

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **ESCUELA DE POSGRADO**



**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS**

**MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS  
NATURALES**

**TESIS:**

**“EFICIENCIA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES EN LA CIUDAD DE CAJABAMBA - CAJAMARCA.  
ALTERNATIVAS PARA MEJORAR SU TRATAMIENTO”**

Para optar el Grado Académico de

**DOCTOR EN CIENCIAS**

Presentada por:

**M.Cs. MARIELA NÚÑEZ FIGUEROA**

Asesor:

**Dr. GLICERIO EDUARDO TORRES CARRANZA**

Cajamarca – Perú

2019

COPYRIGHT © 2019 by

**MARIELA NÚÑEZ FIGUEROA**

Todos los derechos reservados

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **ESCUELA DE POSGRADO**



**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS**

**MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**

**TESIS APROBADA:**

**“EFICIENCIA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES EN LA CIUDAD DE CAJABAMBA - CAJAMARCA.  
ALTERNATIVAS PARA MEJORAR SU TRATAMIENTO”**

Para optar el Grado Académico de

**DOCTOR EN CIENCIAS**

Presentada por:

**M.Cs. MARIELA NÚÑEZ FIGUEROA**

**JURADO EVALUADOR**

Dr. Juan Edmundo Chávez Rabanal  
Alvarado  
Presidente del Jurado Evaluador

Dra. Consuelo Belania Plasencia  
Jurado Evaluador

Dr. Nilton Eduardo Deza Arroyo  
Jurado Evaluador

Dr. Glicerio Eduardo Torres Carranza  
Asesor

Cajamarca – Perú  
2019



**PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

**MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**

Siendo las 11:25...horas del día 21 de noviembre del año dos mil diecinueve, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **Dr. JUAN EDMUNDO CHÁVEZ RABANAL**, **Dra. CONSUELO BELANIA PLASENCIA ALVARADO**, **Dr. NILTON EDUARDO DEZA ARROYO**; y en calidad de Asesor, el **Dr. GLICERIO EDUARDO TORRES CARRANZA**; Actuando de conformidad con el Reglamento Interno de la Escuela de Posgrado y el Reglamento del Programa de Doctorado de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se inició la SUSTENTACIÓN de la tesis titulada: **EFICIENCIA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA CIUDAD DE CAJABAMBA-CAJAMARCA. ALTERNATIVAS PARA MEJORAR SU TRATAMIENTO.**

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó **APROBAR POR UNANIMIDAD**, con la calificación de **... (A.8.)... DISEÑO... EXCELENTE...** la mencionada Tesis; en tal virtud, la M.Cs. **MARIELA NÚÑEZ FIGUEROA**, está apta para recibir en ceremonia especial el Diploma que la acredita como **DOCTOR EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, Mención: **GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES.**

Siendo las 12:50... horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

.....  
**Dr. Glicerio Eduardo Torres Carranza**  
Asesor

.....  
**Dr. Juan Edmundo Chávez Rabanal**  
Presidente-Jurado Evaluador

.....  
**Dra. Consuelo Belania Plasencia Alvarado**  
Jurado Evaluador

.....  
**Dr. Nilton Eduardo Deza Arroyo**  
Jurado Evaluador

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de grado va dedicado a Dios, quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer. A mi esposo Oscar y a mis queridos hijos Daniel, Joaquín y Nicolás que, con su apoyo incondicional, amor y confianza permitieron que logre culminar mi meta profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

El presente trabajo agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mi familia por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.

Agradezco a mi asesor de tesis Dr. Eduardo Torres Carranza quien con su experiencia, conocimiento y motivación me orientó en la investigación.

Agradezco a los todos docentes de la Escuela de Posgrado quienes, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional en la Universidad Nacional de Cajamarca.

"Solo cuando el último árbol esté muerto, el último río envenenado y el último pez atrapado, te darás cuenta que no puedes comer dinero"

- Proverbio  
Indoamericano

## ÍNDICE

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b> .....	v
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	vi
<b>EPIGRAFE</b> .....	vii
<b>ÍNDICE</b> .....	viii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	x
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b> .....	xiii
<b>RESUMEN</b> .....	xiv
<b>ABSTRACT</b> .....	xv
<b>CAPÍTULO I : INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO II : MARCO TEÓRICO</b> .....	5
2.1. Antecedentes de la investigación.....	5
2.2. Bases Teóricas.....	12
2.3. Definición de Términos Básicos.....	32
<b>CAPÍTULO III : MATERIALES Y MÉTODO</b> .....	37
3.1. Ubicación de la zona de estudio.....	37
3.2. Materiales.....	41
3.3. Metodología empleada.....	43
3.4. Métodos de ensayo utilizados para analizar los parámetros de Eficiencia.....	45
3.5. Muestreo.....	46
<b>CAPITULO IV : RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	51
<b>CAPÍTULO V : CONCLUSIONES</b> .....	84
<b>PROPUESTA</b> .....	85
<b>CAPÍTULO VI : REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	95
<b>CAPÍTULO VII : ANEXOS</b> .....	103

## ÍNDICE DE FIGURAS



	Pág.
Fig. 1. Corrientes térmicas en decantador horizontal.....	20
Fig 2. Croquis de ubicación de la PTAR de Cajabamba.....	37
Fig 3. Planta de tratamiento de aguas residuales de Cajabamba.....	38
Fig 4. Puntos de muestreo de aguas residuales .....	39
Fig 5. Variación de Temperatura del afluente y efluente en la PTAR.....	65
Fig 6. Variación de pH del afluente y efluente en la PTAR.....	67
Fig 7. Variación de Sólidos Suspendidos Totales (SST) del afluente y efluente .....	70
Fig 8. Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) del afluente y efluente .....	72
Fig 9. Variación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) del afluente y efluente .....	74
Fig 10. Variación de Aceites y grasas del afluente y efluente en la PTAR.....	76
Fig 11. Variación de Coliformes Termotolerantes del afluente y efluente en la PTAR.....	78
Fig 12. Diagrama de flujo de la planta de tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados convencionales.....	94

## ÍNDICE DE TABLAS

1. Parámetros para medir la concentración de las aguas residuales.....	14
2. Valores máximos y mínimos permitidos en parámetros convencionales de las aguas residuales domésticas.....	15
3. Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR.....	17
4. Tipos de sedimentación y tratamiento de aguas residuales.....	18
5. Población total, cobertura y población servida.....	23
6. Caudales a ser drenados a la PTAR.....	24
7. Contribución Orgánica de las Aguas Residuales.....	24
8. Cociente DBO/DQO.....	30
9. Ubicación de los puntos de muestreo.....	48
10. Fechas de recolección de muestras.....	48
11. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales contempladas en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.....	49
12. Estadísticos de frecuencia para cada uno de los parámetros analizados durante los meses de enero – junio.....	51
13. Tabla de frecuencia de la temperatura del efluente durante los meses de enero – junio.....	52
14. Tabla de frecuencia del pH del efluente durante los meses de enero – junio.....	52
15. Tabla de frecuencia de sólidos suspendidos totales del efluente durante los meses de enero – junio.....	53
16. Tabla de frecuencia de DBO <sub>5</sub> del efluente durante los meses de enero – junio.....	53
17. Tabla de frecuencia de DQO del efluente durante los meses de enero – junio.....	54
18. Tabla de frecuencia de aceites y grasas del efluente durante los meses de enero – junio.....	54
19. Tabla de frecuencia de Coliformes termotolerantes del efluente durante los meses de enero – junio.....	55
20. Correlación estadística bivariada para cada uno de los valores muestrales.....	56
21. Estadísticos descriptivos de la correlación bivariada del parámetro temperatura.....	58

22.Prueba de hipótesis t-student en el parámetro de temperatura.....	58
23.Estadísticos descriptivos de la correlación bivariada del parámetro pH.....	59
24.Prueba de hipótesis t-student en el parámetro de pH.....	59
25.Estadísticos descriptivos de la correlación bivariada del parámetro sólidos suspendidos totales.....	59
26.Prueba de hipótesis t-student en el parámetro de sólidos suspendidos totales.....	60
27.Estadísticos descriptivos de la correlación bivariada del parámetro DBO.....	60
28.Prueba de hipótesis t-student en el parámetro DBO <sub>5</sub> .....	61
29.Estadísticos descriptivos de la correlación bivariada del parámetro DQO.....	61
30.Prueba de hipótesis t-student en el parámetro DQO.....	62
31.Estadísticos descriptivos de la correlación bivariada del parámetro aceites y grasas.....	62
32.Prueba de hipótesis t-student en el parámetro aceites y grasas.....	63
33.Estadísticos descriptivos de la correlación bivariada del parámetro coliformes Termotolerantes.....	63
34.Prueba de hipótesis t-student en el parámetro de Coliformes Termotolerantes.....	64
35.Valores de Temperatura del afluente (agua residual de ingreso) y efluente (agua residual de salida) .....	65
36.Valores de pH del afluente y efluente .....	67
37.Valores de sólidos suspendidos totales (SST) del afluente y efluente .....	69
38.Valores de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) del afluente y efluente .....	71
39.Valores de la demanda química de oxígeno (DQO)Temperatura del afluente y efluente .....	73
40.Valores de Aceites y grasas del afluente y efluente .....	75
41.Valores de Coliformes Termotolerantes del afluente y efluente .....	78
42.Eficiencia de la Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Cajabamba.....	80
43.Parámetros evaluados en la Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Cajabamba comparados con los Límites Máximos Permisibles.....	82
44.Parámetros físicos, químicos y microbiológicos de aguas residuales de la PTAR	

en la ciudad de Cajabamba evaluados durante seis meses.....83

ξ

**LISTA DE ABREVIATURAS**

<b>ANA:</b>	Autoridad Nacional del Agua
<b>BCF:</b>	Bacterias Coliformes fecales
<b>DBO :</b>	Demanda Bioquímica de Oxígeno
<b>DIGESA:</b>	Dirección General de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud
<b>DQO :</b>	Demanda Química de Oxígeno
<b>DS:</b>	Decreto Supremo
<b>ECA :</b>	Estándares de calidad ambiental
<b>EPS :</b>	Empresas Prestadoras de Servicios
<b>INDECOPI:</b>	Instituto Nacional de Defensa del Consumidor y de la Propiedad Intelectual
<b>INACAL:</b>	Instituto Nacional de la Calidad
<b>INEI:</b>	Instituto Nacional de Estadística e Informática
<b>LMP:</b>	Límites Máximos Permisibles
<b>MINAM:</b>	Ministerio del ambiente
<b>NMP :</b>	Número más probable
<b>OEFA:</b>	Organismo de evaluación y fiscalización ambiental
<b>pH :</b>	Potencial de Hidrógeno
<b>PTAR:</b>	Planta de Tratamiento de aguas residuales
<b>SEIA:</b>	Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental
<b>ST:</b>	Sólidos Totales
<b>SST :</b>	Sólidos Suspendidos Totales
<b>SUNASS:</b>	Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento
<b>UFC:</b>	Unidades formadoras de colonia por milímetro de muestra.

## **RESUMEN**

La presente tesis se desarrolló en la ciudad de Cajabamba durante el periodo comprendido entre enero y junio del año 2018, tuvo como objetivo determinar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Cajabamba, en la remoción de DBO<sub>5</sub>, DQO, sólidos suspendidos totales, aceites y grasas y coliformes termotolerantes. La metodología empleada consistió en identificar los puntos de muestreo, el primero se ubicó en el ingreso de las aguas residuales a la Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y el segundo punto estuvo ubicado a la salida de los efluentes, en donde fueron tomadas las muestras de agua residual en número de seis (6), de las cuales tres (3) fueron tomadas en temporada de lluvias y tres (3) muestras en temporada de estiaje para luego realizar el análisis comparativo entre ambas. Se determinó que la Planta de tratamiento de aguas residuales no es eficiente en la remoción de sólidos suspendidos totales, el valor obtenido fue del 50%, así mismo no es eficiente en la remoción de materia orgánica, para lo cual se utilizaron los indicadores de DBO<sub>5</sub> y DQO cuyos valores fueron de 23,20% y 27,63% respectivamente, valores que se encuentran muy por debajo de los aceptables para este tipo de tratamiento según la Norma Técnica de Edificación OS.090 (2006), la cual señala que la eficiencia de remoción de DBO debe encontrarse entre 50% a 90% , La eficiencia en la remoción de aceites y grasas fue del 82,20%, encontrándose dentro del promedio de eficiencia para este tipo de tratamiento de aguas residuales, En cuanto a la remoción de coliformes termotolerantes fue del 65,62%, valor que se encontró por debajo del promedio de eficiencia de éste parámetro.

**Palabras Clave:** Eficiencia, tratamiento, aguas residuales.

## **ABSTRACT**

This research was developed in the city of Cajabamba during the period between January and June of the year 2018, it was aimed at determining the efficiency of the wastewater treatment system in the district of Cajabamba, in the removal of BOD<sub>5</sub>, COD, solids Total suspended, oils and fats and thermotolerant coliforms. The methodology used was to identify the monitoring points, the first was located in the entry of wastewater to the Wastewater Treatment Plant (PTAR) and the second point was located at the exit of effluents or treated waters, in where the samples of residual water were taken in number of six (6), which three (3) were taken during the rainy season and three samples during the dry season and then the comparative analysis between them. It was determined that the Wastewater Treatment Plant is not efficient in the removal of total suspended solids, the value obtained it was 50%, it is also not efficient in the removal of organic matter, for which the BOD<sub>5</sub> indicators were used and COD whose values were 23,20% and 27,63% respectively, values that are below those acceptable for this type of treatment according to the Technical Building Standard OS.090 (2006), which indicates that the BOD removal efficiency should be between 50% to 90%, The efficiency in the removal of oils and fats was 82,20%, being within the average efficiency for this type of wastewater treatment, Regarding the removal of coliforms This thermotolerant was 65,62%, a value that was below the average efficiency of this parameter.

**Keywords:** Efficiency, treatment, wastewater.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El impacto en la calidad del agua en los recursos hídricos, generado por las descargas de las aguas residuales municipales, se ha convertido en un problema ambiental crítico y creciente, potencializado por el rápido crecimiento poblacional, la urbanización y lo relacionado con las considerables cantidades de residuos generados, reflejado en la limitación en su uso aguas abajo, ya que los vertimientos en cuestión alteran las condiciones de calidad del agua requerida para el abastecimiento de actividades específicas (doméstica, industrial, agrícola, pecuaria, etc.) y la vida acuática (Noyola, Morgan, y Guereca, 2013)

Alrededor del 90% de las aguas servidas y el 70% de los desechos industriales en los países en vías de desarrollo se descargan sin tratamiento alguno. En Latinoamérica el 48% de la población está conectada a sistemas de alcantarillado convencional y 31% a sistemas individuales, solo el 14% es tratada donde el 6% recibe adecuado tratamiento, con el agravante de la cantidad de recursos de inversión necesarios y su poca disponibilidad y capacidad de recuperación vía tarifa (Núñez, 2013)

Las aguas residuales domésticas son aquellas generadas en viviendas, lugares comerciales o públicos caracterizados por la presencia de heces fecales y restos de moléculas producto de actividades de limpieza. Estas aguas son potencialmente peligrosas, por sus efectos sobre la salud humana y el medio ambiente (Fernández, 2015)

En el Perú, son pocos los proyectos de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) que puedan llamarse exitosos, ello se debe a la ausencia de una cultura de protección del ambiente como parte de la misión de las Empresas Prestadoras de Servicios (EPS), además se construyen plantas de tratamientos de aguas residuales en base a criterios técnicos de diseño, sin haber investigado parámetros de funcionamiento como por ejemplo



el tiempo de retención, por esta razón entre otras dichas plantas no cumplen con la eficiencia esperada (Hidalgo y Mejía, 2010)

El resultado es la contaminación de los cuerpos de agua que reciben tanto los efluentes de insuficiente calidad de las Plantas de Tratamiento de aguas residuales (PTAR) como los vertimientos de aguas residuales crudas provenientes de los sistemas de alcantarillado. Los desechos sólidos generados en el tratamiento de las aguas servidas (arenas y lodos) pueden contaminar el suelo y las aguas si no se manejan correctamente. En el Perú todas las ideas de mejora en el saneamiento urbano con tecnologías innovadoras aerobias y anaerobias se han despreciado, llevando la investigación a un segundo plano (Méndez y Marchán, 2008).

Cuando hay sobrecarga de aguas residuales en las plantas de tratamiento cuya infraestructura es insuficiente, origina que los efluentes tratados excedan los límites máximos permisibles (LMP), y no se cumplan con los estándares de calidad ambiental (ECA). Esto genera problemas ambientales como la contaminación de los cuerpos de agua y la generación de malos olores que causan conflictos con la población (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2014)

Según el diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento, en el Perú existen 204 PTARs administradas por 51 Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS). Se determinó que el 26% de las PTAR realizan la disposición de sus efluentes en canales de regadío o canales de drenaje, los resultados del monitoreo de efluentes de PTAR, se observó que el 32% de las PTAR cumplen con los LMP y el 68% que superan dichos límites, los parámetros que inciden con el no cumplimiento son los Coliformes Termotolerantes, Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) (Ministerio de Vivienda, 2016).

En la ciudad de Cajamarca hasta la fecha, son descargados 194 L/seg de aguas residuales o aguas servidas por segundo a la cuenca del Mashcón y Chonta, sin recibir ningún tratamiento previo. La Administración Local del Agua, revela que el punto de monitoreo más crítico, se ubica en el río Mashcón, cuyos resultados superan los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA), por la masiva presencia de coliformes termotolerantes (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, 2015). Mientras nuestras autoridades no tomen conciencia de la delicada situación ambiental que afronta Cajamarca, seguiremos exponiendo la salud y el medio ambiente en la cuenca del Mashcón.

En la ciudad de Cajabamba, el curso receptor de los efluentes generados por la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), está compuesto por el río Lanla, el cual a su vez descarga al río Cajabamba, tributario del Condebamba, y este a su vez al río Crisnejas. La Autoridad Nacional del agua (ANA), ha calificado determinados ríos del país y entre ellos al río Cajabamba, como de clase III, es decir para uso agrícola (Aquino, 2017).

El objetivo del trabajo de investigación consistió en determinar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Cajabamba, en la remoción de DBO<sub>5</sub>, DQO, sólidos suspendidos totales, aceites y grasas y coliformes termotolerantes. Para determinar dicha eficiencia se tomaron muestras de los afluentes y efluentes generados en dicha planta para luego analizar las características fisicoquímicas y microbiológicas de los mismos, lo que permitió obtener una correcta evaluación sobre su funcionamiento. Así mismo se determinaron si los efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales cumplen con Límites Máximos Permisibles (LMP) de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas según la normativa vigente. A la vez se propone una alternativa de tratamiento de aguas residuales para mejorar su actual eficiencia.

La importancia de ésta investigación, radica en que los resultados obtenidos servirán para evaluar la eficiencia de la Planta de Tratamiento de aguas residuales de Cajabamba, para luego proponer una alternativa viable y eficiente que contribuirá con la disminución de la contaminación en cuerpos receptores de agua, los cuales reciben los efluentes de la Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y son utilizadas como agua de riego para la agricultura.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación.**

##### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

Leizica (2001) analizó algunos parámetros en los Efluentes de las PTARD en Brasil. De acuerdo a los resultados obtenidos ambas PTARD cumplen con la remoción de DBO. Cabe indicar que la remoción de este parámetro para la Planta de tratamiento de aguas residuales (PTARD) de Metrópolis I fue del 95% y para Belohorizonte II fue del 79%. Las remociones promedio para el parámetro de DQO fue del 88% y 61% para las PTARD de Metrópolis I y Belohorizonte II respectivamente, a pesar de que la remoción de la PTARD de Belohorizonte II es baja. Concluyendo que para el parámetro de aceites y grasas las PTARD tuvieron un buen porcentaje de remoción. En ambas PTARD los porcentajes de remoción son bajos. Cabe indicar que en el afluente las concentraciones de cloruros ya son bajas.

Febles-Patrón y Hoogestejin (2010) evaluaron un sistema de tratamiento de aguas residuales mediante lagunas de estabilización en Mérida, Yucatán con 4 lagunas en total, 2 lagunas anaerobias conectadas con 2 lagunas facultativas. Los resultados obtenidos mostraron que el sistema descrito presenta una remoción promedio de coliformes fecales arriba del 99%, de la DBO<sub>5</sub> del 87%, de sólidos sedimentables del 95% con una excepción en el 2008 y de sólidos suspendidos totales del 74% con la misma excepción del 2008. El pH del afluente de esta planta fue de 6,33 y el efluente de 7,19.

Pérez (2010) realizó un diagnóstico del sistema operativo y de mantenimiento del proceso de lodos activados de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas "Los Arellano" en el Estado De Aguascalientes – México. Se llegaron a las siguientes conclusiones: El diagnóstico realizado en la PTAR Los Arellano, permitió determinar que

las bajas eficiencias del tratamiento en términos de la remoción de DQO, DBO<sub>5</sub> y Sólidos Suspendidos Totales (todas alrededor del 70%), calculadas a partir de las caracterizaciones iniciales, se pueden atribuir a factores como inconsistencias del diseño original, fallas en equipos, exceso de aireación y el incumplimiento del 57% de las prácticas operativas básicas de mantenimiento, junto con la ausencia del nivel de conocimiento en cada uno de los operarios frente al manejo óptimo de una PTAR.

Hidalgo-Santana y Mejía-Álvarez (2010) realizaron un estudio que tuvo como objetivo evaluar la afectación del recurso hídrico por el vertimiento de las aguas residuales domésticas provenientes de descargas directas o de los sistemas de tratamiento integrado en la cuenca baja de la quebrada La Macana, en el corregimiento de San Antonio de Prado, municipio de Medellín, durante el año 2009 se realizó un trabajo de investigación aplicada que incluyó la evaluación de la calidad del agua y la caracterización de los usuarios. Se muestrearon 7 puntos para parámetros indicadores de la calidad (DBO<sub>5</sub>, DQO, coliformes totales, E. Coli, grasas y aceites y sólidos suspendidos) y se realizaron entrevistas dirigidas donde se encontró que el 62% de la carga total proviene de las viviendas con tanque séptico y el restante 38% de las que realizan el vertido directo. La relación DBO/DQO muestra que en el tramo estudiado (300 m), la quebrada ha degradado el 80% de la carga contaminante debido a la alta capacidad de autodepuración de la corriente. El problema principal identificado de contaminación por aguas residuales domésticas es por coliformes totales. Un análisis comparativo de los parámetros medidos en anteriores estudios realizados en la zona (años 2001, 2005 y 2007), mostró que la calidad del agua de la fuente receptora ha mejorado, evidenciada en la disminución de los valores observados especialmente en coliformes totales.

Yabroudi et al. (2010) investigaron la eficiencia de remoción de microorganismos y materia orgánica en la planta de tratamiento de aguas residuales Cabimas en Venezuela,

en el período de lluvia, se tomaron muestras de entrada y salida de la planta, diariamente y a diferentes horas del día, durante 3 meses. Se determinaron parámetros físicos, químicos y microbiológicos: pH, oxígeno disuelto, temperatura, caudal DBO y DQO (total y soluble), nitrógeno total Kjeldhal, nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos, fósforo total, coliformes totales y fecales siguiendo la metodología del Standard Methods. La remoción de la DBO y DQO fue de 69 - 49 % respectivamente. El aporte de las algas a la DBO y DQO del efluente fueron 23 y 17 % respectivamente. Se alcanzó 2,56% de remoción de fósforo total; 27% de nitrógeno amoniacal y 26% de nitrógeno total Kjeldhal. Los resultados obtenidos indicaron que la planta de tratamiento de aguas residuales, genera un efluente cuyos valores cumplen los límites de la normativa venezolana vigente, excepto para organismos Coliformes.

Matsumoto y Sánchez (2010) evaluaron el desempeño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Ilha Solteira en Sao Paulo, Brasil durante las diferentes épocas climáticas del año. Se realizó un levantamiento batimétrico de las lagunas facultativas primarias, un monitoreo de 24 horas y el seguimiento de su desempeño en 3 etapas de colecta de 3 meses de duración cada una. La planta tuvo cerca del 40% de su volumen efectivo ocupado por lodos; el efluente final registró una eficiencia media de remoción de la DBO<sub>5</sub> de 80,2%; únicamente 3 muestras reportaron valores de NMP de Coliformes Fecales menores al tope de 1000/100mL definidos por la legislación; en la tercera etapa, los valores de sólidos sedimentables superaron el límite permisible de 1,0 mL/L. La mayor parte del tiempo y pese a las variaciones climáticas, la planta cumplió con la normatividad ambiental brasilera en términos de remoción de DBO<sub>5</sub> y sólidos sedimentables, pero transgredió la norma en cuanto a NMP de Coliformes Fecales, evidenciando la necesidad de implementar un sistema de pos tratamiento que reduzca los eventuales impactos

ambientales producidos por los efluentes y los riesgos a la salud pública en la zona de descarga y aguas abajo del vertimiento.

