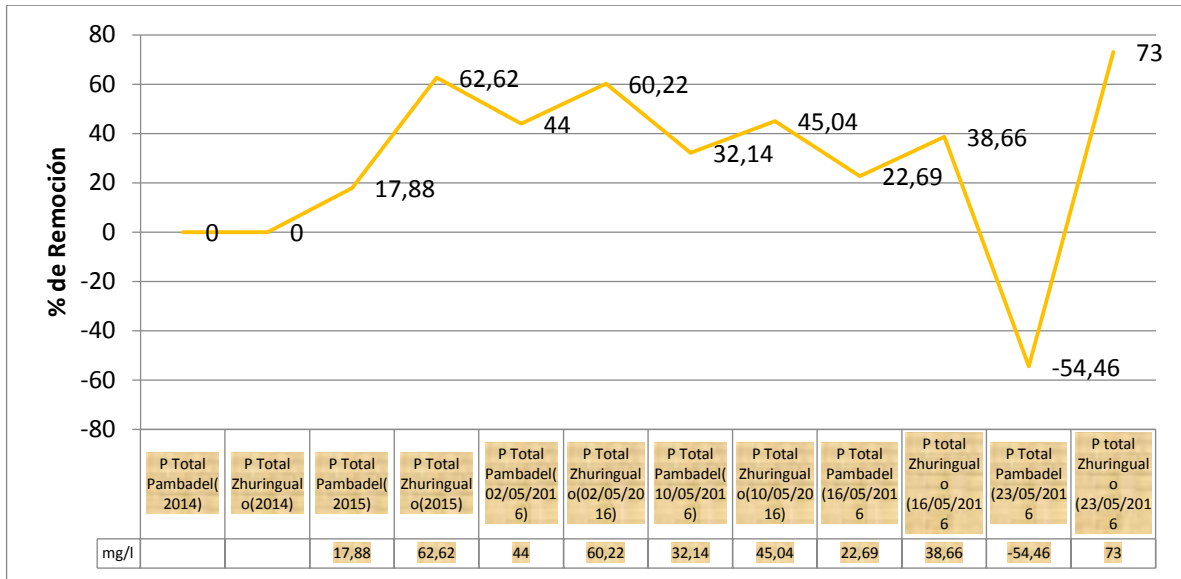


Gráfico No 5: Porcentajes de Remoción de Fósforo

Elaboración: (Autoras)

En el gráfico a continuación analizamos los coliformes totales, que como bien es conocido; son los causantes de enfermedades infecciosas y parasitarias. El TULSMA en el Libro VI, Anexo 1, Tabla 12, establece que debe existir una remoción al 99,9% de este parámetro. Analizando los resultados se cumple esta condición en la PTAR de Pambadel en el 2014 y en la PTAR de Zhuringualo en 2016. En los otros casos analizados se dan porcentajes de remoción de 99% en Zhuringualo en los años 2014 y 2015, y una remoción de 98,3% en Pambadel en el 2015. Haciendo que debido a este incumplimiento no sea recomendable su reuso para fines agropecuarios.

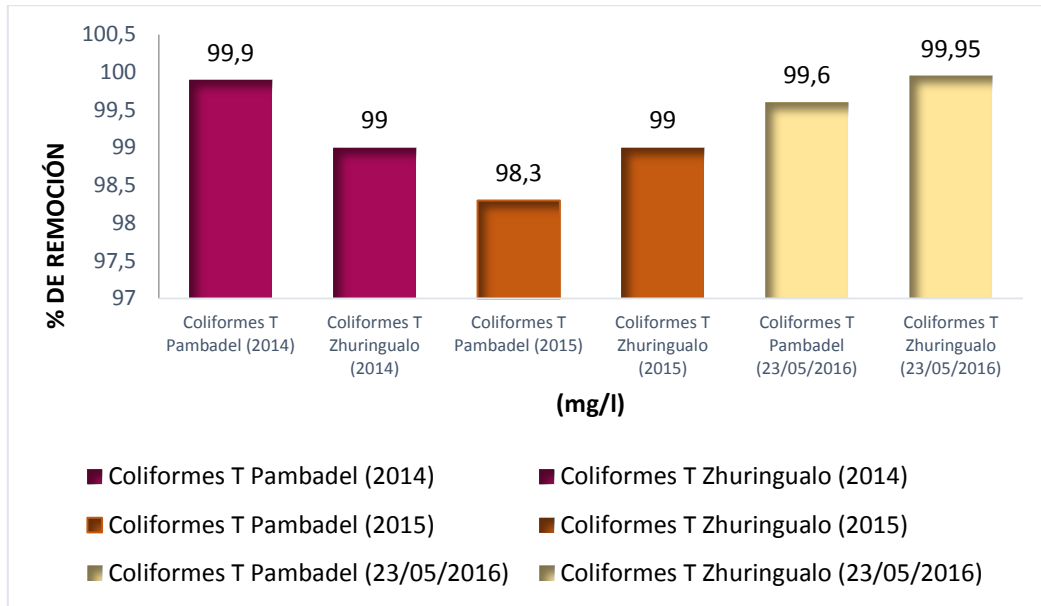


Gráfico No 6: Porcentajes de Remoción de Coliformes Totales.

Elaboración: (Autoras)

En el gráfico No 7 se evalúan las eficiencias en la remoción de coliformes termotolerantes. La normativa estipula que debe haber una remoción de 99,9% de ese contaminante biológico. Se cumple con la normativa en la PTAR Zhuringualo en uno de los análisis del 2016. El porcentaje de menor eficiencia se produce en el 2014 en la planta de Zhuringualo con un valor de 97.75%.

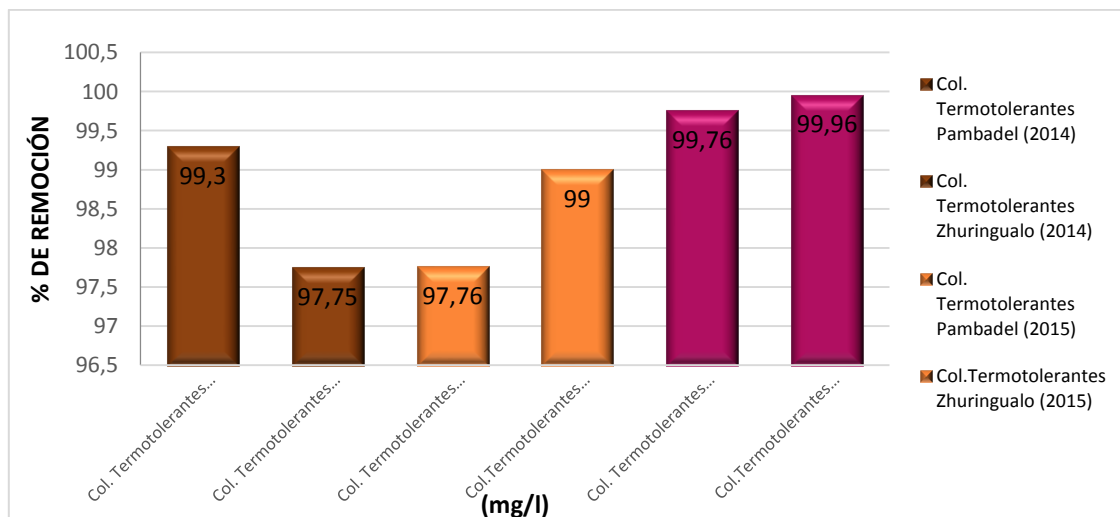


Gráfico No 7: Porcentajes de Remoción de Coliformes Termotolerantes

Elaboración: (Autoras)

Al no existir un sistema de pretratamiento, hay una gran cantidad de sólidos en el agua residual. En la tabla No 8, se analizan los resultados existentes

proporcionados por el GAD municipal de Girón, del 2014 y los correspondientes a los muestreos efectuados en el 2015 y 2016. Los muestreos de los años 2015 y 2016, dan valores que se encuentran dentro del rango aceptable. No obstante nunca se han retirado los sedimentos que se encuentran en el fondo de la laguna en casi 20 años. Los porcentajes de eficiencia alcanzados también son aceptables con valores de 100 %, en contraparte existe una deficiencia de -288,89% en la PTAR Pambadel en el año 2016.

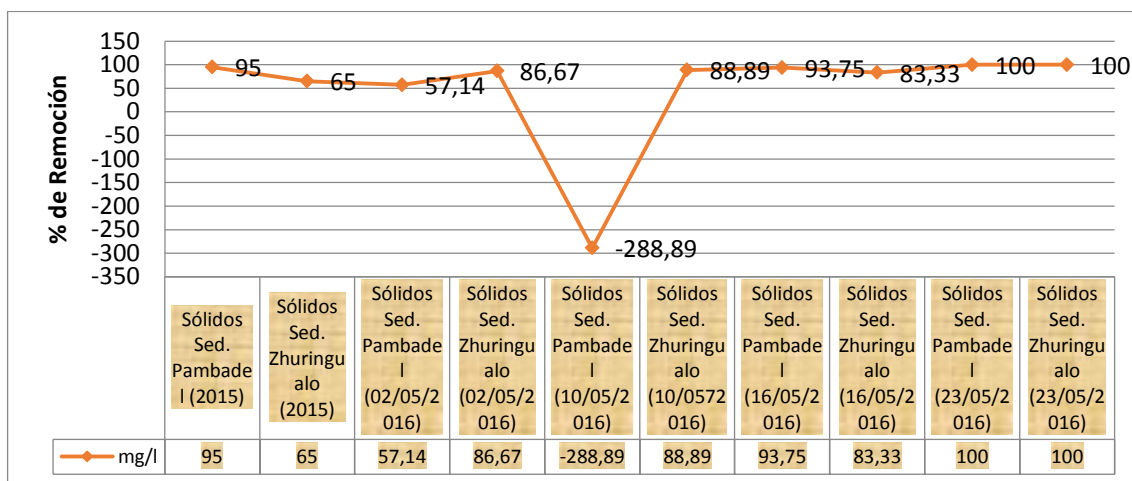


Gráfico No 8: Porcentajes de Remoción de Sólidos Sedimentables

Elaboración: (Autoras)

Los Sólidos disueltos Totales comprenden sales inorgánicas y sustancias orgánicas, su determinación es importante al momento de determinar la efectividad de tratamientos biológicos. El promedio general para los ríos alrededor del mundo de sólidos disueltos totales se aproxima a 120 ppm (Livingston, 1963). Los T.D.S. afectan los tratamientos biológicos por cuanto impiden la penetración de la luz solar en la columna del agua. Los valores mayores obtenidos para los afluentes corresponden a 242,9ppm para el afluente de Pambadel y de 186,9ppm para afluente de Zhuringualo en el 2016, en tanto que el valor más bajo registrado es para el efluente en Pambadel con un valor de 117,94 en 2015. En todos los casos considerados hay disminución de este parámetro, aunque esta cifra no sobrepasa el 30% como puede apreciarse en el gráfico 9.

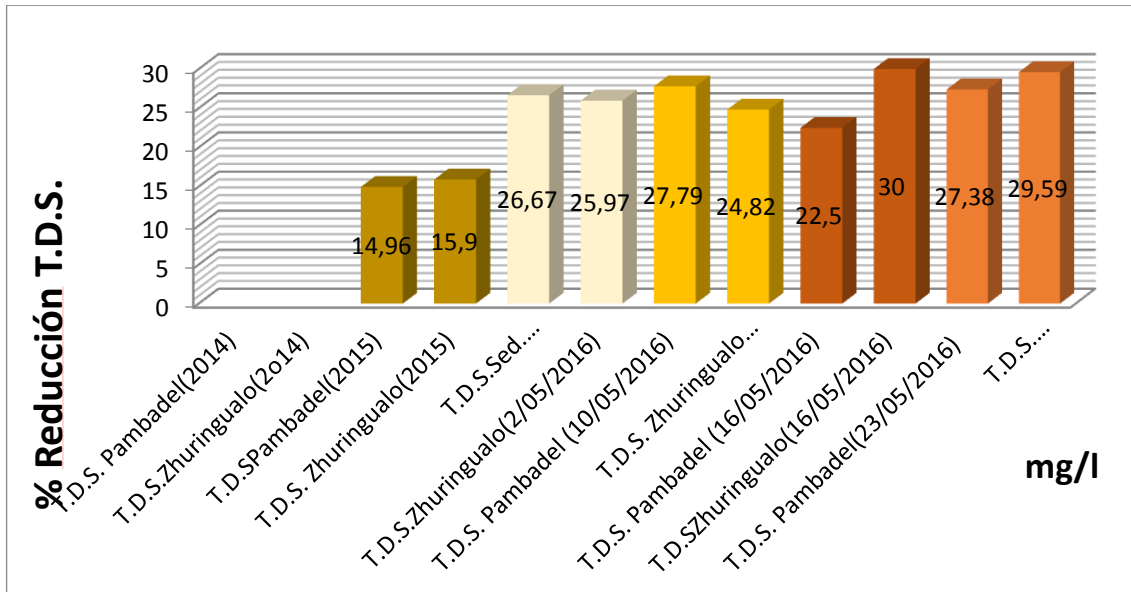


Gráfico No 9: Porcentajes de Variación de T.D.S.

