



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE



TESIS

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA Y ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LAMPA

PRESENTADA POR:

JOSE PACORI PACORI

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO

AMBIENTE

PUNO, PERÚ

2024



NOMBRE DEL TRABAJO

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA Y ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LAMPA

AUTOR

JOSÉ PACORI PACORI

RECuento DE PALABRAS

28931 Words

RECuento DE CARACTERES

131612 Characters

RECuento DE PÁGINAS

140 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.7MB

FECHA DE ENTREGA

Mar 7, 2024 6:20 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Mar 7, 2024 6:21 PM GMT-5

● 6% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 5% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)



Firmado digitalmente por BELIZARIO
QUISPE German FAU 20145496170
soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 07.03.2024 18:28:10 -05:00



Firmado digitalmente por LUQUE
COYLA Ruben Jared FAU
20145496170 hard
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 08.03.2024 12:06:29 -05:00



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO

AMBIENTE

TESIS

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA Y ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LAMPA



PRESENTADA POR:

JOSE PACORI PACORI

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

DOCTORIS.SCIENTIAE EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

APROBADA POR EL JURADO SIGUIENTE:

PRESIDENTE

.....
Dr. EDUARDO FLORES/CONDORI

PRIMER MIEMBRO

.....
D.Sc. BELISARIO MANTILLA MENDOZA

SEGUNDO MIEMBRO

.....
Dr. NICANOR MIGUEL BRAVO CHOQUE

ASESOR DE TESIS

.....
D.Sc. GERMAN BELIZARIO QUISPE

Puno, 19 de enero del 2024

ÁREA: Ciencias de la Ingeniería

TEMA: Evaluación de la eficiencia y alternativa de solución de la planta de tratamiento de aguas residuales en Lampa

LÍNEA: Recursos naturales y medio ambiente



DEDICATORIA

El presente trabajo es fruto de mucho esfuerzo y es dedicado a mi familia como a mis padres Felipe y María, quienes siempre estuvieron atentos.

A mis hermanos: Nancy, Delia, Yvan y mis sobrinos, quienes son mi ejemplo de trabajo, esfuerzo y superación muchas gracias, con mucho cariño.



AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darnos vida y salud. A mi Universidad Nacional del Altiplano a mi alma mater, a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil y a la Escuela de Posgrado por formarnos en sus aulas.

A mi asesor Doctor German Belizario Quispe, a los miembros del Jurado por sus aportes y sugerencias, a mis docentes del programa doctorado quienes me han impulsado para poder desarrollar de la mejor forma el trabajo de investigación.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
LISTA DE ACRONIMOS	xiv
RESUMEN	xv
ASBTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LA LITERATURA

1.1 Marco teórico	3
1.1.1 Tratamiento de aguas residuales	3
1.1.2 Características agua	3
1.1.3 Eficiencias de la remoción de aguas residuales	5
1.1.4 Factores importantes en la selección del tratamiento	7
1.1.5 Tratamiento preliminar	7
	iii



1.1.6 Tratamiento primario	8
1.1.7 Tratamiento secundario	8
1.1.8 Tratamiento terciario	11
1.1.9 Tratamiento y disposición de lodos	11
1.1.10 Cámaras de inspección	11
1.1.11 Blancos de reactivos	13
1.2 Antecedentes	13

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Identificación de problema	18
2.2 Enunciados del problema	19
2.3 Justificación	20
2.4 Objetivos	21
2.4.1 Objetivo general	21
2.4.2 Objetivos específicos	21
2.5 Hipótesis 21	
2.5.1 Hipótesis general	21
2.5.2 Hipótesis específica	21



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio	22
3.2 Población	23
3.3 Muestra	23
3.4 Método de investigación	24
3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	26

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Evaluación de la calidad físico, químico y microbiológico del agua residual que ingresa a la planta de tratamiento de acuerdo al DS N° 003 – 2010 -MINAM.	31
4.1.1 Análisis del parámetro físico de los sólidos suspendidos totales	31
4.1.2 Análisis del parámetro físico del pH y temperatura	35
4.1.3 Análisis del parámetro químico de la DQ	36
4.1.4 Análisis del parámetro químico de aceites y grasas	40
4.1.5 Análisis del parámetro biológico de la BDO ₅	44
4.1.6 Análisis de los parámetros microbiológicos de los coliformes termotolerantes	48
4.2 Determinación de la eficiencia en el pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario de la estación depuradora de aguas residuales.	52
4.2.1 Eficiencia en el tratamiento preliminar, primario, secundario para la DBO ₅	52
4.2.2 Eficiencia en el tratamiento preliminar, primario, secundario para la DQO	59



4.2.3 Eficiencia en el tratamiento preliminar, primario, secundario para los SST	67
4.2.4 Eficiencia en el tratamiento preliminar, primario, secundario para aceites y grasas	75
4.2.5 Eficiencia en el tratamiento preliminar, primario, secundario y terciario para los coliformes termotolerantes	81
4.3 Propuesta de alternativa de solución a la contaminación del río y los malos olores por parte de las aguas residuales	87
4.3.1 Variaciones de los parámetros de la PTAR	90
4.3.2 Análisis para la DBO ₅	94
4.3.3 Análisis para la DQO	96
4.3.4 Análisis para los sólidos suspendidos totales.	99
4.3.5 Análisis para aceites y grasas	101
4.4 Discusión de resultados	106
CONCLUSIONES	108
RECOMENDACIONES	109
REFERENCIAS	110
ANEXOS	114



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. LMP para efluentes de las PTAR	4
2. Valores máximos admisibles para descarga de aguas residuales	4
3. Grado de contaminación del agua residual	5
4. Porcentajes de remoción de la DBO ₅ , SST, coliformes	5
5. Porcentajes de remoción de la DBO ₅ y SST	6
6. Porcentajes de remoción del agua residual	6
7. Factores que afectan el rendimiento del tratamiento secundario	12
8. Variables de estudio	25
9. Variación de los parámetros físicos de los sólidos suspendidos totales	32
10. Análisis de varianza del parámetro físico de los sólidos suspendidos totales	33
11. Valores de los parámetros físico temperatura y pH	33
12. Variación de los parámetros químicos de la DQO	35
13. Análisis de varianza para el parámetro químico de la DQO	36
14. Valores medios del parámetro químico de la DQO en los tratamientos	37
15. Variación de los parámetros químicos de los aceites y grasas	38
16. Análisis de varianza del parámetro químico de aceites y grasas	40
17. Valores medios del parámetro químico de aceites y grasas	41
18. Parámetro químico del agua del río	42
	vii



19. Variación de los parámetros biológicos de la DBO ₅	43
20. Análisis de varianza para el parámetro biológico de la DBO ₅	44
21. Valores medios del parámetro biológico la DBO ₅	45
22. Variación de los parámetros biológicos de los coliformes termotolerantes	46
23. Análisis de varianza del parámetro biológicos de los coliformes termotolerantes	48
24. Valores medios del parámetro biológico de los coliformes termotolerantes	49
25. Porcentaje de la eficiencia para la DBO ₅	50
26. Porcentaje de la eficiencia en los tanques Imhoff de la DBO ₅	52
27. Análisis de varianza para la DBO ₅ en el tanque Imhoff	55
28. Porcentaje de valores medios de la eficiencia para la DBO ₅	55
29. Porcentaje de la eficiencia en los filtros percoladores para la DBO ₅	56
30. Análisis de varianza para la DBO ₅ en el filtro percolador	57
31. Porcentaje de la eficiencia para la DQO	58
32. Porcentaje de la eficiencia en los tanques Imhoff para la DQO	59
33. Análisis de varianza para la DQO en el tanque Imhoff	62
34. Porcentaje de valores medios de la eficiencia para la DQO	62
35. Porcentaje de la eficiencia de los filtros percoladores para la DQO	63
36. Análisis de varianza de la DQO en el filtro percolador	64
37. Porcentaje de valores medios de la eficiencia para la DQO	65
38. Porcentaje de la eficiencia para los SST	65



39. Análisis de varianza para los SST en el tanque Imhoff	67
40. Porcentaje de valores medios de la eficiencia para los SST	70
41. Porcentaje de la eficiencia en los filtros percoladores para los SST	70
42. Análisis de varianza de los SST en el filtro percolador	71
43. Porcentaje de valores medios de la eficiencia para los SST	72
44. Porcentaje de la eficiencia para los aceites y grasas	73
45. Porcentaje de la eficiencia en los tanques Imhoff para los aceites y grasas	73
46. Análisis de varianza para los aceites y grasas en el tanque Imhoff	75
47. Porcentaje de valores medios de la eficiencia para los aceites y grasas	77
48. Análisis de varianza de aceites y grasas en el filtro percolador	78
49. Porcentaje de la eficiencia para los coliformes termotolerantes	78
50. Porcentaje de remoción de los coliformes termotolerantes en el tanque Imhoff	79
51. Análisis de varianza para los coliformes en el tanque Imhoff	80
52. Porcentaje valores medios de la eficiencia para los coliformes	82
53. Porcentaje de la eficiencia en los filtros percoladores para los coliformes	84
54. Análisis de varianza de los coliformes en el filtro percolador	84
55. Población futura	85
56. Balance de masas	86
57. Porcentajes de remoción las rejillas y desarenador	87
58. Porcentajes de remoción en el decantador primario	88



59. Porcentajes de remoción en los lodos activados	88
60. Porcentajes de remoción en la cámara de cloración	90
61. Porcentaje de remoción de la DBO ₅	91
62. Análisis estadístico para la BDO ₅	92
63. Porcentaje de remoción para la DQO	93
64. Análisis estadístico para la DQO	94
65. Porcentaje de remoción de los SST	94
66. Análisis estadístico para los sólidos suspendidos totales.	96
67. Porcentaje de remoción de aceites y grasas	97
68. Análisis estadístico para aceites y grasas.	99
69. Porcentaje de remoción para los coliformes termotolerantes	99
70. Análisis estadístico para coliformes termotolerantes.	101
71. Análisis estadístico para aceites y grasas	101
72. Porcentaje de remoción para los coliformes termotolerantes	103
73. Análisis estadístico para los coliformes termotolerantes	104



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Desarenador horizontal	8
2. Ubicación de la zona de estudio	22
3. Toma de muestra del agua residual	23
4. Diagrama de flujo de la PTAR	28
5. Diagrama de flujo de la propuesta	30
6. Valores de los sólidos suspendidos totales	34
7. Valores de la DQO	39
8. Valores de los aceites y grasas	42
9. Valores de la DBO ₅ durante el tratamiento	47
10. Valores de los coliformes termotolerantes	50
11. Porcentaje de la eficiencia para la DBO ₅	53
12. Porcentaje de la eficiencia en los tanques Imhoff de la DBO ₅	56
13. Porcentaje de la eficiencia para la DQO	60
14. Porcentaje de la eficiencia en los tanques Imhoff para la DQO	63
15. Porcentaje de la eficiencia en los filtros percoladores para la DQO	66
16. Porcentaje de la eficiencia para los SST	68
17. Porcentaje de la eficiencia en los tanques Imhoff para los SST	71
18. Porcentaje de la eficiencia en los filtros percoladores para los SST	74
	xi



19. Porcentaje de la eficiencia para los aceites y grasas	76
20. Porcentaje de la eficiencia en los tanques Imhoff para los aceites	79
21. Porcentaje de la eficiencia para los coliformes	82
22. Porcentaje de la eficiencia en los tanques Imhoff para los coliformes	85
23. Diagrama de flujo seleccionado	89
24. Resultados de la DBO ₅ en la salida de los efluentes	95
25. Resultados de la DQO en la salida de los efluentes	98
26. Resultados de los SST en la salida de los efluentes	100
27. Resultados de aceites y grasas en la salida de los efluentes	102
28. Resultados de los coliformes en la salida de los efluentes	105
29. Distribución del agua residual fija no existe formación de biopelícula	107



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Panel Fotográfico	115
2. Resultados de los análisis de laboratorio	118
3. Medidas del porcentaje de remoción de la DBO ₅ en el tanque Imhoff	120
4. Medidas del porcentaje de remoción de la DQO en el tanque Imhoff	120
5. Medidas del porcentaje de remoción de los SST en el tanque Imhoff	120
6. Medias del porcentaje de remoción de los aceites y grasa en el tanque Imhoff	121
7. Medias del porcentaje de remoción de los coliformes en el tanque Imhoff	121
8. Medias del porcentaje de remoción de la DBO ₅ en el filtro percolador	121
9. Medias del porcentaje de remoción de la DQO en el filtro percolador	122
10. Medias del porcentaje de remoción de los SST en el filtro percolador	122
11. Medias del porcentaje de remoción de aceites y grasas en el filtro percolador	122
12. Medias del porcenate de remoción de los coliformes en el filtro percolador	122



LISTA DE ACRÓNIMOS

PTAR	Planta de tratamiento de aguas residuales
LMP	Límites máximos permisibles
VMA	Valor máximo admisible
ECA	Estándares de calidad ambiental
DBO ₅	Demanda bioquímica de oxígeno
SST	Sólidos suspendidos totales
DQO	Demanda química de oxígeno
T	Temperatura
mg/l	miligramos por litro
AR	Agua residual.
CBR	Contactadores biológicos rotativos
EDAR	Estación depuradora de aguas residuales
OS	Obras de saneamiento
MINAN	Ministerio del ambiente



RESUMEN

Las Plantas de tratamiento de aguas residuales a nivel nacional tienen deficiencias en el tratamiento y esto genera un impacto ambiental negativo; la ciudad de Lampa cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales que no desarrolla eficientemente el tratamiento de las aguas residuales. El objetivo de la investigación fue evaluar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales y proponer una alternativa de solución. Se tomaron muestras en temporadas de estiaje y lluvia de los afluentes y efluentes de la PTAR, esto con la finalidad de evaluar la eficiencia del sistema. La investigación fue no experimental con un enfoque cuantitativo. Los resultados más óptimos en el efluente de la PTAR resultó la DBO₅ igual a 160.87mg/l, DQO igual a 162.16 mg/l y SST igual a 203.47 mg/l los cuales superaron los LMP, en los tanques Imhoff estas tuvieron eficiencias promedio del 10.67% de remoción para la DBO₅, 12.67% para la DQO y 22% para los SST. Para los filtros percoladores la eficiencia promedio fue 48% para la DBO₅, 49.67% para la DQO y 48% para los SST. Del balance de masas resultó una eficiencia del 75.18% seleccionando el sistema de lodos activados ya que cumple con la normativa demostrado mediante la prueba de hipótesis en donde se aceptó la hipótesis alterna ya que los afluentes de los parámetros son mayores que los efluentes. Se concluye que la deficiencia de la planta de tratamiento estuvo en los tanques Imhoff y los filtros percoladores y el sistema propuesto cumple con los LMP.

Palabras clave: Agua residual, caudal, diseño, DBO₅, eficiencia, planta de tratamiento.



ASBTRACT

The wastewater treatment plants nationwide have deficiencies in their treatment, which has a negative environmental impact; the city of Lampa has a sewage treatment plant that does not efficiently treat wastewater. The objective of the research was to evaluate the efficiency of the wastewater treatment plant and propose an alternative solution. Samples were taken during low water and rainy seasons from the WWTP's effluents and effluents in order to evaluate the efficiency of the system. The research was non-experimental with a quantitative approach. The most optimal results in the WWTP effluent were BOD₅ equal to 160.87 mg/l, COD equal to 162.16 mg/l and TSS equal to 203.47 mg/l, which exceeded the MRLs. In the Imhoff tanks, these had average removal efficiencies of 10.67% for BOD₅, 12.67% for COD and 22% for TSS. For trickling filters, the average efficiency was 48% for BOD₅, 49.67% for COD and 48% for TSS. The mass balance resulted in an efficiency of 75.18% selecting the activated sludge system, since it complies with the regulations, as demonstrated by the hypothesis test, where the alternative hypothesis was accepted since the influents of the parameters are greater than the effluents. The conclusion is that, the deficiency of the treatment plant was in the Imhoff tanks and trickling filters and the proposed system complies with the LMPs.

Keywords: BOD₅, design, efficiency, flow, treatment plant, wastewater.



INTRODUCCIÓN

El problema de las aguas residuales viene agravándose esto debido a que no se viene tratando adecuadamente las poblaciones de bajos recursos económicos son las que mayormente son afectadas por la escasez y la contaminación del recurso hídrico (Unzueta *et al.*, 2004), en el Perú gran parte de las estaciones depuradoras de aguas residuales no tienen el debido tratamiento esto debido a una visión equivocada de las EPS, y esto conlleva a la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales (Méndez y Marchán, 2008), según el D.S N° 075-2013-PCM, de la comisión multisectorial para la recuperación del Lago Titicaca, establecieron que las PTAR en la región de Puno son del tipo de lagunas de oxidación y muchas de estas no operan eficientemente debido a un diseño deficiente y a un inadecuado mantenimiento de las lagunas. La localidad de Lampa cuenta con una PTAR que consta de una rejilla, desarenador, con 03 tanques Imhoff en paralelo, 03 filtro percoladores en paralelo y 01 cámara de cloración el efluente del agua residual de la PTAR no cumple con la normativa, esto debido a la inadecuada elección del sistema y la falta de operación y mantenimiento, ya que el agua residual de esta planta culmina en el río Lampa alterando así las características físico químico del río Lampa. La importancia de la investigación es la de dar a conocer cómo se debe evaluar la eficiencia de una planta de tratamiento ya que la evaluación no solo debe de realizarse al ingreso y salida de una PTAR. Según Hernández (2016) la evaluación de la eficiencia se realiza en el pretratamiento, tanque de sedimentación, reactores aerobios de la PTAR; así mismo se da a conocer cómo debe de seleccionarse una planta de tratamiento esto a partir de un balance de masas entre la salida del agua residual de la PTAR y el caudal del río. La importancia de la investigación radica en que se evaluó la eficiencia de los tanques Imhoff y filtros percoladores en paralelo dando como resultado que existe deficiencias en los tanques Imhoff ya que la eficiencia de remoción está por debajo de las normativas, en cuanto a los filtros percoladores la eficiencia en la remoción estuvo ligeramente por debajo de la normativa. Por lo que podemos ver que para la elección de un sistema de una PTAR, previamente se debe de realizar un balance de masas de la materia orgánica y el caudal del efluente de la PTAR y el caudal aguas arriba del río, esto a fin de seleccionar el tratamiento secundario, así mismo se debe realizar la caracterización del agua



y las características de la zona como la cantidad de la población y el clima, para la investigación el sistema seleccionado fue el de lodos activados esta por tener la mayor eficiencia en la remoción de la materia orgánica, ya que es un sistema aerobio por lo que esta se adecua a la zona por las condiciones climatológicas.



CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LA LITERATURA

1.1 Marco teórico

De acuerdo a nuestro primer objetivo que fue evaluar los parámetros físico, químico y microbiológico del agua residual, nos planteamos el siguiente marco teórico.

1.1.1 Tratamiento de aguas residuales

Las aguas residuales son producto del uso que lo da el hombre y estas vienen conformando sustancias cloacales, en donde se incorporan restos de comidas, lavado doméstico, entre otros, en donde pueden presentarse como sueltas, mezcladas o suspendidas. Las aguas residuales pueden ser de naturaleza mineral como de uso de pinturas, aceites, productos químicos, etc. (Pérez *et al.*, 2020).

La contaminación de las aguas residuales se da en función al uso que lo da el hombre estas aguas pueden ser municipales o industriales y muchas de estas no son tratadas y son transportadas por conductos hasta llegar a cuerpo receptor como ríos, lagunas. (Metcalf y Eddy, 1995).

1.1.2 Características agua

El agua posee una serie de diversos compuestos esto de acuerdo al lugar de donde provienen, por lo que dentro de las características están, las físicas, químicas y microbiológicas, la variación de estos parámetros está en función al uso que se lo destina como domesticas o industriales. (Ocampo y Pérez, 2013). Según el D.S. N°

003-2010-MINAM, establecen los parámetros para efluentes de las PTAR, según la tabla 1.

Tabla 1

LMP para efluentes de las PTAR

Parámetro	Und	LMP
Grasas y aceites	mg/l	20
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mg	10000
DBO ₅	mg/l	100
DQO	mg/l	200
pH	Und	6.5 - 8.5
SST	mg/l	150
Temperatura	°C	< 35

Fuente: (MINAM, 2010)

Según el D.S. N° 010-2019-VIVIENDA, establece los valores máximos admisibles, de las aguas residuales domesticas al sistema de alcantarillado, esto según la tabla 2.

Tabla 2

Valores máximos admisibles para descarga de aguas residuales

Parámetro	Und	VMA
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	500
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	1000
Sólidos Suspendidos	mg/l	500
Grasas y aceites	mg/l	100

Fuente: (VMA, 2019)

Tabla 3

Grado de contaminación del agua residual

Parámetro	Concentración fuerte (mg/l)	Concentración media (mg/l)	Concentración ligera (mg/l)
Solidos suspendidos	500	300	100
pH	6.9	6.9	6.9
DQO	800	500	200
Grasas y aceites	40	20	0
DBO ₅	300	250	120

Fuente: (Hernández, 2016)

1.1.3 Eficiencias de la remoción de aguas residuales

De acuerdo a nuestro segundo objetivo que fue la de determinar la eficiencia en el pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario planteamos el siguiente marco teórico para lo cual se detalla a continuación.

Según el manual de Hernández (2016) establece los siguientes % de remoción.

Tabla 4

Porcentajes de remoción de la DBO₅, SST, coliformes

Proceso de depuración	% de remoción		
	DBO ₅	Sólidos Suspendidos Totales	Coliformes termotolerantes
Pretratamiento	0 – 10	0 - 10	
Tratamiento Primario	25 – 40	40 – 70	25 – 55
Tratamiento primario	50 – 80	40 – 70	25 – 55
Tratamiento secundario	75 – 92	75 - 92	80 – 90
Tratamiento secundario	75 – 95	80 - 95	80 – 90
Tratamiento avanzado	92 – 98	93 – 98	
Mediante sistema de cloración			98 – 99

Fuente: (Hernández, 2016)

Según la norma OS 090 (2006) los rendimientos para una PTAR viene dado por:

Tabla 5

Porcentajes de remoción de la DBO₅ y SST

Tipo de tratamiento	Porcentaje de remoción	
	DBO ₅	Sólidos Suspendidos
Sedimentación primaria	25 – 30	40 – 70
Lodo activado	70 – 95	70 – 95
Filtro percolador	50 – 90	70 – 90
Laguna aireada	80 – 90	Depende de la laguna
Zanjas de oxidación	70 – 95	80 – 95
Laguna de estabilización	70 – 85	Depende del tipo

Fuente: (OS 090, 2006)

Por otro lado Metcalf y Eddy (1995) establece los siguientes rendimientos.

Tabla 6

Porcentajes de remoción del agua residual

Tratamiento	Remoción en los tratamientos %					
	DBO ₅	DQO	SS	P	N	NH
Rejas de barras	0	0	0	0	0	0
Desarenadores	0 – 5	0 – 5	0 - 10	0	0	0
Sedimentación primaria	30 – 40	30 - 40	50 - 65	10 – 20	10 - 20	0
Fangos activados	80 – 95	80 - 85	80 - 90	10 – 25	15 - 50	8 - 15
Filtros percoladores	65 – 80	60 - 80	60 - 85	8 – 12	15 - 50	8 - 15
Biodiscos	80 – 85	80 - 85	80 - 85	10 – 25	15 - 50	8 - 15
Cloración	0	0	0	0	0	0

Fuente: (Metcalf y Eddy, 1995)

Según la Zela y Olivas (2022) en el Perú se han evaluado las eficiencias de remoción de dos parámetros como la DBO₅ y los coliformes termotolerantes, para la DBO₅ de las 109 PTAR el porcentaje de remoción están por debajo del 80% para lo cual no le permitiría cumplir con los LMP, y 19 PTAR están por encima del 80%. Para el caso de los coliformes el 82% de las PTAR están por debajo de los LMP.

1.1.4 Factores importantes en la selección del tratamiento

Según nuestro tercer objetivo que fue proponer una alternativa de solución debemos de tener conocimientos de los tipos de sistema de tratamiento para lo cual planteamos el siguiente marco teórico.

Según Metcalf y Eddy (1995) uno de los factores importantes es la variabilidad del agua residual en el afluente, por lo que los tratamiento deben tener la capacidad de amortiguar estas variaciones, las diversas combinaciones que se realicen en la planta de tratamiento deben de tener la capacidad para remover los contaminates, los factores más importantes que se deben de tener son: la característica del agua residual, factores climáticos, eficacia, residuos de tratamiento, limitaciones ambientales, necesidades energéticas, necesidades de personal, disponibilidad de espacio, complejidad.

1.1.5 Tratamiento preliminar

Conocido también como pretratamiento que tiene por objeto la remoción de sustancias de gran tamaño como arenas, plásticos, raíces de plantas o cualquier otra sustancia que perjudique el funcionamiento de los equipos y sistemas de bombeo (Marín y Pérez, 2013). En el tratamiento preliminar las rejillas están espaciadas a 3 cm esto con la finalidad de separar las sustancias gruesas estas rejillas están ubicadas en los canales, para depositar los sólidos gruesos se instala una canasta con la finalidad de realizar el mantenimiento adecuado (Cortinez, 2013).

- Rejas de limpieza manual

“Tienen por objeto retener partículas como plásticos, trapos, entre otros estas rejas se empotran en cada extremo mediante un ángulo de inclinación para que así sustancias de gran tamaño sean retenidas” (Marín y Pérez, 2013).

- Desarenadores

“La finalidad del desarenador es obligatoria ya que realiza la separación del agua residual con las partículas de gran tamaño, el desarenador retiene partículas superiores a los 0.2mm” (Cepis, 2005).

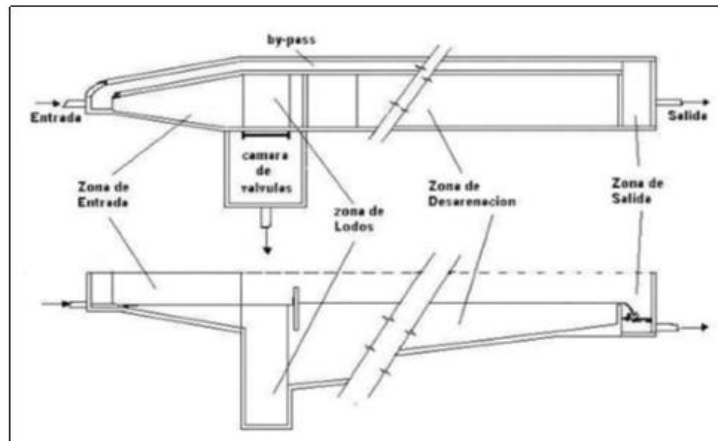


Figura 1. Desarenador horizontal

Fuente: (Cepis, 2005)

1.1.6 Tratamiento primario

Según Marín y Pérez (2013) afirman que los tratamientos primarios en las PTAR tienen como función principal la de remover la materia en suspensión sedimentable así como otros contaminantes, por lo que para la elección de este sistema depende de muchos factores como la caracterización del agua residual, se tienen diversos modelos de tratamiento como los sedimentadores circulares, sedimentadores rectangulares, tanques Imhoff.

1.1.7 Tratamiento secundario

Este tratamiento es uno de los más importantes en los sistemas de las PTAR, ya que eliminan, estabilizan gran cantidad de materia orgánica del agua residual, así como también remover todos aquellos contaminantes que no se removieron en los tratamientos previos, en este tratamiento depende mucho de trabajo que realicen las bacterias para degradar la materia orgánica reduciendo en gran porcentaje la DBO₅ mediante la acción metabólica (Marín y Pérez, 2013).

- **Lagunas de estabilización**

Son estanques de gran dimensión esto con la finalidad de tener un buen tiempo de retención, las lagunas tienen por lo general tres objetivos remover los contaminantes orgánicos, remoción de nutrientes, remoción de microorganismos, estas lagunas a su vez tienen ventajas para el mantenimiento y operación, y estas deben ubicarse a no menos de 500m de la población (Cortez *et al.*, 2017).