Castillo et al. (2011) realizaron la caracterización fisicoquímica y bacteriológica de las aguas residuales domésticas provenientes de los tanques sépticos en el estado de Yucatán, México. El contenido de materia orgánica resultó, en promedio, de 109 mg/L como Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y de 219 mg/L como Demanda Química de Oxígeno (DQO). Se evaluó un reactor de lodos activados a nivel laboratorio para las aguas en estudio. Para tiempos de retención hidráulicos de 4.5, 6 y 9 horas se obtuvieron remociones de la Demanda Bioquímica de Oxígeno de 89,3%, 93,1% y 94,2% respectivamente; las eficiencias de DQO fueron 74,1%, 84,7% y 82,3% para los mismos tiempos. Por tal motivo se concluyó que el proceso de lodos activados es apropiado para el tratamiento de aguas residuales, efluentes de fosas sépticas.

Correa, Cuervo, Mejía (2013) en su trabajo de investigación tuvieron como objetivo evaluar y monitorear el comportamiento del sistema de lagunas de estabilización utilizadas para el tratamiento de las aguas residuales domésticas del municipio de Santa Fé de Antioquia en Colombia. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: En la laguna anaeróbica se obtuvo una temperatura promedio de 26,7 °C y en las lagunas facultativas 28°C, aproximadamente. El promedio de pH en las lagunas facultativas fue de 7.5, mientras que en la laguna anaeróbica fue de 7. Al analizarse la eficiencia del sistema se concluyó que se obtuvo una remoción en carga en DBO<sub>5</sub> soluble del 92%, considerándose una variación para laguna anaerobia entre el 50 y 70% y para las facultativas de 59 y 62%. Las cargas orgánicas superficiales resultaron de 1.317 kg/Ha-d, para la laguna anaerobia, 142 y 182 kg/Ha-d, para las lagunas facultativa 1 y 2, respectivamente.

Alvis (2015) realizó la evaluación del funcionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas del complejo urbanístico Barcelona de Indias en Bogotá. Las

muestras fueron analizadas en laboratorio y evaluadas. Los resultados obtenidos muestran que los valores de temperatura y pH cumplen con los parámetros de eficiencia. La remoción de DBO y sólidos suspendidos no satisfacen el valor establecido de 80% de remoción en relación alimento/microorganismo requerida para una eficiencia adecuada del tratamiento. En este trabajo se concluyó que los valores de temperatura, pH, nitrógeno y fosforo total cumplen con lo establecido en el decreto 1594 de 1984; El porcentaje promedio de remoción de DBO<sub>5</sub> y DQO es de 52 y 29% respectivamente, valores que no satisfacen los criterios de eficiencia de un tratamiento de lodos activados. La PTAR tampoco cumple la eficiencia esperada en remoción de sólidos suspendidos totales. Los valores de pH del afluente son adecuados para tratamiento aerobio. La temperatura del agua residual del afluente es mayor de 30°C, valor ventajoso para tratamiento biológico.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Martínez y Escobar (2008) realizaron una investigación para determinar la capacidad de remoción de bacterias coliformes fecales (BCF) y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) “La Totorá” de la ciudad de Ayacucho entre los meses de marzo a Julio del 2005. Los análisis se realizaron en el laboratorio de Microbiología de la misma planta; donde se analizaron 70 muestras de agua. Para la cuantificación de la población de BCF, se aplicó la técnica de Tubos Múltiples de Fermentación (NMP); y el método respirométrico para determinar la DBO<sub>5</sub>. Con los resultados obtenidos, se calculó el porcentaje de remoción de BCF y DBO<sub>5</sub> aplicando la siguiente fórmula: % Remoción =  $[(C \text{ afluente} - C \text{ efluente}) / C \text{ afluente}] \times 100$ . La capacidad de remoción de BCF de la PTAR “La Totorá” fue del 99.9850%, evacuando efluentes con una cantidad en promedio de  $1.29 \times 10^5$  NMP/100 ml, siendo deficiente, pues para alcanzar una cantidad promedio de <103 NMP/100 ml de BCF (agua de clase



III, Ley General de Aguas D.L. 17752) se requiere que la PTAR tenga una capacidad de remoción del orden del 99.9999%; en tanto que la remoción de la DBO5 fue de 86.2%, evacuando efluentes con 46.35 mg/l, proceso deficiente en relación a lo estipulado por la Ley General de Aguas D.L. 17752 para aguas de clase III, que establece una concentración máxima de 15 mg/l que para alcanzar esta concentración sería necesario una remoción del orden del 95.5947%.

Farfán (2015) realizó la evaluación de la eficiencia del tratamiento de las aguas residuales domesticas para el riego de áreas verdes en el Sistema de lodos activados de la planta piloto de la FIARN-UNAC. Así también mediante la comparación de los resultados del efluente con la normativa ambiental vigente. Se comparó los resultados de los efluentes con la normatividad ambiental vigente (D.S. N° 002-2008-MINAM), para los parámetros de DBO, DQO, Aceites y Grasas y Solidos Suspendidos, siendo ligeramente superiores a la norma. Sin embargo, estos mismos resultados cumplieron con los límites máximos permisibles para plantas de tratamiento. Se concluye que el agua producida podrá ser utilizada para el riego de áreas verdes. adiconando al tratamiento la etapa de cloración, toda vez que se estableció evaluar la remoción del sistema de lodos activados, por lo que no fue considerado la cloración para el desarrollo de presente estudio.

Juárez (2016) en su investigación determinó la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, PTAR del distrito El Parco, Bagua, Amazonas durante abril – octubre, 2013. Se colectaron muestras semanales durante 3 meses en dos puntos de muestreo: afluente y efluente, determinándose el pH, temperatura, demanda química de oxígeno, DQO, demanda bioquímica de oxígeno, DBO5, sólidos totales en suspensión, aceites y grasas, coliformes totales y fecales y se calculó la eficiencia de la PTAR según el DS N° 003-2010-MINAM. Los valores promedios de los parámetros investigados en el afluente y efluente respectivamente fueron de 7,617 – 7,487 (pH); 27,5 – 26,4 °C

(temperatura); 2750 – 210 mg/L (DQO); 1501,67 – 117,50 mg/L (DBO5); 44,5 – 22,5 mg/L (sólidos totales en suspensión); 13,8 – 3,8 mg/L (aceites y grasas); 24,5 x 10<sup>10</sup> – 22 x 10<sup>6</sup> (coliformes totales) y 16 x 10<sup>10</sup> – 14,5 x 10<sup>6</sup> (coliformes fecales). La eficiencia en el tratamiento de las aguas residuales fue de 99,99% (coliformes fecales); 92,36% (DQO); 92,14% (DBO5); 72,46% (aceites y grasas) y 49,44% (sólidos totales en suspensión). El valor de coliformes fecales (14,5 x10<sup>6</sup> CF/100mL) en el afluente de la PTAR El Parco superó el límite máximo permisible (10 x 10<sup>3</sup> CF/100mL), de igual manera en el efluente la DQO (210 mg/L) y la DBO5 (117,50 mg/L) superó los límites máximos permisibles, indicando que no se cumple con la normatividad vigente.

Chávez y Torres (2014) realizaron una investigación para determinar las probables concentraciones de metales pesados y coliformes, en el sistema agua-suelo-planta del cultivo de Rye Grass, ocasionado por las aguas residuales de la ciudad de Cajamarca a los cuerpos de agua en los caseríos de La Victoria, Yanamarca y la Colpa, se realizaron análisis físicos, (pH, Conductividad eléctrica, Sólidos totales, Temperatura, Turbidez), químicas (Cobre, Cromo, Aluminio, Zinc, Hierro, Nitratos, Sulfatos, Nitritos), Microbiológicos (Coliformes totales y termotolerantes). En el sistema suelos se realizaron análisis de fósforo, potasio, materia orgánica, aluminio y textura, en el sistema planta se analizaron Coliformes totales y termotolerantes, en sistema cuerpos de agua se realizaron análisis físico químicos y biológicos, parámetros físicos del agua evaluados nos dan resultados ubicados dentro de los límites máximos permisibles establecidos para el país; los resultados químicos del agua nos indica que concentraciones de: Hierro, Cobre y nitritos superan los LMP, con concentraciones de: 2,6 mg/l, en el sistema suelos los resultados obtenidos de Fósforo, Potasio y Molibdeno se hallaron por encima de los niveles promedios para el valle de Cajamarca, los resultados microbiológicos de las

concentraciones de Coliformes totales y termotolerantes superaron los LMP en todos los puntos muestreados tanto en los cuerpos de aguas y plantas.

Chávez y Torres (2018) realizaron un estudio para determinar la tratabilidad de aguas residuales domésticas en biorreactores aerobios a escala piloto con las aguas residuales de la unidad básica de saneamiento (UBS) de una familia de 06 habitantes del caserío Santa Rosa en el distrito de Celendín. El estudio consistió en evaluar 04 reactores biológicos aireados operados en forma continua sin recirculación de lodos. Los resultados fueron los siguientes: se obtuvo una eficiencia de la remoción de la DBO del 77%, para los sólidos sedimentables una eficiencia superior al 99%.

## **2.2.Bases Teóricas**

### **2.2.1. Aguas residuales y su tratamiento**

#### ***2.2.1.1. Definición de aguas residuales***

Aguas residuales son aquellas cuyas propiedades se encuentran alteradas por el uso doméstico, industrial, agrícola u otros, así como las aguas que se evacuan junto a éstas en tiempo seco (aguas sucias) y las aguas pluviales que fluyen y se recogen de áreas edificadas y superficies urbanizadas (aguas pluviales). Como aguas sucias se consideran también aquellos líquidos que fluyen y son recogidos de plantas para el tratamiento, almacenamiento y deposición de residuos (Trapote, 2011).

El manejo de aguas residuales urbanas, como parte del manejo de aguas residuales en general, comprende la suma de todas las medidas específicas y ecológicas para el aprovisionamiento de las comunas, del artesanado y la industria con agua potable y/o útil en perfectas condiciones, así como la disposición de aguas residuales domésticas e industriales de estas áreas. La disposición de aguas residuales, como parte del manejo

de aguas residuales urbanas, comprende esencialmente la recolección, evacuación, tratamiento y eliminación de aguas residuales (Bernal, Cardona, Galvis y Peña, 2002)

**A) Aguas residuales domésticas:** son aquellas provenientes de las actividades domésticas cotidianas como lavado de ropa, baño, preparación de alimentos y limpieza, por lo cual son principalmente una combinación de heces humanas, heces de animales, orina y agua gris (Autoridad Nacional del Agua-ANA, 2013).

Según Fernández (2015), define a las aguas residuales como los líquidos provenientes de las viviendas o residencias, edificios comerciales e institucionales. También es usual la denominación de aguas negras, las cuales provienen de los inodoros, por lo tanto, transportan excrementos humanos y orinas ricas en sólidos suspendidos, Nitrógeno y coliformes fecales. Así mismo las aguas grises son aquellas que provienen de las tinajas, duchas, lavados de mano y lavadoras, aportando DBO, sólidos suspendidos, fósforo, grasas y coliformes fecales; siendo así, aguas residuales domésticas, sin incluir las de los inodoros. Estas, presentan un alto contenido de materia orgánica, compuestos químicos domésticos, como detergentes y compuestos clorados y microorganismos patógenos y no patógenos.

Las aguas residuales domésticas se clasifican de acuerdo a su composición, la cual varía según los hábitos de la población que las genera a diario según sus actividades (Tablas 1 y 2).

**Tabla 1***Parámetros para medir la concentración de las aguas residuales*

Parámetros	Concentración (mg/L)		
	Baja	Moderada	Alta
Sólidos Totales (ST)	350	720	1200
Sólidos Disueltos Totales (SD)	250	500	850
Sólidos Disueltos Fijos	145	300	525
Sólidos Disueltos Volátiles	105	200	325
Sólidos Suspendidos Totales	100	220	350
Sólidos Suspendidos Fijos	20	55	75
Sólidos Suspendidos Volátiles	80	165	275
Sólidos Sedimentables	5	10	20
Demanda Biológica de Oxígeno	110	160	400
Demanda Química de Oxígeno	250	320	1000
Carbono Orgánico Total (COT)	50	500	290
Nitrógeno (Total como	20	40	85
N – Orgánico	8	15	35
N – Amonio Libre	12	25	50
N – Nitratos	0	0	0
N – Nitritos	0	0	0
Fósforo (Total como fósforo)	4	8	15
P – Orgánico	1	3	5
P – Inorgánico	3	5	15
Cloruros*	30	50	100
Sulfato*	20	30	50
Alcalinidad (como CaCO <sub>3</sub> )	50	100	200
Grasa	50	100	150
Coliformes Totales	106 - 107 UFC/100ml	107 – 108 UFC/100ml	107 – 109 UFC/100ml
Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)	<100µg/L	100 – 400	> 400 µg/L

Fuente: Metcalf y Eddy, 2003

*Los valores se deben aumentar en la cantidad en que estos compuestos se hallen presentes en las aguas de suministro.*

**Nota:** Valores en mg/L a menos que se especifique lo contrario.

**UFC.** Unidades formadoras de colonia por milímetro de muestra.

**Tabla 2**

*Valores máximos y mínimos permitidos en parámetros convencionales de las aguas residuales domésticas*

Parámetro	Concentración (mg/L)	
	Mínima	Máxima
Sólidos Totales (ST)	1132	130475
Sólidos Volátiles Totales	353	71402
Sólidos Suspendedos Totales	310	93378
Sólidos Suspendedos Volátiles	95	21500
Demanda Biológica de Oxígeno	440	78600
Demanda Química de Oxígeno	1500	703000
Nitrógeno Total	66	1060
Nitrógeno Amoniacal	3	116
Fósforo Total	20	760
Alcalinidad	522	4190
Grasas	208	23368
Ph	1.5	12.6
Coliformes totales	107/100mL	109/100mL
Coliformes fecales	108/100mL	109/100mL

(Fuente: Melcalf y Eddy, 2003.)

En lo que se refiere a la composición de compuestos químicos, las aguas residuales domésticas pueden contener varios tipos de proteínas (albúminas, globulinas y enzimas industriales como los detergentes) producto de la actividad microbiana en las propias aguas residuales domésticas; carbohidratos como glucosa, sacarosa, almidón y celulosa; y grasas animales y aceites, provenientes de los alimentos, junto con los respectivos productos de la degradación de los compuestos mencionados, así como sales inorgánicas y otros compuestos inertes (Centa, 2008).

**B) Aguas Residuales Industriales:** Son aquellas que resultan del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras (Martínez & Escobar, 2008)

**C) Aguas Residuales Municipales:** Son aquellas aguas residuales domésticas que pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial previamente tratadas, para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado (Noyola et al., 2013).

#### **2.2.1.2. Tratamiento de Aguas Residuales**

El objetivo de cualquier tratamiento es eliminar los componentes definidos como contaminantes, molestos o con efectos nocivos para el medio ambiente, ajustar la calidad del agua vertida a las especificaciones legales, proteger la salud y promover el bienestar de una sociedad en general (Ramalho, 2000)

Un sistema de tratamiento de aguas residuales es seleccionado de acuerdo a los objetivos que se fijan al buscar la remoción de los contaminantes. Existen diferentes sistemas de tratamiento que implican procesos biológicos, procesos fisicoquímicos y en ocasiones se presentan ambos. Los sistemas de tratamiento son nombrados de acuerdo al principio de operación, ejemplo, lodos, lodos activados, zanjas de oxidación, lagunas anaerobias, película fija, entre otros. Cuando se tiene involucrado un sistema de tratamiento de aguas de tipo anaerobio o aerobio se pueden distinguir hasta cuatro etapas, que comprenden los mencionados procesos químicos, físicos y biológicos (Rodríguez-Miranda, García, & Pardo, 2015).

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento es responsable de la administración de la base de datos del monitoreo de los efluentes de las PTAR, por lo que los titulares de las actividades están obligados a reportar periódicamente los resultados del monitoreo de los parámetros regulados en el Anexo de la presente norma, de

conformidad con los procedimientos establecidos en el Protocolo de Monitoreo aprobado por dicho Sector. El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento deberá elaborar y remitir al Ministerio del Ambiente dentro de los primeros noventa (90) días de cada año, un informe estadístico a partir de los datos de monitoreo presentados por los Titulares de las PTAR, durante el año anterior, lo cual será de acceso público a través del portal institucional de ambas entidades (Ministerio del Ambiente, 2010)

**Tabla 3**

*Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR.*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>LMP de Efluentes para Vertidos a Cuerpos de Agua</b>
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	10 000
DBO	mg/L	100
DQO	mg/L	200
pH	Unidad	6,5 – 8,5
T°	°C	< 35
SST	ml/L	150

Fuente: Ministerio del ambiente. Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

Existe una normativa nacional que respalda y da seguimiento al tratamiento de aguas residuales:

- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.
- Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos.
- Ley N° 26338, Ley General de los Servicios de Saneamiento.
- Ley N° 26842, Ley General de Salud.



## 2.2.2. Tratamiento de aguas residuales mediante el Sistema de Decantación.

**A.1. Clases de sedimentación y elementos de tratamiento.** Los distintos elementos de tratamiento que encontramos en las plantas depuradoras de aguas residuales, ya sean desarenadores, decantadores primarios, decantadores secundarios o espesadores de fangos pueden relacionarse mayoritariamente con un tipo de sedimentación ideal de partículas: la discreta, flocculenta, zonal o retardada o la de compresión (Ramalho, 2000). Se incluye en la siguiente tabla 4 la relación entre las distintas clases de sedimentación, así como una breve descripción de las mismas, también la concentración característica de sólidos en ellas y el proceso de tratamiento que se da en las estaciones depuradoras de aguas residuales (Fernandez, 2015).

**Tabla 4**

*Tipos de sedimentación y tratamiento de aguas residuales*

<b>Tipo sedimentación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Concentración sólidos</b>	<b>Proceso</b>
I. No flocculenta (Discreta)	Partículas no flocculadas (discretas). Las partículas son sostenidas hidráulicamente y sedimentan de manera independiente.	Muy baja	Desarenado
II. Flocculenta	Las partículas flocculan entre sí, formando partículas más grandes, sostenidas hidráulicamente que sedimentan.	Baja	Decantación Primaria
III. Zonal (Retardada)	Las partículas flocculadas sedimentan conjuntamente por capas o zonas y están hidráulicamente sostenidas.	Alta	Decantación Secundaria
IV. Compresión	Las partículas incrementan el contacto entre ellas, las cuales son mecánicamente sostenidas por las situadas encima. Como las capas o zonas están comprimidas, el agua (clarificada) es expulsada hacia arriba.	Muy Alta	Espesamiento de fangos

Fuente: Trapote , 2011

**A.2. Factores perturbadores de sedimentación en decantadores.** El rendimiento del proceso en un tanque de sedimentación puede reducirse debido al efecto de parámetros hidráulicos, tales como turbulencias en la circulación de la masa de agua, perturbaciones de arrastre por velocidad, cortocircuitos, interferencias de entrada y de la salida de agua (Del Villar, 2010).

Así por ejemplo, la velocidad de sedimentación de suspensiones floculantes depende de las características de las suspensiones: concentración de partículas y tamaño de las mismas; de las características hidráulicas de los sedimentadores y de la existencia de procesos concomitantes, como floculación por diferencia de velocidades de sedimentación de los flóculos, influencia de la turbulencia y variación de los gradientes de velocidad. Estos procesos deben ser considerados a la hora del diseño práctico de los decantadores (Del Villar, 2010).

Los factores que influyen en el proceso de decantación son: a) Calidad de agua: Las variaciones de concentración de materias en suspensión modifican, en primer lugar, la forma de sedimentación de las partículas, así como las propiedades de las partículas modifican la forma de sedimentación (partículas discretas y floculentas). Adicionalmente, variaciones de concentración de partículas o de temperatura producen variaciones de densidad del agua y originan corrientes cinéticas o térmicas que, a su vez generan cortocircuitos hidráulicos en las unidades. Al entrar agua más fría al sedimentador, la masa de agua se desplaza por el fondo de este y produce el tipo de corriente indicada en la Figura 1.a), en cambio, con agua más caliente, se produce el fenómeno inverso, que aparece indicado en la figura 1 (Hernández , 2001).

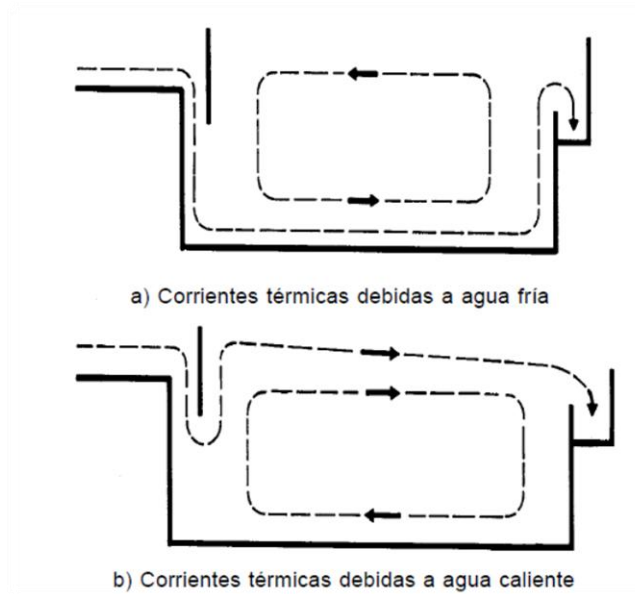


Figura 1. Corrientes térmicas en decantador horizontal  
Fuente: Hernández, 2001

b) Condiciones hidráulicas: Los criterios y parámetros hidráulicos de diseño tienen gran influencia en la eficiencia de los decantadores y c) Factores externos: Paradójicamente, los factores externos al proceso de sedimentación, como procesos previos a la sedimentación, prácticas operacionales y factores ambientales, son los que tienen más influencia en la eficiencia de un decantador. La buena o inadecuada coagulación y floculación ocasionan, respectivamente, altas o bajas eficiencias en los decantadores (Hernández, 2001).

**A.3. Decantadores primarios.** El objetivo de la decantación primaria en las plantas de tratamiento de aguas residuales, es la reducción de los sólidos en suspensión SS, bajo la exclusiva acción de la gravedad; como efecto secundario se eliminará también un cierto porcentaje de DBO<sub>5</sub> y de bacterias. El fundamento de la decantación es la reducción de la velocidad de la corriente por debajo de un determinado valor, función de la eficacia deseada en la decantación (Hernández, 2001).

Los tanques de sedimentación primaria pueden proporcionar el principal grado de tratamiento del agua residual, o se pueden emplear como paso previo al tratamiento

posterior. Cuando se utilizan como único medio de tratamiento sirven para la eliminación de: sólidos sedimentables; aceite libre, grasas, y otras materias flotantes; y parte de la carga orgánica vertida a las aguas receptoras. Cuando los tanques de sedimentación primaria se emplean como paso previo de tratamientos biológicos, su función es la reducción de la carga afluente en las unidades de tratamiento biológico. Los tanques de sedimentación primaria bien dimensionados y explotados con eficiencia eliminan entre el 50 y el 70 % de sólidos suspendidos y entre el 25 y 40 % de la DBO<sub>5</sub> (Trapote, 2011).

*A.3.1 Tipología de sedimentación predominante.* Si todos los sólidos del agua residual fueran partículas discretas de tamaño, densidad, peso específico y forma relativamente uniformes, la eficiencia de eliminación de dichos sólidos dependería del área superficial del tanque y del tiempo de retención hidráulico.

En ésta situación, suponiendo que las velocidades de circulación horizontales se mantengan por debajo de las de arrastre, la profundidad del tanque no tendría importancia, sin embargo, los sólidos de la mayoría de las aguas residuales no se ajustan a estas características regulares, sino que son de naturaleza heterogénea, y sus condiciones varían desde la dispersión toral hasta la floculación completa (Hernández, 2001).

El agua residual bruta que entra en los tanques de sedimentación primaria, incluye habitualmente partículas discretas y floculentas, éstas últimas están solo parcialmente floculadas, aunque son susceptibles de flocular. La floculación se ve favorecida por el movimiento turbulento del fluido en el interior del tanque y prosigue a través de la coalescencia de las partículas finas, a una velocidad que es función de su concentración y de su aptitud natural de las partículas para agregarse en la colisión. Por lo tanto, la coalescencia de una suspensión de sólidos se torna más completa a medida que transcurre el tiempo. Por esta razón, el tiempo de retención también se deberá tener en cuenta en el proyecto de los tanques de sedimentación. Sin embargo, el mecanismo de la floculación

es tal que, al aumentar el tiempo de sedimentación, la coalescencia de las partículas restantes tendrá lugar cada vez en menor grado (Peñuela, 2010).