Elaboración: (Autoras)

El valor de pH en el 2014 para el afluente de la PTAR de Zhuringualo fue de 7,05 mientras que para el efluente hubo un incremento a 9,15. La planta de Pambadel tuvo cifras de 7,35 en el afluente y 10,45 en el efluente. Para la PTAR de Pambadel en el 2015, hallamos valores de 7,16 en el afluente y 8,78 para el efluente. La planta de Zhuringualo presenta valores para el afluente de 6.84 y 7,66 para el efluente. En el 2016 obtuvimos valores entre 6,6 y 7,35 para afluentes y de 6,5 y 8 para efluentes en Pambadel, en tanto que para la PTAR de Zhuringualo valores de 6,4 a 6,9 para afluente y 6,63 y 7,15 en el efluente en la PTAR de Zhuringualo en el 2016. La normativa estipula valores de entre 5 y 9 que permiten un ambiente adecuado para la depuración. De esta forma se concluye que existe un ligero incumplimiento en el efluente de Pambadel en el 2014. El pH de los dos sistemas de lagunaje tiende a la alcalinidad. El pH es generalmente básico en el día y ácido por las noches, debido a la liberación de CO₂, lo que hace que el pH disminuya (Ramalho, et al, 1990); en vista de que las muestras tomadas en 2015 y 2016 se hicieron en horas de la mañana, existe congruencia en los resultados obtenidos. En la tabla 10 se detallan los rangos de pH determinados en la investigación.

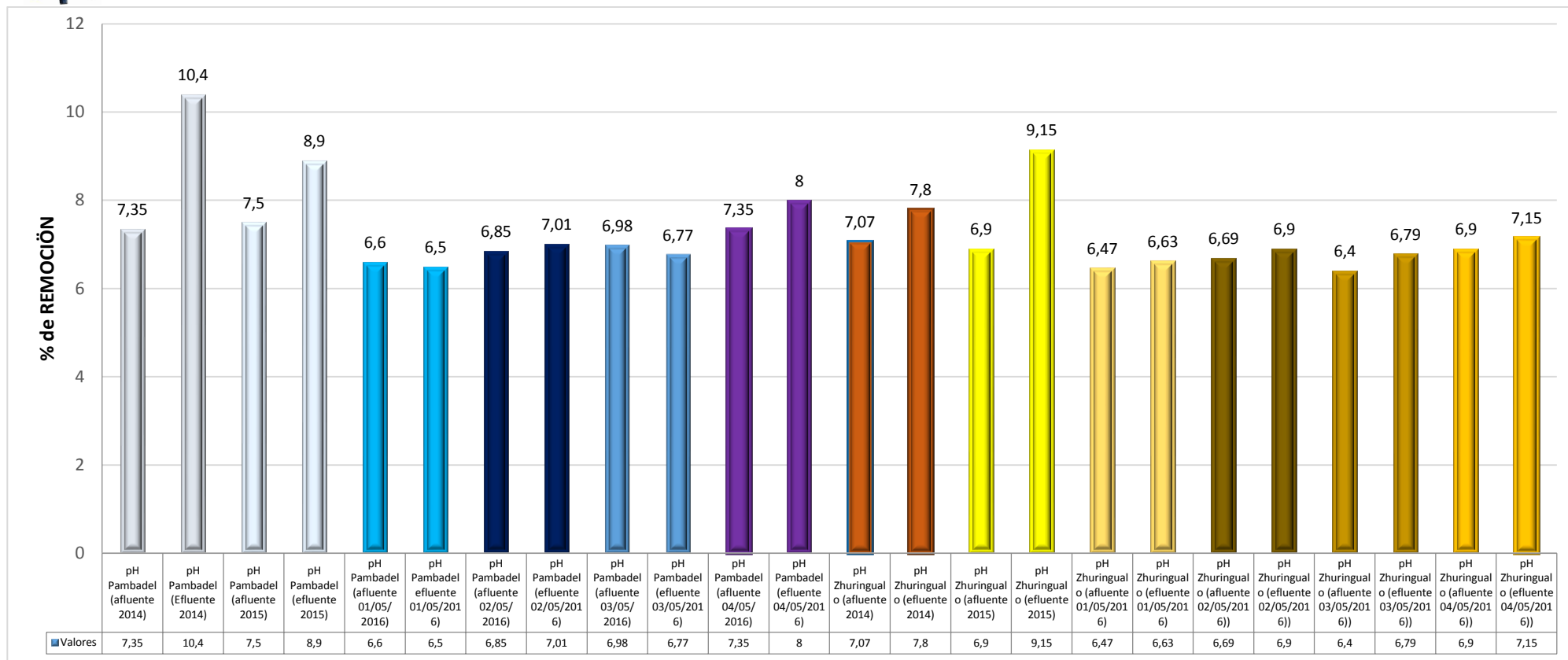


Gráfico No 10: Porcentajes de Variación de pH

Elaboración: (Autoras)



Los valores de temperatura fueron tomados in situ, usando un termómetro de alcohol industrial. En el gráfico 11, podemos observar los valores de temperatura obtenidos en los muestreos. Se presenta un comportamiento muy similar en los 4 muestreos efectuados en el mes de mayo del 2016, los valores más bajos se tomaron en el 2015, estas cifras varían entre los 15,5°C y los 16,6°C para las dos PTAR. En el segundo, tercer cuarto y quinto muestreos del 2016 los valores estuvieron en un rango entre 17 y 21°C. en las dos depuradoras. No existen variaciones drásticas ya que el muestreo se efectúa en temporada seca y el agua residual proviene en su mayoría de usos domésticos y comerciales.

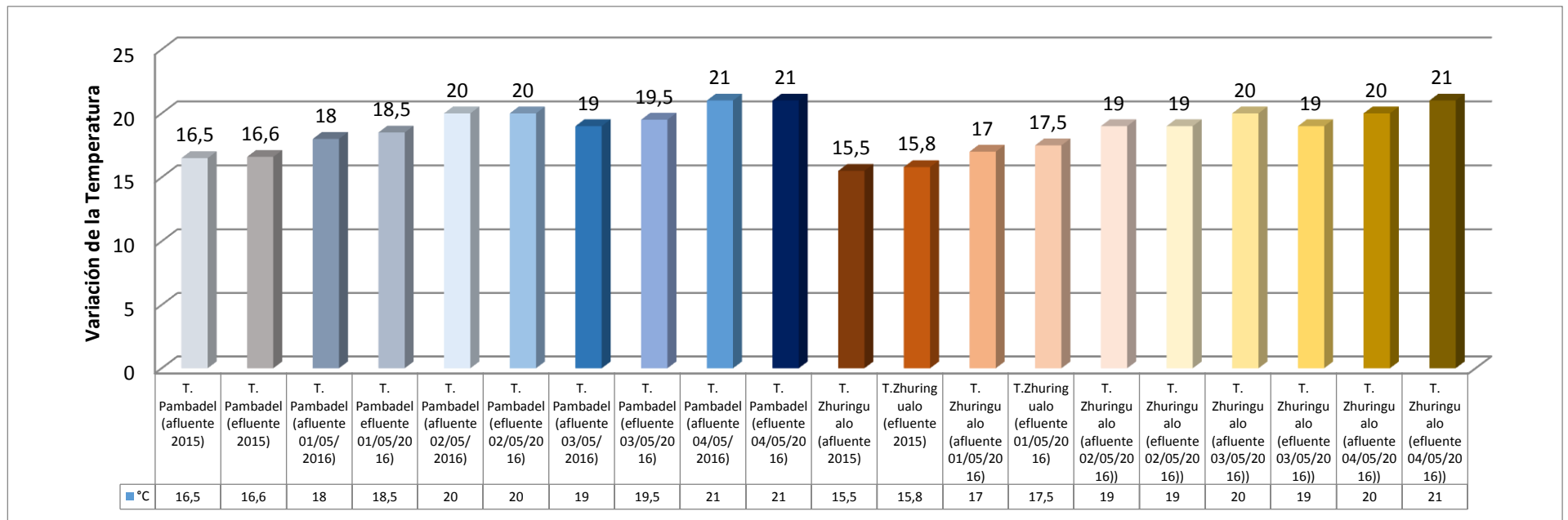


Gráfico No 11: Porcentajes de Variación de Temperatura

Elaboración: (Autoras)

5.12. Análisis de resultados del caudal y tiempo de retención hidráulico teórico de los sistemas de lagunaje

5.12.1. Caudal de entrada-Salida

Para que una depuradora de aguas residuales funcione de manera correcta, se debe controlar los caudales, estos tienden a variar ya sea por lluvia o sequía. La determinación de caudales dentro de un sistema de lagunaje sirve para conocer si existen infiltraciones a través del medio de impermeabilización del fondo de la laguna o ruptura de las tuberías de conducción. En la planta de tratamiento de aguas residuales del Sector de Pambadel, se puede observar en el gráfico No 12 que el caudal de entrada y salida no son iguales, situación que se repite en el sector de Zhuringualo, ya que se tiene un caudal de entrada mayor al de salida (gráfico 13), esto quiere decir que hay una pérdida de agua en el sistema.

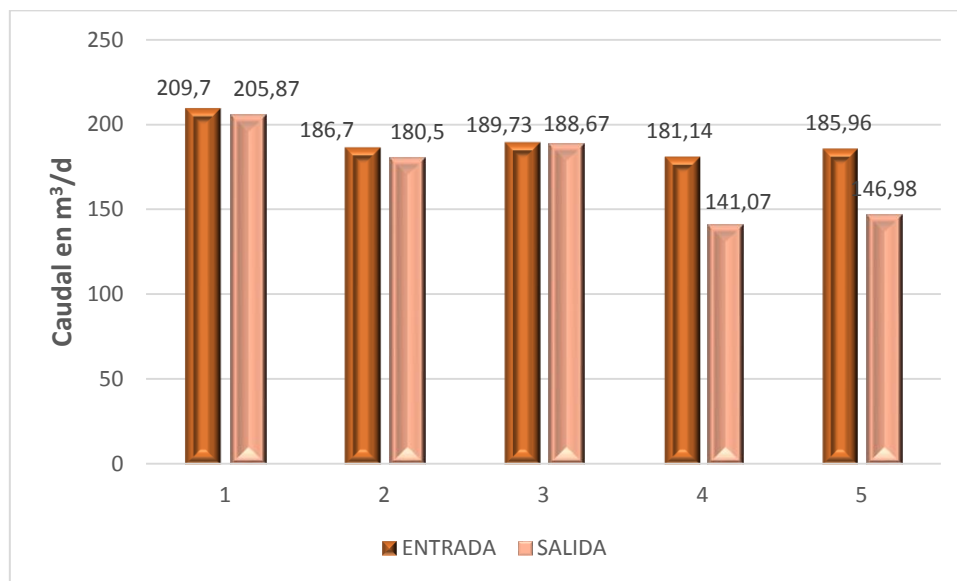


Gráfico No 12: Caudal de entrada y Salida de la PTAR Sector Pambadel

Elaboración: (Autoras)

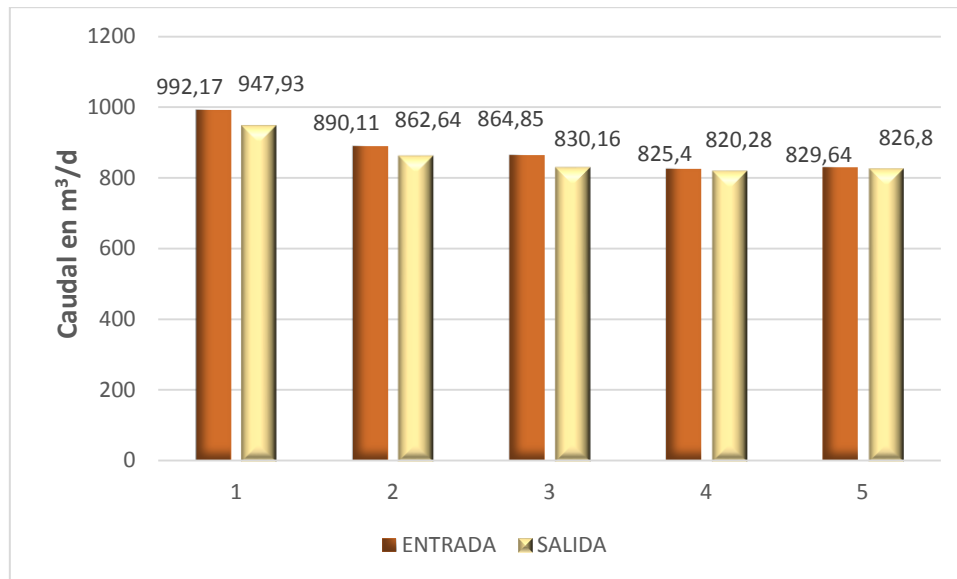


Gráfico No 13: Caudal de entrada y Salida de la PTAR Sector Zhuringualo

Elaboración: (Autoras)

5.12.2. Tiempo de retención

El tiempo de retención hidráulica es uno de los factores más importantes en el control de las operaciones de una PTAR; debido a que tiempos de retención hidráulica grandes, permiten la efectiva remoción de organismos patógenos en las aguas residuales. Los huevos de helmintos sedimentan y se produce la muerte de otros organismos por incremento del pH y por la luz solar. La DBO también se ve reducida. (Mercado, 2013).