- **Lagunas anaerobias**

“En estas lagunas la materia orgánica es estabilizada por acción de los microorganismos aerobios la profundidad de estas lagunas es de 50 cm lo cual hace que las áreas de estas lagunas sean relativamente grandes” (Menéndez y Pérez, 2007).

- **Lagunas aereadas**

“Este tratamiento es uno de los más importantes ya que utiliza terrenos donde no requiere de grandes extensiones así mismo este tipo de tratamiento se enfoca a los de origen doméstico e industrial” (OS 090, 2006).

- **Lagunas facultativas**

“Para el diseño de este tipo de laguna se tomará la temperatura más baja del mes más frío, de no ser posible contar con este dato se tomará la temperatura del aire en el mes más frío” (OS 090, 2006).

- **Lagunas de maduración**

“En estas lagunas los tiempos de retención se proyectan con un largo periodo de tiempo promedio de 7 días, la remoción de los coliformes fecales se puede calcular en base a modelos de mezcla completa” (Romero, 2005).

- **Filtros percoladores**

Los filtros percoladores están cubiertos por gravas o material prefabricado, el agua residual percola sobre el material filtrante, dentro del sistema de filtro percolador existe una capa aerobia para la formación de una biopelícula en donde las bacterias

tienen como función degradar la materia orgánica estas biopelículas están formadas por bacterias autótrofas y heterótrofas (Ramalho, 1983).

- **Lodos activados**

Se considera a este sistema cuando la eficiencia está entre 75% - 95%, y es uno de los sistemas más eficientes dentro de los aerobios. (OS 090, 2006). En los lodos activados existe la recirculación de lodos esto con la finalidad de contar con altas concentraciones de lodos, el diseño de estos sistemas depende de los parámetros biocinéticos (Delgadillo, 1999).

- **Biorreactores de membrana MBR**

Las membranas son materiales que permiten el paso de algunas partículas, se tiene varios tipos de membranas esto de acuerdo a tipo de efluente que se requiera, por lo que existen la membrana de microfiltración que pueden retener algunos metales o microorganismos dependiendo del tamaño, se tiene también la membrana de ultrafiltración en donde los poros de las membranas son de menor tamaño que las de microfiltración, también se tiene la membrana de ósmosis inversa que pueden retener hasta iones monovalentes. (López *et al.*, 2017).

- **Reactor UASB**

Son alternativas de sistemas de tratamiento anaerobio, en donde tiene alta velocidad de sedimentación ya que tratan lodos granulares, en donde permiten concentrar grandes cantidades de lodos, los reactores UASB, han demostrado alta eficiencia ya que remueven material de mediana a alta carga. (Vivanco, 2018). El proceso anaerobio es complejo en donde se degrada los contaminantes orgánicos en ausencia del oxígeno, durante su proceso se produce el biogás y el lodo adecuado para abonos (Vázquez y González, 2011).

- **Requerimiento de oxígeno**

En sistemas de plantas de tratamiento donde se tiene exceso de nitrógeno, estos requieren de mayor cantidad de oxígeno en vista que se requiere transformar el

amoníaco a nitritos y posterior a nitratos mediante el proceso de nitrificación (Miranda, 2018).

1.1.8 Tratamiento terciario

“El uso de este sistema de tratamiento de da cuando las condiciones del efluente no cumplen con los LMP, en donde se tendrá que requerir otros tratamientos avanzados esto con la finalidad de cumplir con los LMP”. (OS 090, 2006).

1.1.9 Tratamiento y disposición de lodos

“Los lechos de secado son unos de los métodos más simple y económico de tratar los lodos estabilizados la gravedad específica de los lodos digeridos varía de 1.03 a 1.04”. (OS 090, 2006).

1.1.10 Cámaras de inspección

Las cámaras pueden ser buzones y buzonetas, están sirven como cámaras para realizar el mantenimiento de la red de alcantarillado están ubicadas en un sistema de colectores se están al inicio y en lugares donde requieren ser inspeccionados, las buzonetas se utilizan para alturas menos o iguales a 1m (OS 070, 2006).

Tabla 7

Factores que afectan el rendimiento del tratamiento secundario

Proceso	Factores
Fangos activos	Tipo de sistema Retención hidráulica Materia orgánica Tiempo de retención Relación de circulación Nutrientes Factor ambiental
Filtro percolador	Profundidad del rector Carga hidráulica Materia orgánica Ventilación Disposición Caudal de recirculación Distribución del agua
RBC	Cantidad de etapas Materia orgánica Carga hidráulica Mecanismo de rotación Densidad del agua Tipo de eje Rotación Velocidad

Fuente: (Metcalf y Eddy, 1995)

1.1.11 Blancos de reactivos

Cuando se analiza un 5 por 100 de la carga de muestras como blancos reactivos, ello garantiza el seguimiento de la pureza de los reactivos (Franson, 1992).

1.2 Antecedentes

Espitia (2017) menciona que Buenavista Boyacá cuenta con una PTAR, pero que esta planta tiene deficiencias, debido a que no se le da la debida operación y mantenimiento, y el vertimiento del agua residual lo hace a una zona de cultivo y en algunos casos la población consume estas aguas que son un problema para la salud. El diagnóstico de la planta en donde se rediseño el sistema calculando las dimensiones de la cámara de rejillas, trampa de grasas, decantador primario, el reactor aerobio, así mismo tomó las muestras en la PTAR, y se realizó una comparación con los límites exigidos por la resolución 631 (Norma colombiana) en donde la DBO₅, DQO, SST, estos no cumplían con la normativa.

Cepedas y Octavio (2018) evaluaron la eficiencia de la PTAR, esta agua residual descarga a sistemas de agua dulce, de acuerdo a la cadena de custodia en donde se evaluó por fechas y horas y se realizó la evaluación de la DBO₅, en donde pudo obtenerse una remoción del 89% que viene a ser una buena eficiencia del sistema, en cuanto a los coliformes no se tuvo una remoción adecuada en vista que se tuvo solo una remoción del 21%, siendo esta deficiente para el sistema pero sin embargo esta cumple con el Acuerdo Ministerial 061.

Méndez (2019) reporta que la contaminación del agua en los ríos se da por el vertimiento de las aguas residuales, la evacuación de las aguas residuales viene siendo un problema que a la fecha se viene incrementando esto por el crecimiento de las poblaciones, en Colombia aproximadamente el 50% de la población cuenta con una PTAR, pero que estas no cumplen con el adecuado tratamiento, ya que las aguas residuales tratadas son generalmente usadas para uso agrícola, por lo que a consecuencia de lo mencionado el presente proyecto tuvo como objetivo realizar una mejora de la PTAR en el municipio de Arbeláez, ya que la planta no viene siendo eficiente desde el año 2002, esta propuesta está en base al sistema Deer island WasteWater treatment plant.

Salinas (2021) se basó en el tratamiento de agua residual del comedor universitario, esto con fines de reúso para áreas verdes, ya que actualmente el agua residual del comedor universitario no tiene tratamiento, por lo que las áreas verdes se riegan mediante agua potable, en la investigación se analizaron las aguas residuales así mismo se realiza el cálculo del caudal para determinar el balance hídrico del área y la cantidad de agua que se dispone. Si bien el agua residual cumplió, pero los sólidos sedimentables sobrepasan los LMP, por lo que se considera un decantador primario y un tanque equalizador.

Núñez (2019) determinó la remoción de los contaminantes en la PTAR ciudad de Cajabamba, tomó muestras durante seis meses, la toma de muestra fue al ingreso y en el efluente y se tomaron muestras en temporadas de lluvia y estiaje para lo cual los parámetros tomados fueron la DQO, DBO₅, aceites y grasas, SST y coliformes termotolerantes, en donde se pudo verificar que la planta de tratamiento es deficiente, ya que no cumple con las eficiencias de la norma OS 090, y sus porcentajes de remoción son deficientes.

Echevarría *et al.*, (2021) evaluaron el desempeño de la PTAR, en donde se incorporó un sistema de reactor anaerobio compartimentado, un pretratamiento mediante rejillas, desarenador y una cámara desgrasadora y un reactor anaerobio, la eficiencia de la PTAR es del 55% para la DBO₅, 67% para la DQO y 80% para los SST. Mediante la incorporación del reactor anaerobio la eficiencia del sistema mejoró en un 52%.

Satalaya (2015) determinó la eficiencia de la laguna de estabilización, evaluarlo con los LMP y proponer una solución, evaluando la DBO₅ se pudo obtener una eficiencia del 21% de remoción, para los SST se tuvo una remoción del 24%, por lo que esto está muy por debajo de la normativa, en cuanto a la remoción de la DQO esto está dentro de lo que contempla la normativa, por lo que esto se debe a la poca retención hidráulica del sistema en donde hacen que las bacterias no degraden adecuadamente los contaminantes que ingresan a la laguna y está al poco tiempo salga, por lo que se planteó los humedales artificiales para así dar una propuesta de solución.

Humanante (2022) en la investigación se evaluó la eficiencia en los sectores Punta Carnero, parroquia Ancón y Anconcito. Determinó que las PTAR de Anconcito y Ancón tuvieron una eficiencia del 81.21% de la DBO₅, sin embargo, el porcentaje de remoción no es el adecuado,

sin embargo, el distrito de Ancón tuvo una remoción de la DQO del 52.90% valor por debajo de lo admitido. La descarga de coliformes fecales, SST no da el cumplimiento de los LMP. Estas PTAR producen impactos negativos al medio ambiente de la zona en estudio.

Micha y Rojas (2019) realizaron tomas de muestras al ingreso y salida de la planta de tratamiento, según muestreo tuvo una remoción del 23.8% de la DBO₅, en cuanto a la DQO se tuvo 25.8%, según lo evaluado se puede definir que estos porcentajes son deficientes, así mismo se evaluó los demás parámetros que establece el D.S. N° 003-2010-MINAM, como los SST, temperatura, pH, coliformes termotolerantes.

Callohuanca (2019) propuso como alternativa la incorporación de plantas acuáticas como las macrófitas, para la remoción de nutrientes, en donde se evaluó en épocas de lluvia y estiaje, para lo cual se cultivaron en recipientes, con un tiempo de retención de 8 días, la eficiencia en época lluviosa se tuvo mayores eficiencias esto del 73%, esto para los nutrientes como nitrógeno y fósforo, en cuanto a la remoción de sulfatos esto no fue significativa.

Chuqitarqui (2017) propuso la construcción de un sistema RAFA obteniéndose resultados de remoción para la DBO₅ del 80% y para la DQO, del 77%, en donde se tomó la muestra en el afluente del reactor y en el efluente del reactor anaerobio, con un tiempo de retención hidráulica de 9.6 horas.

Mamani (2018) evaluó el agua que recibe el Lago en Puno proveniente de la PTAR de Yunguyo, por lo que dentro de los parámetros físico, químico y microbiológico están cumplen con el D.S. N° 003-2010-MINAM, de los LMP, de los resultados obtenidos para la DBO₅ se tuvo 78 mg/l y para la DQO de 13 mg/l, pero según el ECA para la categoría 3, estas no cumplen.

Mejía *et al.*, (2017) evaluaron las aguas residuales en donde tratan mediante tanques sépticos y filtro ascendente por lo que el sistema presenta olores fétidos y baja remoción de contaminantes, se realizó la incorporación de un reactor anaerobio y un reactor aerobio. En donde se evaluó por 60 días, se tuvo como resultado que la eficiencia del reactor anaerobio fue del 53% y del reactor aerobio del 75%, en donde se logró una reducción de todo el sistema del 88% y así mismo eliminando los malos olores.

Andrade (2020) evaluó la remoción de los contaminantes mediante lagunas de estabilización los parámetros evaluados fueron, los SST resultó 44 mg/l, la DBO₅ igual a 100 mg/l, la DQO igual a 209 mg/l, aceites y grasas fue de 0.32 mg/l, cumplen con los LMP con excepción de la DQO, para los coliformes termotolerantes resultó 11000 NMP/100 ml en donde este valor excede los LMP en cuanto al pH resultó 8.7 y la temperatura resultó 17.5 °C.

Ortega (2019) evaluó la remoción de una laguna de estabilización de los análisis realizados superan los LMP de la laguna de estabilización resultando para la DBO₅ igual a 157.85 mg/l, para la DQO resultó 394.5mg/l, para los coliformes termotolerantes resultó 24000 NMP/100ml, para los STD resultó 558 mg/l por lo que estos parámetros no cumplen con los LMP.

Del Castillo (2022) el objetivo fue la de evaluar los residuos antibióticos de la población bacteriana en la planta de tratamiento utilizando métodos estandarizados y de cromatografía líquida.

Callata (2014) se evaluó la eficiencia de la PTAR en donde se tomaron muestras establecidas por el D.S. N° 003–2010 – MINAM, en donde la eficiencia para la DBO₅ fue del 80.60%, para la DQO fue de 80.59%, para los SST fue de 7.77%, para los coliformes totales 55.4%, lo que la eficiencia de la PTAR era relativamente eficiente.

Membrillo (2022) realizó el análisis físico químico de la planta de Cumani, y se comparó con los LMP, los parámetros que se obtuvieron en la salida de la PTAR fueron el pH resultando igual a 7.8 la temperatura resulto igual 10.8°C, aceites y grasas resultó 7.8 mg/l, la DBO₅ igual a 2 mg/l. la DQO igual a 19 mg/l, para los coliformes resultó igual a 1.8NMP/ml, de acuerdo a estos resultados la PTAR cumple con los LMP.

Pacori (2022) evaluó la eficiencia de una laguna de estabilización en donde los parámetros como la DBO₅, DQO, SST no cumplían con los LMP, debido a la deficiencia de la laguna, por lo que propuso incorporar sistema de aireación a la laguna existente y proponer un sistema de filtro percolador.

Arias (2021) determinó la eficiencia de la PTAR, del distrito de Chucuito, se evaluaron los parámetros como la DBO₅, DQO, SST, pH, obteniéndose los siguientes resultados para la



DBO₅ se tuvo 2.6% de eficiencia, para la DQO se tuvo 1.85%, para los SST resultó 7.48% y para el pH resultó igual a 7.99% en donde se concluyó que la eficiencia de la PTAR es deficiente y superan los LMP.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Identificación de problema

La deficiente gestión por parte de las autoridades en el departamento de Puno, es que no se tiene PTAR que tengan una eficiencia adecuada, la mayor parte de los sistemas de tratamiento son mediante lagunas de estabilización y estas no tienen la eficiencia adecuada por la falta de operación y a la inadecuada elección de estas, los ríos en la región de Puno son afluentes del Lago Titicaca y un gran sector de la población las aguas residuales urbanas no son tratadas. En un estudio del diagnóstico de las PTAR en las EPS del Perú el 63,60% de la población urbana total tuvo sistema de alcantarillado manejado por las EPS y el resto fue administrado por las municipalidades o a través de los OES en pequeñas ciudades (Méndez y Marchán, 2008). El agua puede ser contaminado de diversas formas dependiendo de la procedencia de los contaminantes como metales pesados, sedimentos, materia fecal, elementos tóxicos, que alteran las características propias del agua y estas influyen tanto en la flora y fauna (Huanca, 2014). La localidad de Lampa, cuenta con una PTAR pero que esta agua residual tratada no cumple en gran medida con los LMP, esto debido a la ineficiencia del sistema, esta agua residual desemboca directamente al río Lampa, este sistema consta de una rejilla y desarenador, tanques Imhoff en paralelo, filtros percoladores en paralelo de forma rectangular, y una cámara de cloración, la PTAR no tiene una adecuada operación y mantenimiento, esto debido a que no se cuenta con personal especializado, según la norma OS-090 (2006) menciona que el filtro percolador debe remover entre el 50% - 90%, de la DBO₅ por lo que este sistema no viene cumpliendo con lo establecido por la norma, entre las causas de esta deficiente eficiencia podemos mencionar que no se tiene una aireación, ya que

las bacterias aerobias hacen que consuman oxígeno para que así estas degraden la materia orgánica en suspensión, a esto le sumamos que en un proceso de aireación hace que el agua incrementa la temperatura ya que el aire de los sopladores es caliente; así mismo, podemos mencionar que la tecnología adoptada en el tratamiento primario y secundario no es la adecuada para la zona. En la investigación propuesta se evaluó la eficiencia del sistema de la PTAR, primeramente se tomó la muestra en el afluente del tratamiento preliminar, luego se tomó la segunda muestra en la salida del pretratamiento, para así de esta manera determinar la eficiencia en el pretratamiento, después se tomó una tercera muestra en la salida del tanque Imhoff, en este tratamiento se determinó su eficiencia verificando la cantidad de materia orgánica removida, se tomó otra muestra en la salida de los filtros percoladores, en este tratamiento se determinó su eficiencia, posterior a ello se determinó otra muestra a la salida de la caseta de cloración, y se evaluó la eficiencia de este tratamiento, para que finalmente se pueda verificar cuanto de materia orgánica se removió en la planta, ya que actualmente puede apreciarse que la planta de tratamiento no viene cumpliendo eficientemente con la remoción de la materia orgánica. Se planteó una tecnología adecuada para el tratamiento secundario, ya que existen diversas tecnologías como los sistemas aerobios, anaerobios, tratamientos físico químicos. La elección del sistema se realizó mediante un balance de masas entre el caudal del efluente del agua residual y el caudal del río; así mismo se debe tener en consideración la debida operación y mantenimiento de acuerdo a la tecnología seleccionada. La tecnología seleccionada fue un sistema aerobio y cumplió con la normativa y esta agua residual fue apta para el riego de áreas verdes y consumo de animales.

2.2 Enunciados del problema

Por lo mencionado podemos plantearnos las siguientes preguntas:

¿Cuál es la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales y cuál será la alternativa de solución en Lampa?

¿Cuál es la calidad físico, químico y microbiológico del agua residual que sale de la planta de tratamiento esto según el DS N° 003 – 2010 - MINAM?

¿Cuál es la eficiencia en el pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario de la estación depuradora de aguas residuales en la localidad de Lampa?

¿Cuál es la alternativa de solución a la contaminación del río y los malos olores por parte de las aguas residuales?

2.3 Justificación

El vertimiento de las aguas residuales al río Lampa hace que se produzca pérdida de la fauna acuática, la planta de tratamiento no tiene la eficiencia requerida ya que el efluente de la PTAR no cumple con la normativa, ante ello las aguas residuales vienen desembocando al río Lampa y con ello contaminando y alterando las características físico, químico del río.

La investigación se realizó *porque* no se tiene soluciones adecuadas sobre el tratamiento de agua residual y esta viene generando un impacto negativo para la población, por lo que es de nuestra responsabilidad para dar soluciones a la contaminación del agua, y plantear sistemas eficientes para tratar el agua esto de acuerdo a las características de la zona ya que actualmente las plantas de tratamiento no vienen operando eficientemente a ello le sumamos el desconocimiento en la selección de los sistemas.

La investigación se realizó *para* la elección de un sistema adecuado de tratamiento de agua residual de acuerdo a la característica de la zona, por lo que para la elección se debe de realizar un balance masas del punto de salida del agua residual de la PTAR, y el río para así de esta manera seleccionar el tipo de sistema, así mismo se recomienda proponer para la zona sistemas aerobios ya que estos sistemas requieren la incorporación de aire al agua residual y este aire que producen los sopladores tiene una temperatura elevada esto hace que el agua residual se caliente porque lo que las bacterias actúan con mayor eficiencia, que a diferencia de los sistema anaerobios en donde no se incorporan aire, ya que en temporadas de invierno el agua llega a temperaturas por debajo de 0°C.

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo general

Evaluar la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales y proponer una alternativa de solución en Lampa.

2.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar la calidad físico, químico y microbiológico del agua residual que sale de la planta de tratamiento según el DS N° 003 – 2010 -MINAM.
- Determinar la eficiencia en el pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario de la estación depuradora de aguas residuales en la localidad de Lampa.
- Proponer una alternativa de solución a la contaminación del río y los malos olores por parte de las aguas residuales.

2.5 Hipótesis

2.5.1 Hipótesis general

La evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales y la alternativa de solución en lampa reducirá la contaminación del río Lampa.

2.5.2 Hipótesis específica

- La calidad físico, químico y microbiológico del agua residual que sale de la planta de tratamiento supera el DS N° 003 – 2010 -MINAM.
- La eficiencia en el pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario de la estación depuradora de aguas residuales en la localidad de Lampa es deficiente.
- La alternativa propuesta a la contaminación del río y los malos olores por parte de las aguas residuales reducirá la contaminación del río.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio

El lugar de estudio se encuentra situado en el departamento de Puno, provincia de Lampa y distrito de Lampa a una altitud de 3892 m.s.n.m, en las coordenadas 15°21'49"S 70°21'56"O.

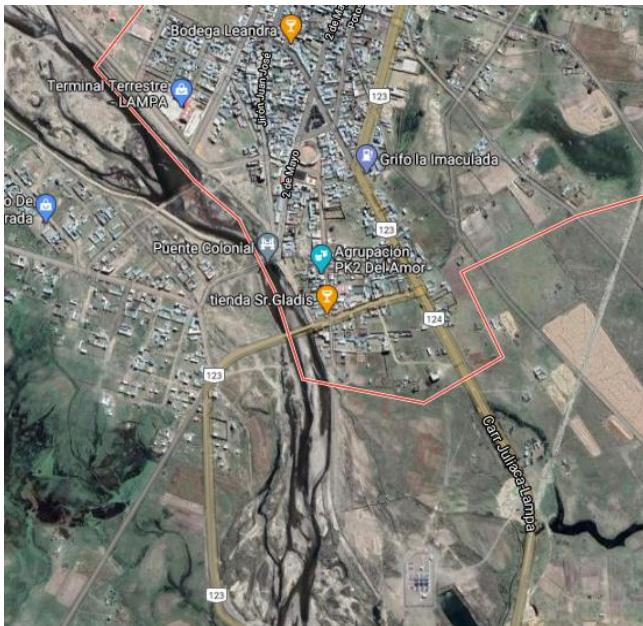


Figura 2. Ubicación de la zona de estudio

Fuente: Google Eart

3.2 Población

La población con la que cuenta la localidad de Lampa es de 11329 habitantes y una densidad de 16.8 habitantes/km² población producto del uso de agua potable por las actividades domésticas e industriales las aguas residuales con conducidas por el alcantarillado y estas ingresan a la PTAR de la localidad de Lampa y estas desembocan en el río.

3.3 Muestra

La muestra del agua residual fue tomada 01 muestra en el afluente del tratamiento preliminar, 03 muestras entre el efluente del tratamiento preliminar y afluente del tanque Imhoff, 03 muestras entre el efluente del tanque Imhoff y afluente del tratamiento secundario, 03 muestras en la salida del filtro percolador, 01 muestra del efluente de la cámara de cloración, dichas muestras fueron tomadas en época de estiaje y lluvia. Asimismo, evaluó la DBO₅ del agua del río para el balance de masas.

Según Franson (1992) la toma de muestra viene a ser una porción de volumen de tal forma que esta pueda ser transportada y esta pueda ser manipulada con exactitud en el laboratorio para así de esta forma obtener resultados confiables (Franson, 1992).



Figura 3. Toma de muestra del agua residual

3.4 Método de investigación

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, el tipo de investigación es no experimental y según su alcance es descriptivo.

a) **Diseño de muestreo**

Se evaluó diversos factores y se realizó el balance de masas, para ello se calculó el caudal aguas arriba del río resultando $14.21\text{m}^3/\text{s}$ así como también el caudal del efluente de la PTAR en donde resultó $0.66\text{m}^3/\text{s}$. Se tomó muestra del agua residual, el número de muestras fue de 11, estas muestras se tomaron al ingreso y salida esto con la finalidad de evaluar las eficiencias de cada sistema.

b) **Descripción detallada del uso de materiales, equipos, insumos.**

Previo a la toma de muestras el personal utilizó guantes descartables, así como mascarilla y casco de seguridad ya que se corrió el riesgo de algún tipo de accidente. Entre los principales materiales y equipos utilizados fueron:

- EPP
- Agua residual Municipal
- Wincha de 50 m
- balde de 20 l
- Culer con hielo
- pH – metro
- Alcohol
- Cronómetro.

El envío de muestras perecibles al laboratorio fue durante el día en donde se tomó todas las medidas para que la muestra no sea alterada y fueron acompañadas de su respectiva cadena de custodia.

c) Descripción de variables a ser analizados en el objetivo específico

- Variables e indicadores

Las variables consideradas en el estudio serán:

Planta de tratamiento viene a ser la variable dependiente: La elección de la PTAR depende del agua residual.

Aguas residuales es la variable independiente: Es independiente ya que las aguas residuales no se pueden modificar al ingreso de la PTAR

- Operacionalización de variables

Tabla 8

Variables de estudio

Variablen	Dimensión	Indicador	Índice
PTAR	Tanque Imhoff y filtro percolador	Capacidad de retención de los contaminantes orgánicos.	mg/l
Parámetros físicos			
		SST	mg/l
		Temperatura	°C
		pH	
Aguas residuales	Químicos	DBO ₅	mg/l
		DQO	mg/l
		Aceites y grasas	mg/l
		Número de coliformes fecales	NMP
Microbiológicos			

d) Prueba estadística inferencial.

Para la presente investigación se utilizó el programa minitab 19, se aplicaron las pruebas y gráficos estadísticos, con sus respectivas descripciones y discusiones.

En la propuesta de solución se ha probado que los contaminantes que salen del efluente de la PTAR sea menor que la que ingresa a la PTAR, fue demostrado a través de la prueba estadística.

3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

A.- Evaluar la calidad físico, químico y microbiológico del agua residual que ingresa a la planta de tratamiento

Previo a la evaluación de la PTAR, se realizó el rotulado a los frascos, el personal de la toma de muestras utilizó guantes, y mascarilla, se tomó la muestra del agua residual al ingreso de la PTAR, para así de esta manera evaluar el grado de contaminación que ingresa a la planta de tratamiento, en donde se realizó la medición de los siguientes parámetros: aceites y grasas, coliformes termotolerantes, DBO₅, DQO, pH, SST, temperatura, posterior a ello se tomó las muestras del agua residual en los afluentes y efluentes para así verificar el grado de contaminación que se retiene en cada tratamiento. El almacenamiento se realizó en un cooler en forma vertical con una temperatura promedio de 5°C, el transporte fue vía terrestre y el tiempo promedio del traslado de las muestras al laboratorio fue de 3 horas. La toma de muestra se realizó por un laboratorio con los parámetros que establece la norma OS 090 (2006).

B.- Determinar la eficiencia en el pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario de la estación depuradora de aguas residuales

Se evaluó la planta de tratamiento, procediéndose a ver si la PTAR cumple el D.S 003 – 2010 MINAM, para ello se determinó la eficiencia en los tanques Imhoff y los filtros percoladores, teniendo en consideración que el sistema es paralelo, en donde se realizó el muestreo tal cual se aprecia en la figura 4, y así evaluar la eficiencia del sistema, teniendo en consideración que se tomó las muestras en épocas de estiaje y lluvia.

La evaluación de la eficiencia durante la época de estiaje fue de la siguiente manera.

- Para la DBO₅, en el afluente de la planta se tuvo 385 mg/l, y en el efluente de la planta se obtuvo 164.54 mg/l, por lo que la planta a nivel global tuvo una eficiencia del 57.26%.
- Para la DQO, en el afluente de la planta se tubo 518 mg/l, y en el efluente de la PTAR, se obtuvo 53 mg/l, por lo tanto, la eficiencia a nivel general fue del 89.77%.
- Para los sólidos suspendidos totales, en el afluente de la planta resultó 575 mg/l, y en el efluente de la PTAR, se obtuvo 50 mg/l, por lo tanto, la eficiencia a nivel general fue de 91.39%.
- Para grasas y aceites, en el afluente de la planta de tuvo 13 mg/l, y en el efluente de la PTAR, se obtuvo 6mg/l, por lo tanto, la eficiencia a nivel general fue de 53.85%.
- Para los coliformes termotolerantes, en el afluente de la planta de tuvo 1200000 NMP/100ml y en el efluente de la PTAR, se tuvo 9750 NMP/100ml, por lo tanto, la eficiencia a nivel general fue de 99.19%.