**A.4. Decantadores Secundarios.** El tratamiento secundario de las aguas residuales tiene dos objetivos: por un lado, lograr la transformación o estabilización de la materia orgánica, por el otro la coagulación y eliminación de los sólidos coloidales no sedimentables. Puesto que estos procesos se llevan a cabo por vía biológica, el tratamiento secundario más ampliamente extendido consta de un reactor biológico y de un decantador secundario (Hernández, 2001).

El procedimiento de un reactor biológico consiste en provocar el desarrollo de un cultivo bacteriano, estos microorganismos asentados en flóculos asimilan aeróbicamente la materia orgánica del agua afluyente a depurar (Trapote, 2011).

El objetivo de la decantación en un tratamiento secundario, es separar los sólidos formados en el reactor biológico. El decantador secundario puede realizar dos funciones: clarificación y espesamiento. La clarificación es la separación de los sólidos del agua procedentes del reactor biológico para producir un efluente clarificado, con bajo contenido de sólidos en suspensión. El espesamiento es el transporte de las partículas de fango hacia el fondo del decantador, resultando una corriente de lodos con alta concentración de sólidos en suspensión (Peñuela, 2010).

### **2.2.3. Sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Cajabamba.**

El Diseño de la Planta de Tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la ciudad de Cajabamba está conformado por las siguientes áreas.

#### **Área de drenaje**

La nueva planta de tratamiento de aguas residuales de Cajabamba estará dirigida a tratar aproximadamente el 62% del total de los desechos líquidos a ser producidos en la ciudad de

Cajabamba. El saldo de las aguas residuales, serán tratadas en la segunda planta de tratamiento de aguas residuales y en dos tanques sépticos existentes en la localidad (Nippon Jogesuido Sekkei Co., 2005).

### **Área reservada para la construcción de la planta de tratamiento**

El área reservada para la construcción de la planta de tratamiento se ubica al sur la localidad de Cajabamba a orillas de una pequeña quebrada que desemboca al río Lanla y abarca una extensión de 6770 metros cuadrados. El terreno disponible está localizada entre las cotas 2,555 y 2,525 msnm, existiendo una diferencia altitudinal entre ambos extremos de 30 metros en una longitud de 62 metros, el cual representa una pendiente promedio de casi 50% (Nippon Jogesuido Sekkei Co., 2005).

El acceso del terreno se realiza por medio de un camino carrozable que une la ciudad de Cajabamba con la parte baja del valle.

**Bases de diseño.** Las bases de diseño correspondiente a la PTAR – 1 se indican en las siguientes tablas.

#### *a.- Población*

**Tabla 5**  
*Población Total, Cobertura y Población Servida*

<b>Año</b>	<b>Población total Hab</b>	<b>Cobertura (%)</b>	<b>Población servida hab</b>	
0	2007	8,805	84,66%	7,454
1	2008	9,103	90,00%	8,193
5	2012	9,575	90,39%	8,655
10	2017	10,130	90,90%	9,208
15	2022	10,635	91,50%	9,731
20	2027	11,090	92,00%	10,203

Fuente: Nippon Jogesuido Sekkei Co, 2005

*b.- Cantidad de Aguas Residuales Crudas*

**Tabla 6**  
*Caudales a ser drenados a la PTAR*

Año		Población Servida	Caudal Promedio		Caudal Máximo	
			Hab	m <sup>3</sup> /d	L/s	m <sup>3</sup> /d
0	2007	7,454	901	10.4	1,867	21,64
1	2008	8,193	680	7.9	1,483	17,15
5	2012	8,655	719	8.3	1,555	18
10	2017	9,208	767	8.8	1,642	19,03
15	2022	9,731	812	9.4	1,724	19,94
20	2027	10,203	853	9.9	1,800	20,83

Fuente: Nippon Jogesuido Sekkei Co, 2005

*c.- Calidad de las Aguas Residuales Crudas*

**Tabla 7**  
*Contribución orgánica de las aguas residuales*

Año		Población Servida	Caudal promedio		Carga Orgánica (DBO)		
			hab	m <sup>3</sup> /d	L/s	g/hab-d	kg/d
0	2007	7,454	901	10,4	45	335	372
1	2008	8,193	680	7,9	45,2	370	545
5	2012	8,655	719	8,3	46,2	400	556
10	2017	9,208	767	8,8	47,4	436	569
15	2022	9,731	812	9,4	48,7	474	584
20	2027	10,203	853	9,9	50	510	598

Fuente: Nippon Jogesuido Sekkei Co, 2005

**Caudal de tratamiento.** Por la poca diferencia de caudal entre los años 10 y 20 del proyecto, y la geomorfología natural del terreno reservado para la construcción del sistema de tratamiento de aguas residuales, se ha considerado que el diseño y construcción del sistema de tratamiento debe ejecutarse para el horizonte del proyecto y definido para el año 2027. De esta manera, los dos tanques Imhoff, los filtros percoladores y sedimentadores secundarios tendrán capacidad para tratar el caudal correspondiente al

año 2027 y equivalente a 9,9 L/s. Con respecto al diseño de los procesos de pre-tratamiento, así como de los conductos de alimentación y drenaje, el diseño se ha ejecutado para el caudal máximo horario del año 20 y estimado en 20.8 L/s (Nippon Jogesuido Sekkei Co., 2005).

***Criterios de calidad de aguas residuales aplicados.*** El curso receptor de las aguas residuales tratadas por la PTAR de la localidad de Cajabamba está compuesto por el río Lanla, el cual a su vez descarga al río Cajabamba, tributario del Condebamba, y este a su vez del río Crisnejas. Según la Resolución Jefatural N° 0291-2009-ANA de la Autoridad Nacional del Agua del Ministerio de Agricultura de fecha 01 de Junio de 2009, establece la vigencia de la Resolución Directoral N° 1152/2005/DIGESA/SA de fecha 04/05/05 de la Dirección General de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud hasta marzo del año 2010. La Dirección General de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud, ha calificado determinados ríos del país y entre ellos se tiene al río Hualgayoc, para el cual ha establecido la clase III. Es decir que la DBO no debe ser mayor a 15 mg/l y la concentración de coliformes termotolerantes no mayor a 1000 como NMP/100 ml (Nippon Jogesuido Sekkei Co., 2005).

De acuerdo con las autoridades del lugar, el río Lanla a donde descargará las aguas residuales tratadas de Cajabamba, en época de estiaje conduce un mínimo de 200 l/s que comparado con los 15,7 l/s de aguas residuales tratadas, representa una dilución de doce veces. Considerando las posibles condiciones que se presentarían al horizonte del proyecto, así como las condiciones establecidas para el curso receptor indicado líneas arriba, se tiene que la planta de tratamiento de aguas residuales debiera estar en condiciones de remover el 69,0% de la carga orgánica y el 99,97% de la carga microbiana además de los parásitos presente en las aguas residuales crudas. En resumen, la calidad del agua residual tratada debiera cumplir con los siguientes requisitos:



Demanda bioquímica de oxígeno : menor a 180 mg/l

Coliformes termotolerantes: menor a 1.0E+05 NMP/100 ml

Oxígeno disuelto : mayor a 3.0 mg/l

***Procesos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Cajabamba.*** Los procesos de tratamiento con que constará la PTAR de Cajabamba son:

- Reja media
- Canal de alimentación
- Tanque Imhoff
- Filtro percolador
- Sedimentador secundarios
- Estación de bombeo de lodos
- Canal de recolección y disposición final

#### **2.2.4. Parámetros para determinar la Eficiencia en el tratamiento de aguas residuales en Cajabamba.**

***Eficiencia o Rendimientos de los tratamientos de aguas residuales.*** El objetivo fundamental del tratamiento de las aguas residuales, es producir un efluente que puede ser descargado en el medio ambiente sin causar serios impactos. Ello supone alcanzar unos determinados rendimientos o tasas de eliminación de los contaminantes (Jover, 2015).

El rendimiento o eficiencia en la depuración se valora como la diferencia entre los valores de la concentración del sustrato a la entrada y a la salida de un proceso concreto, o a la salida de una planta depuradora. El rendimiento se puede expresar tanto en términos porcentuales como absolutos, siendo  $S_0$  la concentración del sustrato en el afluente y  $S$  es la concentración en el efluente, el rendimiento ( $r$ ) o Eficiencia ( $E$ ) del tratamiento de

aguas residuales sería en términos porcentuales (Gutiérrez, Nelson, Valencia, Aragon, & Renso, 2014).

Ecuación 1: Eficiencia

$$r(\%) = E(\%) = \left( \frac{S_0 - S}{S_0} \right) * 100 \quad (1)$$

Donde:

$S_0$  : Valor del parámetro al ingreso de la PTAR

$S$  : Valor del parámetro a la salida de la PTAR

$E$  :Eficiencia

Muchos son los factores que afectan las eficiencias de remoción de carga contaminante en este tipo de tratamiento, ya que la anaerobiosis es un proceso complejo sobre cuya naturaleza constantemente se hacen nuevos descubrimientos y se revalúan teorías. Entre estos factores podemos contar con: el medio de soporte (área superficial, porosidad, altura del lecho), el tiempo de residencia hidráulico (TRH), la configuración de los reactores, la temperatura, pH, nutrientes (Galvez, 2013)

**2.2.4.1. Parámetros para determinar la Eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en Cajabamba.** Los parámetros que serán analizados para determinar la eficiencia de la PTAR son: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Relación DBO/DQO, Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Coliformes Termotolerantes.

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).** La demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) es una prueba usada para la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y en general aguas residuales; su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos

receptores. Los datos de la prueba de la DBO se utilizan en ingeniería para diseñar las plantas de tratamiento de aguas residuales. En aguas residuales domésticas, el valor de la DBO representa en promedio un 65 a 70% del total de la materia orgánica oxidable. La DBO como todo ensayo biológico, requiere cuidado especial en su realización, así como conocimiento de las características esenciales que deben cumplirse, con el fin de obtener valores representativos confiables (Cisterna & Peña, 2009).

*Demanda Química de Oxígeno (DQO).* La demanda química de oxígeno, DQO, corresponde a la cantidad de oxígeno requerida para oxidar completamente por medios químicos los compuestos orgánicos a CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. En la práctica, la materia orgánica en agua es oxidada por K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> bajo condiciones estrictas (en medio de ácido sulfúrico concentrado, y a una temperatura de 160 °C). La cantidad de oxígeno del dicromato usado, es determinada y expresada como DQO. Se debe destacar que la DQO no incluye el oxígeno que convierte el nitrógeno reducido a nitrato. En cuanto al sulfuro reducido (R-SH S<sub>2</sub>), sin embargo, es oxidado a sulfuro por los agentes químicos y por consiguiente se incluye en el valor de DQO (Correa, Cuervo, Mejía, 2013).

La DQO se basa en la oxidación química de la materia orgánica e inorgánica, presente en las muestras de agua, con dicromato de potasio y ácido sulfúrico a ebullición (digestión). La cantidad de materia oxidable se mide como oxígeno equivalente y es proporcional al oxígeno consumido. Volúmenes pequeños de muestras de aguas son pipeteados dentro de frascos que contienen reactivos pre medidos, incluyendo catalizadores y compensadores de la interferencia de los cloruros. Los frascos son incubados hasta que la digestión es completa y entonces enfriados. La medición de DQO es realizado con un espectrofotómetro, instrumento usado en la física óptica que sirve para medir, en función de la longitud de onda, la relación entre valores de una misma magnitud fotométrica relativos a dos haces de radiaciones. Se expresa en mg/L de oxígeno

y proporciona una medida de la cantidad de sustancias, bajo las condiciones en las que se efectúa esta prueba (Aguilar, 2015).

*Relación DQO/DBO.* La DBO y la DQO son los parámetros más importantes en la caracterización de las aguas residuales. Es posible para un agua superficial o residual correlacionar su valor de DBO y DQO, para estimar la DBO con un valor conocido de DQO. Desde luego, la muestra de agua deberá provenir siempre del mismo origen, y tener dentro de un estrecho margen de variación, las mismas cualidades entre cada muestreo y análisis efectuado. La relación DQO/DBO es un indicador de que tan biodegradable es el agua residual. El agua residual doméstica, presenta relaciones cercanas a 2:1; en la medida que la relación vaya creciendo es indicativo que la materia oxidable presente es menos apta para ser consumida por los microorganismos (Cisterna & Peña, 2009).

Las ventajas que se puede observar del método de la DQO frente a la DBO son:

- Es más rápido que la DBO (dura unas 3 horas).
- Es aplicable cuando las aguas contaminadas contienen agentes tóxicos para los microorganismos, ya que en este caso la DBO daría valores de materia orgánica mucho más bajo de lo que realmente hay, pues los microorganismos murieran y consecuentemente se consume menos oxígeno. Dado que el compuesto químico oxidante es mucho menos selectivo que los microorganismos, toda la materia oxidable presente se oxidará (incluso aquella que no sería descompuesta por microorganismos). Por lo tanto, los valores obtenidos de DQO serán superiores (o como mínimo iguales) a los valores de DBO. Normalmente se acepta que si el valor de la relación DBO/DQO es de aproximadamente 0.5 o más el agua es biodegradable, mientras que si es menor de 0.5 se considerará difícilmente biodegradable (Cisterna & Peña, 2009).

**Tabla 8**

*Cociente Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)/ Demanda química de Oxígeno (DQO)*

<b>AGUA BIODEGRADABLE</b>	<b>AGUA DIFÍCILMENTE BIODEGRADABLE</b>
DBO/DQO mayor o igual 0,25	DBO/DQO menor 0,25

Fuente: Adaptado de Metcalf & Eddy, 2003

*Sólidos Suspendidos Totales (SST)*. Es uno de los factores más importantes cuando se trata de averiguar la naturaleza de un agua residual y sus cambios una vez ha sido sometida a un proceso de tratamiento, los análisis de sólidos suspendidos totales se realizan con aras a evaluar y controlar las unidades de tratamiento diseñadas a mejorar la calidad del efluente (Zapata, Hernandez, & Oliveros, 2015).

Los sólidos en suspensión son aquellos que se encuentran en el agua sin estar disueltos en ellas, pueden ser sedimentables o no y, para determinar su cantidad en forma directa es complicado, para ello se calcula matemáticamente conociendo la cantidad de sólidos no sedimentables y de sólidos en suspensión y realizando una diferencia de estas dos medidas (Hidalgo Santana & Mejía Alvarez, 2010).

Por definición, un sólido suspendido es aquel que puede retenerse en un filtro estándar de fibra de vidrio cuyo diámetro nominal sea 1.2 µm. Los sólidos que pasen a través de dicho filtro representan la fracción filtrable que está compuesta por los sólidos coloidales y los sólidos disueltos. El origen de los sólidos suspendidos es muy amplio y diverso, casi todos los usos del agua aportan sólidos suspendidos al agua residual, es decir, las fuentes de sólidos suspendidos pueden ser domésticas, pecuarias, agrícolas e industriales, además de ocurrir en forma natural (Correa, Cuervo, Mejía , 2013).

*Coliformes Termotolerantes*. Los Coliformes fecales y *E. coli* en particular, se han seleccionado como indicadores de contaminación fecal debido a su relación con el grupo tifoide-paratifoide y a su alta concentración en diferentes tipos de muestras. Los Coliformes fecales son un subgrupo de los Coliformes totales, capaz de fermentar la lactosa a 44.5°C. Aproximadamente el 95% del grupo de los Coliformes presentes en heces fecales, están formados por *Escherichia coli* y ciertas especies de *Klebsiella*. Ya que los Coliformes fecales se encuentran casi exclusivamente en las heces de animales de sangre caliente, se considera que reflejan mejor la presencia de contaminación fecal. Otro de los aspectos negativos del uso de los Coliformes totales como indicador es el hecho de que algunos Coliformes son capaces de multiplicarse en el agua (Campos, 2003).

Los Coliformes fecales se denominan Termotolerantes por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas. Esta denominación está ganando más adeptos actualmente, pues sería una forma más apropiada de definir este subgrupo que se diferencia de los Coliformes totales por la característica de crecer a una temperatura superior. Su uso se ha restringido para aguas tratadas y aguas minerales. Para aguas superficiales o para evaluar la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales deben usarse los Coliformes fecales. Solamente deberá recurrirse a los Coliformes totales si no hay condiciones para cuantificar los Coliformes fecales (Campos, 2003).

### 2.3. Definición de Términos Básicos

Para la presente investigación se han empleado los siguientes términos básicos:

- **Aireación del agua:** Término para definir la acción de airear, ventilar o inyectar aire al agua cuyo efecto da lugar a la disolución de una pequeña parte de oxígeno en el agua (OD).
- **Aguas residuales:** Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios, agrícola, pecuario, de las plantas de tratamiento y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.
- **Aportación de aguas residuales:** Se designa al volumen de aguas residuales que genera cada persona en forma diaria, se define en l/hab/d.
- **Cobertura de alcantarillado sanitario:** Porcentaje de la población que habita en viviendas particulares, cuya vivienda cuenta con un desagüe conectado a la red pública de alcantarillado sanitario, a una fosa séptica, a un río, lago o mar, o a una barranca o grieta.
- **Cuerpo receptor:** La corriente o depósito natural de agua, presas, cauces, zonas marinas o bienes nacionales donde se descargan aguas residuales, tratadas o no así como los terrenos en donde se infiltran o inyectan dichas aguas, cuando puedan contaminar los suelos, el subsuelo o los acuíferos.
- **Dotación de agua potable:** Volumen de agua potable suministrado a los habitantes por día, l/hab-d.
- **DBO<sub>5</sub>:** Demanda bioquímica de oxígeno determinada en el laboratorio en cinco días, expresada en mg/L.
- **DQO:** Demanda Química de Oxígeno, expresada en mg/L.

- **Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento (EPS Saneamiento):** Es aquella empresa o institución pública, municipal o mixta, constituida con el exclusivo propósito de brindar servicios de saneamiento en el ámbito urbano. Es quien produce, distribuye y comercializa el agua potable, y quien se encarga de la recolección, tratamiento y disposición final de las aguas servidas, la recolección de las aguas provenientes de las lluvias y la disposición sanitaria de excretas.
- **Entidad de Fiscalización Ambiental (EFA):** Entidad pública de ámbito nacional, regional o local que tiene atribuida alguna o todas las acciones de fiscalización ambiental, en sentido amplio. Excepcionalmente, y por disposición legal, puede ser considerada EFA aquel órgano de línea de la entidad que se encuentre facultado para realizar funciones de fiscalización ambiental.
- **Estándar de Calidad Ambiental (ECA):** Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente.
- **Fiscalización Ambiental:** Acción de control que realiza una entidad pública dirigida a verificar el cumplimiento de las obligaciones ambientales fiscalizables de un administrado, sea una persona natural o jurídica de derecho privado o público. Comprende las acciones de fiscalización ambiental que son ejercidas por el OEFA y las EFA de acuerdo a sus competencias, y puede ser entendida en sentido amplio y en sentido estricto.
- **Fiscalización ambiental en sentido amplio:** Comprende las acciones de vigilancia, control, monitoreo, seguimiento, verificación u otras similares que se enmarcan dentro de las funciones de evaluación, supervisión, fiscalización y



sanción con la finalidad de asegurar el cumplimiento de obligaciones ambientales fiscalizables.

- **Fiscalización ambiental en sentido estricto:** Comprende la facultad de investigar la comisión de posibles infracciones administrativas y la de imponer sanciones y medidas correctivas.
- **INEI:** Instituto Nacional de Estadística y Geografía (antes, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática).
- **Límite Máximo Permisible (LMP):** Es la medida de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan al efluente o una emisión, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.
- **MINAM.** Ministerio del Ambiente.
- **NMP/100 ml :**Unidad o número probabilístico en que se determina la presencia estadística de organismos coliformes determinados como Escherichia Coli en aguas contaminadas, pueden ser totales o fecales.
- **Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA):** Es un organismo público técnico especializado, con personería jurídica de derecho público interno, se encuentra adscrito al MINAM y se encarga de la fiscalización, supervisión, evaluación, control y sanción en materia ambiental, así como de la aplicación de incentivos. Es el ente rector del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental.
- **Organismo operador:** Entidad encargada y responsable de proporcionar a una localidad los servicios del suministro de agua potable, de alcantarillado sanitario y saneamiento.

- **Oxígeno disuelto:** Elemento químico disuelto en el agua residual, cuya concentración se mide en mg/l.
- **Plan de Manejo Ambiental:** Constituye el aspecto principal del EIA y contiene un conjunto estructurado de medidas destinadas a evitar, mitigar, restaurar o compensar los impactos ambientales negativos previsibles identificados, con ocasión de la actividad vial. Las medidas técnicas de mitigación de impactos que se proponen, están conceptual y legalmente apoyadas en los instrumentos técnicos y normativos nacionales para la actividad, así como a potenciar los impactos positivos, reducir o eliminar los negativos y compensar las pérdidas que se podrían ocasionar por la ejecución de las obras.
- **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas y/o Municipales:** Infraestructura y procesos que permiten la depuración de aguas residuales domésticas y/o municipales.
- **Reúso:** La explotación, uso o aprovechamiento de aguas residuales con o sin tratamiento previo.
- **Saneamiento:** Recolección y transporte del agua residual y el tratamiento tanto de ésta como de los subproductos generados en el curso de esas actividades, de forma que su evacuación produzca el mínimo impacto en el medio ambiente.
- **Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental (SINEFA):** Creado mediante Ley N° 29325, modificada por la Ley N° 30011, con la finalidad de articular las funciones de fiscalización ambiental a nivel nacional, regional y local.
- **Sólidos suspendidos totales (SST):** Partículas sólidas presentes en un líquido como el agua residual donde su concentración es expresada en mg/l.
- **Valores Máximos Admisibles (VMA):** Valor de la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos y/o químicos. - que caracterizan a un efluente no

doméstico que va a ser descargado a la red de alcantarillado sanitario, que al ser excedido causa daño inmediato o progresivo a las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias y equipos de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, y tiene influencias negativas en los procesos de tratamiento de las aguas residuales.





*Figura 3* Planta de tratamiento de aguas residuales de Cajabamba

#### **A. Georreferenciación del punto de muestreo**

- Ubicación: El lugar de muestreo está ubicado en el distrito de Cajabamba, el cual se ubica al Sur Este del departamento de Cajamarca.
- Altitud: 2651 msnm
- Latitud: 07°37'20"
- Longitud: 78°02'50"
- Superficie: 192,29 Km<sup>2</sup>
- Georreferencia del punto de muestreo:  
Coordenadas UTM: 17M 0824716 E, 9155699 N



*Figura 4 Puntos de muestreo de Punto N° 1 (afluente) y Punto N° 2 (efluente) de aguas residuales*

### **3.1.1. Características de la zona de estudio**

- a) Ubicación. La provincia de Cajabamba se encuentra situada en la Sierra Septentrional del Perú, al Sur del departamento de Cajamarca.
- b) Latitud. Cajabamba se encuentra entre los paralelos  $7^{\circ} 37' 20''$  de latitud sur.
- c) Longitud. Cajabamba se encuentra entre los meridianos  $78^{\circ} 02' 50''$  de longitud oeste del meridiano de Greenwich.
- d) Extensión. La extensión de Cajabamba se estima oficialmente en  $2025,15 \text{ Km}^2$ , según el Boletín Sexto Censo Nacional de Población de 1961, editado por el Instituto Nacional de Planificación; y según el Boletín Censos Nacionales de Población y Ocupación 1940, volumen I, editado por el ministerio de Hacienda y Comercio, es de  $1305 \text{ Km}^2$ .
- e) Población. Según el INEI de 2014, la población total proyectada del distrito de Cajabamba es de 30,561 habitantes.

**f) Límites.-**

- Por el Norte.- Esta marcado desde el Marañón hasta el fondo del valle de Condebamba, por el río Crisnejas y el que baja de Cajamarca y Jesús.
- Por el Sur.- Con el río Chusgón, desde su desembocadura en el Marañón.
- Por el Este.- Partiendo del Tingo, o confluencia del Crisnejas con el Marañón.
- Por el Oeste.- El límite es el río Marañón que nos separa de la provincia de Bolívar.

**g) Capital.** La capital de la provincia es la ciudad de Cajabamba, que se encuentra a 2651 m.s.n.m

**h) Hidrografía .**Tres son los principales ríos de nuestra provincia: El Condebamba, el Crisnejas y el Marañón.

**i) Clima de la provincia.** Dada a la quebrada configuración orográfica de nuestra provincia, el clima es muy variado: En la punas o alturas es frío; en los valles el clima es ardiente, o caluroso, alcanzando en algunas épocas del año hasta más de 30° C, valles aquellos donde reinó el paludismo, erradicado por hoy. En las zonas intermedias, o sea las comprendidas entre las punas y los valles, el clima es templado, en estas regiones el termómetro oscila entre 12 y 22° C.