En gráfico N. 14 podemos observar que tanto para la laguna facultativa como para la de maduración de Pambadel los tiempos de retención son de 17 días ya que los valores de los caudales están muy cercanos entre sí.

En Zhuringualo se presenta una situación distinta; si bien es cierto el tiempo de retención hidráulico está en función del volumen y caudal de cada laguna. La variación en los resultados se debe al deterioro de la infraestructura, ya que el repartidor de caudal se encuentra obstruido, si esta estructura operara a cabalidad; caudales similares sería enviados a las lagunas facultativas, de igual manera el vertedero de la segunda laguna facultativa se encuentra obstruido con lodo y basura, lo que reduce el caudal haciendo que el tiempo de retención sea muy grande debido al poco movimiento del fluido en esta laguna. Así los

valores de los tiempos de retención son los siguientes: 7 y 28 días para las lagunas facultativas 1 y 2 respectivamente y para la de maduración 14 días que es la que tiene mayor volumen.

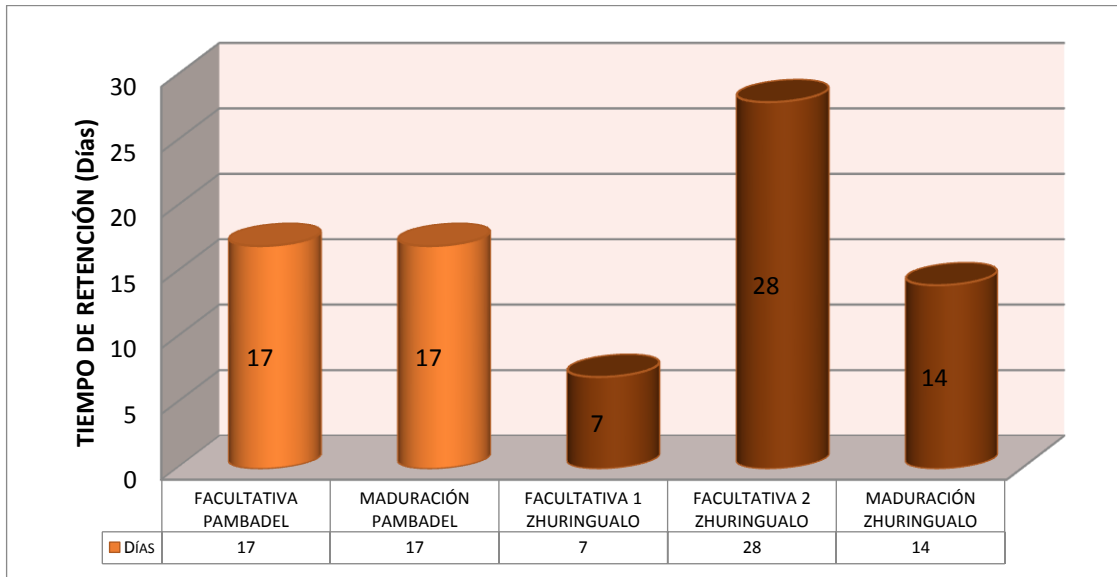


Gráfico No 14: Tiempos de Retención hidráulico

Elaboración: (Autoras)

5.13. Resumen de las Condiciones de Las PTAR de Pambadel y Zhuringualo

Tabla 27: Condiciones de la Planta de Pambadel

Componente	Estado
Alcantarillado	Combinado, Sanitario
Infraestructura	Deteriorada
Alrededores	No cuenta con un cercado adecuado, las casas se encuentran muy cercanas a la PTAR. Malos olores y presencia de vectores.
% Eficiencia	En el 2014 el porcentaje fue de 70,98% para los parámetros analizados. En el 2015 el porcentaje fue de -266,94% En el 2016 el porcentaje fue de 40,45% para los parámetros analizados.
% de Remoción de Coliformes	99,9% en el año 2014 98,3% en el año 2015 99,76% en el año 2016
Mantenimiento	No existe un plan de mantenimiento, únicamente labores de limpieza.
Rediseño	No hay planes de rediseño
Cumplimiento con la normativa para afluentes	No cumple con la normativa.
Cumplimiento con la normativa para efluentes	No cumple la normativa a cabalidad.
Captación.-Entrada a la Laguna Facultativa	Distribuidor de Caudal colmatado de vegetación son presencia de basura y sólidos. El agua solo se conduce solo en sentido izquierdo.
Laguna Facultativa	Color verde intenso. Funcionamiento regular.
Salida de la Laguna Facultativa	Funciona solo una compuerta de descarga. Bypass oxidados.
Entrada a la Laguna de maduración	Distribuidor de caudal colmatado de vegetación. El agua es conducida solamente en una dirección.
Laguna de Maduración	Color Verde menos intenso. Se encuentra funcionando.

Descarga final.-Salida de la laguna de Maduración	Una compuerta averiada, estructura deteriorada. Difícil acceso a la tubería de descarga al río.
Caudal	190,64m ³ /d
Tiempo de retención Hidráulico de la laguna Facultativa	17 días
Tiempo de retención Hidráulico de la Laguna de Maduración	17 días

Elaboración: (Autoras)

Tabla 28: Condiciones de la Planta de Zhuringualo

Componente	Estado
Alcantarillado	Combinado y Sanitario
Infraestructura	Deteriorada
Alrededores	Cerramiento en mal estado. Existen hogares emplazados a menos de 20m de la depuradora. Malos olores y presencia de vectores.
% de Remoción de Contaminantes	Para el 2014 fue de 69,14% Para el 2015 fue de 66,03 % Para el 2016 fue de 71,23 %
% de Remoción de Coliformes	99% en el año 2014 99% en el año 2015 99,95% en el año 2016
Mantenimiento	No hay registros de mantenimiento.
Rediseño	No existen planes de rediseño.
Cumplimiento con la normativa para afluentes	No cumple con la normativa
Cumplimiento con la normativa para efluentes	Cumplimiento de la normativa en el (2016).
Captación	Distribuidor de Caudal deteriorado. Infraestructura oxidada. Entrada al sistema de basura y sólidos.
Entrada a la Primera Laguna Facultativa	Llega agua residual con basura y sólidos, el caudal solo se distribuye hacia el lado izquierdo.
Primera Laguna Facultativa	Funcionamiento regular. Colmatada de lechuguín. Olor desagradable, presencia de basura, sólidos y grasas. Gran

	cantidad de insectos. Color verde brillante.
Salida de la Primera Laguna Facultativa	Compuertas oxidadas, solamente funciona una.
Entrada a la Segunda Laguna Facultativa	Colmatación de lechuguín a la entrada. El repartidor de caudales envía agua solamente en un sentido.
Segunda Laguna Facultativa	Funcionamiento regular. Eutrofización con lechuguín. Color verde brillante.
Salida de la Segunda Laguna Facultativa	Compuertas de descarga deterioradas, se encuentra funcionando solo una.
Entrada a la Laguna de Maduración	Tubería PVC rota en un segmento, el caudal es conducido a la laguna mediante esta fuga y el vertedero que se encuentra en malas condiciones.
Laguna de Maduración	Colmatada de lechuguín, hay presencia de basura flotante. El color de la laguna es de un verde menos intenso que las facultativas. Funcionamiento regular.
Descarga final.-Salida de la Laguna de Maduración	Las compuertas de salida se encuentran deterioradas, funciona solo una. La tubería de descarga al río está deteriorada y el acceso es muy complicado.
Caudal	880,44m ³ /d
Tiempo de Retención de la Primera Laguna Facultativa	7 días
Tiempo de Retención de la Segunda Laguna Facultativa	28 días
Tiempo de Retención de la Laguna de Maduración	14 días

Elaboración: (Autoras)

5.14. Resultados del análisis Social

Para dicho análisis hemos realizado 30 encuestas a los pobladores de las zonas de influencia directa a las PTAR, 20 de las cuales se hicieron en el sector de Pambadel y 10 encuestas en Zhuringualo ya que en esta zona las casas se encuentran más dispersas.



En la tabla siguiente se presentan los resultados obtenidos de las 30 encuestas.

Tabla 29: Tabulación de Encuestas Realizadas a la Población

1. Sexo	
F	18
M	12
2. Edad	
15-20	4
21-26	4
27-35	4
36 En adelante	18
3. ¿Su vivienda se encuentra conectada a alcantarillado sanitario?	
SI	30
NO	
4. ¿Considera necesario dar tratamiento a las aguas servidas antes de que vayan a los cursos de agua?	
SI	28
NO	2
5. ¿Conoce cuáles son los factores que contaminan el agua?	
SI	24
NO	6
6. ¿Usted ha podido constatar la contaminación del agua del Rio Girón mediante las diferentes características?	
Olor	21
Color	17
Turbiedad	8
Basura	3
7. ¿Cree que la población conoce suficientes medidas para evitar la contaminación del agua?	



SI	6
NO	24
8. ¿Considera que desde la Municipalidad del Cantón se impulsan suficientes campañas contra la contaminación del agua?	
SI	4
NO	25
DESCONOCE	1
9. ¿Sabe usted si existen lugares para dar tratamiento a las aguas servidas en el Cantón Girón?	
SI	19
NO	11
10. ¿Cree Usted que las plantas de tratamiento de aguas residuales del Cantón Girón funcionan de manera correcta?	
SI	5
NO	15
Desconoce	10
11. ¿Usa o consume agua del Río Girón?	
SI	4
NO	26
12. ¿Usted cree que el agua residual ya tratada en las plantas es apta para riego?	
SI	13
NO	17
13. ¿Qué molestias ha sentido usted por la cercanía de su hogar a la planta de tratamiento de aguas residuales?	
Insectos	8
Roedores u otros vectores	1
Malos olores	8
Contaminación visual	1
Ninguno	12

Elaboración: (Autoras)

5.14.1. Análisis Social

1. **Sexo:** Las encuestas se aplicaron tanto a personas de ambos sexos, en donde se obtuvo que más del 50% de las encuestas se realizaron a la población femenina, como se puede ver en el Grafico No 15.

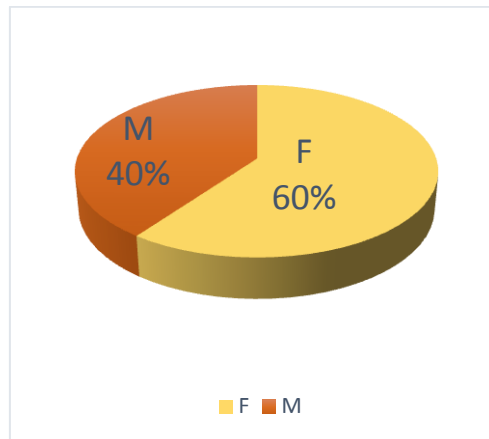


Gráfico No 15 : Porcentaje por sexo o género

Elaboración: (Autoras)

2. Edad:

Se dividió por edades para facilitar la elaboración de las encuestas y para comprender todas las edades. En el Grafico No 16. Se puede observar que el 60% fueron personas mayores a 36 años y el 13,3% a la población de entre 27-25 años y el 13,3% a la población de entre 21-26 años y el restante 13,3% a la población de 15 a 20 años.

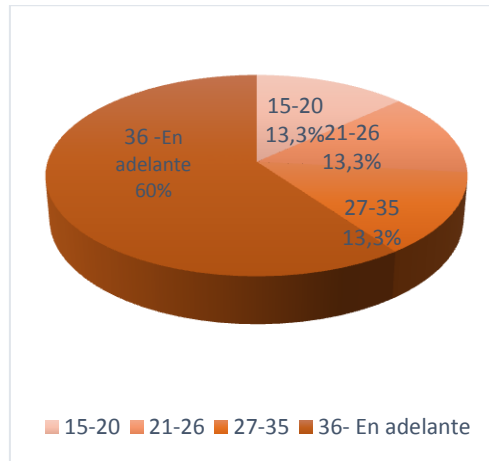


Gráfico No 16: Rango de edad

Elaboración: (Autoras)

3. Viviendas conectadas al alcantarillado sanitario

Como se puede ver en el Grafico No 17. El 100% de las viviendas cuentan con alcantarillado sanitario.

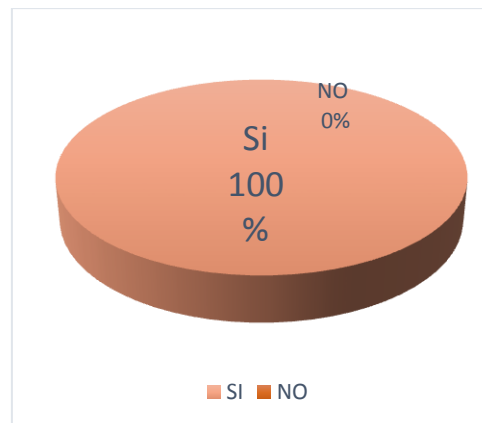


Gráfico No 17: Viviendas conectadas al alcantarillado

Elaboración: (Autoras)

4. Considera necesario dar tratamiento a las aguas servidas antes de que vayan a los cursos de agua

El 93,3% de la población, cree que es necesario dar tratamiento a las aguas residuales o servidas. Para así poder disminuir, controlar o eliminar los elementos que alteran las condiciones originales, esto

permitiría que el agua pueda ser reutilizable. En la gráfica 18 se presentan los resultados obtenidos.