La evaluación de la eficiencia durante la temporada de lluvia fue de la siguiente manera.

- Para la DBO₅, en el afluente de la planta se tuvo 358 mg/l, y en la salida de la planta se obtuvo 49 mg/l, por lo que la planta a nivel global tuvo una eficiencia del 86.31%.
- Para la DQO, en el afluente de la planta se tuvo 495 mg/l, y en el efluente de la PTAR, se obtuvo 52 mg/l, por lo tanto, la eficiencia a nivel general fue del 89.49%.
- Para los SST, en el afluente de la planta de tuvo 584 mg/l y en el efluente de la PTAR, se obtuvo 51 mg/l, por lo tanto, la eficiencia a nivel general fue de 91.27%.
- Para aceites y grasas, en el afluente de la planta de tubo 12 mg/l, y en el efluente de la PTAR, se obtuvo 5 mg/l, por lo tanto, la eficiencia a nivel general fue de 58.33%.
- Para los coliformes, en el afluente de la planta de tuvo 1100000 NMP/100ml, y en el efluente de la PTAR, se obtuvo 8790 NMP/100ml, por lo tanto, la eficiencia a nivel general fue de 99.20%.

La evaluación de la eficiencia durante la época de lluvia fue de la siguiente manera.

- En el afluente de la planta se tuvo 350 mg/l de la DBO₅, y en la salida de la planta se obtuvo 48 mg/l, por lo que la planta a nivel global tuvo una eficiencia del 86.57%.

- Para la DQO, en el afluente de la planta se tuvo 492 mg/l, y en el efluente de la PTAR, se obtuvo 51 mg/l, por lo tanto, la eficiencia a nivel general fue del 89.63%.
- Para los SST, en el afluente de la planta de tubo 588 mg/l, y en el efluente de la PTAR, se obtuvo 51 mg/l por lo tanto, la eficiencia a nivel general fue de 91.33%.
- En cuanto a los aceites y grasas, en el afluente de la planta de tubo 12 mg/l, y en el efluente de la PTAR, se obtuvo 8 mg/l, por lo tanto, la eficiencia a nivel general fue de 33.33%.
- Para los coliformes, en el afluente de la planta de tubo 1100000 NMP/100ml, y en el efluente de la PTAR, se obtuvo 9110 NMP/100ml, por lo tanto, la eficiencia a nivel general fue de 99.17%.

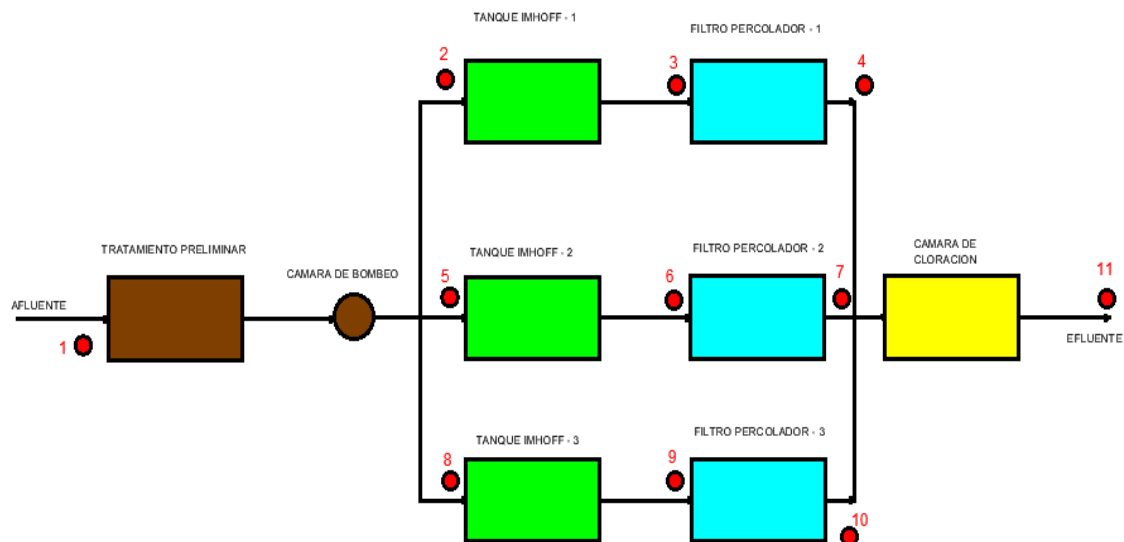


Figura 4. Diagrama de flujo de la PTAR

C.- Proponer una alternativa de solución a la contaminación del río y los malos olores por parte de las aguas residuales.

En cuanto a la alternativa de solución se propone un decantador primario con lodos activados, teniendo en consideración que la deficiencia en el sistema está en los tanques Imhoff, ya que la eficiencia de estos tanques es deficiente, así mismo, debemos de tener en cuenta que para seleccionar se consideran factores como: las características del agua residual, operación y mantenimiento. Por lo que para la elección de la alternativa propuesta del sistema se realizó

un balance de masas del agua residual y del agua del río, y así de esta manera obtener el tipo de sistema, debiendo esta de cumplir con la normativa, tal cual se aprecia en la figura 5.

Según Hernández (2016) en el pretratamiento existe un mínimo % de remoción ya que en este sistema comprende sólo las rejillas y el desarenador. En donde en el afluente de la planta para la DBO_5 se tuvo 380 mg/l, y en la salida se tuvo 361 mg/l, para la DQO en el afluente se tuvo 510 mg/l y en el efluente del pretratamiento se tuvo 497.25 mg/l, para los SST en el afluente se tuvo 580 mg/l, y en la salida se tuvo 551mg/l, en cuanto a los aceites y grasas y los coliformes no se tuvo remoción alguna.

- Para el tratamiento primario, el sistema seleccionado fue de un decantador en donde según Hernández (2016) la remoción fue de la siguiente manera, en el ingreso al tratamiento primario para la DBO_5 fue de 377.3 mg/l y en el efluente 273.54 mg/l, para la DQO al ingreso del tratamiento primario fue 497.25 mg/l y en el efluente del tratamiento resultó igual a 323.21 mg/l, para los SST al ingreso del tratamiento fue de 551 mg/l y en la salida de 247.95 mg/l, para los aceites y grasas al ingreso del tratamiento fue 14 mg/l, y en la salida del tratamiento fue 13.3 mg/l, y para los coliformes termotolerantes al ingreso del tratamiento fue 1100000 NMP/100ml, y en la salida fue 660000 NMP/100ml.

- El sistema seleccionado fue de lodos activados esto según el balance de masas realizado, así mismo se seleccionó este sistema aerobio, debido que en la zona la temperatura del ambiente promedio es de 8°C , es relativamente baja, los reactores anaerobios no son eficientes esto debido a temperatura. Según la norma OS-090 (2006), la eficiencia fue de la siguiente manera, al ingreso al tratamiento secundario para la DBO_5 fue de 273.54 mg/l y en la salida 47.87 mg/l, para la DQO al ingreso del tratamiento secundario fue de 323.21 mg/l y en la salida del tratamiento resultó igual a 56.56 mg/l, para los SST al ingreso del tratamiento secundario fue de 247.95 mg/l y en la salida de 43.39 mg/l, para los aceites y grasas al ingreso del tratamiento secundario fue 13.3 mg/l, y en la salida del tratamiento fue 12.64 mg/l, y para los coliformes termotolerantes al ingreso del tratamiento secundario fue 660000 NMP/100ml, y en la salida fue 99000 NMP/100ml.

- En cuanto al tratamiento terciario se optó por una cámara de coloración, esto debido a que la DBO₅, DQO, SST, aceites y grasas cumplen con la normativa en el efluente del tratamiento secundario, los coliformes termotolerantes en la salida del tratamiento secundario es igual a 99000 NMP/100ml, según Hernández (2016) el porcentaje de remoción para un sistema de coloración está en un 98%, en la salida se tendrá 1980 NMP/100ml de coliformes.

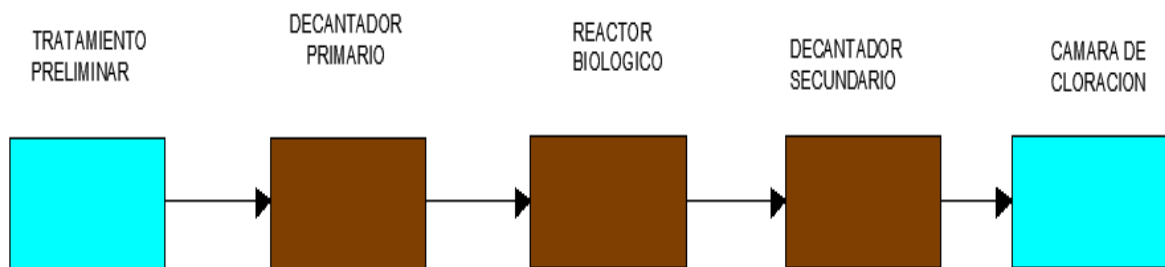


Figura 5. Diagrama de flujo de la propuesta



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Evaluación de la calidad físico, químico y microbiológico del agua residual que ingresa a la planta de tratamiento de acuerdo al DS N° 003 – 2010 -MINAM.

A continuación, se muestran los resultados, análisis estadístico y discusiones del agua residual, para los parámetros establecidos de los LMP.

4.1.1 Análisis del parámetro físico de los sólidos suspendidos totales

De acuerdo a la tabla 9 se tuvieron valores de 584 mg/l y 588 mg/l de sólidos suspendidos en el efluente de la PTAR esto en temporada de lluvia mientras que en temporada de estiaje se obtuvo 575 mg/l esta diferencia se debe que en temporadas de lluvia se arrastra sedimentos que son producto de las precipitaciones pluviales es por ello que aumenta los SST a diferencia que en épocas de estiaje, tal cual se muestra en las columnas de temporadas de lluvia que son mayores a la columna de épocas de estiaje, según Hernández (2016) menciona si los SST son mayores a 500 mg/l se tiene una concentración fuerte, en el efluente del filtro percolador se tubo un valor mínimo de 203.47 mg/l, de acuerdo a la tabla 3 de Hernández (2016) menciona si los SST están comprendidos entre los 200 mg/l se tiene una concentración ligera.

Tabla 9

Variación de los parámetros físicos de los sólidos suspendidos totales

Tipo de tratamiento	Und	SST (mg/l) (época de estiaje)	SST (mg/l) (época de lluvia)	SST (mg/l) (época de lluvia)
Tramo 1-2-3-4				
Afluente del tratamiento preliminar	mg/l	575	584	588
Afluente del tanque Imhoff 1	mg/l	552	566.48	564.48
Efluente del tanque Imhoff 1	mg/l	419.52	430.52	434.65
Efluente del filtro percolador 1	mg/l	203.47	210.96	212.98
Tramo 5-6-7				
Afluente del tanque Imhoff 2	mg/l	552	566.48	564.48
Efluente del tanque Imhoff 2	mg/l	430.56	436.19	445.94
Efluente del filtro percolador 2	mg/l	219.59	226.82	236.35
Tramos 8-9-10				
Afluente del tanque Imhoff 3	mg/l	552	566.48	564.48
Efluente del tanque Imhoff 3	mg/l	447.12	464.51	451.58
Efluente del filtro percolador 3	mg/l	236.97	241.55	239.34

Análisis estadístico para los sólidos suspendidos totales

Planteamiento de la hipótesis:

Ho = hipótesis nula; las medias son iguales

H_1 = hipótesis alterna; no todas las medias serán iguales

$\alpha = 0.05$, que viene a ser el nivel de significancia.

Tabla 10

Análisis de varianza del parámetro físico de los sólidos suspendidos totales

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor p
Tramos del tratamiento	9	603927	67103,0	1258,13	0,000
Error	20	1067	53,3		
Total	29	604994			

Como la probabilidad $p = 0.000 < 0.05$, entonces rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna y podemos afirmar que no todas las medias son iguales es decir que los valores de los SST son diferentes esto debido a la remoción que se realizó en el tanque Imhoff y filtros percoladores.

Como se acepta la hipótesis alterna entonces realizamos la prueba de Tukey.

Agrupamos utilizando el método de Tukey con una confianza de 95%.

Tabla 11

Valores medios del parámetro físico de los sólidos suspendidos totales

Tramos del tratamiento	N	Media	Agrupación		
1	3	582,33	A		
8	3	560,99	B		
5	3	560,99	B		
2	3	560,99	B		
9	3	454,40	C		
6	3	437,56	C		D
3	3	428,23	D		
10	3	239,29	E		
7	3	227,59	E		F
4	3	209,14	F		

En la tabla 11, viene a ser las medias de los valores de los SST tomadas en las épocas de lluvia y estiaje, el puto 1 tiene el mayor valor debido a que es afluente a la PTAR y este no tuvo tratamiento alguno, los puntos 2, 5 y 8 sus medias son iguales en vista que solo se removieron en el pretratamiento y estos son afluentes a los tanques Imhoff, los puntos 9, 6 y 3 son afluentes al filtro percolador y estos ya tuvieron un tratamiento del tanque Imhoff es por ello que las medias vienen decreciendo, los puntos 4, 7 y 10 son efluentes al filtro percoladores estos ya tuvieron un tratamiento del tanque Imhoff y filtro percolador y sus medias son aproximadamente iguales.

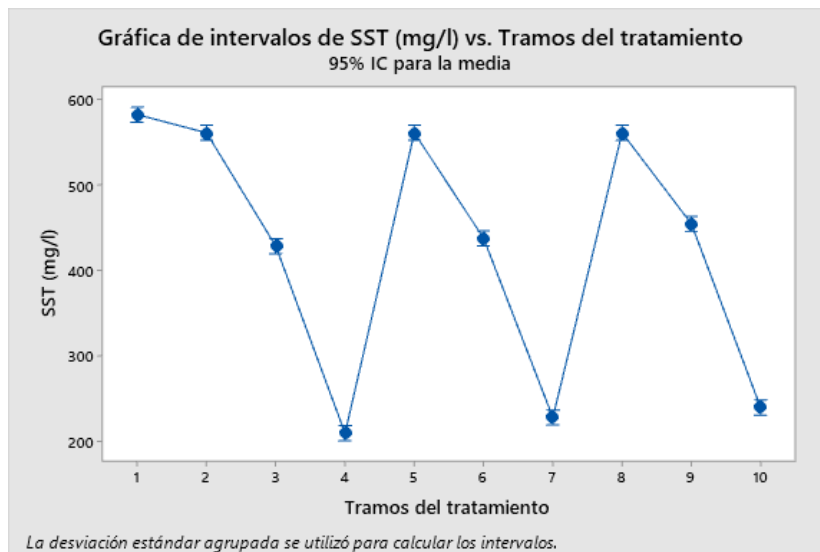


Figura 6. Valores de los sólidos suspendidos totales

En el punto 1 se tuvo el mayor valor de los SST con 582.33 mg/l, esto debido a que en este punto es el afluente de la PTAR, en el punto 4 se tuvo el menor valor de los SST con 209.14 mg/l esto debido a que se tuvo remoción en el tratamiento preliminar, tanque Imhoff y filtro percolador, en el punto 7 se tuvo un valor igual 227.59 mg/l, y en el punto 10 se tuvo un valor igual a 239.29 mg/l, en los puntos 3, 6 y 9 estos son efluentes de los tanques Imhoff sus valores superan los LMP tal cual muestra en la figura 6, todos los valores superan los LMP establecidos por el decreto supremo N° 003 – 2010 – MINAM, en donde señala que no debe ser mayor a 150 mg/l.

Andrade (2020) en su investigación realizada en una laguna obtuvo un valor de 44 mg/l de SST, valor que está por debajo de los LMP.

4.1.2 Análisis de los parámetros físico del pH y temperatura

Tabla 12

Valores de los parámetros físico temperatura y pH

Parámetros	Und	Resultado
Temperatura	°C	17
pH		6.8

Temperatura

Según la tabla 12, se obtuvo una temperatura igual a 17°C esto en épocas de lluvia y estiaje, según decreto supremo N° 003 – 2010 – MINAM, la temperatura no debe superar los 35°C, por lo que está dentro de los LMP.

Andrade (2020) en su investigación realizada obtuvo una temperatura de 17.5 °C, valor que está por debajo de los LMP.

Según Metcalf y Eddy (1995) afirma que la temperatura óptima del agua residual para el crecimiento de las bacterias está entre los 25°C – 35°C, si la temperatura alcanza los 50°C, los procesos se detienen, si la temperatura esta por debajo de los 15°C las bacterias cesan por lo tanto bajan la eficiencia.

pH

De acuerdo a la tabla 12 el pH fue de 6.8 esto en épocas de lluvia y estiaje, según decreto supremo N° 003 – 2010 – MINAM, el pH debe estar entre 6.5 - 8.5, por lo que el pH del agua residual está próximo a 7 que viene a ser neutro.

Andrade (2020) en su investigación realizada obtuvo un pH de 8.7, valor que está por encima de los LMP y el agua residual es ligeramente alcalina.

Según Metcalf y Eddy (1995) menciona que la concentración de pH en el agua residual es un parámetro de gran importancia para la proliferación de la vida biológica.

4.1.3 Análisis del parámetro químico de la DQO

Tabla 13

Variación de los parámetros químicos de la DQO

Tipo de tratamiento	Und	DQO (mg/l) (época de estiaje)	DQO (mg/l) (época de lluvia)	DQO (mg/l) (época de lluvia)
Tramo 1-2-3-4				
Afluente del tratamiento preliminar	mg/l	518	495	350
Afluente del tanque Imhoff 1	mg/l	507.64	490.05	346.5
Efluente del tanque Imhoff 1	mg/l	436.57	431.24	311.85
Efluente del filtro percolador 1	mg/l	205.19	207	162.16
Tramo 5-6-7				
Afluente del tanque Imhoff 2	mg/l	507.64	490.05	346.5
Efluente del tanque Imhoff 2	mg/l	426.42	421.44	301.455
Efluente del filtro percolador 2	mg/l	208.94	210.72	162.79
Tramos 8-9-10				
Afluente del tanque Imhoff 3	mg/l	507.64	490.05	346.5
Efluente del tanque Imhoff 3	mg/l	446.72	431.24	315.32
Efluente del filtro percolador 3	mg/l	227.83	224.25	167.12

De acuerdo a la tabla 13, se tiene un valor máximo de 518 mg/l de DQO, esto debido a que la muestra se tomó en época de estiaje los valores de 495mg/l y 350 mg/l se tomaron en temporadas de lluvia y en estas épocas de lluvia se arrastra mayor cantidad de sedimentos y agua proveniente de las precipitaciones pluviales es por ello que en la columna de época de estiaje es mayor a las columnas que en épocas de lluvia, ya que los sedimentos hace que reduce la concentración de la DQO, según la tabla 3 de

Hernández (2016) menciona si el DQO esta comprendida entre los 500 mg/l se considera una concentracion media, en el efluente del filtro percolador se tubo un valor mínimo de 162.16 mg/l, según Hernández (2016) menciona si el DQO esta comprendido entre los 200 mg/l se tiene una concentracion ligera.

Análisis estadístico para la DQO

Planteamiento de la hipótesis:

Ho = hipótesis nula, las medias son iguales

H1 = hipótesis alterna, no todas las medias serán iguales

$\alpha = 0.05$

Tabla 14

Análisis de varianza para el parámetro químico de la DQO

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor p
Tramos del tratamiento	9	343831	38203	7,73	0,000
Error	20	98833	4942		
Total	29	442665			

Como la probabilidad $p = 0.000 < 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna y podemos afirmar que no todas las medias son iguales debido a que se han removido en los tanques Imhoff y filtros percoladores es por ello que en los efluentes de los filtros percoladores se reduce la concentración de la DQO.

Como se acepta la hipótesis alterna entonces realizamos la prueba de Tukey.

Tabla 15

Valores medios del parámetro químico de la DQO en los tratamientos

Tramos del tratamiento	N	Media	Agrupación		
1	3	454,3	A		
8	3	448,1	A		
5	3	448,1	A		
2	3	448,1	A		
9	3	397,8	A	B	
3	3	393,2	A	B	C
6	3	383,1	A	B	C
10	3	206,4		B	C
7	3	194,1			C
4	3	191,5			C

De acuerdo a la tabla 15, vienen a ser las medias de los valores de la DQO tomadas en las épocas de lluvia y estiaje, en los puntos 1, 8, 5 y 2 son significativamente diferentes a los puntos 4, 7 y 10, ya que estos puntos son efluentes al filtro percolador y estos ya tuvieron tratamiento de los tanques Imhoff y filtros percoladores mientras que los puntos 1, 8, 5 y 2 no tuvieron tratamiento. En los puntos 3 y 6 que son efluentes al tanque Imhoff las medias comparten las mismas letras por lo tanto no hay diferencia significativa es decir sus medias tienen valores próximos, el punto 9 comparte las mismas letras que el punto 3 y 6 por lo tanto sus medias son significativamente iguales y estos son efluentes al tanque Imhoff, los puntos 4, 7 y 10 son efluentes al filtro percolador y estos ya tuvieron un tratamiento de los tanques Imhoff y filtros percoladores es por ello que sus medias son menores a las demás medias.

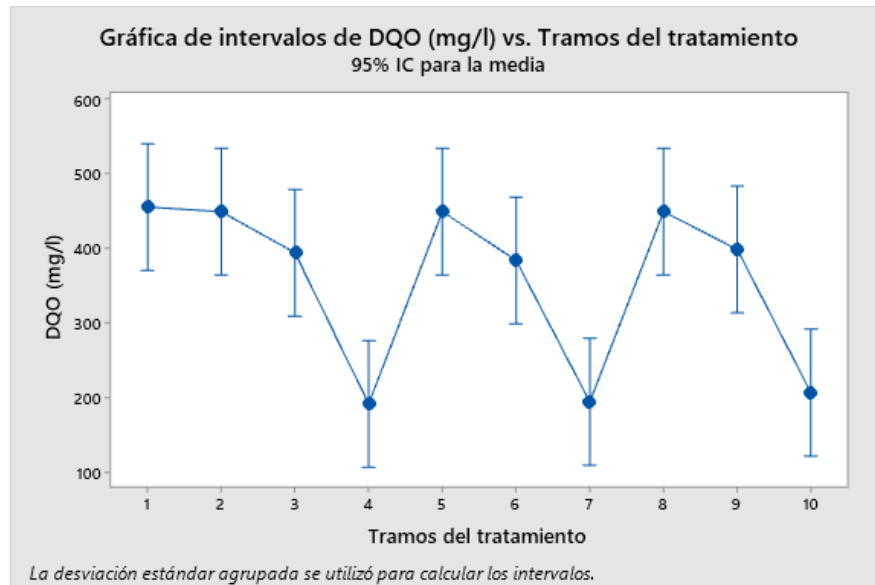


Figura 7. Valores de la DQO

En el punto 1, se tiene el mayor valor medio de la DQO con 454.3 mg/l, esto debido a que en este punto es el afluente a la PTAR y no se removió, mientras que en el punto 4 la DQO tiene un valor de 191.5 mg/l, en el punto 7 la DQO tiene un valor de 194.1mg/l y en el punto 10 la DQO tiene un valor de 206.4 mg/l, son los puntos en donde la DQO se ha removido debido al tratamiento preliminar, tratamiento del tanque Imhoff y el filtro percolador, tal cual se muestran en la figura 7 y tabla 15. Según decreto supremo N° 003 – 2010 – MINAM, el LMP para la DQO no debe superar los 200 mg/l, en la PTAR Lampa en el punto 10 supera la DQO con un valor de 206.4 mg/l, mientras que en los puntos 7 y 4 están ligeramente por debajo de lo establecido por la normativa, estas deficiencias se dieron debido a que los tanques Imhoff y filtros percoladores son ineficientes.

Andrade (2020) en su investigación realizada obtuvo 209 mg/l de la DQO esto en un tratamiento mediante lagunas de estabilización, por lo que superó los LMP.

Mamani (2018) en su investigación realizada obtuvo 13 mg/l de la DQO valor que está por debajo de los LMP, esta planta de tratamiento ubicada en la localidad de Yunguyo cumplió la normativa debido a que es un sistema aerobio mediante lodos activados y cuenta con la debida operación y mantenimiento.

4.1.4 Análisis del parámetro químico de aceites y grasas

Tabla 16

Variación de los parámetros químicos de los aceites y grasas

Tipo de tratamiento	Und	Aceites y grasas (mg/l) (época de estiaje)	Aceites y grasas (mg/l) (época de lluvia)	Aceites y grasas (mg/l) (época de lluvia)
Tramo 1-2-3-4				
Afluente del tratamiento preliminar	mg/l	13	12	12
Afluente del tanque Imhoff 1	mg/l	13	12	12
Efluente del tanque Imhoff 1	mg/l	12.35	11.28	11.40
Efluente del filtro percolador 1	mg/l	11.61	10.72	10.49
Tramo 5-6-7				
Afluente del tanque Imhoff 2	mg/l	13	12	12
Efluente del tanque Imhoff 2	mg/l	12.22	11.16	11.28
Efluente del filtro percolador 2	mg/l	11.61	10.60	10.60
Tramos 8-9-10				
Afluente del tanque Imhoff 3	mg/l	13	12	12
Efluente del tanque Imhoff 3	mg/l	12.48	11.64	11.52
Efluente del filtro percolador 3	mg/l	11.73	11.06	10.71

De acuerdo a la tabla 16, para los aceites y grasas de la columna tomada en época de estiaje es ligeramente mayor a las columnas de épocas de lluvia, en el afluente de la PTAR se tuvo un valor máximo de 13 mg/l de grasas y aceites esto en época de estiaje y en época de lluvia te tuvieron 12 mg/l de aceites y grasas, esta diferencia se debe a que en épocas de lluvia el agua residual se mezcla con el agua de las precipitaciones pluviales que ingresan a las tuberías de alcantarillado y estas son arrastradas hasta llegar a la PTAR, según la tabla 3 de Hernández (2016) menciona si los aceites y

grasas no superan los 20 mg/l se considera de media a ligera, en el efluente del filtro percolador se tuvo un valor mínimo de 10.49 mg/l, según Hernández (2016) considera una concentración media a ligera.

Análisis estadístico para los aceites y grasas

Planteamiento de la hipótesis:

H_0 = hipótesis nula

H_1 = hipótesis alterna

$\alpha = 0.05$.

Tabla 17

Análisis de varianza del parámetro químico de aceites y grasas

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor p
Tramos del tratamiento	9	9,240	1,0266	3,16	0,015
Error	20	6,492	0,3246		
Total	29	15,732			

Como la probabilidad de $p = 0.015 < 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna y podemos afirmar que no todas las medias son iguales debido a que se juntaron con los lodos la concentración de los aceites y grasas esto en los tanques Imhoff y filtros percoladores, para su posterior tratamiento en los lechos de secado.

Como se acepta la hipótesis alterna entonces realizamos la prueba de Tukey.

Tabla 18

Valores medios del parámetro químico de aceites y grasas

Tramos del tratamiento	N	Media	Agrupación
8	3	12,333	A
5	3	12,333	A
2	3	12,333	A
1	3	12,333	A
9	3	11,880	A B
3	3	11,677	A B
6	3	11,553	A B
10	3	11,17	B
4	3	10,94	B
7	3	10,94	B

De acuerdo a la tabla 18, vienen a ser las medias de los valores de aceites y grasas tomadas en las épocas de lluvia y estiaje, los puntos 1, 2, 5 y 8 son significativamente diferentes a los puntos 4, 7 y 10 esto debido a que en los puntos 4, 7 y 10 son efluentes del filtro percolador y se han removido en una cantidad mínima los aceites y grasas, mientras que en los puntos 1, 2, 5 y 8 no tuvieron tratamiento. En los puntos 3, 6 y 9 tuvieron un tratamiento en los tanques Imhoff ya que son efluentes del tanque Imhoff por lo tanto no hay diferencia significativa entre sus medias.