**j) Ganadería de la Provincia**

Se cría: Ganado vacuno, lanar, caballar, porcino, caprino; sobresaliendo Jocos que tiene una importante lechería de ganado Holstein.

**k) Agricultura.** La provincia es eminentemente agrícola, aunque no se emplea el debido tecnicismo en la explotación de los terrenos, pero con métodos aunque rudimentarios en su mayoría hay producción de productos de acuerdo a los climas; así tenemos el cultivo de cereales, como son: Trigo, maíz, cebada y arroz.

**D) Vías de comunicación.** Cajabamba posee carreteras a Cajamarca y Trujillo; además a los distritos de Sitacocha, Condebamba y Cachachi. También tiene carretera Cauday,

Jocos, Lluchubamba, Huayllabamba y la laguna de Quengococha, pasando por el asilo de ancianos, en Lulichuco.

### **3.2. Materiales**

Para el presente trabajo de investigación se han considerado los materiales que a continuación se mencionan:

#### **3.2.1. Materiales de Laboratorio y Equipos**

##### Materiales

- Botellas de Polipropileno de 2000 mL.
- Botellas Winkler de aproximadamente 300 mL de capacidad
- Garrafa con llave de 20 L de capacidad y con dispensador o mangueras.
- Microespátula metálica.
- Balón aforado de 1L Clase A
- Balones aforados de 100 mL Clase A.
- Pipetas graduadas de 10 mL. Clase B
- Pipetas graduadas de 10 y 20 mL boca ancha.
- Probetas de 250 y 500mL.
- Agua destilada
- Caolín coloidal USP ( United States Pharmacopoeia XIII)
- Botellas de Polipropileno.
- Aparato completo para filtración por membrana, fabricado en plástico (policarbonato), para membranas de 47 mm de diámetro, capacidad de 250 mL, para ser utilizado para filtración al vacío o a presión, con recipiente receptor de filtrado.
- Filtros de fibra de vidrio, diámetro 47 mm
- Cápsulas de aluminio de 65 mm de diámetro, para pesar.



- Pinzas metálicas para manejo de las cápsulas de aluminio y de los filtros de fibra de vidrio.
- Microespátula metálica para manejo de los filtros de fibra de vidrio.
- Desecador para SST.
- Probetas de vidrio de 100, 250 y 500 mL.
- Frasco lavador.

### Equipos

- Medidor de oxígeno marca YSI, modelo 52.
- Balanza analítica de cuatro cifras decimales (Mettler Toledo AG 204)
- Incubadora (Sargent - Welch. Frigidaire).
- Método empleado (Fernández & Curt, 2011)
- Bureta digital marca Metrohm, modelo Dosimat 775, con una capacidad de 20 ml y una resolución de 0.002 mL, y un agitador magnético complementario.
- Bureta de vidrio marca Kimax, con una capacidad de 10 mL y una resolución 0.02 mL.
- Bureta de vidrio dispensadora, con una capacidad de 50 mL y una resolución 0.1 mL.
- Balanza analítica con aproximación de 0.0001 g.
- Microdigestor para micro DQO, diseñado para mantener una temperatura constante de operación de 150°C.
- Termoreactor para DQO marca E & Q., diseñado para mantener una temperatura constante de operación de 150°C (Fernández & Curt, 2011).
- Horno digital (ED 53 WTB Binder)
- Balanza analítica de cuatro cifras decimales (Mettler Toledo AG 204)
- Bomba de vacío (Emerson Gast) (Fernández & Curt, 2011).
- Incubadora.

- Balanza.
- Incubadora Digital.
- Plancha
- Autoclave Electrico. Calibrado en temperatura, presión y tiempo.
- Bomba de vacío.
- Equipo completo de filtración por membrana que incluye: Bomba de vacío (115/60), soporte para embudo, embudo, portafiltros, trampas para vacío y base manifold de 6 puestos (Fernández & Curt, 2011).

### **3.3. Metodología empleada**

Para realizar el muestreo de calidad de aguas residuales se han seguido los procedimientos descritos a continuación:

- Se organizaron las botellas rotuladas, los reactivos, formatos e insumos para los muestreos realizados.
- Cuando se llegó al punto de muestreo, se solicitó la colaboración necesaria para efectuar el muestreo.
- Se registró la fecha y hora de la toma de muestras.
- Con ayuda del GPS se determinó la latitud, longitud y altitud del sitio exacto de vertimiento y se registró en el formato de captura de datos, en el numeral correspondiente.
- Se escribió con letra legible el nombre del responsable del muestreo.
- Se midió el caudal del efluente por el método volumétrico manual, empleando el cronómetro y uno de los baldes aforados.
- Se colocó el balde bajo la descarga de tal manera que reciba todo el flujo; simultáneamente activó el cronómetro. Se tomó un volumen de muestra entre 1 y 10 L, dependiendo de la velocidad de llenado, y se midió el tiempo transcurrido desde

el inicio hasta la finalización de la recolección de la descarga; siendo Q el caudal (en litros por segundo, L/s), V el volumen (en litros, L), y t el tiempo (en segundos, s), el caudal se calculó como  $Q = V / t$ , para ese instante de tiempo.

- Para cada recogida de muestra para medir los sólidos sedimentables. Se llenó el frasco de polietileno a la marca de 200 ml con una muestra bien mezclada.
- Se etiquetaron las botellas antes del llenado. Los rótulos cuentan con la información de los análisis y la preservación respectiva. Se anotó el o punto de vertimiento, fecha y responsable del muestreo.
- Se cubrió el rótulo con una cinta adhesiva transparente para evitar su deterioro.
- Se evitó la inclusión de objetos flotantes y/o sumergidos.
- Se tomó la muestra para análisis de coliformes, aceites y grasas ubicando directamente la botella bajo el flujo del efluente, hasta completar el volumen necesario sin dejarla rebosar.
- Se preservaron las muestras dependiendo del parámetro a analizar, se usó un frasco gotero y añadió cerca de 1 mL = 20 gotas del preservante adecuado por cada 500 mL de muestra.
- Se tapó cada botella y se agitó.
- Se colocó las botellas dentro de un cooler y se agregó refrigerantes para preservar las muestras.
- Se enjuagó con agua destilada los baldes y todos los elementos utilizados en el muestreo.
- Al terminar de diligenciar el Formato de toma de muestras se procedió a enviarlo junto con las muestras al laboratorio regional del agua, el mismo día del muestreo.

### **3.4. Métodos de ensayo utilizados para analizar los parámetros de Eficiencia**

#### **3.4.1. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22<sup>nd</sup> Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2012).

#### **3.4.2. Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22<sup>nd</sup> Ed. 2012: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2012).

#### **3.4.3. Sólidos Suspendidos Totales**

SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D, 22<sup>nd</sup> Ed. 2012: Solids. Total Suspended Solids Dried al 103 -105 °C (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2012).

#### **3.4.4. Aceites y grasas**

EPA Method 1664 Rev B 2010: n-Hexane Extractable Material (HEM, Oil and Greasel and Silioca Gel Treated n- Hexane Extractable Material (SGT-HEM, Nom-polar Material)by Extraction and Gravimetry. (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2012).

#### **3.4.5. Coliformes Termotolerantes**

SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B, C,E. 22<sup>nd</sup> Ed. 2012: Multiple – Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2012).

### **3.5. Muestreo**

Para realizar el muestreo se realizaron los siguientes procedimientos:

- La salida de campo para realizar la toma de muestras de aguas fue planificada durante los seis meses.
- Antes de la salida de campo se prepararon los frascos donde se tomaron las muestras de los afluentes y efluentes para cada uno de los parámetros a analizar de temperatura, sólidos suspendidos totales, DBO<sub>5</sub>, DQO, Coliformes termotolerantes, aceites y grasas.
- Una vez en campo se procedió a llenar cada frasco según el protocolo establecido por el laboratorio regional del agua para el análisis de cada parámetro.
- Se tomaron una muestra de los afluentes y una muestra de los efluentes durante seis meses consecutivos, desde enero hasta junio del año 2018.
- Una vez completada la toma de muestras, se procedió a trasladarlas el mismo día al laboratorio regional del agua para el análisis respectivo.

#### **3.5.1. Diseño de la investigación**

Primer paso, se recogió toda la información correspondiente al diseño de la Planta de Tratamiento de aguas Residuales (PTAR) de la ciudad de Cajabamba.

Segundo, se analizaron todas las consideraciones y/o especificaciones técnicas que se deben tener en cuenta en la operación y mantenimiento de la misma, es decir el registro de todos los procedimientos y protocolos para el procesamiento de las aguas residuales domésticas establecidos por la Autoridad Nacional del agua.

Tercero, se identificaron los puntos de muestreo de aguas residuales, determinándose un primer punto en el ingreso de las aguas en la PTAR y un segundo punto en la salida de las aguas residuales tratadas.

Cuarto, se recogieron y analizaron las muestras de aguas residuales en la entrada y a la salida de la PTAR, obtenidas durante el periodo de seis meses.

Quinto, se realizó un análisis estadístico y la posterior discusión de los resultados obtenidos, para luego establecer una propuesta para mejorar del tratamiento de aguas residuales.

Sexto, se redactaron las conclusiones respectivas.

El tipo de diseño de la presente investigación , fue aplicada, de campo, descriptiva, de fuente primaria, transversal y no experimental, donde se realizó la observación y muestreo directo en campo, luego se desarrolló un sistema teórico, trazando definiciones operacionales de las proposiciones y conceptos de la teoría y luego se aplicó empíricamente a un conjunto de datos.

### **3.5.2. Número de muestras a determinar**

#### ***Determinación de los puntos de muestreo, fechas y recolección de muestras***

*Puntos de muestreo.* El estudio de campo se basa específicamente en los puntos de ingreso y de descarga de aguas residuales tratadas por la PTAR, de ellos se seleccionaron ambos puntos por conveniencia, el punto N°1 se ubicó en la zona de ingreso de las aguas residuales domésticas a la PTAR y el punto N° 2 se ubicó en la salida de las aguas residuales después del tratamiento realizado por la PTAR, cuya ubicación se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 9***Ubicación de los puntos de muestreo de aguas residuales de la PTAR de Cajabamba*

COORDENADAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL UTM			
(CUADRANTE 17M DEL SISTEMA WGS84)			
Punto	Coordenada	Coordenada	Altitud
	Este (m)	Norte(m)	(m.s.n.m.)
P1	175229.9	844282.5	2544
P2	175295.9	844320.6	2539

*Fechas de recolección de muestras.* El periodo de recolección de muestras fue de seis (6) meses, tres muestras tomadas en temporada de lluvias, en los meses de enero, febrero y marzo y tres muestras tomadas en temporada de estiaje, en los meses de abril, mayo y junio, las cuales se muestran en la Tabla 10.

**Tabla 10***Fechas de recolección de muestras*

Punto de muestreo	Numero de muestras	Fecha	Temporada
Punto N° 1	1	19 enero 2018	lluvia
Punto N° 2	1	19 enero 2018	
Punto N° 1	1	16 febrero 2018	lluvia
Punto N° 2	1	16 febrero 2018	
Punto N° 1	1	19 marzo 2018	lluvia
Punto N° 2	1	19 marzo 2018	
Punto N° 1	1	13 abril 2018	estiaje
Punto N° 2	1	13 abril 2018	
Punto N° 1	1	4 mayo 2018	estiaje
Punto N° 2	1	4 mayo 2018	
Punto N° 1	1	5 junio 2018	estiaje
Punto N° 2	1	5 junio 2018	

*Procedimiento para la recolección de muestras en campo.* Las muestras fueron recolectadas según los protocolos y estándares de calidad establecidos por la Autoridad Nacional del agua.

*Análisis de laboratorio de las muestras.* Las muestras de los afluentes y efluentes de la PTAR de Cajabamba fueron recolectados en número de uno durante seis meses consecutivos y fueron analizadas a nivel físico, químico y microbiológico en el Laboratorio Regional del agua Cajamarca, según los protocolos y estándares de calidad establecidos por el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL), cuyo análisis de los efluentes se basó de acuerdo a los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales contempladas en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, cuyas consideraciones se encuentran en la Tabla 11.

**Tabla 11**

*Límites Máximos Permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales contempladas en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM*

Parámetro	LMP	Unidades
Aceites Y Grasas	20	mg/L
Coliformes Termotolerantes	104	NMP/100 ml
DBO	100	mg/L
DQO	200	mg/L
pH	6,5 - 8,5	Adimensional
Solidos Suspendidos Totales	150	mg/L
Temperatura	< 35	°C

Fuente: DS N° 003-2010-MINAM



***Diseño estadístico.*** De los seis informes entregados por el Laboratorio Regional del Agua Cajamarca sobre los resultados de los afluentes y efluentes analizados, se procedió a realizar la sistematización de la información para la presentación de los resultados y su posterior discusión.

Se realizó el tratamiento estadístico mediante el paquete estadístico SPSS versión 24 con la finalidad de obtener la fiabilidad y consistencia de los datos obtenidos en campo, se aplicó el estadístico descriptivo de frecuencias, la distribución de frecuencias, se obtuvo la media, la mediana, moda, desviación estandar, máximos y mínimos, los intervalos de confianza de cada parámetro. También se determinó la correlación estadística bivariada y se aplicó la prueba de hipótesis para comparar los valores muestrales con los parámetros establecidos, así mismo se determinó la fiabilidad a nivel de escala de los datos obtenidos en cada una de las muestras analizadas durante los seis meses consecutivos.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en tablas y luego se realiza la interpretación respectiva.

**Tabla: 12**

*Estadísticos de frecuencia para cada uno de los parámetros de los efluentes analizados durante los meses de enero – junio*

	Temperatura	pH	Solidos Suspendidos	DBO	DQO	Aceites y Grasas	Coliformes Termotolerantes
Valores Válidos	6	6	6	6	6	6	6
Perdidos	0	0	0	0	0	0	0
Media	17.8333	7.4683	117.6667	196.7000	363.3833	8.3500	805.0367
Mediana	18.0000	7.4500	114.0000	175.5000	426.7000	7.8000	730.0000
Moda	18.00	7,27 <sup>a</sup>	38,00 <sup>a</sup>	44,60 <sup>a</sup>	69,40 <sup>a</sup>	1.00	920.00
Desviación Estándar	.98319	.20213	73.59801	140.26531	197.62068	7.58413	725.03736
Varianza	.967	.041	5416.667	19674.356	39053.934	57.519	525679.168
Mínimo	16.00	7.27	38.00	44.60	69.40	1.00	.22
Máximo	19.00	7.82	228.00	364.00	597.40	20.50	2100.00

En la tabla 12 se observa que los valores de temperatura se encuentran entre 16 y 19, así mismo los valores de pH se encuentran entre 7,27 y 7,82, los valores de sólidos suspendidos se encuentran entre 38 mg/L y 228 mg/L, en tanto que el valor mínimo de la DBO<sub>5</sub> fue de 44,60 mg/L y el valor máximo fue de 364,00 mg/L, los valores mínimo y máximo de la DQO fueron 69,40 mg/L y 597,40 mg/L respectivamente, en cuanto a la

emoción de aceites y grasas los valores mínimo y máximo fueron 1,00 mg/L y 20,50 mg/L y finalmente la remoción de Coliformes Termotolerantes tuvo como valores mínimo a  $0,22 \times 10^4$  y como valor máximo a  $2100 \times 10^4$ .

**Tabla 13**

*Tabla de frecuencia de la temperatura del efluente durante los meses de enero – junio*

	T°	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	16,00	1	16.7	16.7	16.7
	18,00	4	66.7	66.7	83.3
	19,00	1	16.7	16.7	100.0
	Total	6	100.0	100.0	

Como se puede apreciar el nivel de significancia para el porcentaje válido es del 100%, porcentaje mucho mayor al esperado de 95%.

**Tabla 14**

*Tabla de frecuencia del pH del efluente durante los meses de enero – junio*

	pH	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	7,27	1	16,7	16,7	16.7
	7,29	1	16,7	16,7	33,3
	7,40	1	16,7	16,7	50,0
	7,50	1	16,7	16,7	66,7
	7,53	1	16,7	16,7	83,3
	7,82	1	16,7	16,7	100,0
	Total	6	100,0	100,0	

Como se puede apreciar el nivel de significancia para el porcentaje válido es del 100%, porcentaje mucho mayor al esperado de 95%.

**Tabla 15**

*Tabla de frecuencia de sólidos suspendidos totales del efluente durante los meses de enero – junio*

Sólidos suspendidos	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	38,00	1	16,7	16,7
	42,00	1	16,7	33,3
	108,00	1	16,7	50,0
	120,00	1	16,7	66,7
	170,00	1	16,7	83,3
	228,00	1	16,7	100,0
Total		6	100,0	100,0

Como se puede apreciar el nivel de significancia para el porcentaje válido es del 100%, porcentaje mucho mayor al esperado de 95%.

**Tabla 16**

*Tabla de frecuencia de DBO<sub>5</sub> del efluente durante los meses de enero – junio*

DBO <sub>5</sub>	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	44,60	1	16,7	16,7
	61,10	1	16,7	33,3
	148,50	1	16,7	50,0
	202,50	1	16,7	66,7
	359,50	1	16,7	83,3
	364,00	1	16,7	100,0
Total		6	100,0	100,0

Como se puede apreciar el nivel de significancia para el porcentaje válido es del 100%, porcentaje mucho mayor al esperado de 95%.

**Tabla 17**

*Tabla de frecuencia de DQO del efluente durante los meses de enero – junio*

	DQO	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	69,40	1	16,7	16,7	16,7
	183,30	1	16,7	16,7	33,3
	407,10	1	16,7	16,7	50,0
	446,30	1	16,7	16,7	66,7
	476,80	1	16,7	16,7	83,3
	597,40	1	16,7	16,7	100,0
	Total	6	100,0	100,0	

Como se puede apreciar el nivel de significancia para el porcentaje válido es del 100%, porcentaje mucho mayor al esperado de 95%.

**Tabla 18**

*Tabla de frecuencia de aceites y grasas del efluente durante los meses de enero – junio*

	Aceites y grasas	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	1,00	2	33,3	33,3	33,3
	4,80	1	16,7	16,7	50,0
	10,80	1	16,7	16,7	66,7
	12,00	1	16,7	16,7	83,3
	20,50	1	16,7	16,7	100,0
	Total	6	100,0	100,0	

Como se puede apreciar el nivel de significancia para el porcentaje válido es del 100%, porcentaje mucho mayor al esperado de 95%.

**Tabla 19**

*Tabla de frecuencia de Coliformes termotolerantes del efluente durante los meses de enero – junio*

Coliformes termotolerantes	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	,22	1	16,7	16,7
	350,00	1	16,7	33,3
	540,00	1	16,7	50,0
	920,00	2	33,3	83,3
	2100,00	1	16,7	100,0
Total	6	100,0	100,0	

Como se puede apreciar el nivel de significancia para el porcentaje válido es del 100%, porcentaje mucho mayor al esperado de 95%.

**Tabla 20**

*Correlación estadística bivariada para cada uno de los valores muestrales de afluentes y efluentes*

Parámetros	T°	pH	Solidos Suspendidos	DBO	DQO	Aceites y Grasas	Coliformes Termotol.	
Temperatura	Correlación de Pearson	1	.200	-.498	-.213	-.275	-.554	-.192
	Sig. (bilateral)		.705	.314	.685	.597	.254	.715
	N	6	6	6	6	6	6	6
pH	Correlación de Pearson	.200	1	-.757	-.576	-.909*	-.427	-.346
	Sig. (bilateral)	.705		.081	.231	.012	.398	.502
	N	6	6	6	6	6	6	6
Solidos Suspendidos Totales	Correlación de Pearson	-.498	-.757	1	.813*	.884*	.442	.460
	Sig. (bilateral)	.314	.081		.049	.020	.381	.358
	N	6	6	6	6	6	6	6
DBO	Correlación de Pearson	-.213	-.576	.813*	1	.841*	.015	.841*
	Sig. (bilateral)	.685	.231	.049		.036	.978	.036
	N	6	6	6	6	6	6	6
DQO	Correlación de Pearson	-.275	-.909*	.884*	.841*	1	.213	.597
	Sig. (bilateral)	.597	.012	.020	.036		.685	.211
	N	6	6	6	6	6	6	6
Aceites y Grasas	Correlación de Pearson	-.554	-.427	.442	.015	.213	1	-.096
	Sig. (bilateral)	.254	.398	.381	.978	.685		.856
	N	6	6	6	6	6	6	6
Coliformes Termotolerantes	Correlación de Pearson	-.192	-.346	.460	.841*	.597	-.096	1
	Sig. (bilateral)	.715	.502	.358	.036	.211	.856	
	N	6	6	6	6	6	6	6

\* La correlación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral)

Existe correlación significativa entre el pH y la DQO ya que la significación es 0,012 y por tanto menor de 0,05. La correlación de Pearson ( $r = - 0,909$ ) señala que se trata de una relación débil al estar próxima a 0.

También se aprecia que existe correlación significativa entre sólidos suspendidos totales (SST) y la DBO ya que la significación es 0,049 y por tanto menor de 0,05; la correlación de Pearson ( $r = 0,813$ ) señala que se trata de una relación débil al estar próxima a 0, del mismo modo existe correlación significativa entre sólidos suspendidos totales (SST) y la DQO ya que la significación es 0,020 y por tanto menor de 0,05; la correlación de Pearson ( $r = 0,883$ ) señala que se trata de una relación débil al estar próxima a 0 .

Así mismo se aprecia que existe correlación significativa entre coliformes termotolerantes y la DBO ya que la significación es 0,036 y por tanto menor de 0,05; la correlación de Pearson ( $r = 0,841$ ) señala que se trata de una relación débil al estar próxima a 0.

En la Tabla 20 puede observarse que los valores de Temperatura, pH, Sólidos Suspendidos Totales y Aceites y Grasas (Tabla 20), se encontraron por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por el DS N° 003-2010-MINAM para efluentes a cuerpos de agua (Tabla 11); sin embargo, los valores de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) (196.70 mg/L), Demanda Química de Oxígeno (DQO) (363,38 mg/L) y Coliformes Termotolerantes (80.5 X 105 NMP/100 mL) superaron los límites máximos permisibles, indicando que no se cumple con la normativa vigente.



**Tabla 21**

*Estadísticos descriptivos de la correlación bivariada del parámetro temperatura del efluente*

	N	Media	Desviación estándar	Error medio estándar
TEMPERATURA	6	17,8333	.98319	.40139

Para el parámetro de temperatura la media de la temperatura es de 17.833 y la desviación estándar con un valor de 0.983.

**Tabla 22**

*Prueba de hipótesis t-student en el parámetro de temperatura del efluente*

Valor de prueba = 34						
	t	Grados de libertad	Sig. (bilateral)	Diferencia media	95% Intervalo de confianza	
					Inferior	Superior
TEMPERATURA	-5,398	5	.003	-2,16667	-3,1985	-1,1349

La prueba t de Student, el estadístico t vale -5.398 (con 5 grados de libertad) y el valor “p” asociado es 0.003, lo que indica que “Si hay asociación entre la temperatura obtenida y los límites máximos permisibles en el parámetro temperatura, ya que la media entre ambas es estadísticamente similar al nivel de significación  $\alpha = 0,05$ ”

**Tabla 23***Estadísticos descriptivos de la correlación bivariada del parámetro pH del efluente*

	N	Media	Desviación estándar	Error medio estándar
pH	6	7,4683	.20213	.08252

Para el parámetro de pH la media es de 7.4683 y la desviación estándar tiene el valor de 0.08252.

**Tabla 24***Prueba de hipótesis t-student en el parámetro de pH del efluente*

Valor de prueba = 8						
	t	Grados de libertad	Sig. (bilateral)	Diferencia media	95% Intervalo de confianza	
					Inferior	Superior
pH	-6.443	5	.001	-.53167	-.7438	-.3195

La prueba t de student, el estadístico t vale -6.443 (con 5 grados de libertad) y el valor “p” asociado es 0.001, lo que indica que “Si hay asociación entre el pH obtenida y los límites máximos permisibles en el parámetro pH, ya que la media entre ambas es estadísticamente similar al nivel de significación alfa = 0,05)”

**Tabla 25***Estadísticos descriptivos de la correlación bivariada del parámetro sólidos suspendidos totales del efluente*

	N	Media	Desviación estándar	Error medio estándar
Sólidos suspendidos totales	6	117.6667	73.59801	30.04626

Para el parámetro de sólidos suspendidos totales la media es de 117.6667 y la desviación estándar tiene el valor de 30.04626.