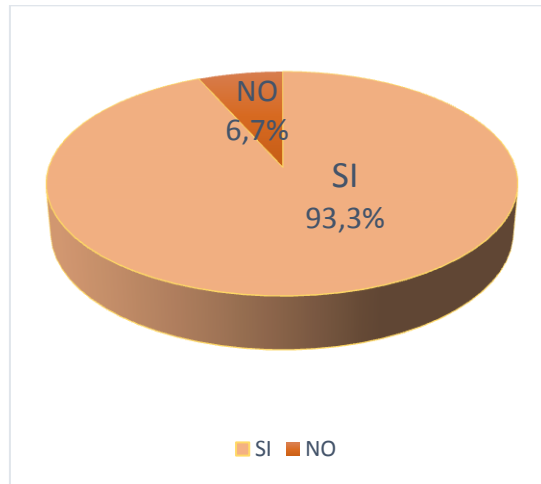


Gráfico No 18: Necesidad de dar tratamiento al Agua residual

Elaboración: (Autoras)

5. Conoce cuáles son los factores que contaminan el agua

El 80% de la población conoce cuales son los factores que contaminan el agua y las medidas que deben tomar. Por otro lado el 20% de la población encuestada desconoce totalmente que causa la contaminación del agua.

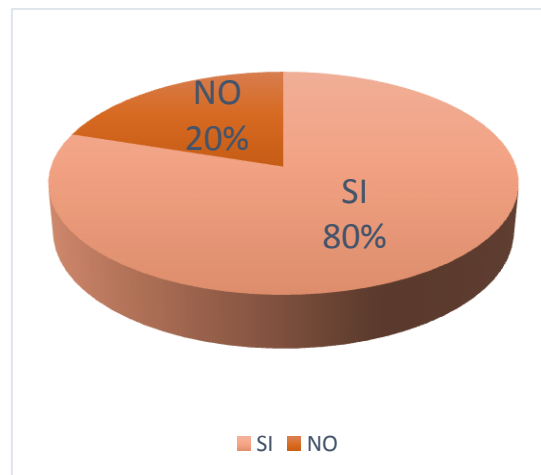


Gráfico No 19: Conocimiento de factores que contaminan el agua

Elaboración: (Autoras)

6. Usted ha podido constatar la contaminación del agua del Rio Girón mediante las diferentes características

Como se puede ver en el Grafico No 20. La población ha podido notar la contaminación del Rio Girón por diferentes características: El 53,8% por el olor, seguidos de 20,5% por turbiedad y 17,9% por el color y el porcentaje restante por otras características como la presencia de basura por ejemplo.

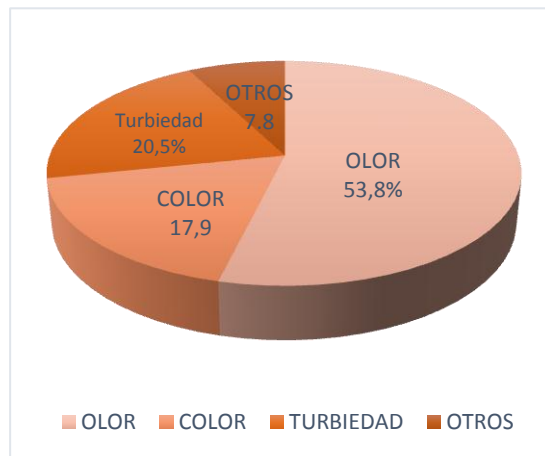


Gráfico No 20: Factores de contaminación

Elaboración: (Autoras)

7. Cree que la población conoce suficientes medidas para evitar la contaminación del agua

El 80% de la población encuestada desconoce qué medidas se deben tomar para evitar que el agua se contamine. Por otro lado el 20% afirma conocer cómo evitar la contaminación del agua (gráfica 21).

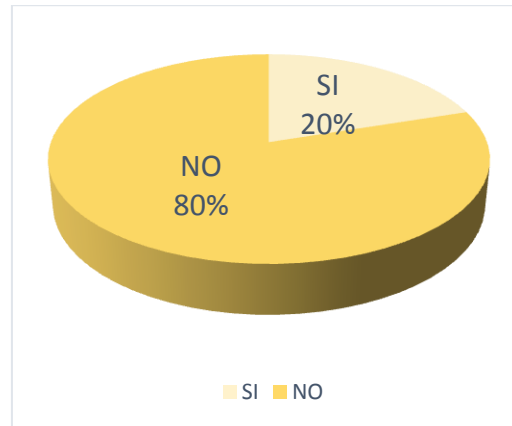


Gráfico No 21: Conocimiento de medidas para evitar la contaminación del agua

Elaboración: (Autoras)

8. Considera que desde la Municipalidad del Cantón se impulsan suficientes campañas contra la contaminación del agua

Como se puede observar en el Gráfico No 22. El 84% de la población afirma que no existe un compromiso por parte del municipio para impulsar campañas en contra de la contaminación del agua y el 13% considera que si se impulsan campañas por parte de la Municipalidad del cantón. Por otro lado el 3% de la población encuestada desconoce totalmente.

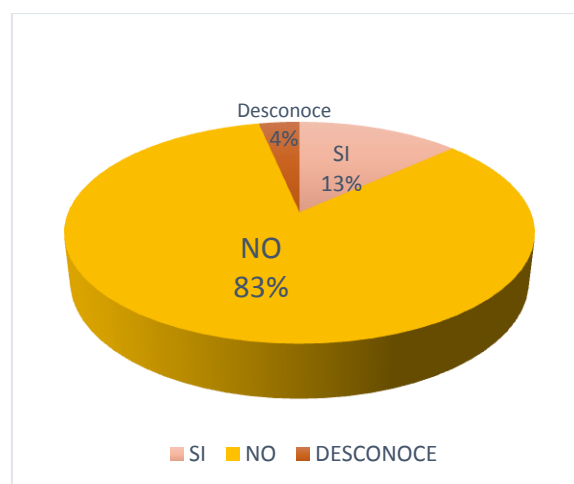


Gráfico No 22: Existen campañas contra la contaminación del agua

Elaboración: (Autoras)

9. **Sabe usted si existen lugares para dar tratamiento a las aguas servidas en el Cantón Girón**

Como se puede observar en el Grafico No 23. El 63% de la población encuestada conoce la existencia y la ubicación de las dos plantas de tratamiento de aguas residuales del Cantón Girón. Por otro lado el 37% desconoce.

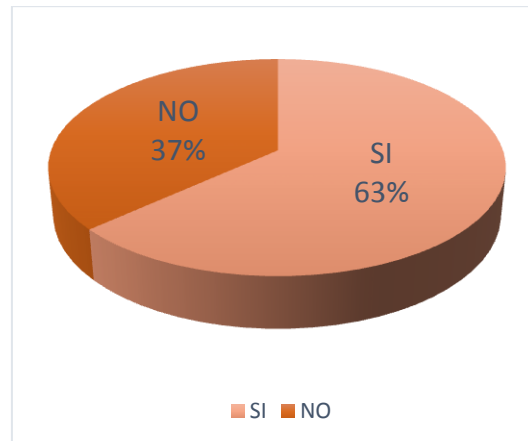


Gráfico No 23 : Conocimiento de lugares para tratamiento de agua residual

Elaboración: (Autoras)

10. **Cree usted que las plantas de tratamiento de aguas residuales del Cantón Girón funcionan de manera correcta.**

El 50% de la población afirma que las plantas de tratamiento de aguas residuales del Cantón, no cumplen con su función de manera correcta y el 17% cree si funciona de manera adecuada. En cambio el 33% desconoce totalmente. (gráfico 24).

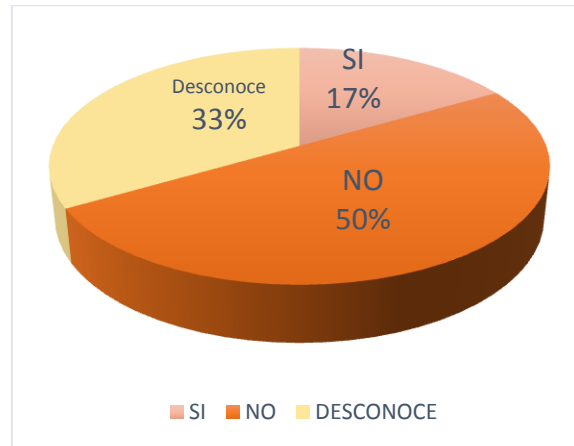


Gráfico No 24: Conocimiento del funcionamiento de las PTAR

Elaboración: (Autoras)

11. Usa o consume agua del Río Girón

El 87% de la población encuestada aseveran que no usa ni consume el agua de Río Girón, debido a que creen que ésta no tiene condiciones apropiadas para el consumo. Mientras que el 13% si utiliza el agua para diferentes actividades como: agricultura y ganadería. En el gráfico a continuación se presentan estos resultados.

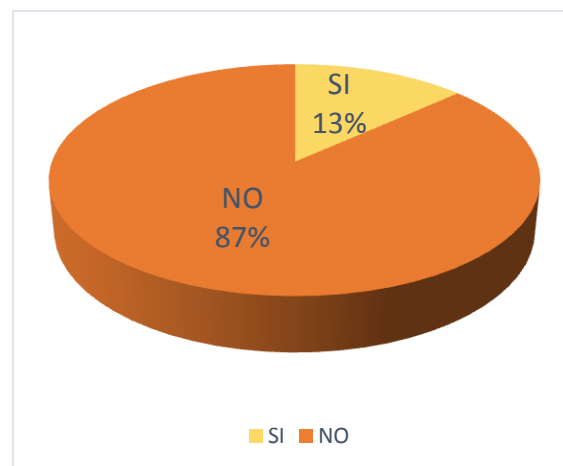


Gráfico No 25: Uso o consumo del agua del río Girón

Elaboración: (Autoras)

12. Usted cree que el agua residual ya tratada en las plantas es apta para riego

Como se puede observar en el Grafico No 26, más del 50% de la población encuestada opina que el agua residual tratada no es apta para el riego porque cree que la planta de tratamiento no cumple correctamente con sus funciones. Por otro lado el 43% asegura que el agua si puede ser reutilizada.

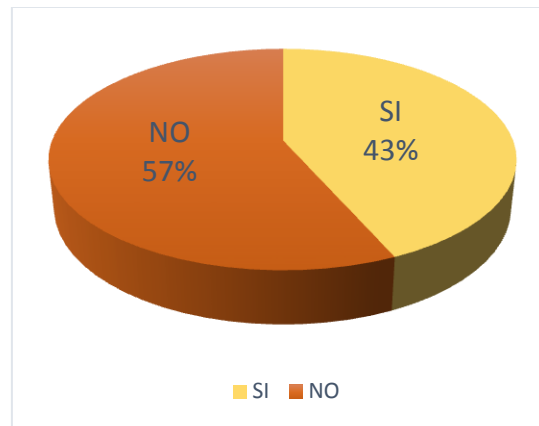


Gráfico No 26: Agua Residual tratada apta para riego

Elaboración: (Autoras)

13. Qué molestias ha sentido usted por la cercanía de su hogar a la planta de tratamiento de aguas residuales

La población encuestada esta localiza en área de influencia directa de las plantas de tratamiento de aguas residuales, las molestias percibidas so: 27% malos olores, 3% contaminación visual, 3% insectos y 27% roedores u otros vectores. Por otro lado el 40% asegura que la cercanía a las plantas no les causa ninguna molestia. En la gráfica 27 se pueden apreciar estos datos.

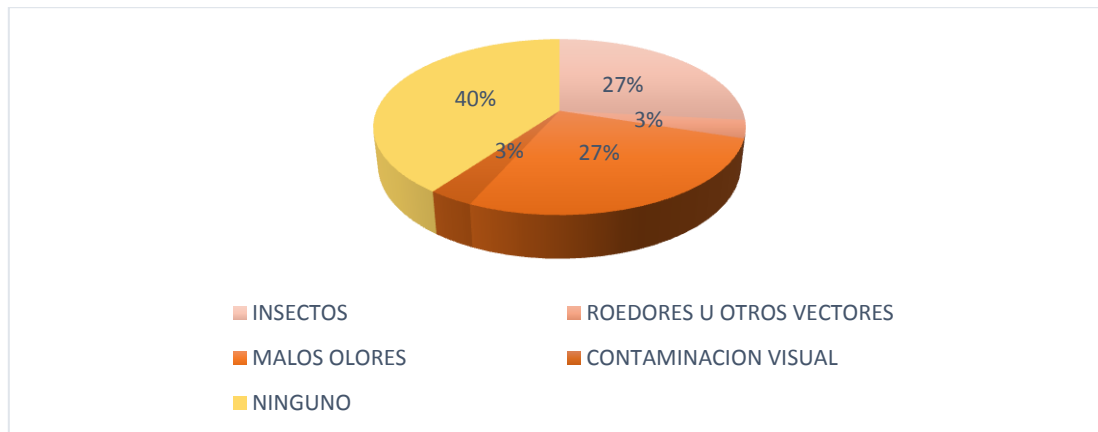


Gráfico No 27: Molestias ocasionadas por las PTAR

Elaboración: (Autoras)

5.14.2. Análisis de resultados socioculturales

En las encuestas realizadas a la población adyacente se observó la falta de compromiso por parte de la municipalidad del cantón Girón en el mantenimiento y mejoramiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales tanto en el sector de Pambadel como en el de Zhuringualo, teniendo como consecuencia principal la afectación a la población por malos olores, vectores (insectos, roedores) y contaminación visual percibida en estos sitios.