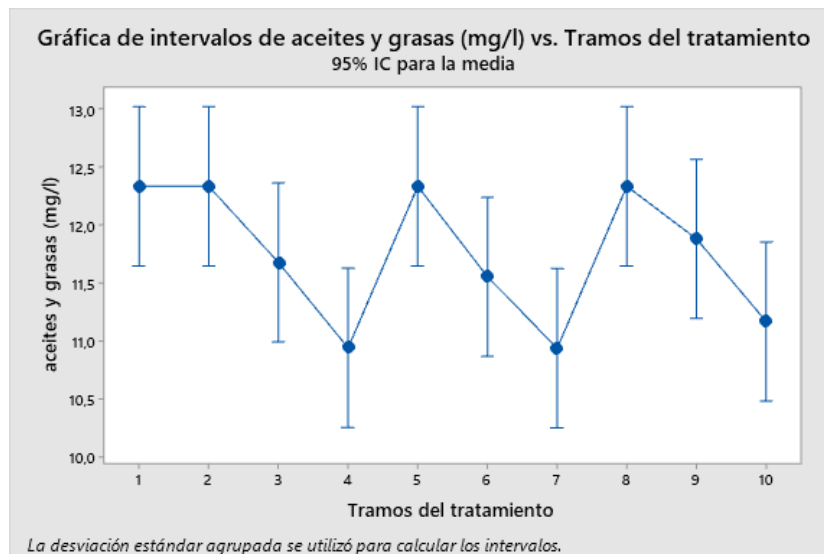


Figura 8. Valores de los aceites y grasas

En los puntos 1, 2, 5 y 8 se tuvieron valores máximos de las medias de aceites y grasas con 12.33 mg/l, esto debido a que en estos puntos no existe tratamientos para este parámetro, mientras que en los puntos 4 y 7 se tuvo valores de 10.94 mg/l, en el punto 10 se tuvo 11.17 mg/l, son los puntos en donde los aceites se han removido debido al tratamiento del tanque Imhoff y el filtro percolador, según se muestran en la figura 8 y tabla 15. Si bien es cierto que la PTAR de Lampa no cuenta con en tratamiento físico – químico para la remoción de los aceites, según la evaluación realizada no requiere de este tipo de tratamiento debido a que no supera los LMP. Según decreto N° 003 – 2010 – MINAM, el LMP para los aceites y grasas es de 20 mg/l, en la PTAR Lampa no supera este valor.

Andrade (2020) en su investigación realizada evaluó los aceites y grasas resultando igual 0.32 mg/l este resultado no supera los LMP.

Según Ocampo y Pérez (2013) afirma que la presencia de aceites y grasas hace que esta disminuya la cantidad de oxígeno disuelto y a su vez absorben la radiación solar en consecuencia afectan la actividad fotosintética.

Tabla 19

Parámetro químico del agua del río

Parámetros	Und	Resultado
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	12

De acuerdo a los resultados de la toma de muestra se tuvo que la DBO₅ del agua del río fue de 12 mg/l. Según la resolución jefatural N° 056 – 2018 – ANA, el río Lampa es de categoría 3, y de acuerdo al decreto supremo N° 004 – 2017- MINAN, en donde aprueban los ECA la categoría 3 corresponde a riego de áreas verdes y menciona que debe ser menor a 15 mg/l, por lo tanto, cumple con los ECA.

4.1.5 Análisis del parámetro biológico de la DBO₅

Según Metcalf y Eddy (1995) la DBO₅ mide el oxígeno disuelto que requieren las bacterias esto para la degradación de la materia orgánica presentes en el agua, por lo que podemos afirmar de no haber oxígeno en el agua la remoción de los contaminates sería deficiente.

Tabla 20

Variación de los parámetros biológicos de la DBO₅

Tipo de tratamiento	Und	DBO ₅	DBO ₅	DBO ₅
		(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
		(época de estiaje)	(época de lluvia)	(época de lluvia)
Tramo 1-2-3-4				
Afluente del tratamiento preliminar	mg/l	385	358	350
Afluente del tanque Imhoff 1	mg/l	377.3	354.42	346.5
Efluente del tanque Imhoff 1	mg/l	335.80	315.43	311.85
Efluente del filtro percolador 1	mg/l	164.54	160.87	162.16
Tramo 5-6-7				
Afluente del tanque Imhoff 2	mg/l	377.3	354.42	346.5
Efluente del tanque Imhoff 2	mg/l	332.02	315.43	301.46
Efluente del filtro percolador 2	mg/l	169.33	164.03	162.79
Tramos 8-9-10				
Afluente del tanque Imhoff 3	mg/l	377.3	354.42	346.5
Efluente del tanque Imhoff 3	mg/l	339.57	318.98	315.32
Efluente del filtro percolador 3	mg/l	176.58	165.87	167.12

De acuerdo a la tabla 20, se puede observar que en épocas de estiaje se tiene mayor carga orgánica de BDO₅ y en épocas de lluvia se tiene menos carga de DBO₅ esto debido a que en épocas de lluvia el agua residual se mezcla con las precipitaciones pluviales y eso hace que baje la carga orgánica, es por ello que en la columna de época

de estiaje se tiene un valor máximo de 385 mg/l de DBO₅, mientras que en las columnas de época de lluvia se tuvieron 358 mg/l y 350 mg/l respectivamente, según la tabla 3 de Hernández (2016) menciona si la DBO₅ supera los 300 mg/l es altamente contaminante, en el efluente del filtro percolador se tubo un valor mínimo de 160.87 mg/l, según Hernández (2016) menciona si la DBO₅ esta comprendida entre los 120 mg/l a 250 mg/l se condiera una concentracion de ligera a media.

Análisis estadístico para la DBO₅

Planteamiento de la hipótesis:

H₀ = hipótesis nula

H₁ = hipótesis alterna

$\alpha = 0.05$

Tabla 21

Análisis de varianza para el parámetro biológico de la DBO₅

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor p
Tramos del tratamiento	9	207132	23014,7	133,39	0,000
Error	20	3451	172,5		
Total	29	210583			

Como la probabilidad de $p = 0.000 < 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna y podemos afirmar que no todas las medias son iguales, esto debido a que se tiene una remoción de la materia orgánica en los tanques Imhoff y filtros percoladores.

Como se acepta la hipótesis alterna entonces realizamos la prueba de Tukey.

Tabla 22

Valores medios del parámetro biológico la DBO₅

Tramos del tratamiento	N	Media	Agrupación	
1	3	364,3	A	
8	3	359,41	A	B
5	3	359,41	A	B
2	3	359,41	A	B
9	3	324,62		B C
3	3	321,03		C
6	3	316,30		C
10	3	169,86		D
7	3	165,38		D
4	3	162,52		D

De acuerdo a la tabla 22, vienen a ser las medias de los valores de la DBO₅ tomadas en épocas de lluvia y estiaje, el punto 1 es significativamente diferente a los puntos 4, 7 y 10 esto debido a que en el punto 1 es afluente de la PTAR es debido a ello que su media es mayor que todos puntos ya que no tuvo tratamiento alguno mientras que en los puntos 4, 7 y 10 son efluentes al filtro percolador y estos ya tuvieron tratamiento de los tanques Imhoff y filtros percoladores. En los tramos 8, 5 y 2 son afluentes al tanque Imhoff y solo tuvieron una mínima remoción en el pretratamiento por lo tanto las medias no son significativamente diferentes. En los puntos 3 y 6 sus medias son aproximadamente iguales y estos tuvieron tratamiento del tanque Imhoff, el punto 9 es efluente del tanque Imhoff y tuvo una remoción de la DBO₅ en este sistema.

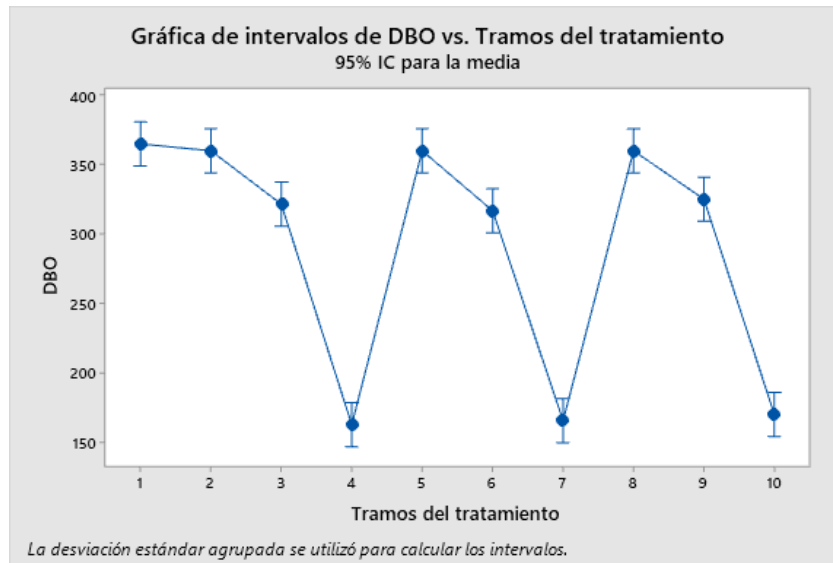


Figura 9. Valores de la DBO₅ durante el tratamiento

En el punto 1, se tiene el mayor valor de la DBO₅ con 364.3 mg/l, esto debido a que en este punto fue el afluente a la PTAR y no se removió, mientras que en el punto 4 la DBO₅ tiene un valor de 162.52 mg/l, en el punto 7 la DBO₅ tiene un valor de 165.38 mg/l y en el punto 10 la DBO₅ tiene un valor de 169.86 mg/l son puntos en donde la DBO₅ ya se ha removido debido al tratamiento preliminar, tratamiento del tanque Imhoff y el filtro percolador, tal cual se aprecia en la figura 9. Según decreto supremo N° 003 – 2010 – MINAM, el LMP para la DBO₅ no debe superar los 100 mg/l, por lo que la PTAR en Lampa no cumplió con la normativa en vista que supera los LMP esto debido a la deficiente remoción en los tanques Imhoff y filtros percoladores.

En la investigación realizada por Ortega (2019) obtuvo 157.85 mg/l de DBO₅ esto mediante el tratamiento por lagunas de estabilización por lo que no cumplió con los LMP.

Mamani (2018) en su investigación realizada obtuvo 78 mg/l de la DBO₅ y este valor está por debajo de los LMP, por lo que cumplió con la normativa.

4.1.6 Análisis de los parámetros microbiológicos de los coliformes termotolerantes

Tabla 23

Variación de los parámetros biológicos de los coliformes termotolerantes

Tipo de tratamiento	Und	Coliformes termotolerantes (NMP/100ml) (época de estiaje)	Coliformes termotolerantes (NMP/100ml) (época de lluvia)	Coliformes termotolerantes (NMP/100ml) (época de lluvia)
Tramo 1-2-3-4				
Afluente del tratamiento preliminar	NMP/100ml	1200000	1100000	1100000
Afluente del tanque Imhoff 1	NMP/100ml	1200000	1100000	1100000
Efluente del tanque Imhoff 1	NMP/100ml	924000	836000	858000
Efluente del filtro percolador 1	NMP/100ml	443520	401280	437580
Tramo 5-6-7				
Afluente del tanque Imhoff 2	NMP/100ml	1200000	1100000	1100000
Efluente del tanque Imhoff 2	NMP/100ml	960000	891000	869000
Efluente del filtro percolador 2	NMP/100ml	470400	401280	460570
Tramos 8-9-10-11				
Afluente del tanque Imhoff 3	NMP/100ml	1200000	1100000	1100000
Efluente del tanque Imhoff 3	NMP/100ml	960000	891000	869000
Efluente del filtro percolador 3	NMP/100ml	489600	463320	469260
Efluente de la cámara de cloración	NMP/100ml	9750	8790	9110

Según la tabla 23, en épocas de estiaje los valores de los coliformes son altos en comparación que en épocas de lluvia debido esto debido a que las precipitaciones pluviales arrastran sedimentos e ingresan a la red de alcantarillado mezclándose con el agua residual es por ello que en la columna de época de estiaje se tiene un valor máximo en el afluente de la PTAR de 1200000 NMP/100ml de coliformes mientras que en las columnas de épocas de lluvia se tuvieron 1100000 NMP/100ml. En el efluente de la PTAR bajo considerablemente a 8790 NMP/100ml, según el D.S. N°

003-2010-MINAM, no debe de superar los 10000 NMP/100ml, cumple en el efluente de la PTAR.

Análisis estadístico para los coliformes termotolerantes

Planteamiento de la hipótesis:

H_0 = hipótesis nula

H_1 = hipótesis alterna

$\alpha = 0.05$

Tabla 24

Análisis de varianza del parámetro biológicos de los coliformes termotolerantes

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor p
Tramos del tratamiento	10	4,39464E+12	4,39464E+11	219,23	0,000
Error	22	44101256600	2004602573		
Total	32	4,43875E+12			

Como la probabilidad de $p = 0.000 < 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna y podemos afirmar que no todas las medias son iguales, debido a que se tuvo una remoción en los tanques Imhoff, filtros percoladores y más aún en la cámara de cloración en donde se removió gran cantidad de coliformes.

Como se acepta la hipótesis alterna entonces realizamos la prueba de Tukey.

Tabla 25

Valores medios del parámetro biológico de los coliformes termotolerantes

Tramos del tratamiento	N	Media	Agrupación
8	3	1133333	A
5	3	1133333	A
2	3	1133333	A
1	3	1133333	A
9	3	906667	B
6	3	906667	B
3	3	872667	B
10	3	474060	C
7	3	444083	C
4	3	427460	C
11	3	9217	D

De acuerdo a la tabla 25, que vienen a ser las medias de los valores de los coliformes tomadas en las épocas de lluvia y estiaje, en los puntos 1, 2, 5 y 8 son significativamente diferentes a los tramos 3, 4, 6, 7, 9 y 10 esto debido a que en los puntos 3, 4, 6, 7, 9 y 10 se han removido en los tratamientos de los tanques Imhoff y filtros percoladores. En el punto 11 es significativamente diferente a los puntos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 debido a que tuvo un tratamiento del sistema de cloración en donde removió gran cantidad de los coliformes y esta es el efluente de la PTAR.

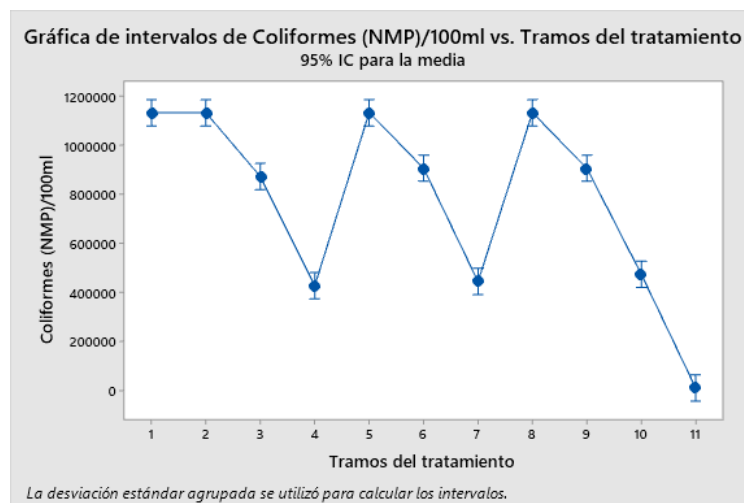


Figura 10. Valores de los coliformes termotolerantes

Los puntos 1, 2, 5 y 8 se tuvieron los mayores valores de los coliformes con 1133333 NMP/100mg esto debido a que en estos puntos no se tuvo tratamiento, en el punto 11 que viene a ser el efluente de la PTAR se tuvo 9217 NMP/100mg de coliformes debido a los tratamientos del tanque Imhoff, filtro y caseta de cloración, tal cual se aprecia en la figura 10, la PTAR cumple con los LMP. Por lo tanto, está dentro de los parámetros establecidos que es menor a 10000NMP/100mg.

Ortega (2019) en su investigación realizada obtuvo 24000 NMP/100ml de coliformes, valores que están por debajo de los LMP.

Andrade (2020) en su investigación evaluó el parámetro microbiológico del agua residual en donde obtuvo 11000 NMP/100 ml de coliformes este valor no supera los LMP.

4.2 Determinación de la eficiencia en el pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario de la estación depuradora de aguas residuales.

4.2.1 Eficiencia en el tratamiento preliminar, primario, secundario para la DBO₅

Tabla 26

Porcentaje de la eficiencia para la DBO₅

Tipo de tratamiento	Entrada (mg/l)	Salida (mg/l)	% de la eficiencia en estiaje	Entrada (mg/l)	Salida (mg/l)	% de la eficiencia en lluvia	Entrada (mg/l)	Salida (mg/l)	% de la eficiencia en lluvia
Tramo 1-2-3-4									
Rejas y desarenador	385	377.3	2	358	354.42	1	350	346.5	1
Tanques Imhoff	377.3	335.80	11	354.42	315.43	11	346.5	311.85	10
Filtros percoladores	335.797	164.54	51	315.43	160.87	49	311.85	162.162	48
Tramo 1-5-6-7									
Rejas y desarenador	385	377.3	2	358	354.42	1	350	346.5	1
Tanques Imhoff	377.3	332.02	12	354.42	315.43	11	346.5	301.455	13
Filtros percoladores	332.024	169.33	49	315.43	164.03	48	301.455	162.7857	46
Tramos 1-8-9-10									
Rejas y desarenador	385	377.3	2	358	354.42	1	350	346.5	1
Tanques Imhoff	377.3	339.57	10	354.42	318.98	10	346.5	315.315	9
Filtros percoladores	339.57	176.58	48	318.98	165.87	48	315.315	167.11695	47

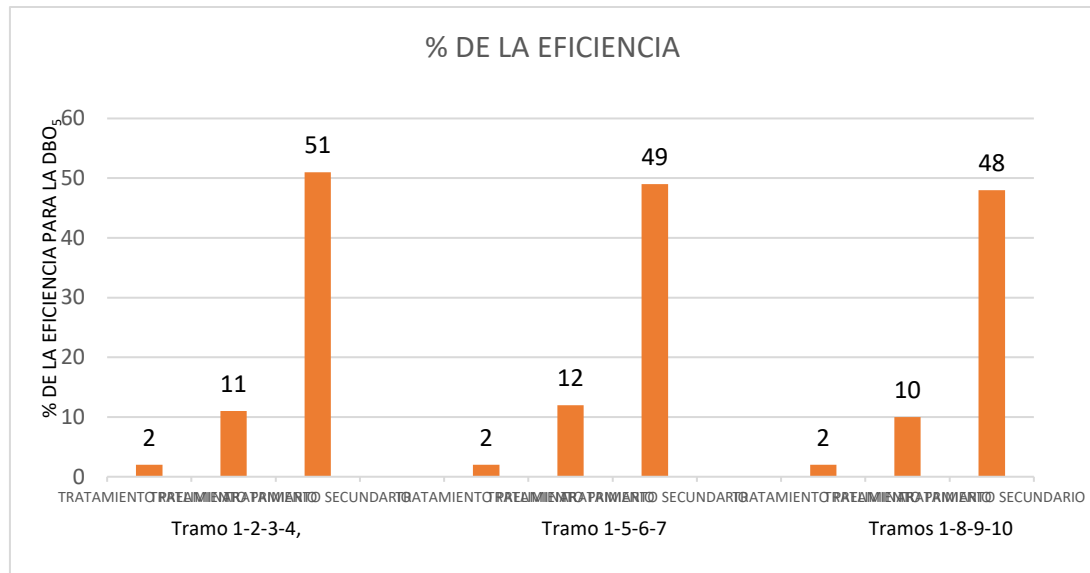


Figura 11. Porcentaje de la eficiencia para la DBO₅

Según la tabla 26 de la toma de muestra realizada en época de estiaje se obtuvo una DBO₅ de 385 mg/l esto en el afluente del tratamiento preliminar mientras que en la salida del tratamiento preliminar se tiene una DBO₅ de 377.3 mg/l, por lo que se tuvo una eficiencia del 2%, tal cual se aprecia en la figura 11 que corresponde al mes de octubre y según el manual de Hernández (2016), menciona que en el tratamiento preliminar debe haber una remoción de 0 – 10%, por lo que está dentro de este margen teniendo en consideración que esta remoción del 2% es relativamente nulo, y según la norma OS 090, no establece remoción alguna en el pretratamiento esto por ser casi nula. En el tratamiento primario que viene a ser el tanque Imhoff, existe una ligera variación en los tramos 1-2-3-4, 1-5-6-7, 1-8-9-10, en el primer tramo 1-2-3-4, se tuvo una remoción del 11%, tal cual se aprecia en la tabla 26 y figura 12, ya que se tuvo al ingreso del tanque Imhoff una DBO₅ de 377.3 mg/l y en la salida del tanque se tuvo una DBO₅ del 335.80 mg/l, según Hernández (2016), menciona que para un sedimentador primario que viene a ser un tratamiento primario la remoción debe estar entre 25% - 40%, mientras que en la norma OS 090 (2006) establece que en un sedimentador primario debe estar entre 25% - 30% de remoción, por lo que podemos observar que no cumple en este tratamiento por ser relativamente bajo. En el tramo 1-5-6-7, se tuvo una remoción del 12 %, tal cual se aprecia en la tabla 26 y figura 11

ya que se tuvo al ingreso del tanque Imhoff una DBO_5 de 377.3 mg/l y en la salida del tanque se tuvo una DBO_5 del 332.02 mg/l. En el tramo 1-8-9-10, se tuvo una remoción del 10%, tal cual se aprecia en la tabla 26 y figura 12 ya que se tuvo al ingreso del tanque Imhoff una DBO_5 de 377.3 mg/l y en la salida del tanque se tuvo una DBO_5 del 339.57 mg/l.

En el tratamiento secundario el filtro percolador existe una mínima variación en los tramos 1-2-3-4, 1-5-6-7, 1-8-9-10, en el tramo 1-2-3-4, se tuvo una remoción del 51%, según la tabla 26 y figura 11 para nuestro caso es el filtro percolador, según Hernández (2016) menciona que para un filtro percolador que viene a ser un tratamiento secundario la remoción debe estar entre 75% – 92%, mientras que la norma OS 090 (2006), establece que para el filtro percolador la remoción debe estar comprendida entre 50% - 90% de remoción, por lo que está próximo a la norma. En el tramo 1-5-6-7 se tuvo una remoción del 49%, en el tramo 1-8-9-10, se tuvo una remoción del 48%, según la tabla 26 y figura 11.

En el tratamiento terciario que viene a ser el sistema de cloración no existe remoción alguna es por ello que no se tomó en cuenta.

Con referencia a la remoción de la DBO_5 en épocas de lluvia, se encuentra en la tabla 26, teniendo en consideración que la variación de la remoción en épocas de estiaje y lluvia en el tratamiento primario está entre el 10% - 13%, y para el tratamiento secundario el % de variación está entre el 46% - 51%.

Tabla 27

Porcentaje de la eficiencia en los tanques Imhoff de la DBO₅

Factores		Variable respuesta
Tipo de tratamiento	Mes	% de la eficiencia de la DBO ₅
Tanque Imhoff 1	octubre	11
Tanque Imhoff 1	diciembre	11
Tanque Imhoff 1	febrero	10
Tanque Imhoff 2	octubre	12
Tanque Imhoff 2	diciembre	11
Tanque Imhoff 2	febrero	13
Tanque Imhoff 3	octubre	10
Tanque Imhoff 3	diciembre	10
Tanque Imhoff 3	febrero	9

Análisis estadístico para la DBO₅ en los tanques Imhoff

Planteamiento de la hipótesis:

H₀ = hipótesis nula, las medias son iguales

H₁ = hipótesis alterna, no todas las medias son iguales

$\alpha = 0.05$, que viene a ser el nivel de significancia.

Tabla 28

Análisis de varianza para la DBO₅ en el tanque Imhoff

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor p
Tipo de tratamiento	2	8.222	4.1111	7.40	0.024
Error	6	3.333	0.5556		
Total	8	11.556			

Como $p = 0.024 < 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula y podemos afirmar que no todas las medias son iguales.

Como se acepta la hipótesis alterna entonces realizamos la prueba de Tukey.

Tabla 29

Porcentaje de valores medios de la eficiencia para la DBO₅

Tipo de tratamiento	N	Media	Agrupación
Tanque Imhoff 2	3	12.000	A
Tanque Imhoff 1	3	10.667	A
Tanque Imhoff 3	3	9.667	B

La media del tanque Imhoff 2 es significativamente diferente que el tanque Imhoff 3 en vista que el tanque Imhoff 2 tuvo mayor eficiencia en la remoción de la DBO₅ que el tanque Imhoff 3. La media del tanque Imhoff 1 no hay diferencia significativa entre sus medias con el tanque Imhoff 2 y tanque Imhoff 3 por lo tanto, se puede ver que el tanque Imhoff 3 es el más deficiente.

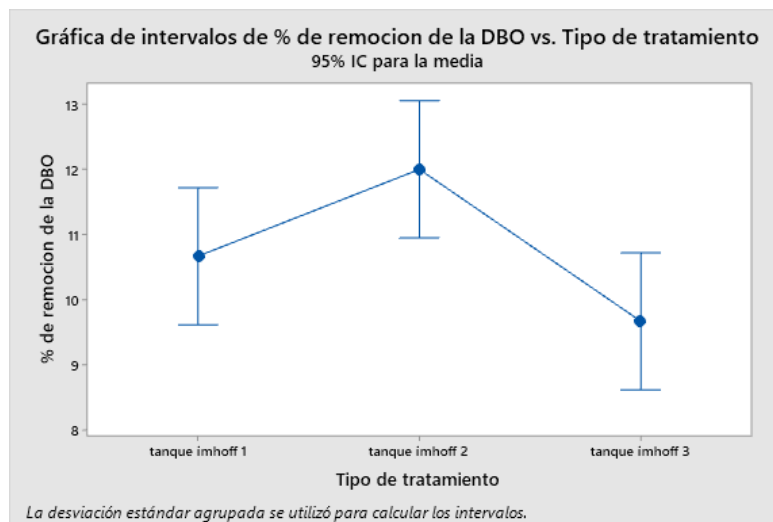


Figura 12. Porcentaje de la eficiencia en los tanques Imhoff de la DBO₅

El tanque Imhoff 2 es el que removi6 mayor cantidad de la DBO₅ con un valor medio del 12% y el tanque Imhoff 3 es el que tuvo la menor eficiencia con un valor medio

de 9.67%, el tanque Imhoff 1 removió 10.667% de la DBO_5 , tal cual se aprecia en la figura 12 y tabla 29. Según la comisión estatal del agua Jalisco Ocampo y Osés (2013) establece que los tanques Imhoff son diseñados para poblaciones menores o iguales a 5000 habitantes, así mismo establece que la eficiencia está comprendido entre 25% - 35%, por lo que podemos ver que la eficiencia de los tanques Imhoff son deficientes.

Tabla 30

Porcentaje de la eficiencia en los filtros percoladores para la DBO_5

Factores		Variable respuesta
Tipo de tratamiento	Mes	% de remoción de la DBO_5
Filtro percolador 1	octubre	51
Filtro percolador 1	diciembre	49
Filtro percolador 1	febrero	48
Filtro percolador 2	octubre	49
Filtro percolador 2	diciembre	48
Filtro percolador 2	febrero	46
Filtro percolador 3	octubre	48
Filtro percolador 3	diciembre	48
Filtro percolador 3	febrero	47

Análisis estadístico en los filtros percoladores para la DBO_5

Planteamiento de la hipótesis:

H_0 = hipótesis nula

H_1 = hipótesis alterna

$\alpha = 0.05$.

Tabla 31

Análisis de varianza para la DBO₅ en el filtro percolador

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor p
Tipo de tratamiento	2	16.89	8.444	2.71	0.145
Error	6	18.67	3.111		
Total	8	35.56			

Como $p = 0.145 > 0.05$, entonces se acepta la hipótesis nula

Como se acepta la hipótesis nula, podemos afirmar que todas las medias son iguales, por lo que no tiene sentido realizar la prueba de Tukey.