**Tabla 26**

*Prueba de hipótesis t-student en el parámetro de sólidos suspendidos totales del efluente*

Valor de prueba = 150						
	t	Grados de libertad	Sig. (bilateral)	Diferencia media	95% Intervalo de confianza	
					Inferior	Superior
Sólidos suspendidos totales	-1.076	5	.331	-32.33333	-109.5697	44.9030

La prueba t de student, el estadístico t vale -1.076 (con 5 grados de libertad) y el valor “p” asociado es 0.331, lo que indica que “No hay asociación entre sólidos suspendidos totales obtenidos y los límites máximos permisibles en el parámetro sólidos suspendidos totales, ya que la media entre ambas es estadísticamente diferente al nivel de significación alfa = 0,05)”

**Tabla 27**

*Estadísticos descriptivos de la correlación bivariada del parámetro DBO<sub>5</sub> del efluente*

	N	Media	Desviación estándar	Error medio estándar
DBO <sub>5</sub>	6	196.7000	140.26531	57.26307

En el parámetro de DBO la media es de 196.7000 y la desviación estándar tiene el valor de 140.26531.

**Tabla 28***Prueba de hipótesis t-student en el parámetro DBO<sub>5</sub> del efluente*

Valor de prueba = 100						
	t	Grados de libertad	Sig. (bilateral)	Diferencia media	95% Intervalo de confianza	
					Inferior	Superior
DBO <sub>5</sub>	1.689	5	.152	96.70000	-50.4994	243.8994

La prueba t de Student, el estadístico t vale 1.689 (con 5 grados de libertad) y el valor “p” asociado es 0.152, lo que indica que “No hay asociación entre la DBO obtenida y los límites máximos permisibles en el parámetro DBO, ya que la media entre ambas es estadísticamente diferente al nivel de significación alfa = 0,05)”

**Tabla 29***Estadísticos descriptivos de la correlación bivariada del parámetro DQO del efluente*

	N	Media	Desviación estándar	Error medio estándar
DQO	6	363.3833	197.62068	80.67831

En el parámetro de DQO la media es de 363.3833 y la desviación estándar tiene el valor de 197.62068.

**Tabla 30***Prueba de hipótesis t-student en el parámetro DQO del efluente*

Valor de prueba = 200						
	t	Grados de libertad	Sig. (bilateral)	Diferencia media	95% Intervalo de confianza	
					Inferior	Superior
DQO	2.025	5	.099	163.38333	-44.0069	370.7735

La prueba t de Student, el estadístico t vale 2.025 (con 5 grados de libertad) y el valor “p” asociado es 0.099, lo que indica que “No hay asociación entre la DQO obtenida y los límites máximos permisibles en el parámetro DQO, ya que la media entre ambas es estadísticamente diferente al nivel de significación alfa = 0,05)”

**Tabla 31***Estadísticos descriptivos de la correlación bivariada del parámetro aceites y grasas del efluente*

	N	Media	Desviación estándar	Error medio estándar
Aceites y grasas	6	8,3500	7,58413	3,09621

En el parámetro de aceites y grasas la media es de 8,3500 y la desviación estándar tiene el valor de 7,58413.

**Tabla 32***Prueba de hipótesis t-student en el parámetro aceites y grasas del efluente*

Valor de prueba = 20						
	t	Grados de libertad	Sig. (bilateral)	Diferencia media	95% Intervalo de confianza	
					Inferior	Superior
Aceites y grasas	-3.763	5	.013	-11.65000	-19.6091	-3.6909

La prueba t de Student, el estadístico t vale -3.763 (con 5 grados de libertad) y el valor “p” asociado es 0.013, lo que indica que “Si hay asociación entre aceites y grasas obtenida y los límites máximos permisibles en el parámetro aceites y grasas, ya que la media entre ambas es estadísticamente similar al nivel de significación alfa = 0,05)”

**Tabla 33***Estadísticos descriptivos de la correlación bivariada del parámetro coliformes Termotolerantes del efluente*

	N	Media	Desviación estándar	Error medio estándar
Coliformes termotolerantes	6	805.0367	725.03736	295.99526

En el parámetro de coliformes termotolerantes la media es de 805.0367 y la desviación estándar tiene el valor de 725.03736.

**Tabla 34**

*Prueba de hipótesis t - student en el parámetro de Coliformes Termotolerantes del efluente*

			Valor de prueba =1		95% Intervalo de confianza	
	t	Grados de libertad	Sig. (bilateral)	Diferencia media	Inferior	Superior
Coliformes termotolerantes	2.716	5	.042	804.03667	43.1566	1564.9167

La prueba t de Student, el estadístico t vale 2.716 (con 5 grados de libertad) y el valor “p” asociado es 0.042, lo que indica que “Si hay asociación entre coliformes termotolerantes obtenidas y los límites máximos permisibles en dicho parámetro, ya que la media entre ambas es estadísticamente similar al nivel de significación  $\alpha = 0,05$ )”

**Tabla 35**

Valores de Temperatura del afluente y efluente en la Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Cajabamba, 2018

Meses	Temperatura		LMP efluentes de PTAR
	Afluente	Efluente	
Enero	21,0	19,0	< 35
Febrero	15,0	18,0	< 35
Marzo	15,0	16,0	< 35
Abril	16,0	18,0	< 35
Mayo	16,0	18,0	< 35
Junio	18,0	19,0	< 35
Promedio	16,8	18,0	< 35

\*(LMP) Límites Máximos Permisibles para temperatura

Fuente: DS 003-2010 MINAM

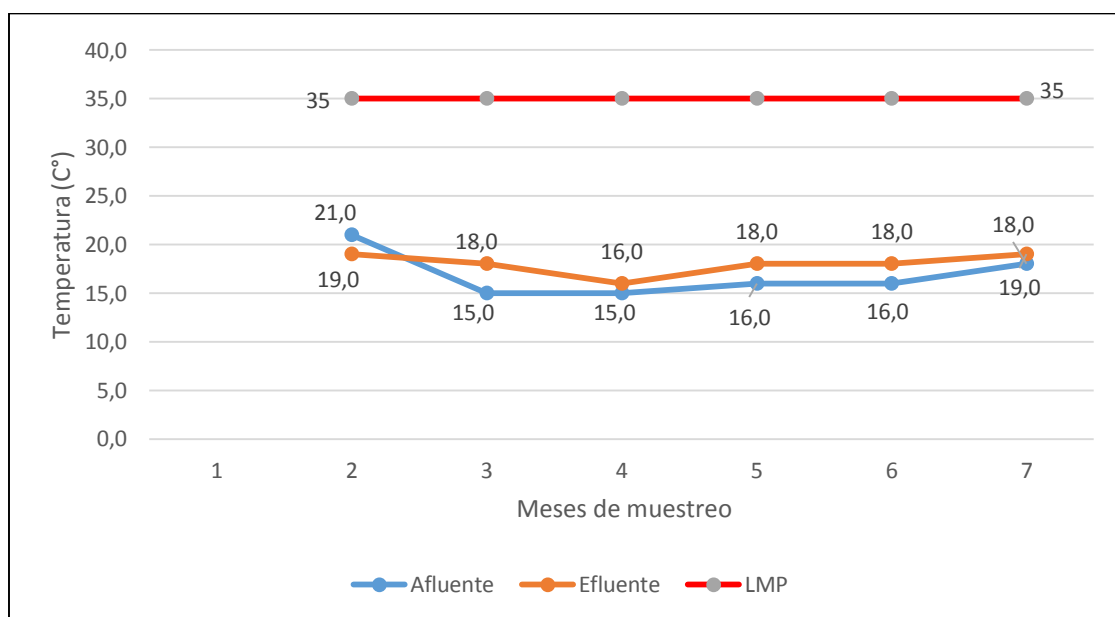


Figura 5. Variación de Temperatura del afluente y efluente en la Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Cajabamba, 2018

La temperatura de aguas residuales (Tabla 35, figura 5) fue en promedio 16.8 °C en el afluente y 18°C en el efluente. En el afluente los valores fueron 21°C en enero; 15°C en febrero, 15°C en marzo, 16 °C en abril, 15°C en mayo y 18°C en junio. En el



efluente los valores fueron 19°C en enero; 18°C en febrero, 16°C en marzo, 18 °C en abril, 18°C en mayo y 19°C en junio. La temperatura es un factor que también juega un papel importante en los sistemas de tratamiento de aguas residuales, favoreciendo la activación de las enzimas y catalizadores., en tal sentido se determinó que la temperatura promedio del agua residual en la entrada o afluente fue de 16.8°C, similar al obtenido por Correa , Cuervo, y Mejía (2013) con 26.4 °C y Febles-Patrón y Hoogestejin (2010), con 28.09 °C y diferente al obtenido por Yabroudi (2010) con 32 °C. La temperatura del agua residual de salida o efluente fue de 18°C similar al obtenido por Correa, Cuervo y Mejía (2013) con 26.8 °C y Febles-Patrón y Hoogestejin (2010) con 27.65 °C y diferente al obtenido por Yabroudi (2010) y Véliz, Llanes , Fernández y Bataller (2010) con 32 °C y 31,4°C respectivamente.

Leizica (2001) refiere que la temperatura de las aguas residuales domésticas suele ser superior a la del agua de consumo, por el aporte de agua caliente procedente del aseo y las tareas domésticas. Oscila entre 10 °C y 21 °C, con un valor medio de 15 °C, aproximadamente. Esta mayor temperatura ejerce una acción perjudicial sobre las aguas receptoras, pudiendo modificar la flora y fauna de éstas, y dando lugar al crecimiento indeseable de algas, hongos, etc. También, el aumento de temperatura puede contribuir al agotamiento del oxígeno disuelto, ya que la solubilidad del oxígeno disminuye con la temperatura. Es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como sobre la aptitud del agua para ciertos usos útiles.

**Tabla 36**

Valores de pH del afluente y efluente en la Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Cajabamba, 2018

Meses	pH		LMP efluentes de PTAR
	Afluente	Efluente	
Enero	7,28	7,53	6,5 – 8,5
Febrero	7,03	7,50	6,5 – 8,5
Marzo	7,25	7,40	6,5 – 8,5
Abril	7,93	7,82	6,5 – 8,5
Mayo	7,03	7,27	6,5 – 8,5
Junio	7,28	7,29	6,5 – 8,5
Promedio	7,30	7,47	6,5 – 8,5

Fuente: DS 003-2010 MINAM

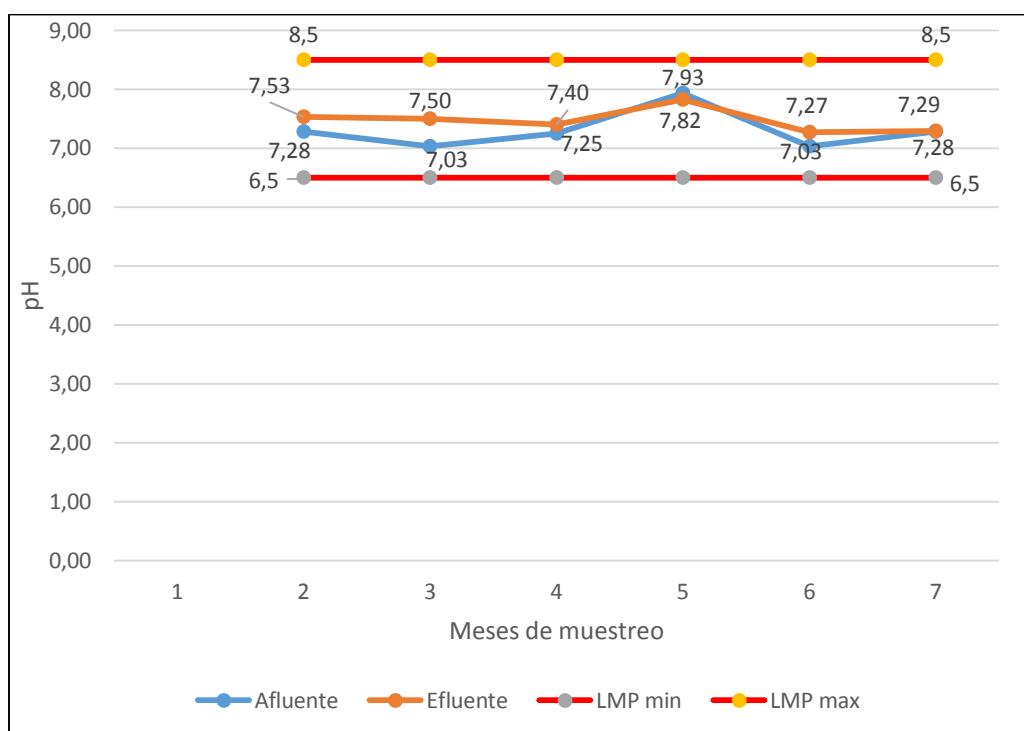


Figura 6. Variación de pH del afluente y efluente en la Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Cajabamba, 2018

El pH de aguas residuales (Tabla 36, figura 6) fue en promedio 7,30 en el afluente y 7,47 en el efluente. En el afluente los valores fueron 7,28 en enero; 7,03 en febrero, 7,25 en marzo, 7,93 en abril, 7,03 en mayo y 7,28 en junio. En el efluente los valores fueron 7,53 en enero; 7,50 en febrero, 7,40 en marzo, 7,82 en abril, 7,27 en mayo y 7,29 en junio.

Según el estudio se observa que el valor promedio del pH del agua residual en la entrada o afluente fue de 7,30, similar al valor obtenido por Sánchez & Fernández (2016) con 6,80; Correa, Cuervo, y Mejía (2013) con 7,3, Martínez y Guzmán (2003) con 7,16 y Galvez (2013) con 7,34. Por otro lado, el pH obtenido en el agua residual de salida o efluente fue 7,47 similar al de Correa, Cuervo y Mejía, (2013) con 7,7; Febles Febles-Patrón y Hoogestejin (2010) con 7,19; Yabroudi (2010) con 7,8; no obstante, los resultados difieren con Galvez (2013) con 8,52. El pH es un factor físico importante para potenciar la actividad de las enzimas que favorecerán la degradación de la materia orgánica de esta laguna de oxidación (Fernández y Curt, 2011).

La actividad biológica se desarrolla dentro de un intervalo de pH generalmente estricto, un pH que se encuentre entre los valores de 5 a 9, no suele tener un efecto significativo sobre la mayoría de las especies, aunque algunas son muy estrictas a este respecto. Un aspecto importante del pH es la agresividad de las aguas ácidas, que da lugar a la solubilización de sustancias por ataque a los materiales. De este modo, un efluente con pH adverso puede alterar la composición y modificar la vida biológica de las aguas naturales. También es más difícil de tratar por métodos biológicos, que sólo pueden realizarse entre valores de pH de 6,5 a 8,5. Las aguas residuales urbanas suelen tener un pH próximo al neutro. Aparte del efecto directo, el pH tiene un efecto indirecto, influenciando la toxicidad de algunas sustancias, especialmente de aquellas en las que, la toxicidad depende del grado de disociación (Del Villar, 2010). Comparando estos

resultados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, en la categoría III – Riego de vegetales y bebidas de animales, el pH obtenido en el agua residual de salida o efluente fue de 7,47, el cual se encuentra dentro de los límites máximo permitidos por el MINAM, el cual establece que los valores de pH de aguas residuales de salida o efluente se debe encontrar entre 6,5. – 8,5.

**Tabla 37**

*Valores de sólidos suspendidos totales (SST) del afluente y efluente en la Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Cajabamba, 2018*

Meses	Solidos Suspendidos		LMP efluentes de PTAR
	Afluente	Efluente	
Enero	176	42	150
Febrero	172	120	150
Marzo	242	170	150
Abril	464	38	150
Mayo	256	228	150
Junio	102	108	150
Promedio	235,3	117.7	150

Fuente: DS 003-2010 MINAM

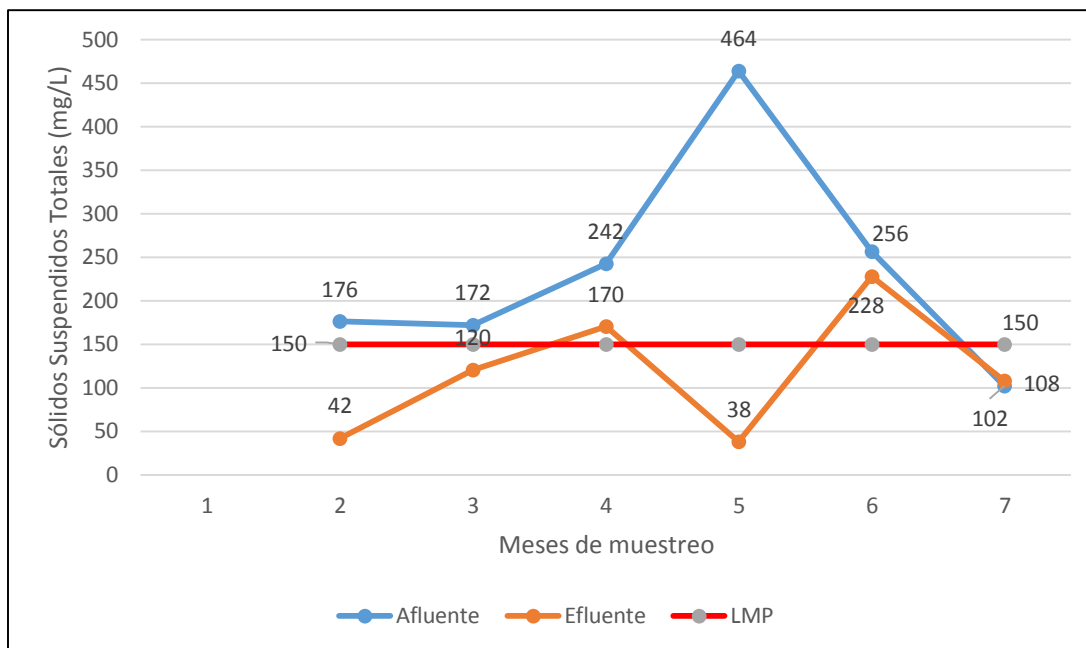


Figura 7. Variación de Sólidos Suspendedos Totales (SST) del afluente y efluente en la Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Cajabamba, 2018

Los Sólidos Suspendedos Totales (SST) de aguas residuales (Tabla 37, figura 7) fue en promedio 235,3 mg/L en el afluente y 117,7 mg/L en el efluente. En el afluente los valores fueron 176 mg/L en enero; 172 mg/L en febrero, 242 mg/L en marzo, 464 mg/L en abril, 256 mg/L en mayo y 102 mg/L en junio. En el efluente los valores fueron 42 mg/L en enero; 120 mg/L en febrero, 170 mg/L en marzo, 38 mg/L en abril, 228 mg/L en mayo y 108 mg/L en junio.

La eficiencia de remoción de los sólidos totales en suspensión fue del 50 %, los sólidos suspendidos dan la misma cantidad que la suma de los sólidos sedimentables; por otro lado la suma de sólidos suspendidos y la suma de sólidos en su totalidad que se encuentran en el agua, los sólidos disueltos resultan ser cada una de las sustancias que están disueltas dentro del agua al no lograr encontrarse de manera directa (Veliz et. al., 2010). La remoción de sólidos suspendidos en humedales construidos es muy efectiva y más o menos rápida, ya que ocurre en gran parte, del 12 al 20 % del área inicial del sistema,

siendo suficiente un día para alcanzar remociones de alrededor de 90 a 95 %, es decir produciendo efluentes con concentraciones inferiores a 10 mg/L. Los mecanismos de remoción de SST ocurren por vías de sedimentación y filtración (Yabroudi, 2010).

**Tabla 38**

*Valores de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) del afluente y efluente en la Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Cajabamba, 2018*

Meses	DBO		LMP efluentes de PTAR
	Afluente	Efluente	
Enero	344	61,1	100
Febrero	242	359,5	100
Marzo	265,5	202,5	100
Abril	203	44,6	100
Mayo	338	364	100
Junio	144,3	148,5	100
Promedio	256,1	196,7	100

Fuente: DS 003-2010 MINAM

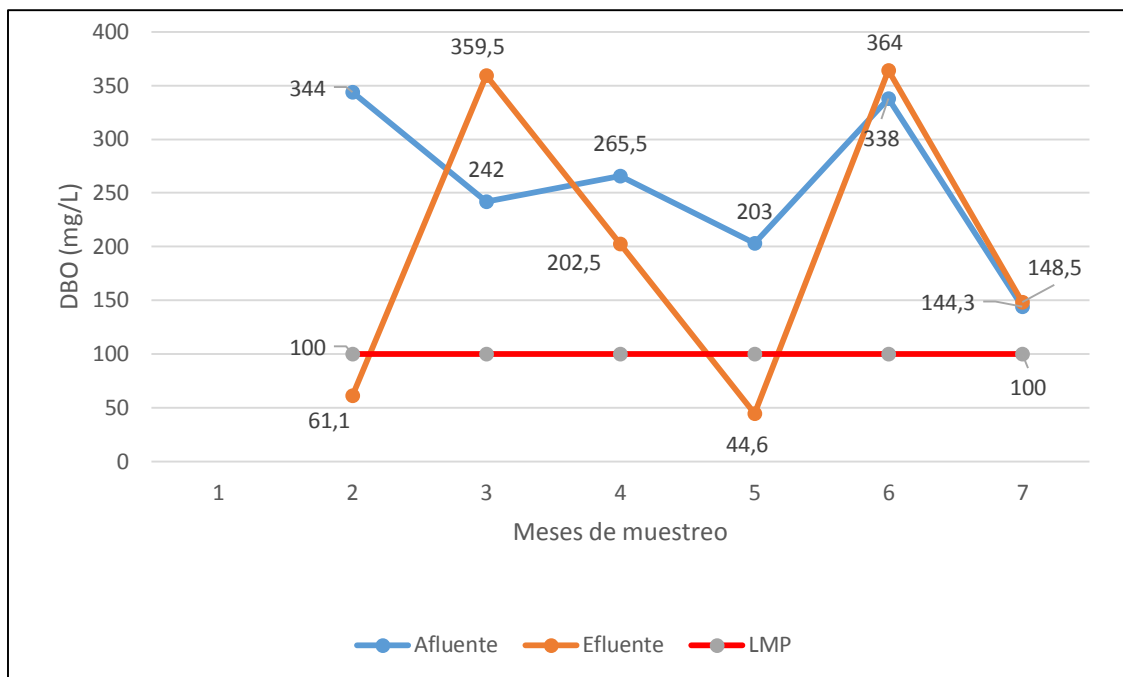


Figura 8. Variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) del afluente y efluente en la Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Cajabamba, 2018

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) de aguas residuales (Tabla 38, figura 8) fue en promedio 256,1 mg/L en el afluente y 196,7 mg/L en el efluente. En el afluente los valores fueron 344 mg/L en enero; 242 mg/L en febrero, 265,5 mg/L en marzo, 203 mg/L en abril, 338 mg/L en mayo y 144,3mg/L en junio. En el efluente los valores fueron 61,1 mg/L en enero; 359,5 mg/L en febrero, 202,5mg/L en marzo, 44,6 mg/L en abril, 364 mg/L en mayo y 148,5 mg/L en junio.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para oxidar (estabilizar) la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias. En condiciones normales de laboratorio, esta demanda se cuantifica a 20 °C, el ensayo estándar se realiza a cinco días de incubación y se conoce convencionalmente como DBO, con valores numéricos expresados en mg/L O<sub>2</sub> Ramalho (2000). La DBO es el parámetro más usado para medir la calidad de aguas residuales y superficiales, para determinar la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente la materia orgánica del agua, para diseñar unidades de tratamiento

biológico, para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y fijar las cargas orgánicas permisible en fuentes receptoras. La mayor parte de las aguas usadas para acueductos contiene DBO estándar menor de 7 mg/L. Es un parámetro necesario en la evaluación de aguas residuales, de los procesos de tratamiento y de los efectos de contaminación. No se usa como parámetro de control en aguas potables (Trapote,2011)

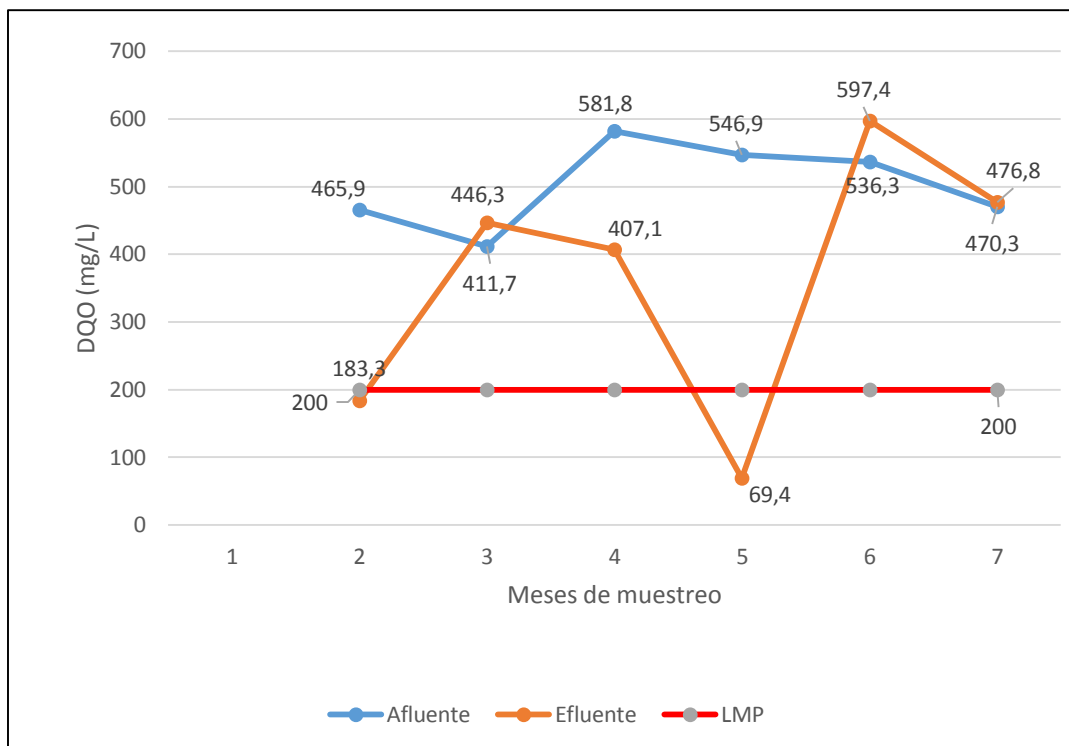
**Tabla 39**

*Valores de la demanda química de oxígeno (DQO) del afluente y efluente en la Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Cajabamba, 2018*

Meses	DQO		LMP efluentes de PTAR
	Afluente	Efluente	
Enero	465,9	183,3	200
Febrero	411,7	446,3	200
Marzo	581,8	407,1	200
Abril	546,9	69,4	200
Mayo	536,3	597,4	200
Junio	470,3	476,8	200
Promedio	502,2	363,4	200

Fuente: DS 003-2010 MINAM





*Figura 9.* Variación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) del afluente y efluente en la Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Cajabamba, 2018

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) de aguas residuales (Tabla 39, figura 9) fue en promedio 502,2 mg/L en el afluente y 363,4 mg/L en el efluente. En el afluente los valores fueron 465,9 mg/L en enero; 411,7 mg/L en febrero, 581,8 mg/L en marzo, 546,9 mg/L en abril, 536,3 mg/L en mayo y 470,3 mg/L en junio. En el efluente los valores fueron 183,3 mg/L en enero; 446,3 mg/L en febrero, 407,1 mg/L en marzo, 69,4 mg/L en abril, 597,4 mg/L en mayo y 476,8 mg/L en junio.