El bajo presupuesto destinado a esta área ha generado un deterioro en la infraestructura de estos sistemas que son primordiales en el saneamiento de una población en crecimiento como se lo ha observado en este cantón.

5.15. Elaboración de un Plan de Mejoras

5.15.1. Descripción de la Problemática

Las plantas de tratamiento de aguas residuales de Pambadel y Zhuringualo se encuentran operando de manera deficiente debido a que no existe un plan, programa o tareas de mantenimiento. Las condiciones precarias de operación de las depuradoras, permiten determinar que desde la municipalidad de Girón, no se les ha otorgado la importancia sanitaria que requieren.

El tiempo de vida útil de las PTAR está próximo a cumplirse, lo que significa que deberían adquirirse terrenos para el emplazamiento de nuevas plantas de



tratamiento para aguas residuales. La situación presupuestaria del GAD Municipal hace que esta posibilidad sea nula.

Por otra parte las plantas de tratamiento de aguas residuales de Girón solamente dan tratamiento secundario al agua residual, lo que hace que material flotante, basura, sólidos gruesos, grasas y aceites pasen directamente a las lagunas interfiriendo directamente en el normal proceso de depuración.

Basándonos en el diagnóstico efectuado en los dos sistemas de tratamiento de aguas residuales, a través de los análisis físico-químicos y microbiológicos de los afluentes y efluentes, la inspección del estado de la infraestructura, los procesos de depuración y el análisis socioeconómico; planificamos para la optimización, dos procesos de mejora. El primero consiste en plantear un programa de mantenimiento emergente dirigido a ambas plantas de tratamiento, en el que constan actividades como: limpieza de las lagunas, control de la eutrofización, revisión de las instalaciones, extracción de lodos, control de flujos. El segundo proceso de mejora implica el dimensionamiento de un tratamiento preliminar para cada una de las plantas de acuerdo al caudal con el que operan, la disponibilidad del terreno y las dimensiones de los sistemas de tratamiento secundario (lagunas) que se encuentran emplazados.

5.15.2. Propuestas de Optimización de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales

5.15.2.1. Mantenimiento Emergente de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales de Pambadel y Zhuringualo

Para que un sistema de tratamiento de aguas residuales funcione correctamente, es necesario tener un manual de mantenimiento para así definir los procedimientos a seguir en el mantenimiento de las operaciones del sistema. Es fundamental que exista una capacitación dirigida a los operarios a fin de que se encuentren aptos y conozcan el funcionamiento de la planta y las medidas que deben tomar en caso de que se presente algún incidente.

Lo que se busca con el mantenimiento es garantizar la operación y la seguridad del sistema de la planta de tratamiento. El operador debe encargarse



- Carretillas para el transporte de lodos
- Baldes y mangueras para limpieza
- Varillas de acero, para la medición de cantidad de lodos
- Rastrillos
- Palas para la eliminación de materiales sólidos, que se encuentra en las rejillas
- Red para remoción de productos de la eutrofización.
- Entre otros instrumentos necesarios para el mantenimiento de la planta (Fonseca, 2014).

5.15.2.4. Actividades diarias

- No permitir la entrada de personal no autorizado.
- Comprobar que la distribución de caudal en el cajón de llegada, esté de acuerdo a lo determinado. La altura de agua debe ser la misma en las tuberías que salen del distribuidor de caudales o de los vertederos.
- Comprobar que los niveles de agua se mantengan al igual que los caudales de operación.
- Realizar una inspección general de las instalaciones.
- Registrar los datos sobre las lagunas según lo establecido para el monitoreo.

5.15.2.5. Actividades periódicas.

- En caso de que se produzcan lluvias fuertes, se recomienda bajar unos 5 cm el nivel del vertedero de salida, y después de haber pasado las lluvias regresar al nivel normal.
- Evitar el desarrollo de mosquitos, por medio de la operación de las compuertas/vertedero de las estructuras de interconexión y salida. Emplear insecticidas en el caso de que fuera necesario. (WEF ,1996)

5.15.2.6. Control de funcionamiento.

Para que exista un funcionamiento correcto en los proceso de tratamiento de aguas residuales es necesario que exista un mecanismo de control.

Se debe realizar:



- Por lo menos cada 6 meses.
- Cuando se presenten olores fuertes.
- Cuando el agua sale de color café o ceniza en el caso de facultativas o de maduración.

5.15.2.7. Actividades de Control

Se realizarán análisis de agua dos veces en una semana, cada 6 meses tanto a los afluentes y efluentes, los parámetros a estudiar son:

- DBO₅
- DQO.
- pH.
- Sólidos en suspensión.
- Sólidos totales.
- Coliformes fecales.
- Coliformes totales
- Turbiedad
- Nitratos y Nitritos
- Fósforo

Estos análisis permiten verificar el funcionamiento y los porcentajes de eficiencia de las lagunas. Posteriormente se compara el efluente con los límites máximos permisibles para comprobar su cumplimiento con la normativa. (Arceivala, 1981).

5.15.2.8. Control de la Eutrofización

5.15.2.8.1. Eutrofización:

Es el proceso, en el cual se da un aumento de nutrientes (N, P) y una disminución o agotamiento del O₂ en las aguas.

Es de gran importancia que se tomen medidas para controlar la carga contaminante (contenido de N y P) de los vertidos de residuos tanto doméstico como industriales dentro de las lagunas. Este control se debe efectuar por medio de la legislación de manera que las empresas o demás entidades se encarguen de depurar sus aguas o emplear materia prima con bajo contenido



de N y P. También es importante la educación ambiental a la población para que conozca las actividades que puede realizar para disminuir los efectos negativos de la presencia de estos contaminantes en sus vertidos. (SOLUCIONES MEDIAMBIENTALES Y AGUA ,S.A s.f.)

5.15.2.8.2. Actividades de Control de la eutrofización:

- **Control de la carga externa:** Es necesario que la planta de tratamiento de aguas residuales conste de un sistema de pretratamiento y no solamente de tratamiento secundario, para así reducir la materia orgánica al igual que los nutrientes que son el resultado de la descomposición.
- **Remoción de malezas acuáticas:** Se efectúa mediante una red y un tubo telescópico. La maleza colectada se deja secar posteriormente dentro de las instalaciones para su disposición final.
- **Agregado de productos químicos que precipiten el fósforo:** Se bombea directamente en el sedimento $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y FeCl_3 , lo que produce que se dé el incremento de la concentración de oxígeno y hierro, aumentando la retención del fósforo.
- **Remoción del sedimento previo vaciado:** Este procedimiento requiere el dragado de la laguna y la utilización de maquinaria pesada para la extracción del sedimento. Se realiza mediante succión del sedimento desde el fondo y luego se da la deposición en una balsa flotante.
- **Medidas de Prevención:** uso de desechos agropecuarios como abono, guardar bien los fertilizantes, etc. (Romero ,2010)

5.15.2.8.3. Retirada del lodo de las lagunas de estabilización

El lodo disminuye la profundidad de la laguna facultativa unos 30 cm cada 25 a 30 años. Esta acumulación de lodos se produce debido a la materia orgánica y a las arenas que no han sido retenidas antes del paso del agua residual a la laguna. La arena compone aproximadamente 50% del lodo total que se encuentra acumulada en la laguna. Cuando la laguna facultativa funciona como primaria, es decir no se cuenta con una laguna anaerobia, se provoca una



acumulación de lodos al fondo, esta acumulación es más rápida si se compara con una laguna facultativa secundaria. Se debe retirar los lodos cuando la acumulación sea de 50 a 100 cm de lodo.

5.15.2.8.3.1. Actividades para la remoción de lodos

- Se debe paralizar la laguna para su limpieza
- Se puede succionar el lodo con una bomba y con la ayuda de un balde con un mango largo, se recomienda que esta operación se efectúe en un día sin lluvia.
- Los lodos se pueden disponer en un lecho de secado para su estabilización con la adición de cal.
- Posteriormente se trasladada para su disposición final.
(Arceivala, 1981).

5.15.2.11. Mantenimiento y Remodelación de caminos, verjas y otros elementos de la planta depuradora

En las plantas de tratamiento de aguas residuales, todas las lagunas deben estar rodeadas por una verja o baranda que sirve como protección, y permite el libre acceso del viento. Es de suma importancia que los sistemas de lagunaje estén bien aislados para evitar que se dé algún accidente. Las PTAR de ambos sectores no cuentan con estas estructuras.

El deterioro del cercado de las PTAR es evidente, en ciertos tramos ya no existe cerramiento. Los caminos de acceso a las lagunas deben estar en buen estado.

Una caseta de vigilancia y una bodega que sirva para guardar herramientas y equipos son muy necesarias. El sistema de tratamiento de Pambadel posee una caseta en mal estado que debe ser reparada, la planta de Zhuringualo carece de una, por tanto su construcción es recomendada.

Se debe asegurar que se tenga siempre agua potable, desinfectantes y productos para la higiene del personal asignado.

En lo que respecta a repartidores de caudal y compuertas de salida, tras la inspección realizada en las plantas, se pudo constatar que estas estructuras se



encuentran deterioradas. Es de vital importancia, reconstruir estas estructuras a fin de controlar el flujo de agua residual que ingresa a las plantas de tratamiento.

En cuanto a las construcciones en hormigón existentes en las dos plantas que se encuentran en estado deteriorado, recomendamos una remodelación que involucra el cambio de ventanas, la implementación de baterías sanitarias, de una sala de estar con lo básico para que exista algo de confort para los operarios. Por otro lado el área destinada a bodegas en Pambadel debe reducirse y en lugar de emplear toda esta zona para ese propósito, se podría optimizar construyendo un laboratorio pequeño.

5.15.2.11.1. Actividades de mantenimiento y remodelación

- Construcción de barandas en acero inoxidable de 1m de altura.
- Asignación de un operador de forma permanente para inspección de la infraestructura.
- Colocación de asfalto o grava en los caminos de acceso a las lagunas
- Evitar que crezcan las malezas en los caminos.
- Reparación de grietas o desperfectos.
- Adecuación de casetas de guardianía.
- Remodelación de bodegas y acondicionamiento de un laboratorio pequeño para análisis y control.
- Reconstrucción de vertederos o repartidores de caudal.
- Implementación de baterías sanitarias y una sala de estar para confort de los trabajadores.

5.15.2.12. Actividades de Prevención de accidentes

- Aseo y orden.
- Empleo adecuado de herramientas.
- Uso de equipo de protección individual
- Mantenerse alerta a los peligros relacionados a la electricidad.
- Prevención y control de incendios
- Señalización.
- Medidas de primeros auxilios. (Fonseca 2014)

5.15.2.13. Implementación de un Sistema de Pretratamiento

Los sistemas de tratamiento de Pambadel y Zhuringualo carecen de Pretratamiento, lo que conlleva a que el agua del alcantarillado ingrese a la planta con sólidos grandes, piedras, basura, ramas, arena, grasas y aceites, lo que interfiere en el sistema de tratamiento y disminuyen la velocidad del tratamiento biológico a la par que producen desgastes en las tuberías de conducción. A rasgos generales decimos que con el pretratamiento lo que se pretende es separar por procesos mecánicos o físicos materiales que por su tamaño o naturaleza generarían problemas en las etapas posteriores del tratamiento de las aguas residuales.

Al notar mediante las inspecciones que las PTAR tienen problemas en cuanto a la presencia de estos sólidos, basura y grasas, planteamos la implementación de un sistema de pretratamiento que conste de las siguientes estructuras: pozo de gruesos, rejillas de limpieza manual, trampa de grasas y aceites y un desarenador.

5.15.2.13.1. Estructuras a construir para el Pretratamiento

- Pozo de Gruesos
- Rejillas de Limpieza Manual
- Trampas de aceites y grasas
- Desarenador

5.15.2.13.1.1. Pozo de Gruesos

Esta estructura utiliza rejillas colocadas transversalmente para separar sólidos gruesos. Esto provoca que el material grueso no pueda pasar por el enrejado. El material debe ser retirado diariamente por el operador de forma manual. La cantidad de material retenido depende de la abertura que existe entre las barras de las rejillas, por ello recomendamos que exista una abertura de 20 a 50 mm, lo que significaría una cantidad de sólidos gruesos retenidos de entre 0.008 y 0.038 m³ /1,000m³ (Rolim, 2000; Viceministerio de Vivienda y Construcción, 1997).