En la investigación por Echevarría *et al.*, (2021) incorporaron un sistema de reactor anaerobio compartimentado, un pretratamiento preliminar y una cámara desgrasadora, en donde la eficiencia de la PTAR fue del 55% para la DBO₅ este % de remoción es relativamente deficiente. Según Satalaya (2015) en la investigación realizada obtuvo una remoción del 21% de la DBO₅, esto en una laguna que viene a ser una remoción deficiente este % de remoción está por debajo de la normativa. Cepedas y Octavio (2018) realizaron la evaluación de la DBO₅, en donde pudo obtenerse una remoción del 89% este % de remoción está dentro de la normativa.

Por lo tanto, podemos afirmar que en la PTAR Lampa en los tanques Imhoff se tuvo una remoción media del 9.67% - 12% y en los filtros percoladores se tuvo una remoción del 47% al 51% por lo que estos % de remoción son deficientes comparados con la normativa y manuales.

4.2.2 Eficiencia en el tratamiento preliminar, primario, secundario para la DQO

Tabla 32

Porcentaje de la eficiencia para la DQO

Tipo de tratamiento	Entrada (mg/l)	Salida (mg/l)	% de la eficiencia a estiaje	Entrada (mg/l)	Salida (mg/l)	% de la eficiencia a lluvia	Entrada (mg/l)	Salida (mg/l)	% de la eficiencia a lluvia
Tramo 1-2-3-4									
Rejas y desarenador	518	507.64	2	495	490.05	1	350	346.5	1
Tanques Imhoff	507.64	436.57	14	490.05	431.24	12	346.5	311.85	10
Filtros percoladores	436.57	205.19	53	431.24	207	52	311.85	162.162	48
Tramo 1-5-6-7									
Rejas y desarenador	518	507.64	2	495	490.05	1	350	346.5	1
Tanques Imhoff	507.64	426.42	16	490.05	421.44	14	346.5	301.455	13
Filtros percoladores	426.42	208.94	51	421.44	210.72	50	301.455	162.7857	46
Tramo 1-8-9-10									
Rejas y desarenador	518	507.64	2	495	490.05	1	350	346.5	1
Tanques Imhoff	507.64	446.72	12	490.05	431.24	12	346.5	315.315	9
Filtros percoladores	446.72	227.83	49	431.24	224.25	48	315.315	167.11695	47

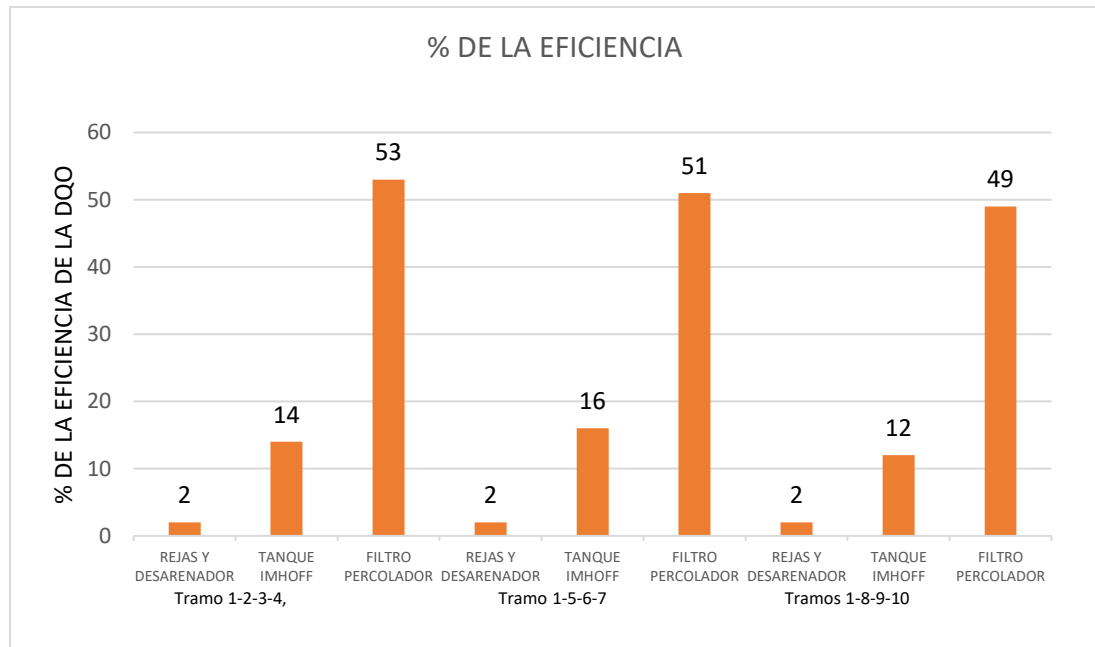


Figura 13. Porcentaje de la eficiencia para la DQO

Según la tabla 32, de la toma de muestra realizada en octubre se obtuvo una DQO de 518 mg/l esto en el afluente del tratamiento preliminar mientras que en la salida del tratamiento preliminar se tiene una DQO de 507.64 mg/l, por lo que se tuvo una eficiencia del 2%, tal cual se aprecia en la tabla 32 y figura 13 y según el manual de Metcalf y Eddy (1996) menciona que en el tratamiento preliminar debe haber una remoción de 0 – 5%, por lo que está dentro de este margen teniendo en consideración que esta remoción del 2% es relativamente nula y según la norma OS 090 (2006) no establece remoción alguna en el pretratamiento para la DQO esto por ser casi nula.

En el tratamiento primario que viene a ser el tanque Imhoff, que viene a ser el tanque Imhoff, existe una ligera variación en los tramos 1-2-3-4, 1-5-6-7, 1-8-9-10, en el primer tramo 1-2-3-4 se tuvo una remoción del 14%, según la tabla 32 y figura 13 ya que se tuvo al ingreso del tanque Imhoff una DQO de 507.64 mg/l y en la salida del tanque se tuvo una DQO del 436.57 mg/l, según Metcalf y Eddy (1996), menciona que para un sedimentador primario que viene a ser un tratamiento primario la remoción debe estar entre 30% - 40%, mientras que en la norma OS 090 (2006) no menciona el % de remoción de la DQO que en un sedimentador primario, por lo que podemos observar que no cumple en este tratamiento por ser relativamente bajo. En



el tramo 1-5-6-7 se tuvo una remoción del 16%, según se muestra en la tabla 32 y figura 13 ya que se tuvo al ingreso del tanque Imhoff una DQO de 507.64 mg/l y en la salida del tanque se tuvo una DQO del 426.42mg/lt. En el tramo 1-8-9-10, se tuvo una remoción del 12%, esto según la tabla 32 y figura 13 ya que se tuvo al ingreso del tanque Imhoff una DQO de 507.64 mg/l y en la salida del tanque se tuvo una DQO del 446.72 mg/l.

En el tratamiento secundario existe una ligera variación en los tramos 1-2-3-4, 1-5-6-7, 1-8-9-10, en el primer tramo 1-2-3-4, se tuvo una remoción del 53%, según la tabla 32 y figura 13 para nuestro caso es el filtro percolador, según Metcalf y Eddy (1996) afirman que para un filtro percolador que viene a ser un tratamiento secundario la remoción debe estar entre 60% – 80%, mientras que la norma OS 090 (2006) no figura los % de remoción para el filtro percolador. En el tramo 1-5-6-7 se tuvo una remoción del 51%, según la tabla 32 y figura 13. Para el tramo 1-8-9-10, se tuvo una remoción del 49%, de acuerdo a la tabla 32 y figura 13.

En el tratamiento terciario de la caseta de cloración no existe remoción alguna de la DQO. Con referencia a la remoción de la DQO en las temporadas de lluvia se encuentra en la tabla 32, teniendo en consideración que la variación de la remoción para las épocas de estiaje y lluvia en el tratamiento primario está entre el 9% - 16%, y para el tratamiento secundario el % de variación esta entre el 46% - 53%.

Tabla 33

Porcentaje de la eficiencia en los tanques Imhoff para la DQO

Factores		Variable respuesta
Tipo de tratamiento	Tiempo	% de remoción de la DQO
Tanque Imhoff 1	Octubre	14
Tanque Imhoff 1	Diciembre	12
Tanque Imhoff 1	Febrero	12
Tanque Imhoff 2	Octubre	16
Tanque Imhoff 2	Diciembre	14
Tanque Imhoff 2	Febrero	15
Tanque Imhoff 3	Octubre	12
Tanque Imhoff 3	Diciembre	12
Tanque Imhoff 3	Febrero	13

Análisis estadístico en los tanques Imhoff para la DQO

Planteamiento de la hipótesis:

H_0 = hipótesis nula

H_1 = hipótesis alterna

$\alpha = 0.05$.

Tabla 34

Análisis de varianza para la DQO en el tanque Imhoff

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor p
Tipo de tratamiento	2	12.667	6.3333	7.12	0.026
Error	6	5.333	0.8889		
Total	8	18.000			

Como $p = 0.026 < 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula y podemos afirmar que no todas las medias son iguales.

Como se acepta la hipótesis alterna entonces realizamos la prueba de Tukey.

Tabla 35

Porcentaje de valores medios de la eficiencia para la DQO

Tipo de tratamiento	N	Media	Agrupación	
Tanque Imhoff 2	3	15.000	A	
Tanque Imhoff 1	3	12.667	A	B
Tanque Imhoff 3	3	12.333	B	

El tanque Imhoff 2 es significativamente diferente que el tanque Imhoff 3, podemos afirmar que el tanque Imhoff 2 tuvo mayor eficiencia que el tanque Imhoff 3. La media del tanque Imhoff 1 no tiene diferencia significativa con las medias del tanque Imhoff 2 y tanque Imhoff 3, podemos afirmar que el tanque Imhoff 3 fue el más deficiente para la remoción de la DQO.

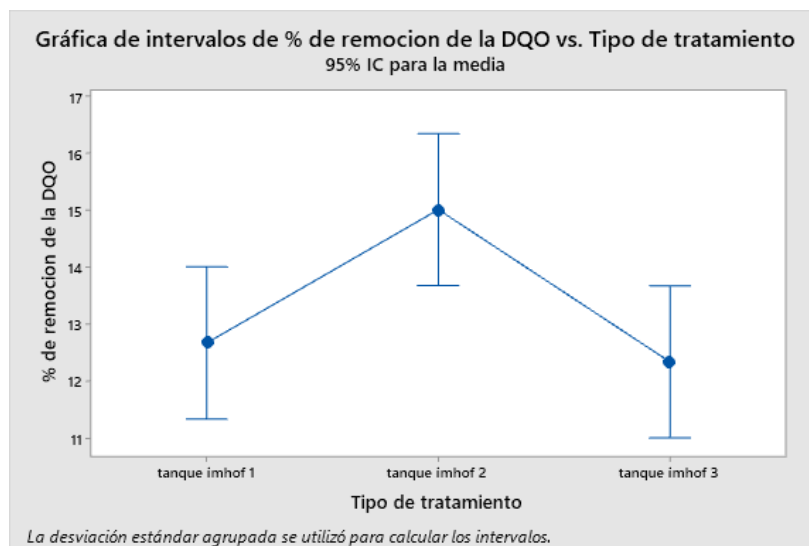


Figura 14. Porcentaje de la eficiencia en los tanques Imhoff para la DQO

El tanque Imhoff 2 es el que removió mayor cantidad de la DQO con una eficiencia del 15%, y el tanque Imhoff 3 el que tuvo menor eficiencia con 12.33%, esto según la figura 14 y tabla 35 se puede ver que la eficiencia en los tanques Imhoff es deficiente, uno de los factores que no favorece es la temperatura de la zona ya que las bacterias no tienen a temperaturas bajas no cumplen con la eficiencia requerida, así mismo estos tanques Imhoff se diseñan para población es menores a 5000 habitantes.

Tabla 36

Porcentaje de la eficiencia de los filtros percoladores para la DQO

Factores		Variable respuesta
Tipo de tratamiento	Mes	% de remoción de la DQO
Filtro percolador 1	octubre	53
Filtro percolador 1	diciembre	52
Filtro percolador 1	febrero	51
Filtro percolador 2	octubre	51
Filtro percolador 2	diciembre	50
Filtro percolador 2	febrero	48
Filtro percolador 3	octubre	49
Filtro percolador 3	diciembre	48
Filtro percolador 3	febrero	47

Análisis estadístico en los filtros percoladores para la DQO

Planteamiento de la hipótesis:

H_0 = hipótesis nula

H_1 = hipótesis alterna

$\alpha = 0.05$.

Tabla 37

Análisis de varianza de la DQO en el filtro percolador

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor p
Tipo de tratamiento	2	24.222	12.111	8.38	0.018
Error	6	8.667	1.444		
Total	8	32.889			

Como $p = 0.018 < 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula y podemos afirmar que no todas las medias son iguales.

Como se acepta la hipótesis alterna entonces realizamos la prueba de Tukey.

Tabla 38

Porcentaje de valores medios de la eficiencia para la DQO

Tipo de tratamiento	N	Media	Agrupación
Filtro percolador 1	3	52.000	A
Filtro percolador 2	3	49.667	A B
Filtro percolador 3	3	48.000	B

El filtro percolador 3 es significativamente diferente que el filtro percolador 1 podemos afirmar que el filtro percolador 1 tuvo mayor eficiencia para la remoción de la DQO que el filtro percolador 3. La media del filtro percolador 2, está próximo a sus medias del filtro percolador 1 y el filtro percolador 3, podemos afirmar que el filtro percolador 3 fue el más deficiente.

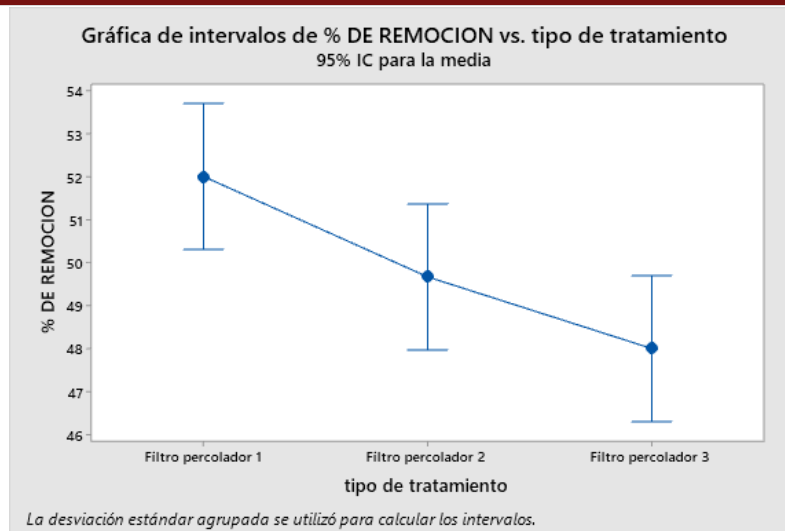


Figura 15. Porcentaje de la eficiencia en los filtros percoladores para la DQO

El filtro percolador 1 tuvo una remoción promedio del 52%, es el que removi6 mayor cantidad de la DQO con un 52%, y el filtro percolador 3 tuvo una remoción promedio del 48%, es quien tuvo menor eficiencia, tal cual se aprecia en la figura 15. Seg6n el manual de Metcalf y Eddy (1996) los filtros percoladores tienen una eficiencia del 60% - 80% para la DQO, por lo tanto, la PTAR Lampa est6 por debajo de la eficiencia, esto se debe a que en la zona la temperatura est6 por debajo a los 25°C, las bacterias requieren de temperaturas superiores a los 25°C para degradar la materia org6nica, as6 mismo los filtros percoladores requieren de una aireaci6n para que las bacterias aerobias cumplan con la eficiencia requerida.

En la investigaci6n por Desye *et al.*, (2022) se tuvo una eficiencia del 57% de la DQO se afirma que es deficiente el tratamiento.

En la investigaci6n de Echevarr6a *et al.*, (2021) incorpor6 un sistema de reactor anaerobio compartimentado, un pretratamiento preliminar y una c6mara desgrasadora, en donde la eficiencia de la PTAR fue del 67% para la DQO.

En la PTAR Lampa podemos afirmar que la remoci6n media en los tanques Imhoff fue del 12.33% - 15% y en los filtros percoladores el % medio de remoci6n fue del

48% - 52% afirmamos que estos % de remoción son deficientes comparados con la normativa y manuales internacionales.

4.2.3 Eficiencia en el tratamiento preliminar, primario, secundario para los SST

Tabla 39

Porcentaje de la eficiencia para los SST

Tipo de tratamiento	Entrada (mg/l)	Salida (mg/l)	% de la eficiencia estiaje	Entrada (mg/l)	Salida (mg/l)	% de la eficiencia lluvia	Entrada (mg/l)	Salida (mg/l)	% de la eficiencia lluvia
Tramo 1-2-3-4									
Rejas y desarenador	575	552	4	584	566.48	3	588	564.48	4
Tanques Imhoff	552	419.52	24	566.48	430.52	24	564.48	434.65	23
Filtros percoladores	419.52	203.47	50	430.52	210.96	51	434.65	212.98	51
Tramo 1-5-6-7									
Rejas y desarenador	575	552	4	584	566.48	3	588	564.48	4
Tanques Imhoff	552	430.56	22	566.48	436.19	23	564.48	445.94	21
Filtros percoladores	430.56	219.59	49	436.19	226.82	48	445.94	236.35	47
Tramo 1-8-9-10									
Rejas y desarenador	575	552	4	584	566.48	3	588	564.48	4
Tanques Imhoff	552	447.12	19	566.48	464.51	18	564.48	451.58	20
Filtros percoladores	447.12	236.97	47	464.51	241.55	48	451.58	239.34	47

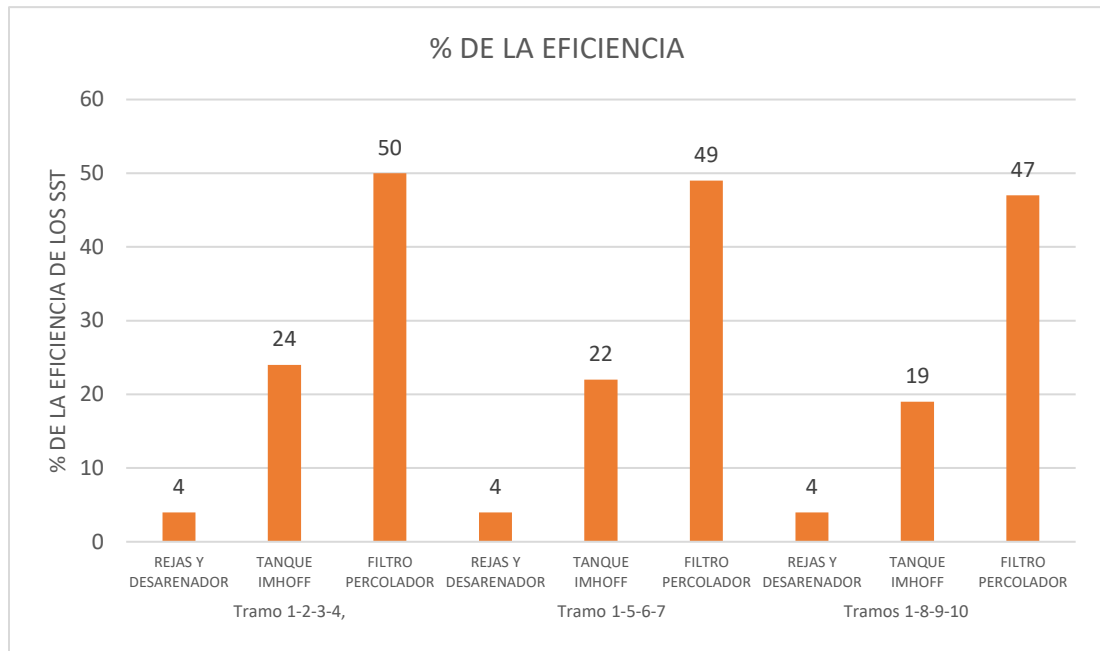


Figura 16. Porcentaje de la eficiencia para los SST

Según la tabla 39, de la toma de muestra realizada para octubre se obtuvo 575 mg/l de SST esto en el afluente del tratamiento preliminar mientras que en la salida del tratamiento preliminar se tuvo 552 mg/l de SST, por lo que se tuvo una remoción del 4%, tal cual se aprecia en la figura 16 y según Hernández (2016), menciona que en el tratamiento preliminar debe haber una remoción de 0 – 10%, por lo que está dentro de este margen teniendo en consideración que esta remoción del 4%, y según la norma OS 090 (2006) no establece remoción alguna en el pretratamiento esto por ser casi nula.

En el tratamiento primario que viene a ser el tanque Imhoff, existe una ligera variación en los tramos 1-2-3-4, 1-5-6-7, 1-8-9-10, en el primer tramo 1-2-3-4 que viene a ser el tanque Imhoff, se tuvo una remoción del 24%, según se muestra en la tabla 39 y figura 16 ya que se tuvo al ingreso del tanque Imhoff 552 mg/l de SST y en la salida del tanque se tuvo 419.52 mg/l de SST, según Hernández (2016) menciona que para un sedimentador primario que viene a ser un tratamiento primario la remoción debe estar entre 40% - 70%, por lo que se puede ver que el porcentaje de remoción en este tratamiento no cumple, ya que es relativamente baja la remoción. En el tramo 1-5-6-7, se tuvo una remoción del 22%, tal cual se muestra en la tabla 39 y figura 16 ya que

se tuvo al ingreso del tanque Imhoff 552 mg/l de SST y en la salida del tanque se tuvo 430.56 mg/l de SST. En el tramo 1-8-9-10 se tuvo una remoción del 19%, tal cual se aprecia en la tabla 39 y figura 16 ya que se tuvo al ingreso del tanque Imhoff 552 mg/l de SST y en la salida del tanque se tuvo 447.12 mg/l de SST.

En el tratamiento secundario que viene a ser el filtro percolador, existe una ligera variación en los tramos 1-2-3-4, 1-5-6-7, 1-8-9-10, en el primer tramo 1-2-3-4 se tuvo una remoción del 50%, según la tabla 39 y figura 16 para nuestro caso es el filtro percolador, según Hernández (2016), menciona que para un filtro percolador que viene a ser un tratamiento secundario la remoción debe estar entre 75% – 92%, mientras que la norma OS 090 (2006), establece que para el filtro percolador la remoción debe estar comprendida entre 70% - 90% de remoción, por lo que no cumple con lo establecido por los mencionados autores, esto se debe que para la población de Lampa se requiere de filtro percolador circular que viene a ser una de alta carga. En el tramo 1-5-6-7, se tuvo una remoción del 49%, según se muestra en la tabla 39 y figura 16. En el tramo 1-8-9-10, se tuvo una remoción del 47%, según se detalla en la tabla 39 y figura 16. En el tratamiento terciario de la cloración no existe remoción alguna de los SST. Con referencia a la remoción de los SST en temporada de lluvia, se encuentra en la tabla 39, teniendo en consideración que la variación de la remoción para temporadas de estiaje y lluvia en el tratamiento primario esta entre el 18% - 24%, y para el tratamiento secundario el % de variación está entre el 47% - 51%.

Tabla 40

Porcentaje de la eficiencia en los tanques Imhoff para los SST

Factores		Variable respuesta
Tipo de tratamiento	Tiempo	% de remoción de los SST
Tanque Imhoff 1	Octubre	24
Tanque Imhoff 1	Diciembre	24
Tanque Imhoff 1	Febrero	23
Tanque Imhoff 2	Octubre	22
Tanque Imhoff 2	Diciembre	23
Tanque Imhoff 2	Febrero	21
Tanque Imhoff 3	Octubre	19
Tanque Imhoff 3	Diciembre	18
Tanque Imhoff 3	Febrero	20

Análisis estadístico en los tanques Imhoff para los SST

Planteamiento de la hipótesis:

Ho = hipótesis nula

H₁ = hipótesis alterna

$\alpha = 0.05$

Tabla 41

Análisis de varianza para los SST en el tanque Imhoff

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor p
Tipo de tratamiento	2	33.556	16.7778	21.57	0.002
Error	6	4.667	0.7778		
Total	8	38.222			

Como $p = 0.002 < 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna.

Comparaciones en parejas de Tukey.

Tabla 42

Porcentaje de valores medios de la eficiencia para los SST

Tipo de tratamiento	N	Media	Agrupación
Tanque Imhoff 1	3	23.667	A
Tanque Imhoff 2	3	22.000	A
Tanque Imhoff 3	3	19.000	B

El tanque Imhoff 1 y 2 es significativamente diferente que el tanque Imhoff 3 afirmamos que el tanque Imhoff 1 es el que tiene mayor eficiencia con una media del 23.667%. Las medias del tanque Imhoff 1 y 2 esta próximas por lo tanto no hay diferencia significativa entre sus medias, de acuerdo a la tabla 42 afirmamos que el tanque Imhoff 3 es el más deficiente en la remoción de los SST.

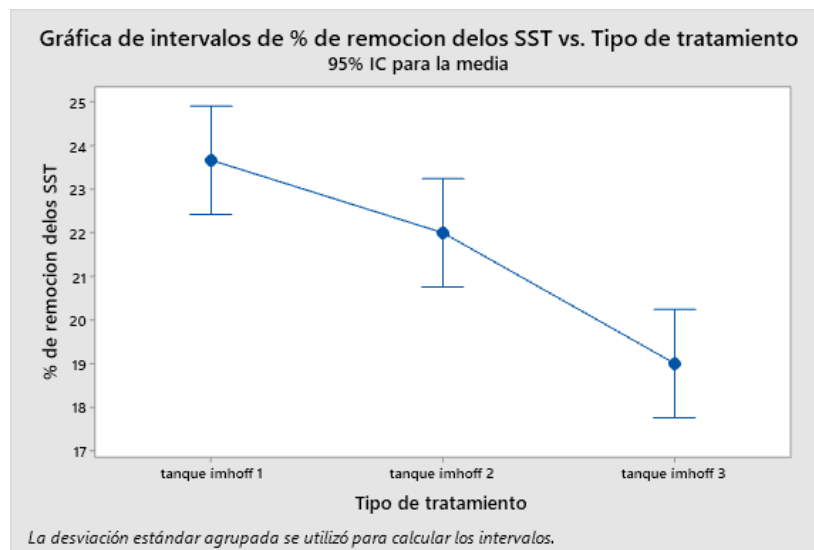


Figura 17. Porcentaje de la eficiencia en los tanques Imhoff para los SST

El tanque Imhoff 1 es el que removió mayor cantidad de los SST con un valor medio del 23.667% y el tanque Imhoff 3 el que tuvo menor la eficiencia con un valor medio del 19%, esto según la figura 17 y tabla 42. Según la norma del MVCT (2017), establece que los tanques Imhoff tienen una eficiencia del 50% - 70%, por lo que los tanques Imhoff están muy por debajo de lo establecido por la normativa, esto se debe a que la temperatura en la zona está por debajo de los 25°C, es que la temperatura mínima que requieren las bacterias para degradar los contaminantes orgánicos.

Tabla 43

Porcentaje de la eficiencia en los filtros percoladores para los SST

Factores		Variable respuesta
Tipo de tratamiento	Mes	% de remoción de los SST
Filtro percolador 1	octubre	50
Filtro percolador 1	diciembre	51
Filtro percolador 1	febrero	51
Filtro percolador 2	octubre	49
Filtro percolador 2	diciembre	48
Filtro percolador 2	febrero	47
Filtro percolador 3	octubre	47
Filtro percolador 3	diciembre	48
Filtro percolador 3	febrero	47

Análisis estadístico en los filtros percoladores para los SST

Planteamiento de la hipótesis:

H_0 = hipótesis nula

H_1 = hipótesis alterna

$\alpha = 0.05$

Tabla 44

Análisis de varianza de los SST en el filtro percolador

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor p
tipo de tratamiento	2	18.667	9.3333	16.80	0.003
Error	6	3.333	0.5556		
Total	8	22.000			

Como $p = 0.003 < 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna. Comparaciones en parejas de Tukey.