**Tabla 40**

*Valores de Aceites y grasas del afluente y efluente en la Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Cajabamba, 2018*

Meses	Aceites y grasas		LMP efluentes de PTAR
	Afluente	Efluente	
Enero	14,6	12	20
Febrero	11,5	1	20
Marzo	197,5	20,5	20
Abril	41,4	1	20
Mayo	9,7	10,8	20
Junio	6,8	4,8	20
Promedio	46,9	8,4	20

Fuente: DS 003-2010 MINAM

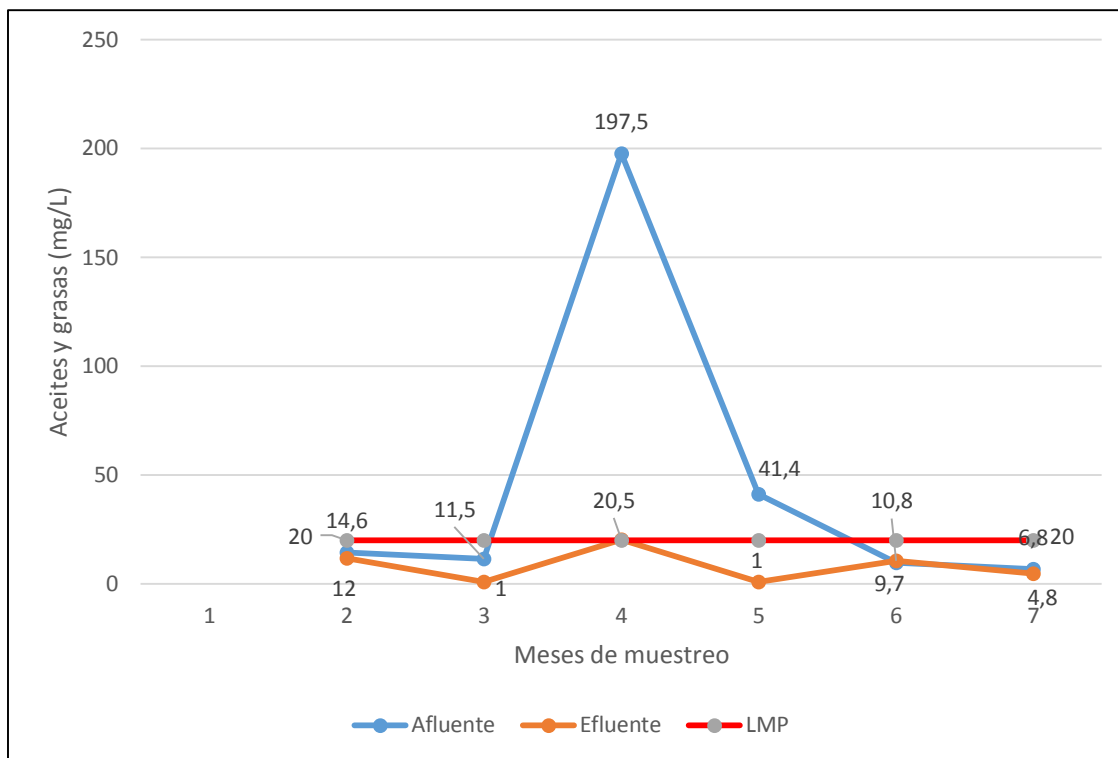


Figura 10. Variación de Aceites y grasas del afluente y efluente en la Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Cajabamba, 2018

Los Aceites y grasas de aguas residuales (Tabla 40, figura 10) fue en promedio 46,9 mg/L en el afluente y 8,4 mg/L en el efluente. En el afluente los valores fueron 14,6 mg/L en enero; 11,5 mg/L en febrero, 197,5 mg/L en marzo, 41,4 mg/L en abril, 9,7 mg/L en mayo y 6,8 mg/L en junio. En el efluente los valores fueron 12 mg/L en enero; 1 mg/L en febrero, 20,5 mg/L en marzo, 1 mg/L en abril, 10,8 mg/L en mayo y 4,8 mg/L en junio.

Así mismo la eficiencia de remoción de aceites y grasas fue del 82,20%. Este resultado evidencia la permanencia de los sólidos totales en suspensión y aceites y grasas que no permiten la penetración de la luz solar dificultando la fotosíntesis y afectando negativamente la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales (Martinez y Guzman, 2003). Una de sus principales características, es que las grasas son el componente de las aguas residuales que tiene una mayor tendencia a oxidarse. Esto

provoca que se fijen rápidamente al oxígeno disuelto disponible, pudiendo ocasionar situaciones de anoxia puntuales que podrían propiciar la proliferación de microorganismos filamentosos. Además, las grasas y aceites tienen tendencia a flotar, debido a que su densidad es inferior a la del agua, lo que genera capas en la superficie, dificultando la transferencia de oxígeno.

Según refiere Ramalho (2000) cada kg de grasa supone entre 2 y 2,5kg de DQO, lo que implica que las grasas y aceites en su proceso oxidativo, consumen importantes cantidades del oxígeno disuelto, pudiendo generar situaciones puntuales de deficiencia. Pero el problema no acaba aquí, las grasas se oxidan, pero no son fácilmente degradables aeróbicamente, por lo que éstas pueden continuar su tránsito aguas abajo del sistema de tratamiento de aguas residuales, manteniéndose presentes en todo el proceso incluso, excepcionalmente, en la salida de la planta. Una parte, sedimentan arrastradas por los sólidos en suspensión que decantan en los reactores biológicos y otra es retirada por los rascadores superficiales de los decantadores secundarios.

Las grasas, por sus propiedades tixotrópicas, dificultan la deshidratación de los fangos por medios mecánicos, reduciendo la capacidad de extracción del agua de estos sistemas. De esta manera, procedimientos de deshidratación como la centrifugación, no alcanzan sus valores objetivo entre 20-30%, quedándose en valores de 10-15%, dependiendo de la concentración de grasas que contengan. Las grasas que no se extraen por los procesos descritos anteriormente, continúan el proceso, pudiendo llegar a colmatar filtros de arenas, si se dispone de tratamientos terciarios, o siendo finalmente vertidas al medio. Por ello, es importante realizar un adecuado proceso de desengrase en el sistema de tratamiento de aguas residuales, para optimizar el proceso depurativo y lograr la eficiencia esperada (CENTA, 2008).

**Tabla 41**

Valores de Coliformes Termotolerantes del afluente y efluente en la Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Cajabamba, 2018

Meses	Coliformes Termotolerantes		LMP efluentes de PTAR
	Afluente	Efluente	
Enero	9200 X 10 <sup>4</sup>	350 X 10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup>
Febrero	1600 X 10 <sup>4</sup>	2100 X 10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup>
Marzo	1100 X 10 <sup>4</sup>	920 X 10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup>
Abril	9200 X 10 <sup>4</sup>	0.22 X 10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup>
Mayo	310 X 10 <sup>4</sup>	920 X 10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup>
Junio	920 X 10 <sup>4</sup>	540 X 10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup>
Promedio	3722 X 10 <sup>4</sup>	805 X 10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup>

Fuente: DS 003-2010 MINAM

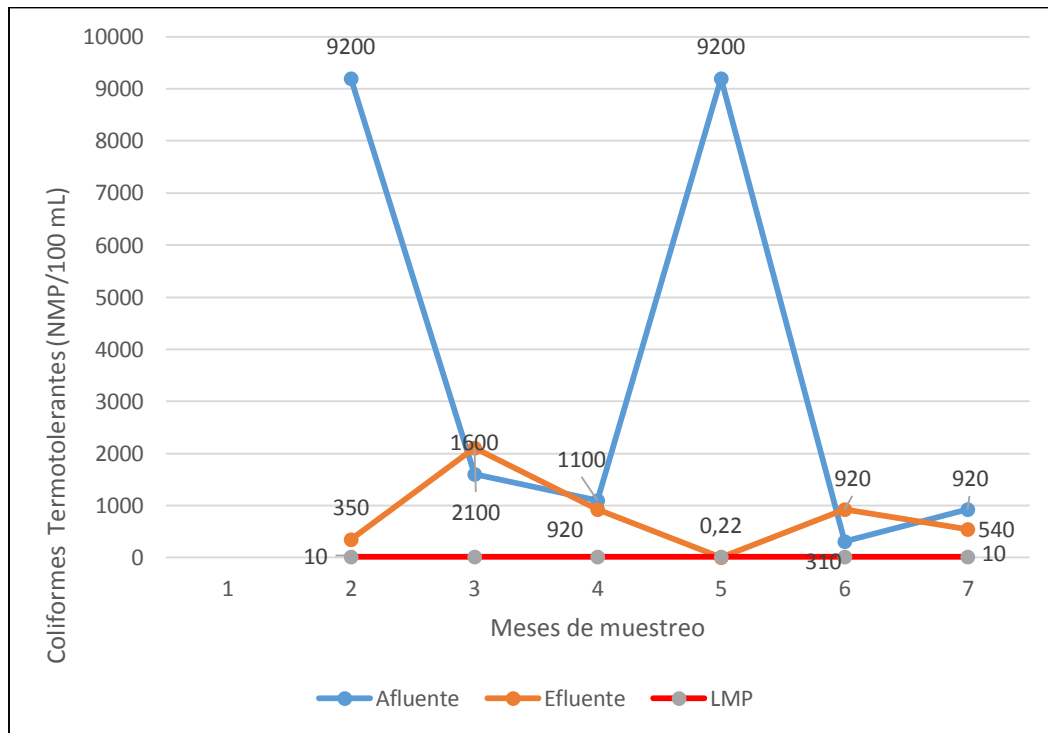


Figura 11. Variación de Coliformes Termotolerantes del afluente y efluente en la Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Cajabamba, 2018

Las Coliformes Termotolerantes de aguas residuales (Tabla 41, figura 11) fue en promedio  $3722 \times 10^4$  NMP/100 mL en el afluente y  $805 \times 10^4$  NMP/100 mL en el efluente. En el afluente los valores fueron  $920 \times 10^5$  NMP/100 mL en enero;  $160 \times 10^5$  NMP/100 mL en febrero,  $110 \times 10^5$  NMP/100 mL en marzo,  $920 \times 10^5$  NMP/100 mL en abril,  $31 \times 10^5$  NMP/100 mL en mayo y  $92 \times 10^5$  NMP/100 mL en junio. En el efluente los valores fueron  $35 \times 10^5$  NMP/100 mL en enero;  $210 \times 10^5$  NMP/100 mL en febrero,  $92 \times 10^5$  NMP/100 mL en marzo,  $0.022 \times 10^5$  NMP/100 mL en abril,  $92 \times 10^5$  NMP/100 mL en mayo y  $54 \times 10^5$  NMP/100 mL en junio.

La eficiencia de la remoción de coliformes fecales en la PTAR de Cajabamba fue de 65,62%, valor que se encuentra debajo del rango 99,86 – 99,99% reportado por (Matsumoto y Sanchez (2016), Martínez y Escobar (2008) y Febles-Patrón y Hoogesteyn (2010) y es superior a 59,27% registrado por Martínez y Guzmán (2003). La eficiencia de remoción fue 65,62%; sin embargo, la concentración de coliformes fecales en el efluente fue de  $80,5 \times 10^5$  superando el límite máximo permisible de  $10 \times 10^3$  NMP/100mL. Este resultado es consecuencia de la operación parcial de la planta, puesto que la remoción de coliformes se asegura cuando mayor es la capacidad de operación de una planta, empleando los filtros percoladores (Trapote, 2011)

Las bacterias coliformes son un grupo de bacterias que se utilizan como indicadores de contaminación. El grupo está compuesto por *Escherichia coli*, *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Klebsiella*; son contaminantes comunes del tracto gastrointestinal tanto del hombre como de los animales de sangre caliente; están presentes en el tracto gastrointestinal en grandes cantidades; permanecen por más tiempo en el agua que las bacterias patógenas; se comportan de igual manera que los patógenos en los sistemas de desinfección (Del Villar, 2010).

Los coliformes fecales son un subgrupo de los coliformes totales, capaz de fermentar la lactosa a 44,5°C. Aproximadamente el 95% del grupo de los coliformes presentes en heces fecales, están formados por *Escherichia coli* y ciertas especies de *Klebsiella*, ya que los coliformes fecales se encuentran casi exclusivamente en las heces de animales. En cuanto a los efectos de coliformes en la salud humana cabe mencionar que uno de los principales problemas de salud que ocasiona los coliformes son las enfermedades infecciosas y parasitarias del aparato digestivo, según las estadísticas del 2014 en el Perú fueron la segunda causa de consultas al centro de salud (Fernández, 2015)

**Tabla 42**

*Eficiencia de la Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Cajabamba, 2018*

Parámetros	Afluente	Efluente	Eficiencia (%)
Sólidos Suspendidos Totales	235,3	117,7	50,00
DBO	256,1	196,7	23,20
DQO	502,2	363,4	27,63
Aceites y Grasas	46,9	8,4	82,20
Coliformes Termotolerantes	234,2 X 10 <sup>5</sup>	80,5 X 10 <sup>5</sup>	65,62

*Metodología para calcular la Eficiencia de la PTAR.* El rendimiento o eficiencia en la depuración se valora como la diferencia entre los valores de la concentración del sustrato a la entrada y a la salida de un proceso concreto, o a la salida de una planta depuradora. El rendimiento se puede expresar tanto en términos porcentuales como absolutos, siendo  $S_0$  la concentración del parámetro en el afluente y  $S$  es la concentración en el efluente, el rendimiento ( $r$ ) o Eficiencia ( $E$ ) del tratamiento de aguas residuales sería en términos porcentuales (Gutiérrez, Nelson, Valencia, Aragon, & Renso, 2014).

Ecuación 1: Eficiencia

$$r(\%) = E(\%) = \left( \frac{S_o - S}{S_o} \right) * 100 \quad (1)$$

Donde:

r (%) : Rendimiento

S<sub>o</sub> : Valor del parámetro al ingreso de la PTAR

S : Valor del parámetro a la salida de la PTAR

E(%) : Eficiencia

La eficiencia de la Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Cajabamba fue de 82,20 % en aceites y grasas, 65,62 % en Coliformes Termotolerantes, 50,00 % en Sólidos Suspendidos Totales, 27,63 % en Demanda Química de Oxígeno (DQO) y 23,20 % en Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) (Tabla 42).

La eficiencia de remoción de la DBO<sub>5</sub> fue de 65,62% valor cercano al obtenido por Del Villar (2010) con 65% y Leizica (2001) con 60%. Este resultado se atribuye a la mediana capacidad de autodepuración de la planta de tratamiento de aguas residuales de Cajabamba, encontrándose de esta manera, con valores similares reportados por Martínez y Torres (2016) (52,51 – 82,07%), estando por debajo de Martínez y Escobar (2008) con 86,2%, Febles-Patrón y Hoogestejin (2010) (89,15%) y Yabroudi (2010) (69%). Tampoco se cumple con la Norma Técnica de Edificación OS.090 (2006), la cual señala que la eficiencia de remoción de DBO debe encontrarse entre 50% a 90%.



**Tabla 43**

*Parámetros evaluados en la Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Cajabamba comparados con los Límites Máximos Permisibles*

Parámetros	Efluente	LMP efluentes de PTAR
Temperatura	18,0	< 35
pH	7,5	6,5 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	117,67	150
DBO	196,70	100
DQO	363,38	200
Aceites y Grasas	8,35	20
Coliformes Termotolerantes	80,5 X 10 <sup>5</sup>	10000

Fuente: DS 003-2010 MINAM

Los valores de Temperatura, pH, Sólidos Suspendidos Totales y Aceites y Grasas (Tabla 43), se encontraron por debajo de los límites máximos permisibles establecidos por el DS N° 003-2010-MINAM para vertidos a cuerpos de agua; sin embargo, los valores de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) (196,70 mg/L), Demanda Química de Oxígeno (DQO) (363,38 mg/L) y Coliformes Termotolerantes (80,5 X 10<sup>5</sup> NMP/100 mL) superaron los límites máximos permisibles, indicando que no se cumple con la normativa vigente.

**Tabla 44**

*Parámetros físico, químicos y microbiológicos de aguas residuales de la PTAR en la ciudad de Cajabamba evaluados durante seis meses.*

Parámetro evaluado	Unidad de medida	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO	
		ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
		PM-1	PM-2	PM-1	PM-2	PM-1	PM-2	PM-1	PM-2	PM-1	PM-2	PM-1	PM-2
Temperatura	°C	21	19	15	18	15	16	16	18	16	18	18	19
pH		7.28	7.53	7.03	7.50	7.25	7.40	7.93	7.82	7.03	7.27	7.28	7.29
Sólidos suspendidos	mg/l	176	42	172	120	242	170	464	38	256	228	102	108
DBO	mg/l	344	61.1	242	359.5	265.5	202.5	203	44.6	338	364	144.3	148.5
Ef. DBO	%	<b>82,2</b>		<b>48,6</b>		<b>23,7</b>		<b>78</b>		<b>7,7</b>		<b>2,9</b>	
DQO	mg/l	465.9	183.3	411.7	446.3	581.8	407.1	546.9	69.4	536.3	597.4	470.3	476.8
Ef. DQO	%	<b>60,7</b>		<b>8,4</b>		<b>30</b>		<b>87,3</b>		<b>11,4</b>		<b>1,4</b>	
Aceites y grasas	mg/l	14.6	12	11.5	1	197.5	20.5	41.4	1	9.7	10.8	6.8	4.8
Coliformes	UFC/100	9200 X	350X	1600 X	2100 X	1100 X	920 X	9200 X	0.22 X	310 X 10	920 X	920 X 10	540 X
Termotolerantes	ml	10 (4)	10 (4)	10 (4)	10 (4)	10 (4)	10 (4)	10 (4)	10 (4)	(4)	10 (4)	(4)	10 (4)

Se observa que los valores más altos de eficiencia de la DBO<sub>5</sub> fueron en los meses de enero y febrero del 2018, en tanto que la eficiencia de la DQO fue mayor en los meses de enero y abril del 2018.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

- La planta de tratamiento de aguas residuales mediante filtros percoladores no es eficiente en la remoción de materia orgánica mediante los indicadores de DBO<sub>5</sub> y DQO dichos valores fueron de 23,20% y 27,63% respectivamente, valores que se encuentran muy por debajo de los aceptables para este tipo de tratamiento, así mismo es eficiente en cuanto a la remoción de Sólidos Suspendidos Totales, ésta fue del 50%;
- La planta de tratamiento de aguas residuales no es eficiente en la remoción de Coliformes Termotolerantes, cuyo valor fue del 65,62%, el cual se encuentra por debajo del promedio de eficiencia para éste parámetro.
- La eficiencia en la remoción de aceites y grasas fue del 82,20%, encontrándose dentro del promedio de eficiencia para este tipo de tratamiento de aguas residuales.
- Los parámetros que no cumplen los Límites Máximos Permisibles (LMP) de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas fueron los siguientes: DBO<sub>5</sub> con un valor de 196,7 mg/L, DQO con un valor de 363.4 mg/L y de Coliformes Termotolerantes con el valor de 80,5 X 10<sup>5</sup> NMP/100 mL.
- Los parámetros que cumplen los Límites Máximos Permisibles (LMP) de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas fueron los siguientes: Sólidos suspendidos totales (SST) con un valor de 117,7 mg/L y Aceites y grasas con el valor de 8,4 mg/L.
- Implementar el modelo propuesto para la planta de tratamiento de aguas residuales a través del método de lodos activados.

## PROPUESTA

La presente propuesta corresponde al mejoramiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad de Cajabamba, mediante la implementación de un sistema de tratamiento con lodos activados en paralelo a la existente de acuerdo al objetivo planteado. El diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales utilizando Lodos Activados, se ha desarrollado en base a datos obtenidos de la memoria descriptiva del proyecto: “Planta de tratamiento de aguas residuales para la ciudad de Cajabamba”.

Con el presente estudio, se pretende plantear una solución con el fin de revertir el estado situacional actual de deficiencia de la planta existente ante caudales máximos. Lo que se ve reflejado en el descontento de la población y como consecuencia la contaminación del río Lanla al cual se descargan estas aguas.

### **1. Diseño definitivo de la PTAR-1**

#### **a. Área de drenaje**

La nueva planta de tratamiento de aguas residuales de Cajabamba estará dirigida a tratar aproximadamente el 62% del total de los desechos líquidos a ser producidos en la ciudad de Cajabamba. El saldo de las aguas residuales, son tratadas en la segunda planta de tratamiento de aguas residuales y en dos tanques sépticos existentes en la localidad.

#### **b. Área reservada para la construcción de la planta de tratamiento**

El área reservada para la construcción de la planta de tratamiento se ubica al sur la localidad de Cajabamba a orillas de una pequeña quebrada que desemboca al río Lanla y abarca una extensión de 6770 metros cuadrados en total. El terreno disponible está localizado entre las cotas 2,555 y 2,525 msnm, existiendo una diferencia altitudinal entre ambos extremos de 30 metros en una longitud de 62 metros, el cual representa una pendiente promedio de casi 50%. Cabe mencionar que actualmente existen

estructuras como son dos tanques imhoff, dos filtros percoladores, dos clarificadores tipo Dormud, un lecho de secados y oficinas.

El acceso del terreno se realiza por medio de un camino carrozable que une la ciudad de Cajabamba con la parte baja del valle.

**c. Caudal de tratamiento**

Por la poca diferencia de caudal y la geomorfología natural del terreno reservado para la construcción del sistema de tratamiento de aguas residuales, se ha considerado que el diseño y construcción del sistema de tratamiento debe ejecutarse para el horizonte del proyecto y definido para el año 2039.

**d. Criterios de calidad de aguas residuales del afluente**

El curso receptor de las aguas residuales tratadas por la PTAR de la localidad de Cajabamba está compuesto por el río Lanla, el cual a su vez descarga al río Cajabamba, tributario del Condebamba, y este a su vez del río Crisnejas. Según la Resolución Jefatural N° 0291-2009-ANA de la Autoridad Nacional del Agua del Ministerio de Agricultura de fecha 01 de Junio de 2009, establece la vigencia de la Resolución Directoral N° 1152/2005/DIGESA/SA de fecha 04/05/05 de la Dirección General de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud hasta marzo del año 2010.