Los problemas que pueden originarse serían que los sólidos gruesos o flotantes no se retengan y que ayuden a la formación de nata que puede provocar malos olores, y que sirve como un foco de reproducción de insectos.

5.15.2.13.1.2. Rejillas de Limpieza Manual

Se hace pasar agua a través de rejillas, de esta manera se reducen los sólidos en suspensión. La separación que deben tener los barrotes es de 1,5 y 5,0 cm, mientras que la inclinación será de 30° a 60° con respecto al plano horizontal.

Las rejillas deben ser limpiadas apropiadamente, para que no se dé una obstrucción del paso del agua y así evitar cambios en la velocidad del afluente. El operador debe limpiar manualmente las rejillas cada dos días, retirando los residuos y depositándolos en contenedores de basura.

5.15.2.13.1.3. Trampas de aceites y grasas

La literatura recomienda construir una trampa de grasa con las siguientes especificaciones:

- La relación largo/ancho del área superficial debe mantener una relación de entre 2:1 a 3:2.
- La profundidad deberá estar entre 0,80 y 2.00 m
- El espacio sobre el nivel del líquido y la parte inferior de la tapa deberá ser mayor 0,30 m.

Debe ser de forma cónica o piramidal invertida y la pared del lado de salida vertical. La pendiente debe ser de entre 45° a 60° con respecto a la horizontal. El volumen máximo debe ser 3m³ si el caudal que recibe es de menos de 1l/s. (OPS, CEPIS, 2003)

La limpieza de las trampas de aceites y grasas debe hacerse constantemente, para evitar que salgan grandes cantidades de grasa y a su vez generen malos olores. Se debe limpiar normalmente, cuando la cantidad de grasa haya superado 75% de la capacidad de retención.

5.15.2.13.1.3. Desarenador

Estructura que permitirá remover arenas y sólidos previos al paso a los sistemas de lagunaje.

- Entre la tubería de llegada y el desarenador debe existir una inclinación de entre 12° y 30°.
- La velocidad a la salida del vertedero debe ser pequeña, para que el material arrastrado sea el mínimo.
- La relación largo/ancho estará comprendida entre 10 y 20. (OPS, CEPIS, 2005).

La limpieza del desarenador es necesaria, debido a que el exceso de arena y gravilla, no permite el correcto funcionamiento de las unidades de tratamiento. Se debe inspeccionar diariamente el estado y funcionamiento de desarenador, además mensualmente se tiene que revisar el nivel de sedimentación de arena. El operador debe limpiar el desarenador cuando lo considere necesario, la limpieza debe hacer de principio a fin, utilizando herramientas como palas perforadas y en dirección contraria al flujo. (Mayorga, 2012).

El siguiente es el diseño mejorado de las plantas de Pambadel y Zhuringualo que proponemos a fin de conseguir una optimización.

5.16. Planos actuales y diseño de mejoras de las PTAR de Pambadel y Zhuringualo

5.16.1. Planos del estado actual y diseños de mejora de la PTAR de Pambadel

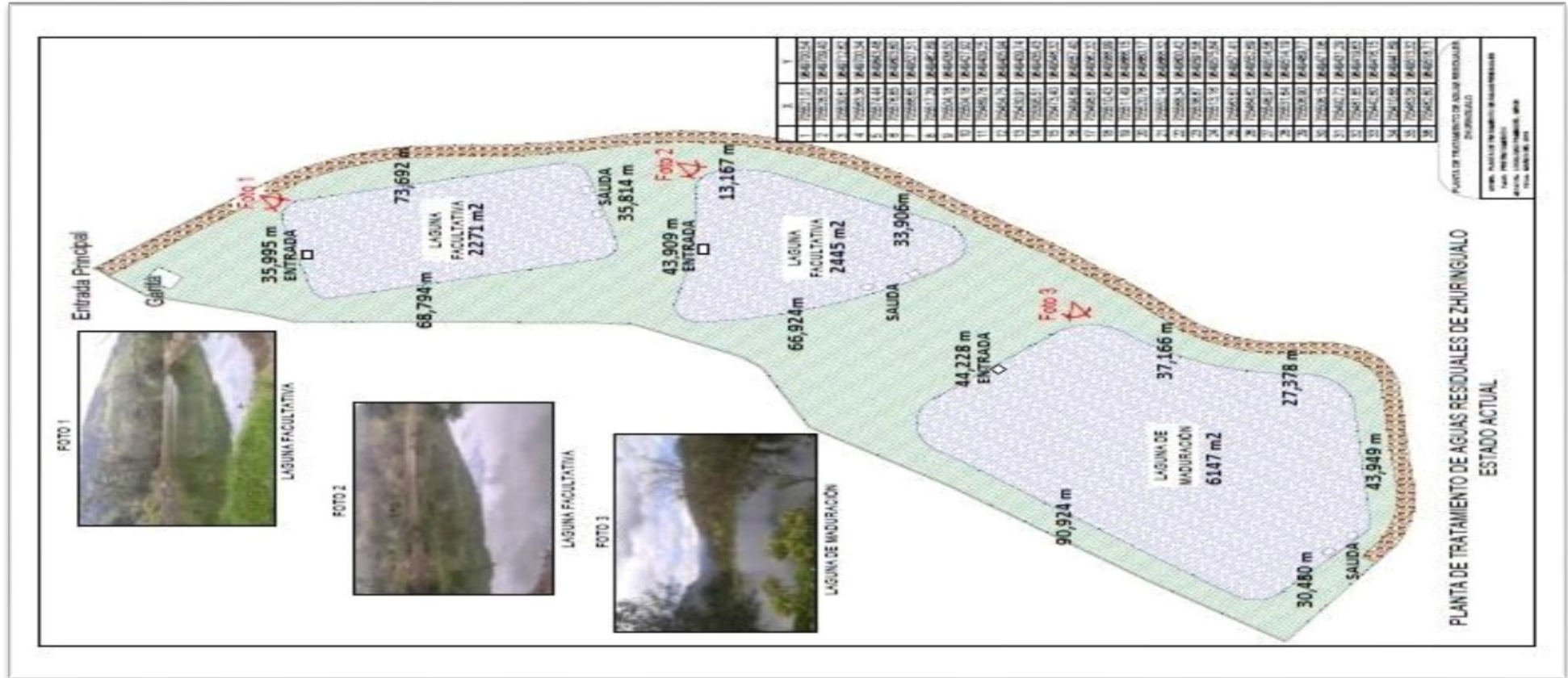
Figura No 16: Planos de las condiciones actuales de la PTAR de Pambadel y diseños de mejora



Elaboración: (Autoras)

5.16.2. Planos del estado actual y diseño de mejoras de la PTAR de Zhuringualo

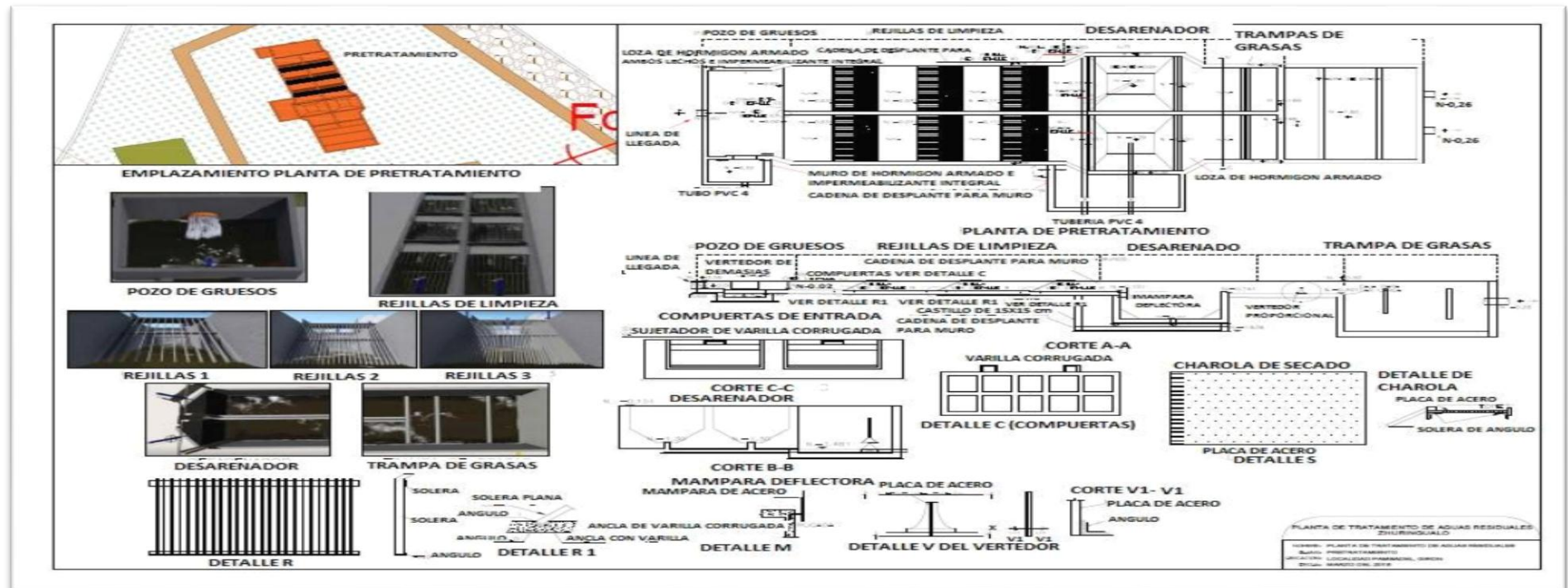
Figura No 17: Planos de las condiciones actuales de la PTAR de Zhuringualo



Elaboración: (Autoras)

5.16.3. Planos para la implementación del Sistema de Pretratamiento para las PTAR de Pambadel y Zhuringualo

Figura No 19: Planos para la Implementación de Pretratamiento para las PTAR de Pambadel y Zhuringualo



Elaboración: (Autoras)



CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Luego de realizado el diagnóstico integral de las Plantas de Tratamiento de aguas residuales de los sectores de Pambadel y Zhuringualo se ha podido constatar que estas, no reciben la importancia sanitaria que requieren de parte del GAD municipal y de la población considerada en el proyecto. Esto se evidencia en que este es el primer estudio posterior a la construcción de las PTAR; se trata entonces de un análisis completo de la situación actual de estos dos sistemas.

La vida útil de las PTAR está planificada para un periodo de 22 años, mismo que está por completarse en cuatro años. Sabiendo que no se cuenta con el presupuesto necesario para la adquisición de nuevos terrenos y considerando que las actividades orientadas a mejorar la calidad de vida de la población y minimizar los impactos en el ambiente, no representan un gasto si no que más bien son una necesidad inminente; la ejecución del Plan de mejoras que proponemos es necesario. Este consiste en la remodelación de la infraestructura existente, la realización de actividades periódicas orientadas a velar por un adecuado funcionamiento de las depuradoras y la implementación de un sistema de pretratamiento con su consiguiente mantenimiento.

El mantenimiento en las plantas de tratamiento es casi nulo, las únicas tareas consisten en limpieza de malezas. Esta falta de mantenimiento se manifiesta en la presencia de grandes sólidos, basura, la acumulación excesiva de lodo en el fondo y flotante y los problemas de eutrofización que son una constante en las 5 lagunas. Para lo que establecemos periodos y mecanismos de limpieza de lodos y control de la eutrofización, la construcción de estructuras para la retención de sólidos para de esta manera mejorar el funcionamiento de las PTAR.

En la caracterización de los efluentes de la Planta de Pambadel se obtuvieron valores de DQO, pH, fósforo total, coliformes totales y termotolerantes que están por sobre la normativa ambiental vigente. En el caso del sistema de lagunaje del sector de Zhuringualo encontramos incumplimiento con la



normativa establecida por el TULSMA para descarga a cuerpos de agua dulce de parámetros como: DBO_5 , DQO, pH, coliformes totales y termotolerantes caracterizados en el trabajo de titulación, además de inconsistencias en el cumplimiento de sulfuros y turbiedad. Estas condiciones de incumplimiento explican los problemas de eutrofización, colonización de insectos, aspecto turbio del efluente, presencia de sólidos y mal olor que acompañan al agua de descarga al río Girón.

Las PTAR efectúan un proceso de depuración de las aguas residuales, no obstante existen problemas por el incremento de la carga contaminante en los efluentes, esto ocurre en varios de los parámetros analizados. Los porcentajes de eficiencia de remoción dieron valores para el año 2014 de 70,98% y 69,14% para la planta de Pambadel y Zhuringualo, en el 2015 se obtuvieron valores de -266,94 % para Zhuringualo y de 66,03% para Pambadel mientras que para el año 2016 de 40,45% para Pambadel y 71,23% para Zhuringualo respectivamente.