Tabla 45

Porcentaje de valores medios de la eficiencia para los SST

Tipo de tratamiento	N	Media	Agrupación
Filtro percolador 1	3	50.667	A
Filtro percolador 2	3	48.000	B
Filtro percolador 3	3	47.333	B

El filtro percolador 1 es significativamente diferente que el filtro percolador 2 y 3, afirmamos que el filtro percolador 1 tiene la mayor eficiencia que los filtros percoladores 2 y 3. La media del filtro percolador 2 con el filtro percolador 3 no tienen diferencia significativa entre sus medias, podemos ver que el filtro percolador 3 es el más deficiente.

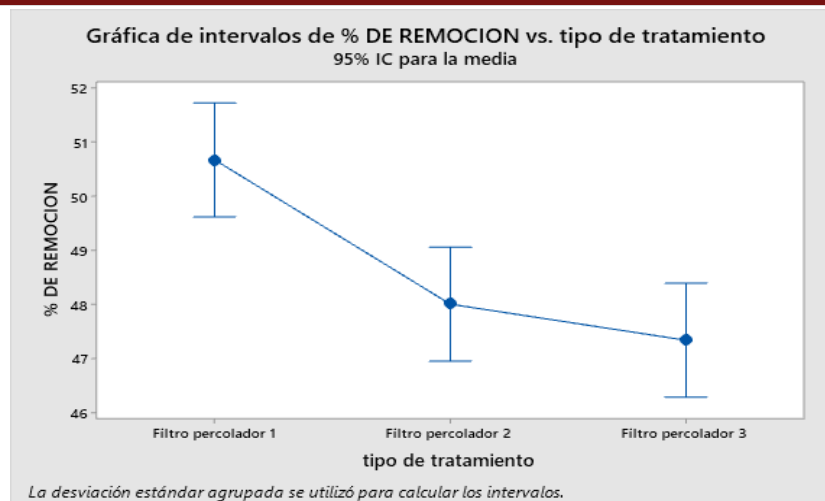


Figura 18. Porcentaje de la eficiencia en los filtros percoladores para los SST

El filtro percolador 1 es el que removió mayor cantidad de los SST con un 50.667%, y el filtro percolador 3 es el que tuvo menor eficiencia con 47.333% tal cual se detalla en la figura 18 y tabla 45.

Según el manual de Metcalf y Eddy (1996) los filtros percoladores tienen una eficiencia del 60% - 85% para los SST, uno de los factores de la deficiencia es debido a que la temperatura en la zona es fría y esto hace que las bacterias no degraden eficientemente la materia orgánica.

Echevarría *et al.*, (2021) en su investigación realizada obtuvo un de remoción 80% para los SST, que viene a ser buena eficiencia comparado con las normativas.

En la PTAR Lampa se tuvo una remoción media en los tanques Imhoff del 19% - 23.67% de SST y en los filtros percoladores se tuvo una remoción media 47.33% - 50.67% de SST. Podemos afirmar que estos % de remoción son deficiente comparado con la norma y manuales internacionales.

4.2.4 Eficiencia en el tratamiento preliminar, primario, secundario para aceites y grasas

Tabla 46

Porcentaje de la eficiencia para los aceites y grasas

Tipo de tratamiento	Entrada (mg/l)	Salida (mg/l)	% de la eficiencia estiaje	Entrada (mg/l)	Salida (mg/l)	% de la eficiencia lluvia	Entrada (mg/l)	Salida (mg/l)	% de la eficiencia lluvia
Tramo 1-2-3-4									
Rejas y desarenador	13	13	0	12	12	0	12	12	0
Tanques Imhoff	13	12.35	5	12	11.28	6	12	11.4	5
Filtros percoladores	12.35	11.61	6	11.28	10.72	5	11.4	10.49	8
Tramo 1-5-6-7									
Rejas y desarenador	13	13	0	12	12	0	12	12	0
Tanques Imhoff	13	12.22	6	12	11.16	7	12	11.28	6
Filtros percoladores	12.22	11.61	5	11.16	10.60	5	11.28	10.60	6
Tramo 1-8-9-10									
Rejas y desarenador	13	13	0	12	12	0	12	12	0
Tanques Imhoff	13	12.48	4	12	11.64	3	12	11.52	4
Filtros percoladores	12.48	11.73	6	11.64	11.058	5	11.52	10.71	7

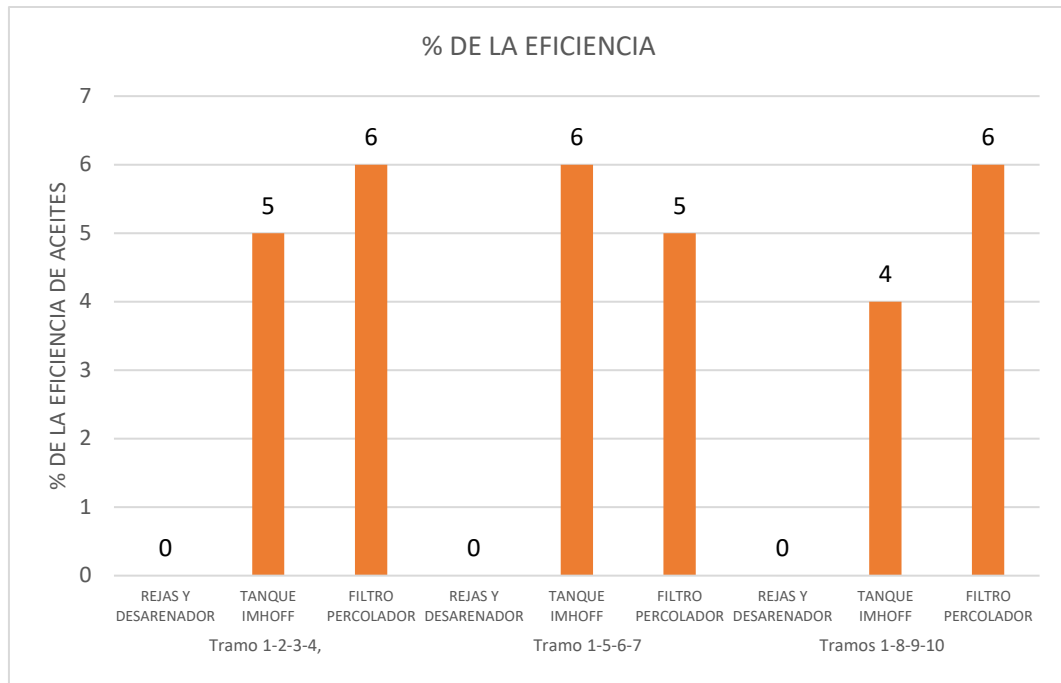


Figura 19. Porcentaje de la eficiencia para los aceites y grasas

Según la tabla 46, en octubre se obtuvo 13 mg/l de aceites y grasas esto en el afluente del tratamiento preliminar mientras que en la salida del tratamiento preliminar se tuvo 13 mg/l de aceites y grasas, por lo que no se tuvo remoción alguna, según se muestra en la tabla 46 y figura 19, según norma OS 090 (2006), no establece la remoción para aceites y grasas.

En el tratamiento primario que viene a ser el tanque Imhoff, existe una ligera variación en los tramos 1-2-3-4, 1-5-6-7, 1-8-9-10, en el primer tramo 1-2-3-4 se tuvo una remoción del 5%, según la tabla 46 y figura 19, ya que se tuvo al ingreso del tanque Imhoff 13 mg/l de aceites y grasas y en la salida del tanque se tuvo 12.35 mg/l de aceites y grasas, si bien es cierto que no establece la norma OS 090, ni en las bibliografías, esta remoción del 5% se debe a que conjuntamente con los lodos y el agua residual depurada es que se remueve esa cantidad de 0.65 mg/l. En el tramo 1-5-6-7, se tuvo una remoción del 6%, tal cual se detalla en la tabla 46 y figura 19, ya que se tuvo al ingreso del tanque Imhoff 13 mg/l de aceites y grasas y en la salida del tanque se tuvo 12.22 mg/l de aceites y grasas. En el tramo 1-8-9-10, se tuvo una remoción del 4%, según la tabla 46 y figura 19, ya que se tuvo al ingreso del tanque

Imhoff 13 mg/lit de aceites y grasas y en la salida del tanque se tuvo 12.48 mg/l de aceites y grasas.

En el filtro percolador existe una ligera variación en los tramos 1-2-3-4, 1-5-6-7, 1-8-9-10, en el primer tramo 1-2-3-4 se tuvo una remoción del 6%, según se detalla en la tabla 46 y figura 19, para nuestro caso es el filtro percolador, como lo mencionado en el tratamiento primario no existe bibliografía no lo establece la norma OS 090 (2006) la remoción para aceites y grasas, la razón por la que existe esta remoción de 0.74 mg/l se da por la eliminación de los lodos y depuración del agua residual en este tratamiento. En el tramo 1-5-6-7, se tuvo una remoción del 5%. En el tramo 1-8-9-10, se tuvo una remoción del 6%, esto de acuerdo a la tabla 46 y figura 19, para nuestro caso es el filtro percolador. En la cámara de cloración no existe remoción alguna. Con referencia a la remoción de los aceites y grasas en temporadas de lluvia se encuentra en la tabla 46, teniendo en consideración que la variación de la remoción para las épocas de estiaje y lluvia en el tratamiento primario está entre el 3% - 7%, y para el tratamiento secundario el % de variación está entre el 5% - 8%.

Tabla 47

Porcentaje de la eficiencia en los tanques Imhoff para los aceites y grasas

Factores		Variable respuesta
Tipo de tratamiento	Tiempo	% de remoción de aceites y grasas
Tanque Imhoff 1	octubre	5
Tanque Imhoff 1	diciembre	6
Tanque Imhoff 1	febrero	5
Tanque Imhoff 2	octubre	6
Tanque Imhoff 2	diciembre	7
Tanque Imhoff 2	febrero	6
Tanque Imhoff 3	octubre	4
Tanque Imhoff 3	diciembre	3
Tanque Imhoff 3	febrero	4

Análisis estadístico en los tanques Imhoff para los aceites y grasas

Planteamiento de la hipótesis:

H_0 = hipótesis nula

H_1 = hipótesis alterna

$\alpha = 0.05$

Tabla 48

Análisis de varianza para los aceites y grasas en el tanque Imhoff

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tipo de tratamiento	2	10.889	5.4444	16.33	0.004
Error	6	2.000	0.3333		
Total	8	12.889			

Como $p = 0.004 < 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna. Comparaciones en parejas de Tukey.

Tabla 49

Porcentaje de valores medios de la eficiencia para los aceites y grasas

Tipo de tratamiento	N	Media	Agrupación
Tanque Imhoff 2	3	6.333	A
Tanque Imhoff 1	3	5.333	A
Tanque Imhoff 3	3	3.667	B

El tanque Imhoff 1 y 2 es significativamente diferente que el tanque Imhoff 3, podemos afirmar que los tanques Imhoff 1 y 2 son más eficientes que el tanque Imhoff 3. Las medias del tanque Imhoff 1 y 2 no tienen diferencia significativa, afirmamos que el tanque Imhoff 3 es el más deficiente para la remoción de grasas o aceites.

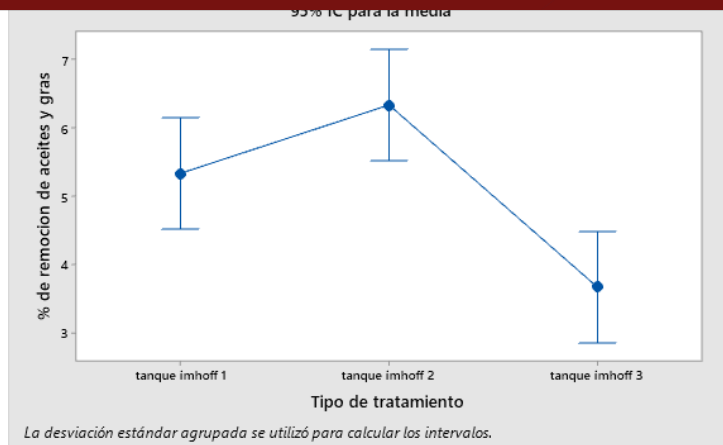


Figura 20. Porcentaje de la eficiencia en los tanques Imhoff para los aceites y grasas

El tanque Imhoff 2 es el que removió mayor cantidad de aceites y grasas con un 6.33%, y el tanque Imhoff 3 el que tuvo menor eficiencia con un valor de 3.667% tal cual se muestra en la figura 20 y tabla 49, si bien es cierto que el sistema no cuenta con una trampa de grasas esta remoción de aceites y grasas es debido a que con la remoción de lodos en los tanques estas conjuntamente se juntan con los aceites y se van removiendo.

Tabla 50

Porcentaje de la eficiencia en los filtros percoladores para los aceites y grasas

Factores		Variable respuesta
Tipo de tratamiento	Mes	% de remoción de los aceites y grasas
Filtro percolador 1	octubre	6
Filtro percolador 1	diciembre	5
Filtro percolador 1	febrero	8
Filtro percolador 2	octubre	5
Filtro percolador 2	diciembre	5
Filtro percolador 2	febrero	6
Filtro percolador 3	octubre	6
Filtro percolador 3	diciembre	6
Filtro percolador 3	febrero	7

Análisis estadístico en los filtros percoladores para los aceites y grasas

Planteamiento de la hipótesis:

H_0 = hipótesis nula

H_1 = hipótesis alterna

$\alpha = 0.05$

Tabla 51

Análisis de varianza de aceites y grasas en el filtro percolador

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor p
Tipo de tratamiento	2	1.556	0.7778	0.64	0.562
Error	6	7.333	1.2222		
Total	8	8.889			

Como $p = 0.562 > 0.05$, entonces se acepta la hipótesis nula.

Andrade (2020) en su investigación realizada obtuvo 0.32 mg/l de aceites y grasas, que viene a ser un valor que está dentro de los LMP.

En la PTAR Lampa se tuvo una remoción media del 3.67% - 6.33% de aceites y grasas y en el filtro percolador se tuvo una remoción del 5% - 8%, si bien es cierto que estos % de remoción bajos es que la PTAR no requiere de un sistema de tratamiento físico - químico para remover aceites y grasas en debido a que está dentro de los LMP.

4.2.5 Eficiencia en el tratamiento preliminar, primario, secundario y terciario para los coliformes termotolerantes

Tabla 52

Porcentaje de la eficiencia para los coliformes termotolerantes

Tipo de tratamiento	Entrada NMP/100ml	Salida NMP/100 ml	% de la eficiencia en estiaje	Entrada NMP/100 ml	Salida NMP/100 ml	% de la eficiencia lluvia	Entrada NMP/100ml	Salida NMP/100 ml	% de la eficiencia lluvia
Tramo 1-2-3-4									
Rejas y desarenador	120000	1200000	0	1100000	1100000	0	1100000	1100000	0
Tanques Imhoff	120000	924000	23	1100000	836000	24	1100000	858000	22
Filtros percoladores	924000	443520	52	836000	401280	52	858000	437580	49
Cámara de cloración	443520	9350	98	401280	8790	98	437580	9110	98
Tramo 1-5-6-7									
Rejas y desarenador	120000	1200000	0	1100000	1100000	0	1100000	1100000	0
Tanques Imhoff	120000	960000	20	1100000	891000	19	1100000	869000	21
Filtros percoladores	960000	470400	51	891000	454410	49	869000	460570	47
Cámara de cloración	470400	9350	98	454410	8790	98	460570	9110	98
Tramo 1-8-9-10									
Rejas y desarenador	120000	1200000	0	1100000	1100000	0	1100000	1100000	0
Tanques Imhoff	120000	960000	20	1100000	891000	19	1100000	869000	21
Filtros percoladores	960000	489600	49	891000	463320	48	869000	469260	46
Cámara de cloración	489600	9750	98	463320	8790	98	469260	9110	98

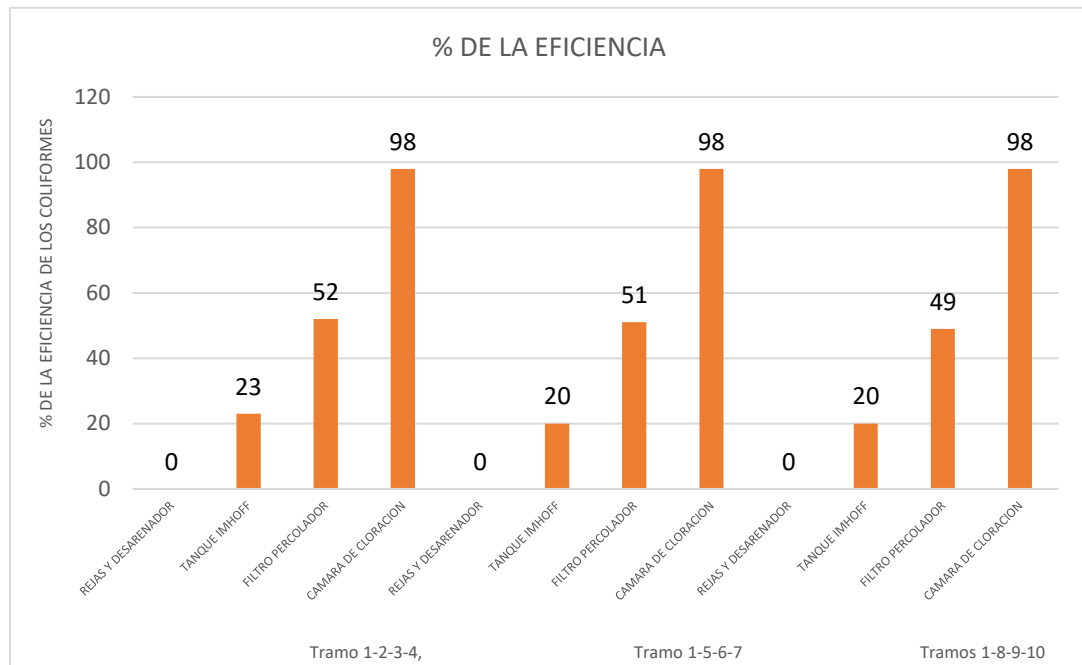


Figura 21. Porcentaje de la eficiencia para los coliformes

Según la tabla 52, en octubre se obtuvo 1200000 NMP/100ml de coliformes termotolerantes, esto en el afluente del tratamiento preliminar y en la salida del tratamiento preliminar se tiene 1200000 NMP/100ml de coliformes termotolerantes, por lo que no se tuvo una remoción alguna según la tabla 52 y figura 21, según Hernández (2016) menciona que en el tratamiento preliminar el tratamiento de coliformes termotolerantes es nulo y según la norma OS 090 (2006) no establece remoción alguna para los pretratamientos.

En el tanque Imhoff, existe una ligera variación en los tramos 1-2-3-4, 1-5-6-7, 1-8-9-10, en el primer tramo 1-2-3-4 se tuvo una remoción del 23%, según se detalla en la tabla 52 y figura 21, ya que se tuvo al ingreso del tanque Imhoff 1200000 NMP/100ml y en la salida del tanque se tuvo 924000 NMP/100ml según Hernández (2016) menciona que para un sedimentador primario que viene a ser un tratamiento primario la remoción debe estar entre 25% - 55%, por lo que se puede ver que el porcentaje de remoción en este tratamiento no cumple, ya que es relativamente baja la remoción. En el tramo 1-5-6-7, se tuvo una remoción del 20%, según se muestra

en la tabla 52 y figura 21, ya que se tuvo al ingreso del tanque Imhoff 1200000 NMP/100ml y en la salida del tanque se tuvo 960000 NMP/100ml. En el tramo 1-8-9-10, se tuvo una remoción del 20%, según la tabla 52 y figura 22, ya que se tuvo al ingreso del tanque Imhoff 1200000 NMP/100ml y en la salida del tanque se tuvo 960000 NMP/100ml.

En el tratamiento secundario existe una ligera variación en los tramos 1-2-3-4, 1-5-6-7, 1-8-9-10, en el primer tramo 1-2-3-4 se tuvo una remoción del 52%, según la tabla 52 y figura 21, para nuestro caso es el filtro percolador, según Hernández (2016) menciona que para un filtro percolador que viene a ser un tratamiento secundario la remoción debe estar entre 80% – 90%, por lo que no cumple con él % de remoción. En el tramo 1-5-6-7, se tuvo una remoción del 51%, según la tabla 52 y figura 21. En el tramo 1-8-9-10, se tuvo una remoción del 49%, según se muestra en la tabla 52 y figura 21, para nuestro caso es el filtro percolador.

En el sistema de cloración se tiene una remoción considerable del 98%, de los coliformes termotolerantes esto resulta de tomar la muestra en el efluente de a PTAR, en donde se juntan los efluentes de los 03 filtros percoladores y esta ingresa a la cámara de cloración, para posterior a ello tomar la muestra en la salida de la cámara de cloración.

Con referencia a la remoción de los coliformes en temporadas de lluvia se encuentra en la tabla 52, teniendo en consideración que la variación de la remoción para épocas de estiaje y lluvia en el tratamiento primario está entre el 19% - 24%, para el tratamiento secundario el % de variación está entre el 46% - 52%, y con referencia al tratamiento terciario el % de remoción es del 98% esto por ser el sistema de cloración.

Tabla 53

Porcentaje de remoción de los coliformes termotolerantes en el tanque Imhoff

Factores		Variable respuesta
Tipo de tratamiento	Tiempo	% de remoción de los coliformes termotolerantes
Tanque Imhoff 1	Octubre	23
Tanque Imhoff 1	diciembre	24
Tanque Imhoff 1	Febrero	22
Tanque Imhoff 2	Octubre	20
Tanque Imhoff 2	diciembre	19
Tanque Imhoff 2	Febrero	21
Tanque Imhoff 3	Octubre	20
Tanque Imhoff 3	diciembre	19
Tanque Imhoff 3	Febrero	21

Análisis estadístico en los tanques Imhoff para los coliformes

Planteamiento de la hipótesis:

Ho = hipótesis nula

H₁ = hipótesis alterna

$\alpha = 0.05$

Tabla 54

Análisis de varianza para los coliformes en el tanque Imhoff

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor p
Tipo de tratamiento	2	18.000	9.000	9.00	0.016
Error	6	6.000	1.000		
Total	8	24.000			

Como $p = 0.016 < 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna. Comparaciones en parejas de Tukey.

Tabla 55

Porcentaje valores medios de la eficiencia para los coliformes

Tipo de tratamiento	N	Media	Agrupación
Tanque Imhoff 1	3	23.000	A
Tanque Imhoff 3	3	20.000	B
Tanque Imhoff 2	3	20.000	B

Los tanques Imhoff 2 y 3 son significativamente diferentes que el tanque Imhoff 1, afirmamos que el tanque Imhoff 1 tuvo mayor eficiencia que los tanques Imhoff 2 y 3. Las medias de los tanques Imhoff 2 y 3 no tienen diferencia significativa entre sus medias, afirmamos que los tanques Imhoff 2 y 3 fueron los más deficientes para la eliminación de los coliformes.

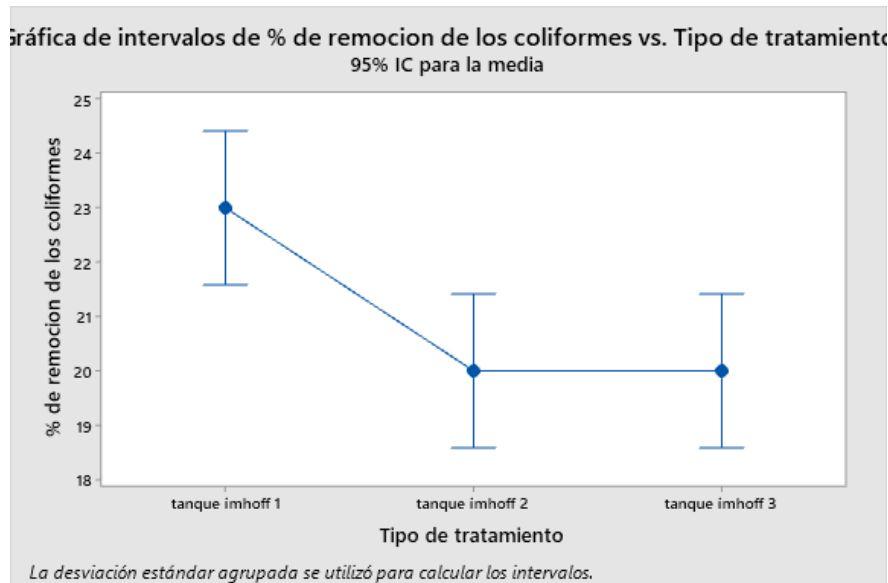


Figura 22. Porcentaje de la eficiencia en los tanques Imhoff para los coliformes

El tanque Imhoff 1 tuvo mayor eficiencia con un valor medio de 23% que los tanques Imhoff 2 y 3 según se muestra en la figura 22 y tabla 55, si bien es cierto que los tanques Imhoff tiene como prioridad la remoción de los SST, está remoción de los

coliformes se da al momento de eliminar los lodos y los microorganismos se juntan con los lodos y están son removidas para su posterior tratamiento en el lecho de secado.

Tabla 56

Porcentaje de la eficiencia en los filtros percoladores para los coliformes

Factores		Variable respuesta
Tipo de tratamiento	Tiempo	% de remoción de los coliformes
Filtro percolador 1	octubre	52
Filtro percolador 1	diciembre	52
Filtro percolador 1	febrero	49
Filtro percolador 2	octubre	51
Filtro percolador 2	diciembre	49
Filtro percolador 2	febrero	47
Filtro percolador 3	octubre	49
Filtro percolador 3	diciembre	48
Filtro percolador 3	febrero	46

Análisis estadístico en los filtros percoladores para los coliformes termotolerantes

Planteamiento de la hipótesis:

H_0 = hipótesis nula

H_1 = hipótesis alterna

$\alpha = 0.05$.

Tabla 57

Análisis de varianza de los coliformes en el filtro percolador

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor p
Tipo de tratamiento	2	16.89	8.444	2.71	0.145
Error	6	18.67	3.111		
Total	8	35.56			

Como $p = 0.145 > 0.05$, entonces se acepta la hipótesis nula

Cepedas y Octavio (2018) en su investigación tuvo una remoción del 21% para los coliformes, que viene a ser una deficiente remoción.

En la PTAR Lampa se tuvo una remoción media del 20% - 23% de coliformes en los tanques Imhoff y en el filtro percolador se tuvo una remoción del 46% - 52%. Según la tabla 23, se tuvo una media de 9217 NMP/100ml de coliformes en el efluente de la PTAR, y este valor está por debajo de lo que menciona los LMP, afirmamos que cumple con los LMP.

4.3 Propuesta de alternativa de solución a la contaminación del río y los malos olores por parte de las aguas residuales

De la evaluación de la eficiencia realizada, podemos ver que los tratamientos primario y secundario no cumplen con la eficiencia. Según Ocampo y Osés (2013) establece que los tanques Imhoff son para poblaciones menores o iguales a 5000 habitantes.

Planteamos un tratamiento primario que consta de una decantación primaria y para el tratamiento secundario un reactor de lodos activados, esto según la tabla 59 del balance de masas y por ser uno de los más eficientes y adecuados para la zona.

El periodo de diseño se planteó teniendo en consideración una población futura de 20 años, según norma OS-100 (2006).