De acuerdo con las autoridades del lugar, el río Lanla a donde descargara las aguas residuales tratadas en la PTAR de Cajabamba, en época de estiaje conduce un mínimo de 200 l/s que comparado con los 11.7 l/s de aguas residuales tratadas, representa una dilución de doce veces. Considerando las posibles condiciones que se presentarían al horizonte del proyecto y que se indica en el cuadro 5.4, así como las condiciones establecidas para el curso receptor indicado líneas arriba, se tiene que la planta de tratamiento de aguas residuales debiera estar en condiciones de remover más del

69,0% de la carga orgánica y el 99,997% de la carga microbiana además de los parásitos presente en las aguas residuales crudas.

En resumen, la calidad del agua residual tratada debiera cumplir con los siguientes requisitos:

Demanda bioquímica de oxígeno	menor a 90 mg/l
Coliformes termo tolerantes	menor a 1.0E+05 NMP/100 ml
Oxígeno disuelto	mayor a 3.0 mg/l

#### **e. Procesos de tratamiento de la PTAR**

Los procesos de tratamiento con que constara la futura PTAR de Cajabamba son:

- Canal de alimentación
- Reja media
- Desarenador (2 unidades con funcionamiento alternado)
- Tanque desengrasador
- Reactor Biológico
- Digestor de Lodos
- Clarificador
- Sistema de cloración (se utilizará el existente)
- Lecho de secado de Lodos (Se utilizará el existente)

#### **i. Reja media**

La parte final del sistema alcantarillado de la ciudad de Cajabamba está compuesta por una tubería de 250 mm de diámetro que conducirá las aguas residuales crudas hasta la entrada a la PTAR.

La cámara de rejas ha sido diseñada para el caudal pico de 24,1 L/s y consta de una reja de platinas separadas 4 cm entre sí y de 6mm de espesor distribuidas en un ancho de canal de 0,30m e inclinadas 45°. El tirante esperado es de 0.16m, y se ha considerado

un borde libre de 0,2m. El diseño demanda la necesidad que la reja sea limpiada continuamente para evitar el represamiento del emisor y la posible obstrucción del canal. Los residuos removidos por la reja serán colocados en una plataforma de escurrimiento situado en la parte superior de las rejillas metálicas y de allí trasladados a un contenedor a ubicarse a un costado de la cámara de rejillas, para su posterior disposición final, bien sea por enterramiento o en su defecto al relleno sanitario de la ciudad.

**j. Desarenador.**

Se tiene el problema de que en tiempos de lluvia existe arrastre de arenas producto de la mala utilización del sistema de alcantarillado sanitario como cuerpo receptor y evacuador de aguas pluviales, lo que ocasiona el colapso de las estructuras existente. Por ello se plantea dos desarenadores que funcionarán de forma intermitente. Estos desarenadores tienen un ancho de 0,6m y una longitud total de 2,32m con sus respectivas compuertas y transiciones de 0,68m de largo. Tiene un tiempo de desplazamiento de 11,79 s el cual es mayor al tiempo necesario para la sedimentación de arenas y sólidos suspendidos en general.

**k. Medidor de caudal**

Inmediatamente después de los desarenadores se ha considerado un medidor de caudal tipo vertedero proporcional o SUTRO de 0,20 m de ancho.

**d) Conducción y distribución del agua residual cruda**

El agua residual cribada discurrirá hacia el repartidor de caudal R-1 por medio de un canal de 0.25m de ancho y 2.5 por mil de pendiente. Del repartidor de donde saldrán dos tuberías de 250 mm de diámetro y 2.5 por mil de pendiente a cada uno de los tanques imhoff. Este repartidor dividirá el flujo en dos partes iguales. Así mismo, durante el proceso de limpieza de uno de los tanques imhoff, cada uno de los conductos permitirá derivar el total del caudal a una de las unidades de tratamiento.

Las estructuras de reparto se han diseñado sin piezas móviles y material resistente al intemperismo y con una geometría que permita la distribución equitativa del agua residual a cada uno de los filtros percoladores y en forma independiente a la variación del caudal de las aguas residuales crudas.

e) **Tanque Imhoff**

El diseño considera la construcción de dos unidades. Cada unidad estará compuesta por dos sedimentadores y dos cámaras de digestión. El agua residual cribada que alimenta a cada tanque imhoff descargara en la parte media lateral del tanque imhoff, el mismo que podrá fluir a cualquiera de los extremos. El sentido de flujo se direccionará manualmente y dependerá de la cantidad de lodo que pueda estar almacenado en cada uno de los tanques de digestión.

Cada sedimentador tendrá un período de retención de 2.6 horas de modo de brindar una adecuada sedimentación. La longitud de cada sedimentador es de 18.0 m, ancho de 1.00 m y profundidad total de 1.65 m. En los extremos del sedimentador se han considerado deflectores para homogenizar el ingreso y la salida del agua residual. Se estima que la remoción de carga orgánica será del orden del 30% y de sólidos sedimentables del 70% siendo la DBO remanente de 419 mg/l

El digestor se ubicará en la parte baja del sedimentador y tendrá un largo de 18.0 m, ancho de 5.75 m y profundidad de 4.30 m, lo cual permite una contribución per cápita de lodos de 70 litros. En el digestor se estabilizará el lodo sedimentado antes de su disposición en los lechos de secado para su deshidratación final. El ancho del sedimentador permite que las ventilaciones tengan un ancho de 1.05 m. Cada tanque imhoff dispondrá de una salida de 250 mm de diámetro que se juntaran en una segunda caja de repartición similar al de cabecera.



La cantidad de lodos a producirse diariamente ha sido estimada en 195 kg/día equivalente a un volumen de 2.8 m<sup>3</sup>/día. Esta cantidad de lodos es equivalente a 19 gramos por habitante día y la humedad ha sido calculada en 93% (7% de sólidos). Del mismo modo que la alimentación, el efluente sedimentado fluirá hacia la parte central lateral de cada tanque imhoff y la salida en operación dependerá de la dirección del flujo de alimentación al tanque imhoff.

**f) Distribución a filtros percoladores**

El agua tratada en los tanques imhoff será conducida a una caja de distribución por medio de tubería de 250 mm de diámetro y una pendiente del 2.5%, que dividirá el caudal en dos partes iguales para alimentar a cada uno de los dos módulos de post tratamiento. De la caja saldrán dos tuberías de 200 mm a cada uno de los filtros percoladores. Cada uno de los módulos de post tratamiento están compuestos por un filtro percolador y un sedimentador secundario.

**g) Filtro percolador**

Los dos filtros percoladores diseñados para la localidad de Cajabamba serán baja carga y sin recirculación a fin de minimizar las labores operativas. El molinete hidráulico o distribuidor de agua con que estará equipado cada uno de los dos filtros percoladores será alimentado por medio de una tubería de 200 mm de diámetro y cada molinete hidráulico contará con dos brazos de distribución de 100 mm de diámetro. Cada unidad tendrá una profundidad de 2.10 m y un diámetro de 19 m y se estima que el filtro percolador tendrá una eficiencia remocional de la DBO del orden del 80%, por lo que la DBO efluente puede estar comprendida entre 135 y 85 mg/l. La carga orgánica aplicada es de 0.30 kg/DBO/m<sup>3</sup>-d y la carga hidráulica o superficial de 1.53 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-d. Para el control de la capa biológica y de la mosca *psycoda*, a determinadas horas del día se procedera a sobrecargar hidráulicamente a una de las

unidades, lo cual permitirá el desprendimiento de la película biológica, recuperando el filtro su capacidad de tratamiento.

***h) Sedimentador secundario***

Como se indicó anteriormente, a cada filtro percoladores le corresponderá un tanque de sedimentación del tipo Dortmund. Cada uno de los sedimentadores tendrá un diámetro de la parte superior de 5.70 m, diámetro de fondo de 3.50 m, 4.15 m de profundidad útil y 4.55 m de profundidad total. El período de retención de la parte del sedimentador es de 2.3 horas para el caudal promedio y de 1.1 h para el máximo horario. Este tanque estará dotado de dos tolvas en donde se acumulará el lodo y que por acción de la gravedad será retirado por presión hidrostática hacia la cisterna de la estación de bombeo de lodos. Las aguas residuales tratadas fluirán hacia el tanque de contacto de cloro.

Desde el inicio se construirán los dos módulos necesarios.

***i) Desinfección***

Los efluentes de los sedimentadores secundarios serán recolectados por medio de una tubería de 250 mm de diámetro, y el agua residual tratada podrá ser sometida al proceso de desinfección antes de su descarga a la quebrada adyacente. Se estima que la cantidad de cloro al 100% necesaria para esta labor será de 5.1 kg/día y equivalente a una concentración de 6 mg/L de cloro. En caso de emplear hipoclorito de calcio al 60%, la cantidad de cloro a emplear diariamente será de 8.06 kilogramos. El tanque tendrá un largo de 3.50 m, un ancho de 2.10 m, una profundidad útil de 1.50 m y total de 2.10 m y dispondrá de tres compartimientos longitudinales.

***j) Recolección y disposición final***

El agua residual desinfectada será descargada en la quebrada adyacente a la planta de tratamiento de aguas residuales por medio de una tubería de 250 mm de diámetro y 2.5 por mil de pendiente.

***k) Perfil hidráulico***

La ubicación altimétrica de cada uno de los procesos de tratamiento depende de la pérdida de carga que se produce en los conductos abiertos y cerrados conjuntamente con los producidos por los equipos mecánicos y accesorios con que cuenta la referida planta.

***l) Estación de bombeo de lodos***

Los lodos de cada uno de los sedimentadores serán drenados periódicamente hacia una cisterna desde donde se le retornara a los tanques imhoff en donde sufrirán un nuevo proceso de degradación. El volumen de la cisterna de lodos ha sido determinado a partir de una contribución de 0.65 L/hab-d y tres bombeos por día, lo cual representa un volumen total de 6.7 metros cúbicos y efectivo de 2.2 metros cúbicos. El retorno de lodos se ejecutara con ayuda de dos bombas sumergibles con capacidad para 1.5 L/s y una altura dinamica total de 35 m. La cámara de bombeo tendrá una profundidad útil de 1.50 m, profundidad total 2.00 m y un diámetro de 1.50 m.

***m) Lechos de secado***

La cantidad estimada de lodos a ser producido diariamente en el tanque imhoff, incluyendo los lodos retenidos en el sedimentador secundario asciende a 390 kg/d. Así mismo, el área requerida en lechos de secado es de 1050 metros cuadrados, siendo necesario un total de seis lechos de secado techados de 18.50 m de largo y 9.50 m de ancho.

***n) Residuos y disposición final de lodos***

La planta de tratamiento producirá tres tipos de desechos sólidos: a) material de cribas, b) material flotante de los tanques imhoff y c) lodos digeridos. Todos estos desechos sólidos deberán ser recolectados convenientemente en la planta de tratamiento y ser dispuestos al relleno sanitario o enterrado en los alrededores de la instalación. En el caso de los lodos digeridos, en caso de existir demanda, ellos podrán ser empleados como

mejoradores de los suelos agrícolas previo proceso de inactivación de microorganismos.

***o) Facilidades administrativas***

Las facilidades administrativas están compuestas por un ambiente destinado a la guardianía con su respectivo servicio higiénico y un almacén para guardar las herramientas empleadas en el mantenimiento de la PTAR.



## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, E. A. (2015). "Evaluación de la eficiencia de una celda de electrocoagulación a escala laboratorio para el tratamiento de agua. (tesis de doctorado). Universidad Nacional Mayor De San Marcos, Lima, Perú. Recuperado de [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/4303/Aguilar\\_ae.pdf](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/4303/Aguilar_ae.pdf); jsessionid=B353B97559813395BCD3F8F73B29552E?sequence=3
- Alejandra, L., Martínez, D., Milena, C., & Torres, G. (2016). Diagnóstico y optimización de la planta de tratamiento de aguas residuales por lodos activados en el municipio de Guayabal de Siquima (tesis de maestría). Recuperado de [http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/13932/4/Diagnostico\\_y\\_optimizacion\\_del\\_municipio\\_de\\_Guayabal\\_de\\_Siquima.pdf](http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/13932/4/Diagnostico_y_optimizacion_del_municipio_de_Guayabal_de_Siquima.pdf)
- Alvis, C. (2015). *Evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales del complejo urbanístico Barcelona de Indias (tesis post grado)*. Bogota: Universidad nacional de Bogota; Recuperado de [https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/305/1/CF -Maestria en Ingeniería Civil-1128051460.pdf](https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/305/1/CF-Maestria%20en%20Ingenieria%20Civil-1128051460.pdf)
- American Public Health Association (APHA/AWWA/WEF) (1999) .Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Editorial Díaz de Santos, S.A.España Standard Methods, 541. Recuperado de [https://doi.org/ISBN 9780875532356](https://doi.org/ISBN%209780875532356)
- Aquino, P. (2017). *Calidad del agua en el Perú. Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales*. Recuperado de [http://www.dar.org.pe/archivos/publicacion/176\\_aguasresiduales.pdf](http://www.dar.org.pe/archivos/publicacion/176_aguasresiduales.pdf)
- Autoridad Nacional del Agua-ANA. (2013). Situación actual en el sector de agua y saneamiento en el Perú. Ministerio de agricultura. Biblioteca virtual. *Informe Técnico. Repositorio Digital de Recursos Hidricos*. Recuperado de

<http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ ANA/938>

Bernal, D. P., Cardona, D. A., Galvis, A. y Peña, M. R. (2003). *Guía de selección de tecnología para el tratamiento de aguas residuales domésticas por métodos naturales*. Seminario Internacional sobre métodos naturales para el tratamiento de aguas residuales llevado a cabo en la Universidad del Valle, Cali, Colombia.

Campos, C. (2003). Indicadores de contaminación fecal en aguas. *Revista Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas*, 224–229. Recuperado de <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/>

Castillo, B., Solís, L., Novelo, M., García, S., Solís, E., & Canul, P. (2011). Tratamiento de efluentes de fosas sépticas por el proceso de lodos activados. *Revista Ingeniería*, 15(3), 157–165. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46721167002>

CENTA. (2008). Manual de depuración de aguas residuales urbanas. Recuperado de: <https://www.aguasresiduales.info/revista/libros/manual-de-depuracion-de-aguas-residuales-urbanas>

Chavez G y Torres E. (2014) Probables efectos de las aguas residuales de la ciudad de Cajamarca en el sistema agua- suelo-planta de los caseríos de La Victoria, Yanamarca y la Colpa (Tesis doctoral). Universidad Nacional de Cajamarca. Perú.

Chávez G. y Torres E. (2018) Estudio de tratabilidad biológica de aguas residuales domésticas en biorreactores aerobios a escala piloto en el distrito de Celendín (*Tesis de maestría*). Universidad Nacional de Cajamarca. Perú.

Cisterna, P., & Peña, D. (2009). Determinación de la relación DQO/DBO5 en aguas residuales de comunas con población menor a 25.000 habitantes en la VIII región. *Informe Técnico*. Colombia. 1–18. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/chile13/trab-12.pdf>

- Correa G, Cuervo H, Mejía R, A. N. (2013). Monitoreo del sistema de lagunas de estabilización del municipio de Santa Fé de Antioquia, Colombia. *Revista Producción Más Limpia*, 7(2), 36–51. Recuperado de <http://repository.lasallista.edu.co:8080/ojs/index.php/pl/article/view/263>
- Del Villar, A. (2010). Guía de tratamientos avanzados de aguas residuales urbanas. Recuperado de [http://www.consolider-tragua.com/documentos/guia\\_tratamientos\\_avanzados.pdf](http://www.consolider-tragua.com/documentos/guia_tratamientos_avanzados.pdf)
- Farfan, E. (2015). Evaluación de la eficiencia del tratamiento de las aguas residuales domesticas para el riego de áreas verdes en el Sistema de Lodos Activados de la Planta Piloto de la HARN- UNAC (tesis de maestria). Universidad Nacional del Callao, Lima, Peru. Recuperado de <https://Evaluación+de+la+eficiencia+del+tratamiento+de+las+aguas+residuales+domesticas+para+el+riego+de+áreas+verdes+en+el+Sistema+de+Lodos+Activados+de+la+Planta+Piloto+de+la+HARN-+UNA35i39k1>
- Febles-Patrón, J; Hoogestejin, A. (2010). Evaluación preliminar de la eficiencia en las lagunas de oxidación de la ciudad de Mérida, Yucatán, (tesis de maestria). Universidad Autónoma de México. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/467/46715068006.pdf>
- Fernández, A. (2015). Aguas residuales en el Perú, problemática y uso en la agricultura. Perú. *Informe técnico*. Recuperado de [http://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/356/mod\\_page/content/128/Peru INFORME DE PAIS.pdf](http://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/356/mod_page/content/128/Peru%20INFORME%20DE%20PAIS.pdf)
- Fernández, J., & Curt, M. (2011). Métodos Analíticos para aguas residuales. *Manual de Fitodepuración. Filtros de macrofitas en flotación*, 117–128. Recuperado de [http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia\\_ambiental/outros/Manual de fitodepuracion/Capitulosxos1.pdf%5Cn](http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/outros/Manual%20de%20fitodepuracion/Capitulos%201.pdf%5Cn)



- Galvez, C. (2013). Eficiencia de la PTAR de San Lucas Sacatepequez, Sacatepequez (tesis de doctorado). Universidad Rafael Landívar, Guatemala. Recuperado de <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2013/06/15/Galvez-Carlos.pdf>
- Gutiérrez, Nelson, Valencia, Aragon, & Renso. (2014). Eficiencia de remoción en sistemas de tratamiento de aguas residuales del beneficio de café (*Coffea arabica*). *Revista Colombia Forestal*, 17(2), 151. Recuperado de <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2014.2.a02>
- Hernández, A. (2001). Depuración y desinfección de aguas residuales 6<sup>o</sup> Edición. Recuperado de <http://www.amazon.com/dp/8438001904>
- Hidalgo-Santana, M., & Mejía-Alvarez, E. (2010). Diagnóstico de la contaminación por aguas residuales domésticas, cuenca baja de la quebrada La Macana, San Antonio de Prado. Municipio de Medellín, Colombia. *Informe Técnico*. Recuperado de [http://biblioteca\\_digital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/1304/1/DiagnosticoContaminacionAguasResidualesDomesticas.pdf](http://biblioteca_digital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/1304/1/DiagnosticoContaminacionAguasResidualesDomesticas.pdf)
- Jover, M. (2015). Estudio sobre los rendimientos de las decantaciones con aguas residuales con diferentes concentraciones de contaminación, 340. *Informe Técnico* Recuperado de <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/50505#vpreview>
- Juárez, J. C. M. (2016). “Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas del distrito El Parco, Bagua, Amazonas (tesis de maestría), (5), 1–4. Universidad Nacional “Pedro Ruíz Gallo”, Lambayeque, Perú.
- Leizica, J. (2001). Evaluación del funcionamiento de la planta de tratamiento de efluentes domiciliarios de la localidad de Toay, La Pampa, Argentina. *Informe Técnico*. Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/32453>
- Martinez, A. y Guzman, N. (2003). Estudio y evaluación de las lagunas de estabilización como tratamiento de las aguas residuales domésticas en la Base militar No . 10 de

- Jutiapa , Colonia militar de Jutiapa , Base aérea del sur en Retalhuleu y Escuela politécnica en San Juan Sacatepéquez, 1–139 (tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Martínez, S. A. C., & Escobar, C. A. A. (2008). Evaluación de la capacidad de remoción de bacterias coliformes fecales y Demanda Bioquímica de Oxígeno de la planta de tratamiento de aguas residuales “La Totorá”, Ayacucho, Perú. *Revista Ecología Aplicada*, 7(1–2), 165–171. Recuperado de <http://redalyc.org/articulo.oa?id=34111584020>
- Matsumoto, T., & Sanchez, I. A. (2016). Desempeño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de São João de Iracema (Brasil). *Revista Ingeniería*, 21(2), 176–186. Recuperado de <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.reving.2016.2.a04>
- Matsumoto, T., & Sánchez Ortiz, I. A. (2010). Eficiencia del tratamiento de aguas residuales por lagunas facultativas e implicaciones en la salud pública. *Revista Universidad y Salud*, 12(1), 65–78. Recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-71072010000100009](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-71072010000100009)
- Metcalf y Eddy. (1994). *Ingeniería Sanitaria: Tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales*, Ed. Labor. Barcelona. 78 - 89.
- Méndez, J. P., & Marchán, J. (2008). Diagnóstico situacional de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las EPS del Perú y propuestas de solución. *Informe técnico. Depósito Legal En La Biblioteca Nacional Del Perú N° 2008 - 14631*, 1–80. Recuperado de [http://www.proagua.org.pe/files/de62b65581b727d66847f48aa52fbbfd/Libro\\_PTAR.pdf](http://www.proagua.org.pe/files/de62b65581b727d66847f48aa52fbbfd/Libro_PTAR.pdf)
- Ministerio de Vivienda, C. y S. (2016). “Informe de monitoreo PTAR 2015,” (07), *Boletín Informativo* N° 08. 1545.
- Ministerio del Ambiente. (2010). Decreto Supremo N° 003-2010-Minam. *Normas*

- Legales Ambiente*. Recuperado de [http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds\\_003-2010-minam.pdf](http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_003-2010-minam.pdf)
- Moeller, G. y Tomasini Ortíz, A.C. (2010) *Microbiología de los lodos activados*. Recuperado de: <<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018834/MEMORIAS2004/CapituloII/5Microbiologiadelodosactivados.pdf>>
- Nippon Jogesuido Sekkei Co., L. (NJS )Sucursal del P. (2005). *Planta De Tratamiento De Aguas Residuales*. Cajabamba. *Informe Técnico*. Recuperado de [https://instant&i=1&espv=2&ie=UTF-8#q=etapas del diseño en una planta de tratamiento de agua industrial](https://instant&i=1&espv=2&ie=UTF-8#q=etapas%20del%20dise%C3%B1o%20en%20una%20planta%20de%20tratamiento%20de%20agua%20industrial)
- Noyola, A., Morgan, J., & Guereca, L. (2013). Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. *Revista Statewide Agricultural Land Use Baseline 2015* (Vol. 1). Recuperado de <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Nuñez, J. (2013). Agua y saneamiento a nivel nacional, alternativas de innovación. *Revista de la Cámara Argentina de la construcción*, 1–136. Recuperado de <https://translate.google.com.co/#en/es/statute>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). (2014). Fiscalización ambiental en aguas residuales. *Boletín Informativo. Biblioteca Nacional del Perú N° 2014-05991*. Recuperado de <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Peñuela, G. (2010). Manual de tecnologías sostenibles en tratamiento de aguas. Recuperado de [https://file/d/0B8D2\\_Q6wgqIRSnJRSmU4OUZCaUU/view?usp=sharing](https://file/d/0B8D2_Q6wgqIRSnJRSmU4OUZCaUU/view?usp=sharing)
- Pérez, L. M. (2010). Diagnostico y optimización del sistema operativo y de mantenimiento del proceso de lodos activados en la planta de tratamiento “Los Arellano” en el estado de Aguascalientes, México (tesis de doctorado). Universidad

de la salle. Recuperado de <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/13964/T41.10.P415d.pdf;jsessionid=03DCB76F6F08690010537ED29E283932?sequence=1>

Ramallo, R. S. (2000). Pretratamientos y tratamientos primarios tratamientos de aguas residuales. *Ed. Reverté, S. A. España.*

Rodríguez Miranda, J. P., García Ubaque, C. A., & Pardo Pinzón, J. (2015). Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. *Revista Tecnura*, 19(46), 149.

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS). (2015). Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento. *Revista Sunass*, 1, 150. Recuperado de <http://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/ptar.pdf>

Trapote, A. (2011). Depuración de aguas residuales urbanas. *Revista International Journal*, 4–94. Recuperado de [https://www.e-buc.com/portades/9788497172646\\_Fragment.pdf](https://www.e-buc.com/portades/9788497172646_Fragment.pdf)

Véliz Lorenzo, E., Llanes Ocaña, J. G., Fernández García, L. A., & Bataller Venta, M. (2010). Evaluación de la eficiencia de los procesos de coagulación-floculación y ozonización a escala de laboratorio en el tratamiento de aguas residuales municipales. *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, 41(1), 49–56. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181618068006>

Yabroudi. (2010). S., Perruolo, T., Cárdenas, C., García, M., Gutiérrez, A., Trujillo, A., et al. (2010). Remoción de microorganismos y materia orgánica en la planta de tratamiento de aguas residuales Cabimas. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas Venezuela*, 44(3), 331-352.

Zapata, N., Hernandez, L., & Oliveros, E. (2014). Tratamiento de aguas residuales, 1–23.