No se conocía el valor del caudal de diseño de las PTAR. Se procedió entonces al cálculo de caudales por medio del método de aforo volumétrico, obteniéndose un caudal de entrada de $190,64 \text{ m}^3/\text{d}$ y de $172,62 \text{ m}^3/\text{d}$ de salida para la planta de Pambadel, lo que refleja que existe una ligera pérdida de $18,02 \text{ m}^3/\text{d}$. Situación parecida ocurre en la planta de Zhuringualo ya que el caudal de entrada es de $880,44 \text{ m}^3/\text{d}$ y el de salida es de $857,57 \text{ m}^3/\text{d}$ evidenciando que existe una pérdida de caudal $22,87 \text{ m}^3/\text{d}$.

Se calculó los tiempos de retención hidráulica para las dos plantas de tratamiento de aguas residuales, obteniendo valores de 17 días tanto para la laguna facultativa como para la de maduración del sector Pambadel. En cambio para el sistema del sector de Zhuringualo obtuvimos valores de 7, 28 y 14 días para las dos lagunas facultativas y de maduración respectivamente.

No existen registros de manuales de operación, ni mantenimiento. Las PTAR carecen de equipos de laboratorio, no se ha asignado equipo técnico ni personal de mantenimiento fijo en las depuradoras.

En una planta de tratamiento de aguas residuales es muy importante contar con una estructura para medición de caudal, las plantas de tratamiento de Pambadel y Zhuringualo cuentan con distribuidores de caudal deteriorados en los cuales se complica la medición por vertederos. Para tal efecto la reconstrucción de estas estructuras es indispensable, a fin de poder controlar el caudal de ingreso y salida de los sistemas de lagunaje.

6.2. Recomendaciones

Se recomienda la realización de campañas de educación ambiental a la población y la vigilancia del cumplimiento de la normativa ambiental por parte de empresas e industrias, a fin de evitar una excesiva carga contaminante en las PTAR que derive en la contaminación de las fuentes hídricas.

Es estrictamente necesario el control más seguido de los parámetros, recomendamos que se haga por lo menos dos veces por año, y se implemente un laboratorio pequeño en el que se pueda hacer mediciones de parámetros in situ para control interno mensual de las PTAR.

Recomendamos realizar capacitaciones periódicas a los técnicos y personal que trabaja en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Se debería también asignar a una persona apta de forma permanente para la supervisión, el control y el mantenimiento en cada PTAR.

Existe presencia de animales para consumo humano a menos de 20m de las lagunas, casas demasiado cercanas a las plantas lo que significa molestias para los pobladores, pudiendo causar problemas en la salud. Situaciones que deben corregirse de inmediato.

En caso de que el GAD municipal de Girón considere la implementación del plan de mejoras y la adecuación del sistema de pre tratamiento; se recomienda la impermeabilización del terreno con el fin de evitar infiltraciones del agua residual. El dragado de los lodos y la limpieza del lechuguín son actividades que deben realizarse.

**BIBLIOGRAFIA**

Alvarado, D & Cardenas, C. (2015) "*Sistematización de la información de las Plantas de depuración de aguas residuales del sector rural del cantón Cuenca – Azuay.*" <http://dspace.ucuenca.edu.ec/> (último acceso: 115 de 09 de 2015).

Andrade, L. (1999) "Provincia del Azuay: Estudio Geográfico y Cartografía Digital del Cantón Girón" 03 de 08 de 2015. Anuario Meteorológico 2005, Nº 45 Quito-Ecuador Digital.

Asamblea Nacional. (2008). "Constitución de la República del Ecuador ". 10 de 10 de 2015, de Registro Oficial Sitio web: <http://www.bvsde.paho.org/>

Asociación Alemana de Saneamiento. (1994). "*Determinación del Grado de Eficiencia de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales-Hoja Técnica 755-*". 20 de 05 de 2015, de CAPRE y ANDESAPA Sitio web: <http://www.bvsde.paho.org/>.

Borrero, A. (1989). "*Paisaje Rural en la Provincia del Azuay. Banco Central del Ecuador*" 03 de 08 de 2015. Gráficas Hernández " Pág. 29

Collado, R.. (1992). "*Depuración de aguas Residuales en pequeñas comunidades.*" Madrid: PARANINFO S.A..

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. "*Manual de procedimientos hidrométricos.*" (2002) Sitio Web. <http://www.sensorvital.com>. Acceso: 07 de 03 de 2016

Delgadillo, O, Camacho, A, Perez, L & Andrade, M. (2010). "*Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales.*" <https://books.google.com.ec/> (último acceso: 26 de 08 de 2015).

Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Girón. (2014). "*Diagnóstico del Plan de Desarrollo Cantonal y Ordenamiento Territorial del Cantón Girón 2014 - 2019.*" Recuperado el 2015 de 08 de 06, de <http://app.sni.gob.ec/>

Guananga, N. (2014). "Las aguas servidas y su influencia en la calidad de vida de los moradores de los caseríos: El Paraíso, Capulispamba,



Cacahuangu, cantón Mocha provincia de Tungurahua”. Recuperado el 19 de 08 de 2015, de TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA INDEPENDIENTE: file:///C:/Users/user/Downloads/Tesis%

Hernández. M ,A. Hernández. L, A, Galán, P. (2004). "Manual de Depuración Uralita." Madrid: Paraninfo SA.

Hernández Lerma,O. (1979). "*Elementos de Probabilidad y Estadística*". México: Fondo de Cultura Económica.

Ingeniería de Tratamiento de Aguas Residuales . «MICROBIOLOGÍA EN LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.» 02 de 12 de 2015. <http://www.oocities.org/edrochac/residuales/microbiologia1.pdf>

Ilustre Municipalidad del Cantón Girón y Banco del Estado. (1998). "*Mejoramiento del Sistema de Alcantarillado Combinado y Construcción de Unidades de Tratamiento de Aguas Residuales del Cantón Girón*".

Livingstone, Daniel A, Geological Survey (USA). (1963). "*Chemical composition of rivers and lakes*". Washington: Publisher Washington : US Govt.

Manga, J, Molinares, N, Arrieta, J. (2007). "Tratamiento de Aguas Residuales mediante sistemas de Lagunaje." Barranquilla. Ediciones Uninorte.

Mara, D. (1996). "*Waste stabilization ponds: effluent quality requirements and implications for process design*". Wat. Sci. Tech. 33(7), 23-31

Marsilli, A. (2005). "*Ecología Profunda*". <http://www.tierramor.org/> (último acceso: 21 de 09 de 2015).

Matcalf &, Eddy. (1995). "Ingeniería del agua Residual , Tratamiento , vertido y reutilización" ,Tercera edición, Volumen 1 y 2. Mc. Graw Hill.

Mayorga, A. (2012). "*Optimización del Sistema de Tratamiento de Agua Residual de la Planta Nº 2 Sector Cacahuangu del Cantón Mocha*". Recuperado el 19 de 08 de 2015. Sitio web: <http://dspace.epoch.edu.ec/>



- Mercado, A. (2013). "*Lagunas de Estabilización*". 20/03/2016, de Centro de Aguas y Saneamiento Ambiental UMSS Sitio web: <http://www.aquaknow.net/>
- Ministerio del Ambiente. (2008). NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA . 3 de octubre de 2015, de Registro Oficial Sitio web: <http://www.efficacitas.com/>
- Once,D, Ruiz,J. (2014). "*Evaluación de las Plantas de Depuración de Agua Residual de las comunidades de Soldados Y Churuguzo, Cantón Cuenca, Azuay*" . file:///C:/Users/user/Downloads/TESIS% (último acceso: 08 de 09 de 2015).
- OPS & CEPIS. (2005). "*Guía para El Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización*". 20 de 05 de 2015, de OPS/CEPIS/05.163 UNATSABAR Sitio web: <http://www.bvsde.ops-oms.org/>
- Ramahlo, R, Beltrán, D, de Lora, F. (2003). "*Tratamiento de aguas residuales*". Barcelona: Reverté S.A.
- Ramón, L.(1992). "*Depuración de Aguas Residuales en Pequeñas Comunidades*" Madrid. PARANINFO S.A.
- Revista Ambientum. (2002). "Autodepuración de los Ríos". 4/04/2016, de Revista Ambientum Sitio web: <http://www.ambientum.com/>
- Romero, M. "*Proceso de eutrofización de afluentes y su prevención por medio de tratamiento de efluentes.*" (2010) Sitio Web. <http://www.tec.url.edu.gt>. Acceso 03 de 2016.
- Romero Rojas, J. (2005). "*Lagunas de Estabilización de Aguas Residuales*". Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Romero Rojas, J. (2008). "*Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño*". Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.



Rolim, S. (2000). "*Sistemas de Lagunas de Estabilización. Cómo utilizar aguas residuales en sistemas de riego*". Bogotá. McGRAW-HILL INTERAMERICANA.

Rojas, R. (2002). "*Gestión Integral de Tratamiento de Aguas Residuales*". file:///C:/Users/user/Downloads/ (último acceso: 23 de 09 de 15).

Soluciones Mediambientales y Agua S.A. "*Eutrofización: efectos de contaminación de agua y su tratamiento*."s.f. Sitio Web <http://www.smasa.net>. Acceso 09 de 03 de 2016).

The GEEKS Gadget. (2013). "*Métodos de Aforo Directo*". 20 de 05 de 2015, de MyBloggerLab Sitio web: <http://www.cuevadelcivil.com/>

Veloso, T. (2010). "*Estudio demográfico comparativo de los Cantones Orientales: Paute, Gualaceo y Sigsig con los cantones occidentales: Santa Isabel y Girón, Según Los censos de 1982, 1990 Y 2001*". Recuperado el 03 de 08 de 2015, de Universidad de Cuenca Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Wolf, T. (1879). "*Viajes Científicos por la República del Ecuador*". 03 de 08 de 2015. Imprenta del Comercio.

Caldera & Gutiérrez. «Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales de industria avícola.» 2010. http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592010000400011 (último acceso: 29 de 04 de 2016).

ANEXOS

Anexo No 1: Resultados del Análisis de Afluentes y Efluentes entregado por el Laboratorio de Saneamiento de ETAPA

LABORATORIO DE SANEAMIENTO Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf : 4175557 - 4175568	Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 20 06-004	INFORME DE RESULTADOS Página 1 de 2
---	---	---

FECHA: 2014/06/14

INFORME N°: 397/14

CLIENTE
 NOMBRE: GAD MUNICIPAL DE GIRON
 DIRECCIÓN: Eñías Astudillo y García Moreno

MUESTRA
 CODIGO: 397/01-04/14
 DESCRIPCIÓN: Agua Residual
 PROCEDENCIA: Zhurungualo y Pambadel
 FECHA DE RECEPCIÓN: 2014/08/07
 ENTREGADAS POR: Sr. Juan Carlos Pizarro

RESULTADOS

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	397/01/14 AFLUENTE ZHURUNGUALO	397/02/14 EFUENTE ZHURUNGUALO
COLOR REAL *	SM2120 C	2014/06/07	UC	61	37
DBOS	PEE/LS/FQ/01	2014/06/07	mg/l	185	24
DCO	PEE/LS/FQ/06	2014/06/12	mg/l	453	180
NITRATOS *	SM 4500 NO3 F	2014/06/08	mg/l	0.11	0.03
NITRITOS *	SM 4500 NO2 B	2014/06/07	mg/l	<0.002	0.03
NITROGENO AMONIACAL *	SM 4500 NH3 C	2014/06/13	mg/l	11.86	8
pH *	SM 4500 H B	2014/06/07		7.05	9.15
SOLIDOS SUSPENDIDOS	PEE/LS/FQ/04	2014/06/07	mg/l	195	61
SOLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2014/06/07	mg/l	456	265
SOLIDOS DISUELTOS *	Por diferencia			260	203
TURBIEDAD *	SM 2130 B	2014/06/07	NTU	133	30
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2014/06/07	NMP/100 ml	1.1E+07	7E+04
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2014/06/09	NMP/100 ml	7E+06	2.2E+04

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	397/03/14 AFLUENTE PAMBADEL	397/04/14 EFUENTE PAMBADEL
COLOR REAL *	SM2120 C	2014/06/07	UC	31	10
DBOS	PEE/LS/FQ/01	2014/06/07	mg/l	228	30
DCO	PEE/LS/FQ/06	2014/06/12	mg/l	516	193
NITRATOS *	SM 4500 NO3 E	2014/06/08	mg/l	0.03	0.02
NITRITOS *	SM 4500 NO2 B	2014/06/07	mg/l	<0.002	0.01
NITROGENO AMONIACAL *	SM 4500 NH3 C	2014/06/13	mg/l	20.75	8
pH *	SM 4500 H B	2014/06/07		7.36	10.45
SOLIDOS SUSPENDIDOS	PEE/LS/FQ/04	2014/06/07	mg/l	208	116
SOLIDOS TOTALES	PEE/LS/FQ/05	2014/06/07	mg/l	580	422
SOLIDOS DISUELTOS *	Por diferencia			372	306
TURBIEDAD *	SM 2130 B	2014/06/07	NTU	172	56
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2014/06/07	NMP/100 ml	1.6E+09	4.6E+05
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2014/06/09	NMP/100 ml	3.5E+07	2.4E+05

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- "Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"

MC0406-13

Figura No 20: Resultados del Análisis de Afluentes y Efluentes (14/06/2014) entregado por el Laboratorio de Saneamiento de ETAPA