Tabla 58

Población futura

Año	Población	$P_{i+1} - P_i$	R
2005	12111	-123	-123
2006	11988	-140	-140
2007	11848	-153	-153
2008	11695	-165	-165
2009	11530	-165	-165
2010	11365	-177	-177
2011	11188	-182	-182
2012	11006	-189	-189
2013	10817	-196	-196
2014	10621	-201	-201
2015	10420	909	454.5
2017	11329		

$$r_{promedio} = -123.65$$

Como razón de crecimiento resulto ser negativa consideramos como cero, según la indica la RM-192-2018-VIVIENDA.

$$P_f = P_o + r (t_f - t_o) = 11329 - 0.00 * (2035 - 2015) = 11329 \text{ habitantes}$$

Tabla 59

Balance de masas

Características	Agua residual	Agua del río	ECA-3
Caudal	0.66 m ³ /s	14.21 m ³ /s	
DBO ₅ afluente al tratamiento secundario	320.65 mg/l	12 mg/l	15 mg/l

$$DBO_{5\text{ efluente}} * Q_{\text{efluente}} + DBO_{5\text{ rio}} * Q_{\text{rio aguas arriba}} = DBO_{5\text{ diseño}} * Q_{\text{rio aguas abajo}}$$

$$DBO_{5\text{ efluente}} * 0.66 + 12 * 14.21 = 15 * 14.87$$

$$DBO_{5\text{ efluente}} = 79.59 \text{ mg/lt}$$

$$DBO_{5\text{ afluente}} - DBO_{5\text{ efluente}} = 320.65 \text{ mg/lt} - 79.59 \text{ mg/lt} = 241.06 \text{ mg/lt}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{241.06}{320.65} = 75.18\%$$

De acuerdo al balance de masas entre del efluente de la PTAR y el caudal del río tomando en consideración el reglamento OS 090 (2006) se ha seleccionado reactor de lodos activados, debido a la eficiencia y a las características de la zona 70% - 95%.

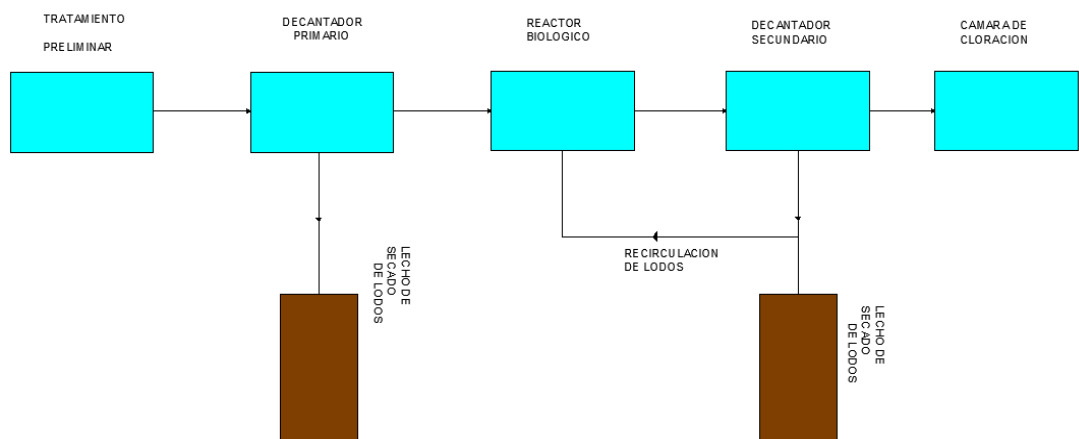


Figura 23. Diagrama de flujo seleccionado

4.3.1 Variaciones de los parámetros de la PTAR

Tabla 60

Porcentajes de remoción las rejjas y desarenador

Parámetros	Entrada	Salida	% de remoción
BDO ₅	380 mg/l	361 mg/l	5%
DQO	510 mg/l	497.25 mg/l	2.5%
Sólidos	580 mg/l	551 mg/l	5%
Suspendidos totales			
Aceites y grasas	14 mg/l	14 mg/l	0%
Coliformes fecales	1100000 NMP/100ml	1100000 NMP/100ml	0%

Los % de remoción de la tabla 60, están establecidos en la norma OS 090 (2006), Hernández (2016) y Metcalf y Eddy (1996), según estas referencias se tomó estos % de remoción que a su vez pueden ser ligeramente variables esto debido a las características del agua residual, temperatura, lugar y operación mantenimiento. Por lo mencionado según la tabla 60, se tienen % de remoción para los diversos parámetros en donde en este tratamiento son relativamente bajas, en vista que solo en este tratamiento se remueven sustancias como plásticos, arenas, partículas de gran tamaño, Para la BDO₅ en el pre tratamiento se tiene en promedio 5% de remoción de la BDO₅, en donde en la cámara de reunión se tuvo una BDO₅, igual 380 mg/l, y en la salida del pre tratamiento se tuvo 361 mg/l. En cuanto a la BQO en el pre tratamiento se tiene en promedio 2.5% de remoción de la BQO, en donde en la cámara de reunión se tuvo una BQO, igual 510 mg/l, y en la salida del pre tratamiento se tuvo 497.25 mg/l. Para los sólidos suspendidos totales en el pre tratamiento se tiene en promedio 5% de remoción de los SST, en donde en la cámara de reunión se tuvo 580 mg/l de SST, y en la salida del pre tratamiento se tuvo 551 mg/l. Para los aceites y grasas en el pre tratamiento no se tuvo remoción alguna, en vista que el pre tratamiento no

cuenta con trampa de grasas. Para los coliformes fecales o termotolerantes en el pretratamiento no se tuvo remoción alguna, en vista que el pretratamiento no tiene la función de remover a los microorganismos.

Tabla 61

Porcentajes de remoción en el decantador primario

Parámetros	Entrada	Salida	% de remoción
BDO ₅	377.3 mg/l	273.54 mg/l	27.5%
DQO	497.25 mg/l	323.21 mg/l	35%
SST	551 mg/l	247.95 mg/l	55%
Aceites y grasas	14 mg/l	13.3 mg/l	5%
Coliformes	1100000	660000	40%
termotolerantes	NMP/100ml	NMP/100ml	

Según la tabla 61, para el sistema planteado en el tratamiento primario se tiene que para la BDO₅ se tiene en promedio 27.5 % de remoción, en donde en el afluente del tratamiento primario se tuvo una BDO₅, igual 377.3 mg/l, y en la salida se tuvo 273.54 mg/l, para la BQO en el tratamiento primario se tiene en promedio 35 % de remoción de la BQO, en donde en el afluente del tratamiento primario se tuvo una BQO, igual 497.25 mg/l, y en la salida del se tuvo 323.21 mg/l. En cuanto a los SST en el tratamiento primario se tiene en promedio 55% de remoción de los SST, en donde en el afluente se tuvo 551 mg/l de SST, y en la salida del tratamiento primario se tuvo 247.95 mg/l. Para los aceites y grasas en el tratamiento primario se tuvo remoción del 5%, esto se debe a que conjuntamente con los lodos eliminados del tratamiento se remueve una cantidad de grasas y aceites. Para los coliformes termotolerantes en el tratamiento primario se tiene en promedio 40% de remoción de estos microorganismos, en donde en el afluente se tuvo 1100000 NMP/100ml de coliformes, y en el efluente del sistema de pre tratamiento se tuvo 660000 NMP/100ml.

Tabla 62

Porcentajes de remoción en los lodos activados

Parámetros	Entrada	Salida	% de remoción
BDO ₅	273.54 mg/l	47.87 mg/l	82.5%
DQO	323.21 mg/l	56.56 mg/l	82.5%
Sólidos			
Suspendidos			
totales	247.95 mg/l	43.39 mg/l	82.5%
Aceites y grasas	13.3 mg/l	12.64 mg/l	5%
Coliformes	660000		
termotolerantes	NMP/100ml	99000 NMP/100ml	85%

Según la tabla 62, para el sistema planteado esto en el tratamiento secundario se tiene que para la BDO₅ en el tratamiento secundario se tiene en promedio 82.5% de remoción de la BDO₅, en donde en el afluente del tratamiento secundario se tuvo una BDO₅, igual 273.54 mg/l, y en la salida se tuvo 47.87 mg/l, para la BQO en el tratamiento secundario se tiene en promedio 82.5 % de remoción de la BQO, en donde en el afluente del tratamiento secundario se tuvo una BQO, igual 323.21 mg/l, y en la salida se tuvo 56.56 mg/l. Para los SST en el tratamiento secundario se tuvo en promedio 82.5% de remoción de los SST, en donde en el afluente se tuvo 247.95 mg/l de SST, y en la salida del tratamiento secundario se tuvo 43.39 mg/l. Para grasas y aceites en el tratamiento secundario se tuvo remoción del 5%, esto se debe a que conjuntamente con los lodos eliminados del tratamiento se remueve una cantidad de aceites y grasas. Para los coliformes termotolerantes en el tratamiento secundario se tiene en promedio 85% de remoción de estos microorganismos, en donde en el afluente se tuvo 660000 NMP/100ml de coliformes, y en la salida del sistema de pretratamiento se tuvo 99000 NMP/100ml. En este proceso tiene una buena eficiencia

debido a que los microorganismos se alimentan de las partículas que contiene el agua residual y se producen mayor cantidad de microorganismos.

Tabla 63

Porcentajes de remoción en la cámara de cloración

Parámetros	Entrada	Salida	% de remoción
BDO ₅	47.87 mg/l	47.87 mg/l	0%
DQO	56.56 mg/l	56.56 mg/l	0%
Sólidos			
Suspendidos			
totales	43.39 mg/l	43.39 mg/l	0%
Aceites y grasas	12.64 mg/l	12.64 mg/l	0%
Coliformes	99000		
termotolerantes	NMP/100ml	1980 NMP/100ml	98%

Según la tabla 63 en el tratamiento por cloración se remueve las bacterias del agua residual, por lo que no existe remoción alguna de la BDO₅, DQO, SST, aceites y grasas, por lo que con respecto a los coliformes termotolerantes se tuvo en el afluente del tratamiento terciario 99000 NMP/100ml y en el efluente se tuvo 1980 NMP/100ml, afirmamos que cumple con los LMP.

4.3.2 Análisis para la DBO₅

Tabla 64

Porcentaje de remoción de la DBO₅

Tipo de tratamiento	Entrada (mg/l)	Salida (mg/l)	% de remoción
Rejas y desarenador	385	377.3	2
Decantador primario	377.3	273.54	27.5
Lodo activado	273.54	47.87	82.5
Cámara de cloración	47.87	47.87	0

Tabla 65

Análisis estadístico para la BDO₅

Estadístico	Valor
U	385
Promedio	228.79
Desviación estándar	156.17
Nivel de significancia	5%
Nivel de confianza	95%
Número de valores	8

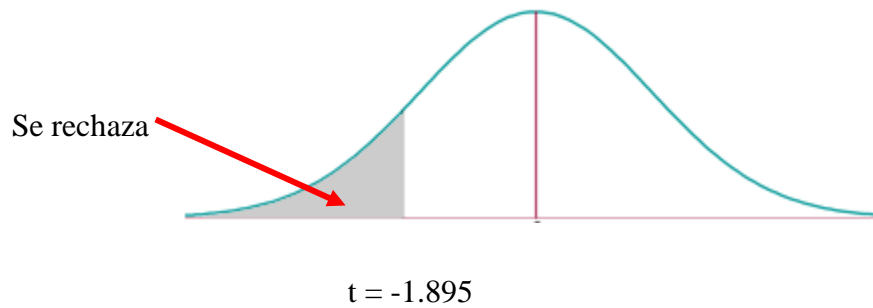
a.- Planteamos la prueba de hipótesis

$$H_0: u = 385$$

$$H_1: u < 385$$

b.- Para : $\alpha = 5\%$

c.- De la tabla estadística con un nivel de confianza del 95%, y 7 grados de libertad (n-1), se obtiene un valor de $t = -1.895$.



Según la fórmula de t student resulta:

$$t = \frac{x - u}{S/\sqrt{N}} = -3.09$$

Por lo tanto, tomamos la siguiente decisión, aceptamos la hipótesis alterna H_1 y rechazamos la hipótesis nula H_0 , debido a que el $t_{\text{calculado}} = -3.09$ que es menor a $t_{\text{tabla}} = -1.895$.

Se demuestra que los afluentes de los tratamientos son mayores que los efluentes, es así que a la planta ingresa 385 mg/l de DBO_5 y sale 47.87 mg/l de DBO_5 , por lo tanto, queda demostrado mediante nuestra prueba de hipótesis.

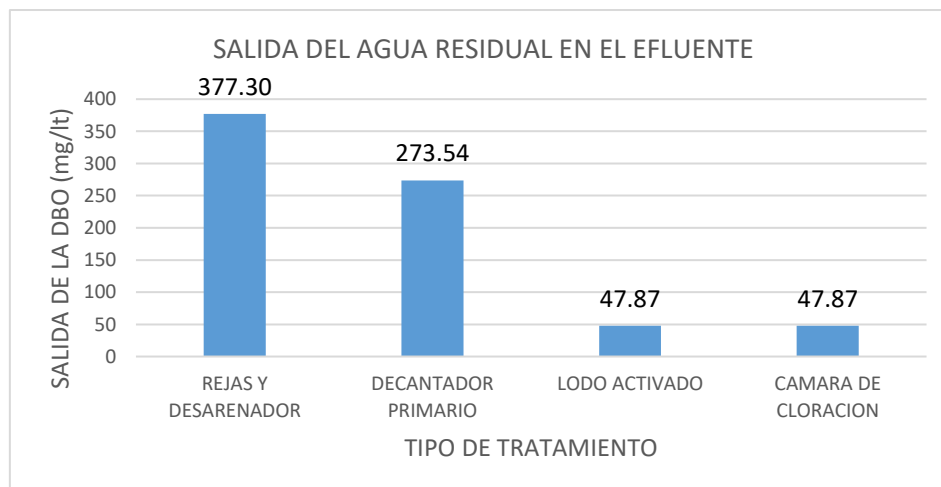


Figura 24. Resultados de la DBO_5 en la salida de los efluentes

Podemos observar cómo se reduce la DBO₅ desde que ingresa hasta que sale, en donde en el efluente del pre tratamiento se tiene 377.3 mg/l, la remoción en el tratamiento primario es de 173.76 mg/l, en vista que en el efluente del tratamiento primario se tiene 273.54 mg/l, en el tratamiento secundario se removió 225.67 mg/l, en vista que en la salida del tratamiento secundario se tiene 47.87 mg/l, en cuanto al tratamiento terciario no se tuvo remoción alguna de la DBO₅. Por lo tanto, en el efluente de la PTAR se tiene 47.87 mg/l, esto según la figura 24, según el D.S. N° 003 – 2010-MINAM, es menor ya que según los LMP establece una DBO₅ máxima de 100 mg/l, concluimos que la PTAR propuesta cumple con la normativa y esta no requiere otro tratamiento.

Cepedas y Octavio (2018) en su investigación realizada obtuvo 89% de remoción para la DBO₅, en su investigación se puede observar que lo realiza en forma genérica para toda la planta de tratamiento, se sugiere que toda evaluación se realice por cada tratamiento, así como lo establece la norma.

4.3.3 Análisis para la DQO

Tabla 66

Porcentaje de remoción para la DQO

Tipo de tratamiento	Entrada (mg/l)	Salida (mg/l)	% de remoción
Rejas y desarenador	510	497.25	2.5
Decantador primario	497.25	323.21	35
Lodo activado	323.21	56.56	82.5
Cámara de cloración	56.56	56.56	0

Tabla 67

Análisis estadístico para la DQO

Estadístico	Valor
U	510
Promedio	290.08
Desviación estándar	207.02
Significancia	5%
Confianza	95%
N	8

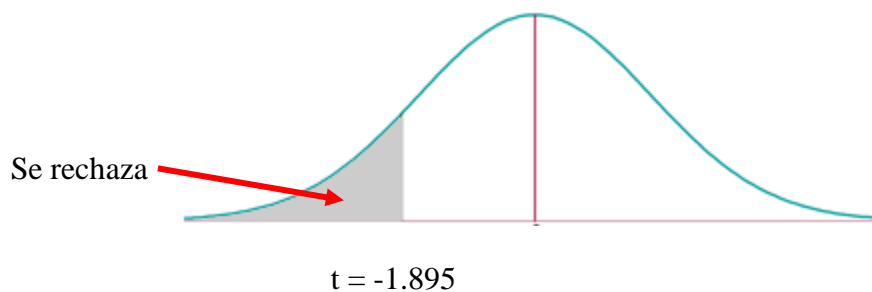
a.- Prueba de hipótesis

$$H_0: u = 510$$

$$H_1: u < 510$$

b.- Según el nivel de significancia : $\alpha = 5\%$

c.- De acuerdo a nuestro nivel de confianza del 95%, y con 7 grados de libertad, el valor de $t_{\text{tabla}} = -1.895$.



Según la fórmula de t student resulta:

$$t = \frac{x - u}{S/\sqrt{N}} = -3.00$$

Por lo tanto, tomamos la siguiente decisión, aceptamos la hipótesis alterna H1, ya que $t_{\text{calculado}} = -3.00$ que es menor y cae dentro de la región sombreada. Se demuestra que los afluentes de los tratamientos son mayores que los efluentes, es así que a la planta ingresa 510 mg/l de DQO y sale 56.56 mg/l de DQO.

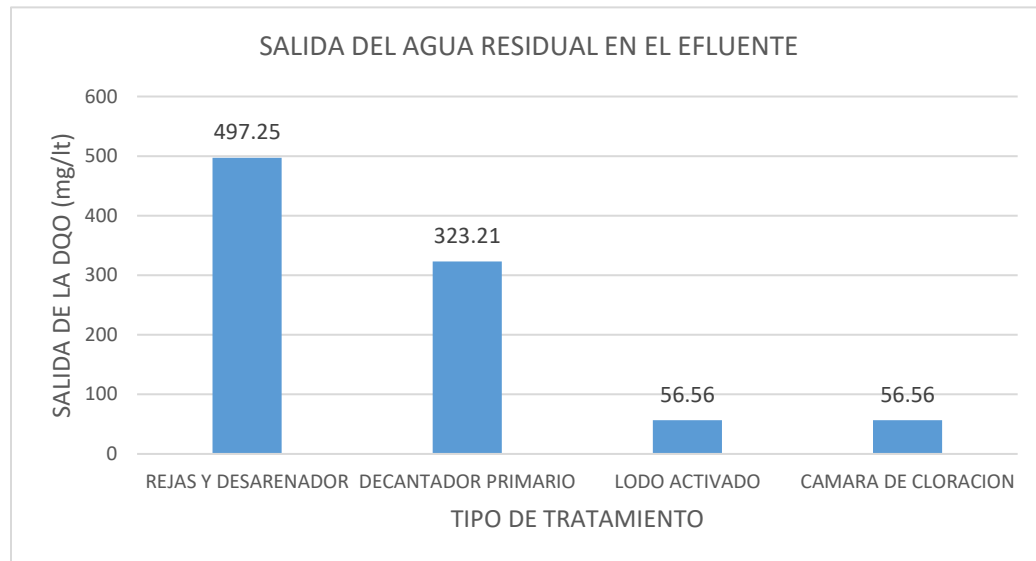


Figura 25. Resultados de la DQO en la salida de los efluentes

Se tiene una variación en la remoción de la DQO, en donde en el efluente del pretratamiento se tiene 497.25 mg/l, la remoción en el tratamiento primario es de 174.04 mg/lt, en vista que en el efluente del tratamiento primario se tiene 323.21 mg/l, en el tratamiento secundario se removió 266.65 mg/l, en vista que en la salida del tratamiento secundario se tiene 56.56 mg/l, en cuanto al tratamiento terciario no se tuvo remoción de la DQO. Por lo tanto, en el efluente de la PTAR se tiene 56.56 mg/l de la DQO, tal cual se muestra en la figura 25, según los LMP ya que establece una DQO máxima de 200 mg/l, afirmamos que la planta de tratamiento propuesta con los LMP.

Micha y Rojas (2019) evaluaron la eficiencia de una PTAR en donde obtuvo 25.8% de remoción para la DQO, que viene a ser un porcentaje deficiente comparado con la normativa.

4.3.4 Análisis para los sólidos suspendidos totales.

Tabla 68

Porcentaje de remoción de los SST

Tipo de tratamiento	Entrada (mg/l)	Salida (mg/l)	% de remoción
Rejas y desarenador	580	551	5
Decantador primario	551	247.95	55
Lodo activado	247.95	43.39	82.5
Cámara de cloración	43.39	43.39	0

Tabla 69

Análisis estadístico para los sólidos suspendidos totales.

Estadístico	Valor
U	580
Promedio	288.51
Desviación estándar	240.92
Significancia	5%
Confianza	95%
N	8

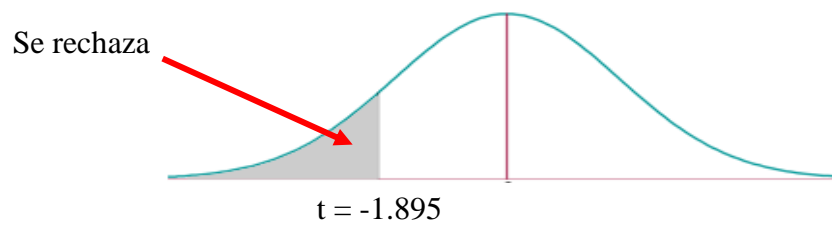
a.- Planteamiento de la hipótesis

$$H_0: u = 580$$

$$H_1: u < 580$$

b.- Para un $\alpha = 5\%$

c.- De la tabla estadística con un nivel de confianza del 95%, y 7 grados de libertad (n-1), se obtiene un valor de $t = -1.895$.



Según la fórmula de t student resulta:

$$t = \frac{x - u}{S/\sqrt{N}} = -3.42$$

Por lo tanto, tomamos la siguiente decisión, aceptamos la hipótesis alterna H1, debido que nuestro $t_{\text{calculado}} = -3.42$ está dentro de la región sombreada. Se demuestra que los afluentes de los tratamientos son mayores que los efluentes, es así que a la planta ingresa 580 mg/l de SST y sale 43.39 mg/l de SST.

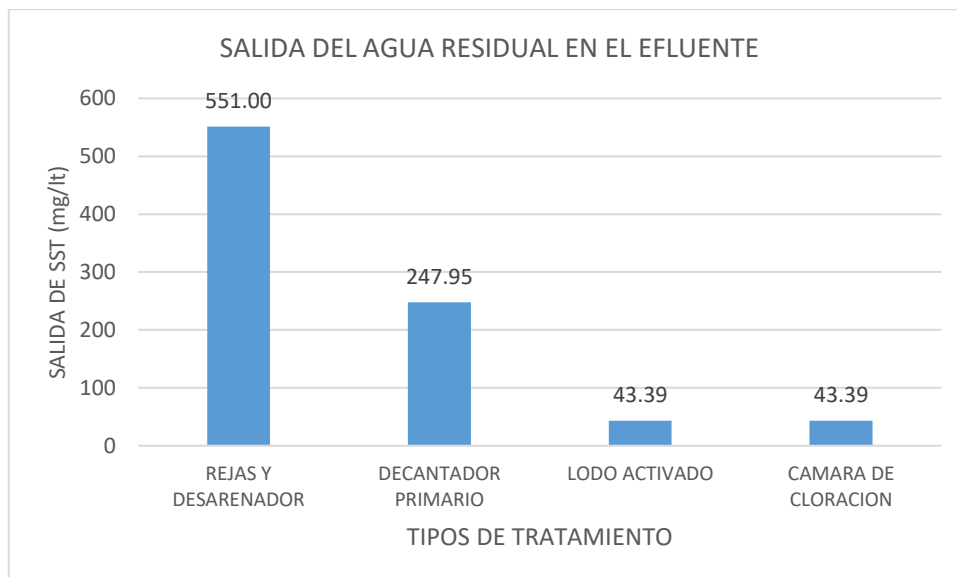


Figura 26. Resultados de los SST en la salida de los efluentes

Se tiene una variación en la remoción de los SST, en donde en el efluente del pretratamiento se tiene 551 mg/l, la remoción en el tratamiento primario es de 303.05 mg/l, en vista que en el efluente del tratamiento primario se tiene 247.95 mg/l, en el tratamiento secundario se removi6 204.56 mg/l, en vista que en la salida del

tratamiento secundario se tiene 43.39 mg/l, en cuanto al tratamiento terciario no se tuvo remoción de los SST tal cual se detalla en la figura 26. Por lo tanto, en el efluente de la PTAR se tiene 43.39 mg/l de los SST y según el D.S. N° 003 – 2010-MINAM, es menor ya que según los LMP establece una máxima de 150 mg/l de SST, la planta seleccionada cumple con los LMP.

Satalaya (2015) determinó la eficiencia de una laguna en donde obtuvo 24% de remoción para los SST, que viene a ser deficiente comparado con la normativa.

4.3.5 Análisis para aceites y grasas.

Tabla 70

Porcentaje de remoción de aceites y grasas

Tipo de tratamiento	Entrada	Salida	% de remoción
Rejas y desarenador	14	14	0
Decantador primario	14	13.3	5
Lodo activado	13.3	12.64	5
Cámara de cloración	12.64	12.64	0

Tabla 71

Análisis estadístico para aceites y grasas.

Estadístico	Valor
U	14
Promedio	13.31
Desviación estándar	0.63
Significancia	5%
Confianza	95%
N	8

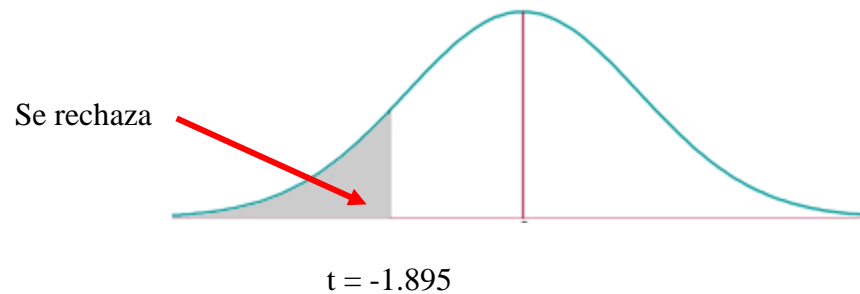
a.- Prueba de hipótesis

$H_0: u = 14$

$$H1: u < 14$$

b.- Para una $\alpha = 5\%$

c.- Según nuestro nivel de confianza del 95%, y con 7 grados de libertad, el valor de $t_{\text{tabla}} = -1.895$.



Según la fórmula de t student resulta:

$$t = \frac{x - u}{S/\sqrt{N}} = -3.07$$

Por lo tanto, tomamos la siguiente decisión, la hipótesis alterna H1 se acepta, ya que $t_{\text{calculado}} = -3.07$ está dentro de nuestra región de rechazo. Se demuestra que los afluentes de los tratamientos son mayores que los efluentes, es así que a la planta ingresa 14 mg/l de aceites y grasas y sale 12.64mg/l de aceites y grasas, por lo que queda se demostró mediante la prueba de hipótesis.

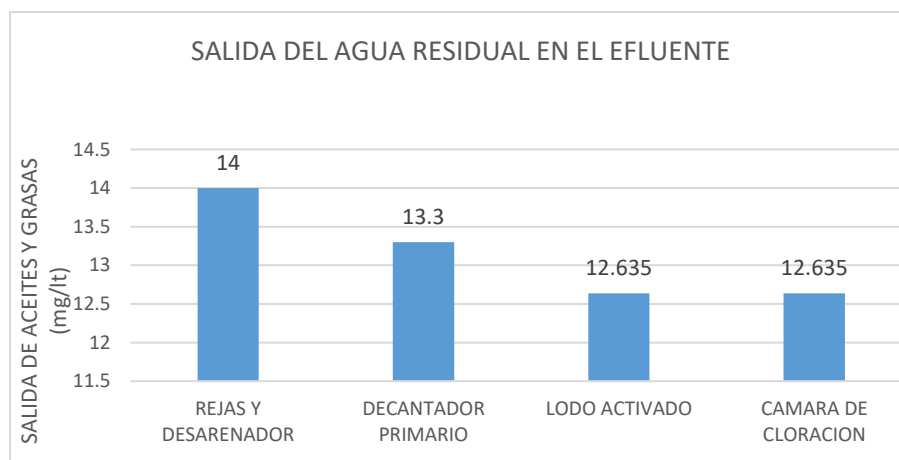


Figura 27. Resultados de aceites y grasas en la salida de los efluentes

Se tiene una variación en la remoción de aceites y grasas, en donde en el efluente del pretratamiento se tiene 14 mg/l, la remoción en el tratamiento primario es de 0.7 mg/l, en vista que en el efluente del tratamiento primario se tiene 13.3 mg/l, en el tratamiento secundario se removió 0.67 mg/l, en vista que en la salida del tratamiento secundario se tiene 12.64 mg/l, en cuanto al tratamiento terciario no se tuvo remoción alguna de aceites y grasas, según se muestra en la figura 27. Por lo tanto, en el efluente de la PTAR se tiene 12.64 mg/l de aceites y grasas y según lo establecido por los LMP, es menor ya que según los LMP establece una máxima de 20 mg/l de aceites y grasas, la planta de tratamiento cumple con la normativa.