Fuente: (ETAPA, 2014)



LABORATORIO DE SANEAMIENTO Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf : 4175557 - 4175588	Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 06-004	INFORME DE RESULTADOS Página 1 de 2
---	---	---

FECHA: 2015/06/27

INFORME N°: 264/15

CLIENTE
 NOMBRE: GAD MUNICIPAL GIRÓN
 DIRECCIÓN: Luis Astudillo y Gabriel G. Moreno - Girón

MUESTRA
 CODIGO: 264/01-04/15
 DESCRIPCIÓN: Agua Residual
 PROCEDENCIA: PTAR Girón
 FECHA DE RECEPCIÓN: 2015/05/20
 ENTREGADAS POR: Sra. Andrea Novillo

RESULTADOS

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	PTAR PAMBADEL AFLUENTE 264/01/15	PTAR PAMBADEL EFLUENTE 264/02/15
COLOR APARENTE *	SM2120 C	2015/05/20	UC	425	1130
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2015/05/20 2015/05/25	mg/l	120	78
DOO	PEE/LS/FQ/06	2015/05/20	mg/l	304	287
NITRATOS + NITRITOS *	SM 4500 NO3 E	2015/05/22	mg/l	0.02	0.52
NITROGENO AMONIAICAL *	SM 4500 NH3 C	2015/05/20	mg/l	20.05	3.9
pH *	PEE/LS/FQ/07	2015/05/20		7.16	8.78
SÓLIDOS SEDIMENTABLES *	SM 2540 F	2015/05/20	mg/l	4	0.2
SULFATOS *	SM 4500 SO4 E	2015/05/20	mg/l	52.11	42.11
SULFUROS *	SM 4500 S E	2015/05/20	mg/l	3.2	0.8
TURBIDEZ *	SM 2130 B	2015/05/20	NTU	68.1	48.2
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2015/05/20 2015/05/22	NMP/ 100 ml	1.3E+07	2.2E+06
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2015/05/21 2015/05/22	NMP/ 100 ml	4.8E+06	1.1E+06

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	PTAR ZHURNGUALO AFLUENTE 264/03/15	PTAR ZHURNGUALO EFLUENTE 264/04/15
COLOR APARENTE *	SM2120 C	2015/05/20	UC	708	310
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2015/05/20 2015/05/25	mg/l	133	33
DOO	PEE/LS/FQ/06	2015/05/20	mg/l	695	258
NITRATOS + NITRITOS *	SM 4500 NO3 E	2015/05/22	mg/l	0.06	0.03
NITROGENO AMONIAICAL *	SM 4500 NH3 C	2015/05/20	mg/l	11.69	7.8
pH *	PEE/LS/FQ/07	2015/05/20		6.84	7.66*
SÓLIDOS SEDIMENTABLES *	SM 2540 F	2015/05/20	mg/l	2	0.7
SULFATOS *	SM 4500 SO4 E	2015/05/20	mg/l	37.11	32.11
SULFUROS *	SM 4500 S E	2015/05/20	mg/l	3.2	3.2
TURBIDEZ *	SM 2130 B	2015/05/20	NTU	86.1	32.2
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2015/05/20 2015/05/22	NMP/ 100 ml	3.3E+07	3.3E+06

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- * Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE

MO0406-13



LABORATORIO DE SANEAMIENTO Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf : 4175557 - 4175568	Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 06-004	INFORME DE RESULTADOS Página 2 de 2
---	---	---

COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2015/05/21 2015/05/23	NMP/ 100 ml	2.3E+07	1.7E+05
---------------------------------	-----------	--------------------------	-------------	---------	---------

SM: STANDARD METHODS, Edición 22

PARÁMETRO	DBD5	DDO (2-160)	DDO (c100)	pH
INCERTIDUMBRE	1.6 1.8 % (95 %, k=1.96)	12.7% (95 %, k=1.96)	13.05% (95 %, k=1.96)	0.03 % (95 %, k=2.01)

Atentamente,

Ing. Andrea Arévalo
RESPONSABLE DEL LABORATORIO

Figura No 21: Resultados del Análisis de Afluentes y Efluentes (20/05/2015) entregado por el Laboratorio de Saneamiento de ETAPA

Fuente: (ETAPA, 2015)



LABORATORIO DE SANEAMIENTO Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. – Cuenca Telf : 4175557 - 4175568	Laboratorio de Ensayo Acreditado por el OAE con Acreditación N° OAE LE 2C 06-004	INFORME DE RESULTADOS Página 1 de 1
---	---	---

FECHA: 2016/05/30

INFORME N°: 252/16

CLIENTE

NOMBRE: ING. ANDREA NOVILLO
 DIRECCIÓN: Fray Luis de Granada y Miguel Cabello

MUESTRA

CODIGO: 252/01-04/16
 DESCRIPCIÓN: Agua residual
 PROCEDENCIA: Girón
 FECHA DE RECEPCIÓN: 2016/05/23
 ENTREGADAS POR: Ing. Andrea Novillo

RESULTADOS

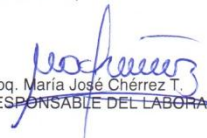
PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Afluente Pambadel 252/01/16	Efluente Pambadel 252/02/16
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2016/05/23 2016/05/28	mg/l	360	50
DQO	PEE/LS/FQ/06	2016/05/23	mg/l	691	85
FÓSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2016/05/25	mg/l	3.03	4.68
NITRATOS + NITRITOS *	SM 4500 NO3 E	2016/05/30	mgN/l	0.39	1.8
SÓLIDOS SEDIMENTABLES *	SM 2540 F	2016/05/23	ml/l	2.0	0.0
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2016/05/23 2016/05/25	NMP/ 100 ml	3.3E+07	1.3E+05
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2016/05/24 2016/05/26	NMP/ 100 ml	3.3E+07	7.9E+04

PARAMETRO	METODO	FECHA REALIZACION	UNIDADES	Afluente Zhiringualo 252/03/16	Efluente Zhiringualo 252/04/16
DBO5	PEE/LS/FQ/01	2016/05/23 2016/05/28	mg/l	160	12
DQO	PEE/LS/FQ/06	2016/05/23	mg/l	416	54
FÓSFORO TOTAL	PEE/LS/FQ/03	2016/05/25	mg/l	6.27	1.69
NITRATOS + NITRITOS *	SM 4500 NO3 E	2016/05/30	mgN/l	0.31	0.38
SÓLIDOS SEDIMENTABLES *	SM 2540 F	2016/05/23	ml/l	4.0	0.0
COLIFORMES TOTALES *	SM 9221 E	2016/05/23 2016/05/25	NMP/ 100 ml	5.4E+08	2.2E+05
COLIFORMES TERMOTOLERANTES *	SM 9221 E	2016/05/24 2016/05/26	NMP/ 100 ml	5.4E+08	1.7E+05

SM: STANDARD METHODS, Edición 22

PARAMETRO	DBO5	DQO (>100)	DQO (<100)	FOSFORO TOTAL
INCERTIDUMBRE	18.12 % (95 %, k=1.96)	12.7% (95 %, k=1.96)	13.05% (95 %, k=1.99)	9.04% (95 %, k=1.96)

Atentamente,


 Bloq. María José Chérrez T.
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- "Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

MC0406-13

Figura No 22: Resultados del Análisis de Afluentes y Efluentes (23/05/2016) entregado por el Laboratorio de Saneamiento de ETAPA

Fuente: (ETAPA, 2015)



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ciencias Químicas
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUAS

INFORME DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUA

DATOS DE RECEPCIÓN: En el laboratorio de Análisis de Aguas de la Facultad de Ciencias Químicas por el Técnico Responsable
Solicitado por: Srta. Andrea Novillo Jara
Muestra: aguas de lagunas de tratamiento Pambadel y Zhuringualo (EDAR)
Fecha: 13 de mayo del 2016
Fecha de análisis: 13-16 de mayo de 2016
Nº de muestras: 1
Procedencia: Cantón: Girón aguas tomadas de afluente y efluente
Código: 017/-016

Inspección de la muestra *Recolectada y muestreada por el solicitante, (en Frasco de plástico "esteril")*

INFORME DEL RESULTADO

Muestra	Parámetro	Método	Unidad	Resultado LIMITE DE CONFIANZA 99%
Afluente Pambadel	Coliformes totales	NTE / INEN	NMP/100ml	> 3100NMP
	Coliformes fecales o termo estables	NTE / INEN	NMP/100ml	> 2600 NMP
Efluente Pambadel	Coliformes totales	NTE / INEN	NMP/100ml	> 2700 NMP
	Coliformes fecales o termo estables	NTE / INEN	NMP/100ml	> 2010 NMP
Afluente Zhuringualo	Coliformes totales	NTE / INEN	NMP/100ml	> 3300 NMP
	Coliformes fecales o termo estables	NTE / INEN	NMP/100ml	>2800 NMP
Efluente Zhuringualo	Coliformes totales	NTE / INEN	NMP/100ml	> 2200 NMP
	Coliformes fecales o termo estables	NTE / INEN	NMP/100ml	> 1800 NMP

Se siguieron las siguientes normas INEN:
 1529-1 Preparación de los medios de cultivo
 1529-2 Toma, envío y preparación de las muestras para el análisis
 NMP= Número más probable
 NTE= Norma Técnica Ecuatoriana
 Método de los tubos múltiples

UNIVERSIDAD DE CUENCA
 FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUAS


 Dr. Giovanna Novillo
 Analista

TERMINOS Y CONDICIONES: La responsabilidad del Laboratorio de Análisis de Aguas de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca se restringe a la presentación de los servicios analíticos, generación de planes de muestreo y el muestreo medio ambiental convenidos con el cliente. Los servicios analíticos y el muestreo son realizados teniendo en cuenta los criterios de calidad internacionalmente reconocidos. El Laboratorio de AA no se responsabiliza por la condiciones de preservación de las muestras tomadas por el Cliente. Una vez realizado los análisis, de las muestras estas serán conservadas durante 15 días luego de los cuales serán desechadas y por ende no podrán ser reclamadas al igual que los contenedores. Las muestras que sean clasificadas como peligrosas deberán ser retiradas ineludiblemente por el cliente o en su defecto el cliente deberá cubrir los costos para su disposición final. Los resultados informados por el LAA son válidos solo para las muestras analizadas. Los resultados enviados de manera electrónica por el LAA tendrán el carácter de provisional y podrán estar sujetos a cambios basados en el procedimiento normal de aseguramiento y control de calidad del laboratorio. Se entenderá como certificado o informe de análisis válidamente emitido al documento en original, debidamente timbrado y firmado por el responsable del laboratorio.

Figura No 23. Resultados micrbiológicos entregados por el laboratorio de la Universidad de Cuenca

Fuente: (Laboratorio de la Universidad de Cuenca, 2016).

**Anexo No 2: Análisis Social**

**UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Ciudadano/a, el motivo de la presente encuesta es evaluar las causas del deterioro de la calidad del agua del río Girón.

EDAD	SEXO
15 - 20 <input type="checkbox"/>	F <input checked="" type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>
21 -26 <input type="checkbox"/>	
27- 35 <input type="checkbox"/>	
36 En adelante <input checked="" type="checkbox"/>	

1. ¿Su vivienda se encuentra conectada a alcantarillado sanitario?

SI
NO

Si la respuesta es negativa, preguntar.

1.1. ¿Cómo evacúa las aguas servidas y las excretas?

Pozo Séptico o Letrina
Descarga al río o quebrada
directamente.
Otro

2. ¿Considera necesario dar tratamiento a las aguas servidas antes de que vayan a los cursos de agua?

SI
NO

3. ¿Conoce cuáles son los factores que contaminan el agua?

SI
NO



4. ¿Usted ha podido constatar la contaminación del agua del Río Girón mediante las diferentes características?

- Olor
- Color
- Turbiedad
- Otros

5. ¿Cree que la población conoce suficientes medidas para evitar la contaminación del agua?

- SI
- NO

6. ¿Considera que desde la Municipalidad del Cantón se impulsan suficientes campañas contra la contaminación del agua?

- SI
- NO
- No lo sé ni me interesa.

7. ¿Sabe usted si existen lugares para dar tratamiento a las aguas servidas en el Cantón Girón?

- SI
- NO

8. ¿Cree Usted que las plantas de tratamiento de aguas residuales del Cantón Girón funcionan de manera correcta?

- SI
- NO

9. ¿Usa o consume agua del Río Girón?

- SI
- NO

10. ¿Usted cree que el agua residual ya tratada en las plantas es apta para riego?

- SI
- NO

11. ¿Qué molestias ha sentido usted por la cercanía de su hogar a la planta de tratamiento de aguas residuales?

- Insectos
- Redores u otros vectores
- Más Olores
- Contaminación Visual
- Ninguno

Gracias

Figura No 24. Encuesta realizada a una persona que vive cerca de la planta de Pambadel

Fuente: (Autoras)

Anexo No 3: Elaboración de los diseños de mejora de las PTAR de Pambadel y Zhuringualo

Imagen No 42: Georeferenciación de los sistemas de Lagunaje



Fuente: (Autoras)