Andrade (2020) evaluó los aceites y grasas para una laguna de estabilización en donde obtuvo 0.32 mg/l, que viene a ser un valor que está dentro de los LMP.

4.3.6 Análisis para coliformes termotolerantes.

Tabla 72

Porcentaje de remoción para los coliformes termotolerantes

Tipo de tratamiento	Entrada	Salida	% de remoción
Rejas y desarenador	1100000	1100000	0
Decantador primario	1100000	660000	40
Lodo activado	660000	99000	85
Cámara de cloración	99000	1980	98

Tabla 73

Análisis estadístico para coliformes termotolerantes.

Estadístico	Valor
U	14
Promedio	13.31
Desviación estándar	0.63
Significancia	5%
Confianza	95%
N	8

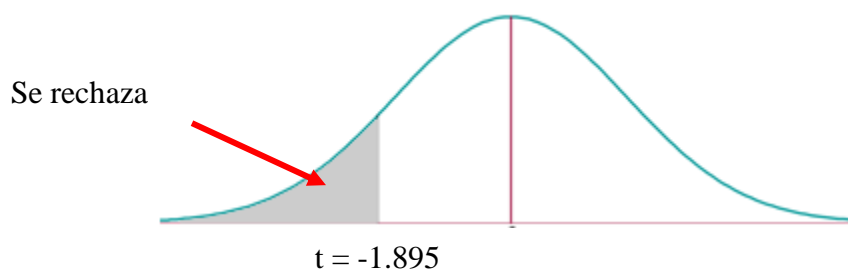
a.- Prueba de hipótesis

$$H_0: u = 1100000$$

$$H_1: u < 1100000$$

b.- Para una significancia de $\alpha = 5\%$

c.- De la tabla estadística con un nivel de confianza del 95%, y 7 grados de libertad (n-1), se obtiene un valor de $t = -1.895$



Según la fórmula de t Student resulta:

$$t = \frac{x - u}{S/\sqrt{N}} = -2.93$$

Por lo tanto, tomamos la siguiente decisión, la hipótesis alterna H1 se acepta, ya que $t_{\text{calculado}} = -2.93$ que es menor a $t_{\text{tabla}} = -1.895$. Se demuestra que los afluentes de los tratamientos son mayores que los efluentes, es así que a la planta ingresa 1100000 MNP/100ml de Coliformes y sale 1980 MNP/100ml de Coliformes.

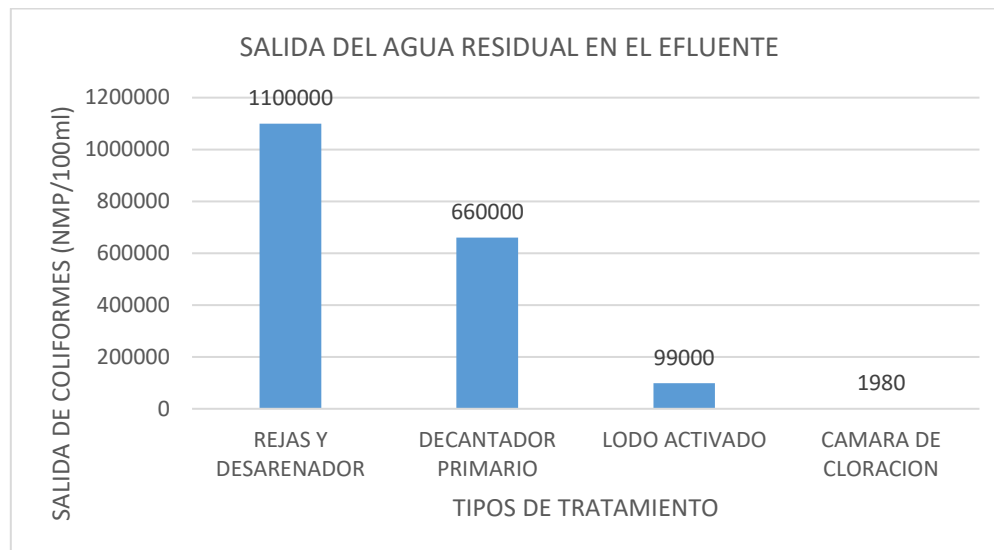


Figura 28. Resultados de los coliformes en la salida de los efluentes

Se tiene una variación en la remoción de los coliformes, en donde en el efluente del pre tratamiento se tiene 1100000 NMP/100ml, la remoción en el tratamiento primario es de 440000 NMP/100ml, en vista que en el efluente del tratamiento primario se tiene 660000 NMP/100ml, en el tratamiento secundario se removi6 561000 NMP/100ml, en vista que en la salida del tratamiento secundario se tiene 99000 NMP/100ml, en cuanto al tratamiento terciario se tuvo remoci6n considerable de los coliformes teniendo en consideraci6n que es por cloraci6n en donde se ha removido 97020 NMP/100ml de coliformes esto seg6n la figura 28. Por lo tanto, en el efluente de la PTAR se tiene 1980 NMP/100ml de coliformes y seg6n los LMP, es menor ya que seg6n los LMP establece una m6xima de 10000 NMP/100ml, la planta de tratamiento propuesta cumple con los LMP.

Ortega (2019) evalu6 el porcentaje de remoci6n de una laguna de estabilizaci6n en donde obtuvo 24000 NMP/100ml de coliformes termotolerantes por lo que supera los LMP.

4.4 Discusión de resultados

De la evaluación en la PTAR, se pudo ver que la deficiencia en la planta de tratamiento está en los tanques Imhoff y los filtros percoladores.

Según Ocampo y Osés (2013), afirman que los tanques Imhoff son considerados para poblaciones menores o iguales a 5000 habitantes, la remoción de la DBO_5 fue del 9%, 10%, 11%, 12%, 13% según Ocampo y Osés (2013) la remoción de la DBO_5 debe estar comprendido entre 25% - 35%, para la DQO se tuvo una remoción del 10%, 12%, 13%, 14%, 15%, 17%, según MVCT (2017) establece que la remoción de la DQO debe estar entre el 15% - 30%, para los SST se tuvo una remoción del 18%, 19%, 20%, 21%, 22%, 23%, 24%, según MVCT (2017) la remoción de los SST debe estar entre el 50% - 70%, la remoción para los coliformes termotolerantes fue del, 19%, 20%, 21%, 22%, 23%, 24%, según MVCT (2017) la remoción de los patógenos debe estar entre el 30% - 50%.

Según Ocampo y Osés (2013), establece que la operación de los tanques Imhoff debe de realizarse de forma diaria como es la limpieza de las espumas, en la PTAR de la localidad de Lampa no lo realizaban en forma diaria. Según Vía (2019) afirma que la carga hidráulica hacia la salida de los lodos debe estar minimamente a 1.80m, en los tanques Imhoff de la PTAR Lampa tienen una carga hidráulica de 1.70m, la finalidad de la carga hidráulica es la de expulsar los lodos sedimentados en el tanque Imhoff.

Con referencia a los filtros percoladores la eficiencia de la DBO_5 fue del, 46%, 47%, 48%, 49%, 51%, la eficiencia para la DQO fue del 47%, 48%, 49%, 50%, 51%, 52%, 53%, para los SST la eficiencia fue 47%, 48%, 49%, 50%, 51%. Para los coliformes termotolerantes el % de remoción varió del 46%, 47%, 48%, 49%, 51%, 52%. Según Ocampo y Osés (2013), menciona que en la capa superficial del material filtrante debe producirse una biopelícula, esto debido al crecimiento bacteriano, ya que la finalidad de las bacterias es la remover la materia orgánica, por lo que en la PTAR de la localidad de Lampa no se generó esta biopelícula, es decir no hay suficiente cantidad de bacterias para la remoción de la materia orgánica, otra de las deficiencias de la PTAR en Lampa es que el sistema trabaja como un sistema anaerobio ya que no tiene aberturas en el filtro para que ingrese el aire, así mismo en este sistema de filtro percolador la distribución del agua es fija ya que el agua residual no

distribuye a toda el area del filtro, por lo que se recomienda que el sistema que debió de adoptarse es el filtro percolador circular.



Figura 29. Distribución del agua residual fija no existe formación de biopelícula

De la evaluación de la propuesta de solución se optó por un sistema aerobio esto según el balance de masas existen diversas tecnologías aerobias y anaerobias, Lampa por ser una provincia en donde la temperatura promedio anual es de 8°C , se recomiendan sistemas aerobios. Según, Vázquez y Martínez (2011), los reactores anaerobios tienen una buena eficiencia cuando trabajan a temperaturas entre $25^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}$, por lo que estos sistemas anaerobios no son recomendables en climas donde la temperatura es baja. La elección de nuestro sistema se realizó mediante el balance de masas resulto que la eficiencia que se requiere es del 75.18%, según norma OS 090 (2006) el sistema al que corresponde es de lodos activados que está comprendida entre 70% - 95%, este sistema trabaja mediante sopladores que incorpora aire caliente al agua residual y lo que hace es incrementar la temperatura del agua residual produciendo una mayor eficiencia para las bacterias aerobias, el sistema planteado cumple con los LMP.

CONCLUSIONES

- De acuerdo a nuestros resultados los parámetros de la DBO_5 , DQO, SST superan los LMP establecidos en el D.S. N° 003 – 2010-MINAM esto debido a la deficiencia en los tanques Imhoff y filtros percoladores en cuanto a los aceites y grasas, coliformes termotolerantes, temperatura y pH no superan los LMP.
- Se evaluó la eficiencia en el tratamiento preliminar este tratamiento solo tuvo la función de remover sustancias de gran tamaño es por ello que no hubo una considerable remoción de materia orgánica, el tratamiento primario es deficiente esto debido a la inadecuada selección de los tanques Imhoff, el tratamiento secundario fue deficiente, finalmente el tratamiento terciario solo tuvo la función de remover a los microorganismos por ser un sistema de cloración.
- Se planteo una planta de tratamiento en donde el tratamiento primario consta de una decantación primaria, en cuanto al tratamiento secundario se propone un sistema de lodos activados esto de acuerdo a un balance de masas y por tener la mayor eficiencia en la remoción y así mismo por tratarse de un sistema aerobio.



RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los investigadores realizar la toma de muestras de otros parámetros como metales pesados para así contar con un mejor control de la contaminación del agua residual, ya que el D.S. N° 003 – 2010-MINAM, de los LMP, no lo establece, así mismo se recomienda que el MINAM que actualice sus decretos supremos, ya que en otros países tienen normativas más claras.
- Se recomienda, a los futuros investigadores que se realicen investigaciones sobre las eficiencias para los parámetros del agua residual establecidos en el D.S. N° 003 – 2010-MINAM, de los LMP, ya que en la normativa peruana la OS 090 (2006) es limitada solo establece la remoción para la DBO₅, SST y bacterias, así mismo se recomienda que se realice la evaluación de las eficiencias para tratamientos como tanques Imhoff, sistemas anaerobios y otras tecnologías aerobias que no están contemplados en la norma OS 090.
- Se recomienda a los investigadores proponer otras alternativas de solución como sistemas aerobios, así como se debe investigar que tecnologías anaerobias se pueden adecuarse a la zona esto incorporando métodos para incrementar la temperatura del agua, teniendo en consideración que previo a la elección de un sistema se debe de realizar el balance de masas.

REFERENCIAS

- RNE OS 070, O. (2006). *Reglamento nacional de edificaciones*.
- 075-2013-PCM, D. N. (2013). *Estado de la calidad ambiental de la cuenca del Lago Titicaca*. Puno.
- ANA. (2018). *Resolución jefatural N° 056 – 2018 – ANA*. Lima.
- CEPIS. (2005). *Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores*. Lima: COSUDE.
- CEPIS. (2005). *Sala de cloración*. Lima.
- Cortés Martínez, F., Treviño Cansino, A., & Tomasini Ortiz, A. C. (2017). *Dimensionamiento de lagunas de estabilización*. México: IMTA.
- Cortinez, A. R. (2013). *Manual de sistemas de tratamiento de aguas residuales utilizados en Japón*. Coyoacán: Conagua.
- Delgadillo, S. A. (1999). *Parámetros de diseño de sistemas de tratamiento de aguas residuales*. México: Azcapotzalco.
- Desye, B., Biniam Belete, Embay Amare Alemseged, Yonas Angaw, & Zinabu Asfaw Gebrezgi. (2022). *Evaluation of Waste Stabilization Pond Efficiency and Its Effluent Water Quality: a Case Study of Kito Furdisa Campus, Jimma University, Southwest Ethiopia*. <https://doi.org/10.1155/2022/2800034>, 9.
- Echeverría, I., Cesar Escalante, Oliver Saavedra, Ramiro Escalera, Gustavo Heredia, & Renato Montoya. (2021). *Evaluación de una planta de tratamiento de aguas residuales municipales basada en lagunas de estabilización acopladas a un reactor anaerobio compartimentado*. 10.23881/idupbo.021.1-3i, 9.
- Eddy, M. &. (1995). *Ingeniería de aguas residuales tratamiento vertido y reutilización*. Madrid, España: Brage.

- Esteban, J. Z., & Olivas Aranda, G. (2022). *Diagnostico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ambito de las empresas prestadoras 2022*. Lima: Sunass.
https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2022/06/Informe-de-diagnostico-de-las-Plantas-de-Tratamiento-de-Aguas-Residuales-PTAR_VdigitalConcomentario.pdf
- Franson, M. A. (1992). *Metodos normalizados para el analisis de agua potable y residuales*. Madris: DIAS DE SANTOS.
- Franson, M. A. (1992). *Metodos normalizados para el analisis de aguas residuales y potables*. Madrid: Diaz.
- Guzmán, W. B. (2015). *Diagnostico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ambitode operacion de las empresas prestadores de servicios de saneamiento*. Lima: TAREA ASOCIACIÓN GRÁFICA EDUCATIVA.
- Jaramillo, A. O. (2005). *Bioingenieria de aguas residuales* . Bogota: Acodal.
- Lehmann, A. H. (2016). *Manual de Diseño de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales*. Madrid: Carceta.
- Lopez vasquez, C., Buitrón Méndez, G., A Garcia, H., & Cervantes Carrillo, F. (2017). *Tratamiento biologico de las aguas residuales principios, modelacion y diseño*. Buenos Aires: IWA.
- López, A. M., Mario Cabrera, & Yurina Carrillo. (2017). *Remoción de contaminantes orgánicos presentes en el agua residual doméstica mediante prototipo a escala de laboratorio*. <http://doi.org/10.17163/lgr.n26.2017.07>, 12.

- Marín Ocampo, A., & Osés Pérez, M. (2013). *Operacion y mantenimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales con el proceso de lodos activados*. Guadalajara: Jalisco.
- Menéndez Gutiérrez, C., & Pérez Olmo, J. (2007). *Procesos para el tratamiento biologico de las aguas residuales industriales*. Universitaria.
- MINAM. (2010). *DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM*. Lima.
- Miranda. (2018). *Tratamiento de agua, ejercicios resuletos y practicas de laboratorio*. Dextra.
- Noyola Robles, A. (2000). *Alternativas de Tratamiento de Aguas Residuales*. Mexico, Mexico: Subcoordinacion de Editorial y Grafica.
- Ocampo, A. M., & Osés Pérez, M. (1993). *Operacion y mantenimiento de de plantas de tratamiento aguas residuales con el proceso de lodos activados*. Jalisco.
- OS 090. (2006). *Planta de tratamiento de aguas residuales*. RNE, 65. Lima, Peru.
- Pérez, M. L., Piñas Rivera, L., Del Valle González, J., & Aguirre Chávez, F. (2020). *Aplicaciones Tecnologicas de Tratamiento de Aguas Residuales*. México: Nosótrica.
- Rada, V. F. (2019). *Diseño y Gestion de proyectos de agua potable, saneamiento, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.*, (pág. 270). Lima.
- Romero. (2005). *Lagunas de estabilizacion de aguas residuales*. Bogota: Escuela colombiana de ingenieria.
- Ronzano, E., & Dapena, J. L. (2002). *Tratamiento Biologico de las Aguas Residuales*. Madrid, España: Pridesa.
- Ruebñ Miranda, M. O. (2018). *Tratamiento de aguas, ejercicios resuletos y practica de laboratorio*. Madrid: Dextra.



- S. Ramalho, R. (1983). *Tratamiento de aguas residuales*. Mexico: Reverte. S.A.
- Territorio, M. d. (2017). <https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/resolucion-0330-2017.pdf>. Bogota.
- Unzueta, J. (2004). *Encuentros sobre el agua*. UNESCO Etxea - Centro.
- Vázquez, M. M., & Martínez Gonzáles, S. A. (2011). *Reactores anaerobios de flujo ascendente UASB*. Lima.
- Vázquez, M. M., & Martínez González., S. (2011). *Reactores anaerobios de flujo ascendente*. Mexico: Centro tecnologico.
- Vega, J. P., & Marchán Peña, J. (2008). *Diagnostico situacional de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de las EPS del Perú y propuesta de solución*. Lima.
- Vivanco, E. (2018). *Manual tecnico sobre tecnologias biologicas anaerobias aplicadas al tratamiento de aguas residuales y residuos inductriales*. Lima: CYTED.
<http://nbcpucv.cl/wpcontent/uploads/2019/02/Tratamiento%20anaerobio%20de%20aguas%20residuales-2.pdf>
- VMA. (2019). *DECRETO SUPREMO N° 010-2019-VIVIENDA*. Lima.
<https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/272120-010-2019-vivienda>



ANEXOS



VISTA 01: Vista de planta del tratamiento preliminar



VISTA 02: Vista de planta del filtro percolador



VISTA 03: Vista de planta del tanque Imhoff



VISTA 04: Efluente del agua residual del filtro percolador



VISTA 05: Vista panorámica de la PTAR



VISTA 06: Efluente del agua residual de la PTAR desembocando al río

Anexo 2. Resultados de los análisis de laboratorio

LABORATORIOS B&C S.A.C.

"Laboratorio de Ensayos Químicos y Microbiológicos"

RUC: 20448241500

RESULTADOS DE ANALISIS FISICOQUIMICO DE AGUAS
INFORME DE ENSAYO N° B272-2021

- I. Datos del Solicitante
Solicitante : JOSE PACORI PACORI
Proyecto : "EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y ALTERNATIVA DE SOLUCION EN LAMPA"
- II. Datos del muestreo
Descripción del Producto : Agua Superficial
Punto de muestreo : Agua del Río
Procedencia : Dist. Lampa, Prov. Lampa, Dept. Puno
Ubicación UTM : 15°22'47.83"S / 70°21'52.51"O
Fecha y hora de muestreo : 15 - octubre - 2021.
Presentación : 2,000 mL aproximadamente, en envases de polietileno
: 200 mL aproximadamente, en envase de borosilicato estéril
Tipo de muestra : Puntual
Muestreado por : El Cliente
Fecha de recepción : 15 - octubre - 2021.

III. Resultados Parámetros Físicoquímicos

PARAMETROS EVALUADOS	UNIDAD DE MEDIDA	PUNTO DE MUESTREO Y/O CODIFICACION
		Agua del Río
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	12

Donde:

- * Valor : Límite de Detección del Método
- mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS DE ENSAYO:

- * Demanda bioquímica de Oxígeno: Prueba de incubación de 5 días, Método normalizado para el análisis de aguas potables y similares APHA, AWWA, WEF, Part. 5210B, 19-ed 2005

NOTAS IMPORTANTES

- * El presente Informe de Ensayos es válido únicamente para la muestra analizada.
- * No deberán realizarse a la muestra otros parámetros que no estén contemplados en el presente Informe de Ensayos.
- * En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente LABORATORIOS B&C no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas.
- * El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad.

Juzfasa, 22 de octubre del 2021



Ing. Herbert Paul Reina
JEFE DE LABORATORIO
CNP 9687

LABORATORIOS B&C S.A.C.

Laboratorio de Análisis Químico y Microbiológico

RUC: 20448241590

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS
INFORME DE ENSAYO Nº B271-2021

I. Datos del Solicitante

Solicitante : JOSE PACORI PACORI
Proyecto : "EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y ALTERNATIVA DE SOLUCION EN LAMPA"

II. Datos del muestreo

Descripción del Producto : Agua Superficial
Punto de muestreo : Afluente de tratamiento preliminar (PM 1)
Procedencia : Dist. Lampa, Prov. Lampa, Dept. Puno
Ubicación UTM : 15°22'38.95"S / 70°21'49.54"W
Fecha y hora de muestreo : 15 - octubre - 2021
Presentación : 2,000 mL aproximadamente, en envases de polifileno
: 200 mL aproximadamente, en envase de borosilicato estéril
Tipo de muestra : Puntual
Muestreador por : El Cliente
Fecha de recepción : 15 - octubre - 2021

III. Resultados Parámetros Físicoquímicos

PARAMETROS EVALUADOS	UNIDAD DE MEDIDA	PUNTO DE MUESTREO Y/O CODIFICACION
		Afluente del tratamiento preliminar (PM 1)
Numeración de Coliformes fecales (Termotolerantes)	NMP/100 mL (u.c.f.c.)	1.2 x 10 ⁶
pH	Valor de pH	6.8
Temperatura	°C	17
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	575
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	305
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	516
Aceites y Gratos	mg/L	13

Unidad:

u.c.f.c. : Unidad de Coliformes fecales
mg/L : miligramos por litro

MÉTODOS DE ANÁLISIS

- Numeración de Coliformos fecales (Termotolerantes): Método de fermentación en tubos múltiples. Método normalizado para el análisis de aguas potables y residuales APHA, AWWA WEF, Por. 521 E 2ª ed. 2005
- pH: Potenciometría
- Temperatura: Termómetro
- Sólidos Suspendedos Totales: Gravimetría. Método normalizado para el análisis de aguas potables y residuales APHA, AWWA WEF, Por. 2540 2ª ed. 2005
- Demanda Bioquímica de Oxígeno: Método de incubación de 5 días. Método normalizado para el análisis de aguas potables y residuales APHA, AWWA WEF, Por. 5210 B 2ª ed. 2005
- Demanda Química de Oxígeno: Método permanganato. Método normalizado para el análisis de aguas potables y residuales APHA, AWWA WEF, Por. 5210 C 2ª ed. 2005

NOTAS IMPORTANTES

- El presente informe de Ensayo se otorga solo únicamente para la muestra analizada.
- No debe inferirse a la muestra otros parámetros que no están contemplados en el presente informe de Ensayo.
- En caso de que el presente informe sea requerido por el cliente LABORATORIOS B&C S.A.C. se le responderá a los cuestionamientos dentro de los plazos establecidos.
- El presente informe de Ensayo no es un certificado de conformidad, ni certificado de aprobación de calidad.

Julaca, 22 de octubre del 2021

Ing. Haroldo Portillo
Julaca - CACHA/TORO
COP 1987

Anexo 3. Medidas del porcentaje de remoción de la DBO₅ en el tanque Imhoff

Tipo de tratamiento	N	Media	Desviación	
			estándar	IC de 95%
tanque Imhoff 1	3	10.667	0.577	(9.614; 11.720)
tanque Imhoff 2	3	12.000	1.000	(10.947; 13.053)
tanque Imhoff 3	3	9.667	0.577	(8.614; 10.720)

Desv.Est. agrupada = 0.745356

Anexo 4. Medidas del porcentaje de remoción de la DQO en el tanque Imhoff

Tipo de tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
tanque Imhoff 1	3	12.667	1.155	(11.335; 13.999)
tanque Imhoff 2	3	15.000	1.000	(13.668; 16.332)
tanque Imhoff 3	3	12.333	0.577	(11.001; 13.665)

Desv.Est. agrupada = 0.942809

Anexo 5. Medidas del porcentaje de remoción de los SST en el tanque Imhoff

Tipo de tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
tanque Imhoff 1	3	23.667	0.577	(22.421; 24.913)
tanque Imhoff 2	3	22.000	1.000	(20.754; 23.246)
tanque Imhoff 3	3	19.000	1.000	(17.754; 20.246)

Desv.Est. agrupada = 0.881917

Anexo 6. Medias del porcentaje de remoción de los aceites y grasa en el tanque Imhoff

Tipo de tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
tanque Imhoff 1	3	5.333	0.577	(4.518; 6.149)
tanque Imhoff 2	3	6.333	0.577	(5.518; 7.149)
tanque Imhoff 3	3	3.667	0.577	(2.851; 4.482)

Desv.Est. agrupada = 0.577350

Anexo 7. Medias del porcentaje de remoción de los coliformes en el tanque Imhoff

Tipo de tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
tanque Imhoff 1	3	23.000	1.000	(21.587; 24.413)
tanque Imhoff 2	3	20.000	1.000	(18.587; 21.413)
tanque Imhoff 3	3	20.000	1.000	(18.587; 21.413)

Desv.Est. agrupada = 1

Anexo 8. Medias del porcentaje de remoción de la DBO₅ en el filtro percolador

Tipo de tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Filtro percolador 1	3	51.00	1.73	(48.51; 53.49)
Filtro percolador 2	3	49.00	2.00	(46.51; 51.49)
Filtro percolador 3	3	47.667	1.528	(45.175; 50.158)

Desv.Est. agrupada = 1.76383

Anexo 9. Medias del porcentaje de remoción de la DQO en el filtro percolador

Tipo de tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Filtro percolador 1	3	52.000	1.000	(50.302; 53.698)
Filtro percolador 2	3	49.667	1.528	(47.969; 51.365)
Filtro percolador 3	3	48.000	1.000	(46.302; 49.698)

Desv.Est. agrupada = 1.20185

Anexo 10. Medias del porcentaje de remoción de los SST en el filtro percolador

Tipo de tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Filtro percolador 1	3	50.667	0.577	(49.614; 51.720)
Filtro percolador 2	3	48.000	1.000	(46.947; 49.053)
Filtro percolador 3	3	47.333	0.577	(46.280; 48.386)

Desv.Est. agrupada = 0.745356

Anexo 11. Medias del porcentaje de remoción de aceites y grasas en el filtro percolador

Tipo de tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Filtro percolador 1	3	6.333	1.528	(4.772; 7.895)
Filtro percolador 2	3	5.333	0.577	(3.772; 6.895)
Filtro percolador 3	3	6.000	1.000	(4.438; 7.562)

Desv.Est. agrupada = 1.10554

Anexo 12. Medias del porcentaje de remoción de los coliformes en el filtro percolador

Tipo de tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Filtro percolador 1	3	51.00	1.73	(48.51; 53.49)
Filtro percolador 2	3	49.00	2.00	(46.51; 51.49)
Filtro percolador 3	3	47.667	1.528	(45.175; 50.158)

Desv.Est. agrupada = 1.76383



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo JOSE PACORI PACORI,
identificado con DNI 02416012 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
DOCTORADO EN CIENCIA, TECNOLOGIA Y MEDIO AMBIENTE,

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ EVALUACION DE LA EFICIENCIA Y ALTERNATIVA DE
SOLUCION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES EN LAMPA ”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 18 de MARZO del 20 24



FIRMA (obligatoria)



Huella

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo JOSE PACORI PACORI,
identificado con DNI 02416012 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

DOCTORADO EN CIENCIA, TECNOLOGIA Y MEDIO AMBIENTE
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“EVALUACION DE LA EFICIENCIA Y ALTERNATIVA
DE SOLUCION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES EN LAMPA”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

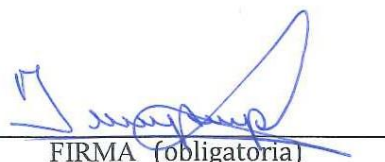
En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 18 de MARZO del 20 24


FIRMA (obligatoria)