*Revista Desarrollo Sostenible en Colombia.* Recuperado de  
[http://www.institutodeestudiosurbanos.info /dmdocuments/cendocieu/coleccion\\_  
digital/Agua\\_Servicio\\_Publico/Tratamiento\\_Aguas\\_Residuales-Zapata\\_N.pdf](http://www.institutodeestudiosurbanos.info/dmdocuments/cendocieu/coleccion_digital/Agua_Servicio_Publico/Tratamiento_Aguas_Residuales-Zapata_N.pdf)

## **CAPÍTULO VII**

### **ANEXOS**

#### **ANEXO N° 1: DECRETO SUPREMO N° 003-2010 – MINAM**

##### **AMBIENTE**

##### **Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales**

##### **DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 3 de la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, dispone que el Estado, a través de sus entidades y órganos correspondientes, diseña y aplica, las políticas, normas, instrumentos, incentivos y sanciones que sean necesarias para garantizar el efectivo ejercicio de los derechos y el cumplimiento de las obligaciones y responsabilidades contenidas en dicha ley;

Que, el numeral 32.1 del artículo 32 de la Ley General del Ambiente define al Límite Máximo Permissible - LMP, como la medida de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio;

Que, el numeral 33.4 del artículo 33 de la Ley N° 28611 en mención dispone que, en el proceso de revisión de los parámetros de contaminación ambiental, con la finalidad de determinar nuevos niveles de calidad, se aplique el principio de la gradualidad, permitiendo ajustes progresivos a dichos niveles para las actividades en curso;

Que, el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente - MINAM, establece como función específica de dicho Ministerio, elaborar los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP), de acuerdo con los planes respectivos. Deben contar con la opinión del sector correspondiente, debiendo ser aprobados mediante Decreto Supremo;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 121-2009-MINAM, se aprobó el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para el año fiscal 2009 que contiene dentro de su anexo la elaboración del Límite Máximo Permissible para los efluentes de Plantas de Tratamiento de fuentes domésticas;

Que el artículo 14 del Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) aprobado mediante Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, establece que el proceso de evaluación de impacto ambiental comprende medidas que aseguren, entre otros, el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental, los Límites Máximos Permisibles y otros parámetros y requerimientos aprobados de acuerdo a la legislación ambiental vigente; del mismo modo, en su artículo 28 el citado reglamento señala que, la modificación del estudio ambiental o la aprobación de instrumentos de gestión ambiental complementarios, implica necesariamente y

## Sistema Peruano de Información Jurídica

según corresponda, la actualización de los planes originalmente aprobados al emitirse la Certificación Ambiental;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8) del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, y el numeral 3 del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

DECRETA:

**Artículo 1.- Aprobación de Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Domésticas o Municipales (PTAR)**

Aprobar los Límites Máximos Permisibles para efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, los que en Anexo forman parte integrante del presente Decreto Supremo y que son aplicables en el ámbito nacional.

**Artículo 2.- Definiciones**

Para la aplicación del presente Decreto Supremo se utilizarán los siguientes términos:

- **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR):** Infraestructura y procesos que permiten la depuración de las aguas residuales Domésticas o Municipales.

- **Límite Máximo Permisible (LMP).**- Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental.

- **Protocolo de Monitoreo.**- Procedimientos y metodologías establecidas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en coordinación con el MINAM y que deben cumplirse en la ejecución de los Programas de Monitoreo.

**Artículo 3.- Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles de Efluentes de PTAR**

3.1 Los LMP de efluentes de PTAR que se establecen en la presente norma entran en vigencia y son de cumplimiento obligatorio a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

3.2 Los LMP aprobados mediante el presente Decreto Supremo, no serán de aplicación a las PTAR con tratamiento preliminar avanzado o tratamiento primario que cuenten con disposición final mediante emisario submarino.

3.3. Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que no cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento su Programa de Adecuación y Manejo Ambiental; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

3.4 Los titulares de las PTAR que se encuentren en operación a la dación del presente Decreto Supremo y que cuenten con certificación ambiental, tendrán un plazo no mayor de tres (03) años, contados a partir de la publicación del presente Decreto Supremo, para presentar ante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, la actualización de los Planes de Manejo Ambiental de los Estudios Ambientales; autoridad que definirá el respectivo plazo de adecuación.

**Artículo 4.- Programa de Monitoreo**

## Sistema Peruano de Información Jurídica

4.1 Los titulares de las PTAR están obligados a realizar el monitoreo de sus efluentes, de conformidad con el Programa de Monitoreo aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. El Programa de Monitoreo especificará la ubicación de los puntos de control, métodos y técnicas adecuadas; así como los parámetros y frecuencia de muestreo para cada uno de ellos.

4.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento podrá disponer el monitoreo de otros parámetros que no estén regulados en el presente Decreto Supremo, cuando existan indicios razonables de riesgo a la salud humana o al ambiente.

4.3 Sólo será considerado válido el monitoreo conforme al Protocolo de Monitoreo establecido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, realizado por Laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Defensa del Consumidor y de la Propiedad Intelectual - INDECOPI.

**Artículo 5.- Resultados de monitoreo**

5.1 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento es responsable de la administración de la base de datos del monitoreo de los efluentes de las PTAR, por lo que los titulares de las actividades están obligados a reportar periódicamente los resultados del monitoreo de los parámetros regulados en el Anexo de la presente norma, de conformidad con los procedimientos establecidos en el Protocolo de Monitoreo aprobado por dicho Sector.

5.2 El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento deberá elaborar y remitir al Ministerio del Ambiente dentro de los primeros noventa (90) días de cada año, un informe estadístico a partir de los datos de monitoreo presentados por los Titulares de las PTAR, durante el año anterior, lo cual será de acceso público a través del portal institucional de ambas entidades.

**Artículo 6.- Fiscalización y Sanción**

La fiscalización del cumplimiento de los LMP y otras disposiciones aprobadas en el presente Decreto Supremo estará a cargo de la autoridad competente de fiscalización, según corresponda.

**Artículo 7.- Refrendo**

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente y por el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

**DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA FINAL**

**Única.-** El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, en coordinación con el MINAM, aprobará el Protocolo de Monitoreo de Efluentes de PTAR en un plazo no mayor a doce (12) meses contados a partir de la vigencia del presente dispositivo.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los dieciséis días del mes de marzo del año dos mil diez.

ALAN GARCÍA PÉREZ  
Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG  
Ministro del Ambiente

JUAN SARMIENTO SOTO  
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento



## ANEXO

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES  
PARA LOS EFLUENTES DE PTAR

PARAMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

**APÉNDICE N° 1**  
**REGISTRO FOTOGRÁFICO**



Fotografía N° 1. Vista de la Planta de tratamiento de aguas residuales de Cajabamba



Fotografía N° 2. Punto de toma de muestra de afluentes de la PTAR



Fotografía N° 3. Tanque Imhoff



Fotografía N° 4. Filtro Percolador



Fotografía N° 5. Sedimentadores



Fotografía N° 6. Estación de bombeo de lodos



Fotografía N° 7 Preparación de frascos para toma de muestras de aguas residuales



Fotografía N° 8 Aplicación de reactivos para la conservación de las muestras de aguas residuales



Fotografía N° 9. Punto de toma de muestra de afluentes N° 1 al ingreso en la PTAR



Fotografía N° 10. Punto de toma de muestra de efluentes N° 2 en la salida de la PTAR

## APÉNDICE N° 2

# INFORMES DE ANÁLISIS DE AGUAS RESIDUALES DE LA PTAR CAJABAMBA



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA  
CON REGISTRO N° LE-084



---

**INFORME DE ENSAYO N° IE 0118028**

DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario	<b>MARIELA NUÑEZ FIGUEROA</b>		
Dirección	<b>Cajabamba</b>		
Persona de contacto	-	Correo electrónico	<b>marielanf@gmail.com</b>

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha y Hora del Muestreo	<b>18.01.18</b>	Hora:	<b>10:00</b>
Tipo de Muestreo	<b>Puntual</b>		
Número de Muestra	<b>02 Muestras</b>	N° Frascos x muestra	<b>06</b>
Ensayos solicitados	<b>Químicos y Microbiológico</b>		
Breve descripción del estado de la muestra	<b>Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.</b>		
Responsable de la toma de muestra	<b>Las muestras fueron tomadas por el personal usuario</b>		
Procedencia de la Muestra	<b>PTARI Cajabamba.</b>		

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato	<b>SC - 006</b>	Cadena de Custodia	<b>CC - 028-18</b>
N° Orden de Trabajo	<b>0118028</b>		
Fecha y Hora de Recepción	<b>18.01.18</b>	<b>18:05</b>	Inicio de Ensayo <b>19.01.18 07:45</b>
Reporte Resultado	<b>25.01.18</b>	<b>08:20</b>	

(\*) DATOS DE CAMPO

Parámetro de Campo	Unidad	PM - 01	PM - 02	-	-	-	-
(*) Temperatura (T)	°C	21.0	19.0	-	-	-	-

Nota: **Parámetro de campo fueron proporcionados por el usuario.**



Blgo. Enver Zulueta Santa Cruz  
Responsable Técnico (c)  
CBP: 9778



Ing. Mariano de la Cruz Sarmiento  
Analista Responsable de Química  
CIP: 119544

**Cajamarca, 16 de Marzo de 2018.**

Cód: RT1-5.10-01 Fecha de Emisión: 26/08/2014 Rev: N°04
Página: 1 de 2

\* LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO\*

JR. LUIS ALBERTO SANCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ

e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe / laboratoriodelagua@hotmail.com FONOS: 599000 anexo 1140



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084**

**INFORME DE ENSAYO N° IE 0118028**

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código Cliente			PM - 01	PM - 02	-	-	-	-
Código Laboratorio			0118028-01	0118028-02	-	-	-	-
Matriz de Agua			RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-	-
Descripción			Industrial	Industrial	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Ingreso PTAR	Salida PTAR	-	-	-	-
pH a 25°C	pH	NA	7.28	7.53	-	-	-	-
Sólidos Suspendidos Total	mg/L	2.5	176.0	42.0	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	2.6	344.0	61.1	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	8.3	465.9	183.3	-	-	-	-
(*) Aceites y Grasas	mg/L	2.5	14.6	12.0	-	-	-	-

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	92x10 <sup>5</sup>	35x10 <sup>5</sup>	-	-	-	-

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
pH a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B. 23 <sup>rd</sup> Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D. 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B. 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D. 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012: Chemical Oxygen Demand (COD): Closed Reflux, Colorimetric Method
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B. 2010. n-Hexane Extractable Material (HEM, Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

**OBSERVACIONES**

Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado

(\*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

**NOTAS FINALES**

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.



Cajamarca, 16 de Marzo de 2018.

Cód: RT1-5.10-01 Fecha de Emisión: 26/08/2014 Rev: N°04

Página: 2 de 2





**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084**

**INFORME DE ENSAYO N° IE 0218088**

**DATOS DEL CLIENTE/USUARIO**

Razon Social/Usuario **MARIELA NUÑEZ FIGUEROA**  
 Dirección **Cajabamba**  
 Persona de contacto **-** Correo electrónico **marielanf@gmail.com**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha y Hora del Muestreo **16.02.18** Hora: **10:00**  
 Tipo de Muestreo **Puntual**  
 Número de Muestra **02 Muestras** N° Frascos x muestra **06**  
 Ensayos solicitados **Químicos y Microbiológico**  
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**  
 Responsable de la toma de muestra **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario**  
 Procedencia de la Muestra **PTAR-I Cajabamba.**

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato **SC - 006** Cadena de Custodia **CC - 088-18**  
 N° Orden de Trabajo **0218088**  
 Fecha y Hora de Recepción **16.02.18 16:25** Inicio de Ensayo **16.02.18 16:45**  
 Reporte Resultado **23.02.18 10:20**

**(\*) DATOS DE CAMPO**

**Fecha y Hora**

Parámetro de Campo	Unidad	Ingreso PTAR - I	Salida PTAR - I	-	-	-
(*) Temperatura (T)	°C	15.0	18.0	-	-	-

Nota: **Parámetro de campo fueron proporcionados por el usuario.**

**Blgo. Enver Zulucta Santa Cruz**  
Responsable Técnico (c)  
CBP: 9778

**Cajamarca, 16 de Marzo de 2018.**



# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084

## INFORME DE ENSAYO N° IE 0218088

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS			
Código Cliente	Ingreso PTAR - I	Salida PTAR - I	-	-	-	-
Código Laboratorio	0218088-01	0218088-02	-	-	-	-
Matriz de Agua	RESIDUAL	RESIDUAL	-	-	-	-
Descripción	Industrial	Industrial	-	-	-	-
Localización de la Muestra	N: 9155719 E: 0824735	N: 9155691 E: 0824641	-	-	-	-
pH a 25°C	pH	NA	7.03	7.50	-	-
Sólidos Suspendedos Total	mg/L	2.5	172.0	120.0	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	2.6	242.0	359.5	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	8.3	411.7	446.3	-	-
(*) Aceites y Grasas	mg/L	2.5	11.5	<LCM	-	-

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS			
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	16x10 <sup>6</sup>	21x10 <sup>5</sup>	-	-

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
pH a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B. 23 <sup>rd</sup> Ed. 2017. pH Value. Electrometric Method.
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Solids, Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux. Colorimetric Method
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B. 2010. n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

### OBSERVACIONES

Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado

(\*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

### NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.



Cajamarca, 16 de Marzo de 2018.

Cód: RT1-5.10-01 Fecha de Emisión: 26/08/2014 Rev: N°04

Página: 2 de 2



# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084



Registro N° LE - 084

## INFORME DE ENSAYO N° IE 0318144

### DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

Razon Social/Usuario: **MARIELA NUÑEZ FIGUEROA**  
 Dirección: **Cajabamba**  
 Persona de contacto: **Mariela Nuñez Figueroa** Correo electrónico: **marielan@gmail.com**

### DATOS DE LA MUESTRA

Fecha y Hora del Muestreo: **19.03.18** Hora: **11:00**  
 Tipo de Muestreo: **Puntual**  
 Número de Muestra: **02 Muestras** N° Frascos x muestra: **06**  
 Ensayos solicitados: **Químicos y Microbiológico**  
 Breve descripción del estado de la muestra: **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.**  
 Responsable de la toma de muestra: **Las muestras fueron tomadas por el personal usuario**  
 Procedencia de la Muestra: **PTAR-1 Cajabamba**

### DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato: **SC - 006** Cadena de Custodia: **CC -144-18**  
 N° Orden de Trabajo: **0318144**  
 Fecha y Hora de Recepción: **19.03.18** 15:30 Inicio de Ensayo: **19.03.18** 15:55  
 Reporte Resultado: **26.03.18** 10:20

### (\*) DATOS DE CAMPO

Parámetro de Campo	Unidad	Ingreso PTAR - I	Salida PTAR - I	Fecha y Hora
(*) Temperatura (T)	°C	15.0	16.0	

Nota: **Parámetro de campo fueron proporcionados por el usuario.**

Blgo. Enver Zulueta Santa Cruz

Responsable Técnico (e)

CBP: 9778

Cajamarca, 28 de Marzo de 2018.

Cód: RT1-5.10-01 Fecha de Emisión: 26/08/2014 Rev: N°04

Página: 1 de 2

BORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE AGUA. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N, URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ. Teléfono: 051 94 222 222 Fax: 051 94 222 222 Email: laboratorio@regioncajamarca.gob.pe / laboratorio@regioncajamarca.gob.pe FONO: 999000 anexo 1140



## INFORME DE ENSAYO N° IE 0318144

ENSAYOS		FISICOQUÍMICOS	
Código Cliente	Ingreso PTAR - I	Salida PTAR - I	
Código Laboratorio	0318144-01	0318144-02	
Matriz de Agua	RESIDUAL	RESIDUAL	
Descripción	Industrial	Industrial	
Localización de la Muestra	Cajabamba	Cajabamba	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados
pH a 25°C	pH	NA	7.25      7.40
Sólidos Suspendidos Total	mg/L	2.5	242      170
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	2.6	265.5      202.5
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	8.3	581.8      407.1
(*) Aceites y Grasas	mg/L	2.5	197.5      20.5

ENSAYOS		MICROBIOLÓGICOS	
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	11x10 <sup>6</sup> 92x10 <sup>5</sup>

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
pH a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23 <sup>rd</sup> Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012: Solids, Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B, 2010: n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A, B, C, E, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

### OBSERVACIONES

Los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica ND: No determinado

(\*) Los Resultados son referenciales, fueron procesados fuera del tiempo estipulado por el método.

### NOTAS FINALES

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros.
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.
- ✓ Los materiales o muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua, durante el tiempo indicado de preservaciones posteriores a la emisión del informe, por lo que toda comprobación o reclamación que, en su caso, deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado.



**Cajamarca, 28 de Marzo de 2018.**

Cód: RTJ-5-10-01    Fecha de Emisión: 26/08/2014    Rev: N°04    Página: 2 de 2



# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084

## INFORME DE ENSAYO N° IE 0418197

### DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

**Razon Social/Usuario:** MARIELA NUÑEZ FIGUEROA  
**Dirección:** Cajabamba  
**Persona de contacto:** Correo electrónico: marielan@gmail.com

### DATOS DE LA MUESTRA

**Fecha y Hora del Muestreo:** 13.04.18 **Hora:** 10:30 a 11:00  
**Tipo de Muestreo:** Puntual  
**Número de Muestra:** 02 Muestras **N° Frascos x muestra:** 06  
**Ensayos solicitados:** Fisicoquímicos y Microbiológicos  
**Breve descripción del estado de la muestra:** Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.  
**Responsable de la toma de muestra:** Las muestras fueron tomadas por el personal usuario.  
**Procedencia de la Muestra:** PTAR-I Cajabamba.

### DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

**N° Contrato:** SC - 006 **Cadena de Custodia:** CC - 197 - 18  
**N° Orden de Trabajo:** 0418197  
**Fecha y Hora de Recepción:** 13.04.18 **16:05** **Inicio de Ensayo:** 13.04.18 **16:30**  
**Reporte Resultado:** 20.04.18 **15:00**

### (\*) DATOS DE CAMPO

Parámetro de Campo	Unidad	Ingreso PTAR - I	Salida PTAR - I	Fecha y Hora
(*) Temperatura (T)	°C	16,0	18,0	

Nota: Parámetro de campo fueron proporcionados por el usuario.

Blgo. Enver Zulueta Santa Cruz  
 Responsable Técnico (e)  
 CBP: 9778

# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 23 de Abril de 2018.

Página: 1 de 2



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084

**INFORME DE ENSAYO N° IE 0418197**

ENSAYOS		FISICOQUÍMICOS	
Código Cliente	Ingreso PTAR-I	Salida PTAR-I	
Código Laboratorio	0418190-01	0418190-02	
Matriz de Agua	RESIDUAL	RESIDUAL	
Descripción	Municipal	Municipal	
Localización de la Muestra	Cajabamba	Cajabamba	

Parámetro	Unidad	LCM	Resultados
° pH a 25°C	pH	NA	7.93
Sólidos Suspensidos Totales	mg/L	2.5	464.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	2.6	203.0
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	8.3	546.9
(*Aceites y Grasas)	mg/L	2.5	41.4

ENSAYOS		MICROBIOLÓGICOS	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	92x10 <sup>3</sup>

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
pH a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B. 23 <sup>rd</sup> Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method
Sólidos Suspensidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A.D. 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B. 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D. 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colormetric Method
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B. 2010. n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM, Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

**OBSERVACIONES**

- LCM: Límite de cuantificación de los métodos, los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.
- (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica / ND: No determinado
  - ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
  - ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
  - ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
  - ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
  - ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
  - ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
  - ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

Código del Formato: RT-5-10-01 Rev. N°05 Fecha: 06/06/2017



Ing. Octavio Freddy H. López León  
Analista de Química CIP 198264

Cajamarca, 23 de Abril de 2018.



# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

## GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° I.E-084

### INFORME DE ENSAYO N° IE 0518247

#### DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

**Razon Social/Usuario:** MARIELA NUÑEZ FIGUEROA  
**Dirección:** Cajamarca  
**Persona de contacto:** Correo electrónico: marielanf@gmail.com

#### DATOS DE LA MUESTRA

**Fecha y Hora del Muestreo:** 04.05.18 Hora: 11:00 a 12:00  
**Tipo de Muestreo:** Puntual  
**Número de Muestra:** 02 Muestras N° Frascos x muestra: 05  
**Ensayos solicitados:** Físicoquímicos y Microbiológicos  
**Breve descripción del estado de la muestra:** Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.  
**Responsable de la toma de muestra:** Las muestras fueron tomadas por el personal usuario.

**Procedencia de la Muestra:** PTAR-I Cajabamba.

#### DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

**N° Contrato:** SC - 006 Cadena de Custodia: CC - 247 - 18  
**N° Orden de Trabajo:** 0518247  
**Fecha y Hora de Recepción:** 04.05.18 17:10 Inicio de Ensayo: 04.05.18 17:40  
**Reporte Resultado:** 11.05.18 15:10

(*) DATOS DE CAMPO				Fecha y Hora	
Parámetro de Campo	Unidad	Ingreso PTAR - I	Salida PTAR - I		
(*) Temperatura (T)	°C	16.0	18.0		

**Nota:** Parámetro de campo fueron proporcionados por el usuario.

*Blgo. Enver Zulueta Santa Cruz*  
 Responsable Técnico (e)  
 C.B.P. 9778

# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Cajamarca, 11 de Mayo de 2018.

Página: 1 de 2



# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

## GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084

### INFORME DE ENSAYO N° IE 0518247

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS		
Código Cliente	Ingreso PTAR-I	Salida PTAR-I			
Código Laboratorio	0518247-01	0518247-02			
Matriz de Agua	RESIDUAL	RESIDUAL			
Descripción	Municipal	Municipal			
Localización de la Muestra	Cajabamba	Cajabamba			
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados		
pH a 25°C	pH	NA	7.03	7.27	
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	256.0	228.0	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	2.6	338.0	364.0	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	8.3	536.3	597.4	
(*) Aceites y Grasas	mg/L	2.5	9.7	10.8	

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS		
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados		
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	31x10 <sup>5</sup>	92x10 <sup>5</sup>	

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
pH a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B. 23 <sup>rd</sup> Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A.D. 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012: Solids: Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B. 2010. n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

#### OBSERVACIONES

LCM: Límite de cuantificación de los métodos, los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica. ND: No determinado

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
- ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
- ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
- ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
- ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

Código del Formato: RT-1-5-10-01 Rev: N°05 Fecha : 06/06/2017

# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Ing. Mariano de la Cruz Sarmiento  
Analista Responsable de Química  
CIP: 119544

Cajamarca, 11 de Mayo de 2018.





# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

## GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084

### INFORME DE ENSAYO N° IE 0618307

#### DATOS DEL CLIENTE/USUARIO

**Razon Social/Usuario:** MARIELA NUÑEZ FIGUEROA  
**Dirección:** Cajamarca  
**Persona de contacto:** Correo electrónico: marielanf@gmail.com

#### DATOS DE LA MUESTRA

**Fecha y Hora del Muestreo:** 05.06.18 **Hora:** 09:40 a 10:30  
**Tipo de Muestreo:** Puntual  
**Número de Muestra:** 02 Muestras **N° Frascos x muestra:** 05  
**Ensayos solicitados:** Físicoquímicos y Microbiológicos  
**Breve descripción del estado de la muestra:** Las muestras cumplen con los requisitos de volumen y preservación.  
**Responsable de la toma de muestra:** Las muestras fueron tomadas por el personal usuario.

**Procedencia de la Muestra:** PTARI- Cajabamba.

#### DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

**N° Contrato:** SC - 006 **Cadena de Custodia:** CC - 307 - 18  
**N° Orden de Trabajo:** 0618307  
**Fecha y Hora de Recepción:** 05.06.18 **Inicio de Ensayo:** 05.06.17 **14:45**  
**Reporte Resultado:** 12.06.18 **09:15**

(*) DATOS DE CAMPO				Fecha y Hora	
Parámetro de Campo	Unidad	Ingreso PTAR - I	Salida PTAR - I		
(*) Temperatura (T)	°C	18,0	19,0		

**Nota:** Parámetro de campo fueron proporcionados por el usuario.

*[Firma]*  
**Blgo. Enver Zulueta Santa Cruz**  
**Responsable Técnico (e)**  
**CBP: 9778**

# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

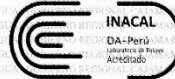
Cajamarca, 12 de Junio de 2018.



# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA



Registro N° LE - 084

CON REGISTRO N° LE-084

## INFORME DE ENSAYO N° IE 0618307

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS			
Código Cliente		Ingreso PTAR-I		Salida PTAR-I		
Código Laboratorio		0618307-01		0618307-02		
Matriz de Agua		RESIDUAL		RESIDUAL		
Descripción		Municipal		Municipal		
Localización de la Muestra		Cajabamba		Cajabamba		
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados			
pH a 25°C	pH	NA	7.28	7.29		
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5	102.0	108.0		
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.6	144.3	148.5		
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	8.3	470.3	476.8		
(*Aceites y Grasas)	mg/L	2.5	6.8	4.8		

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS			
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	92 x 10 <sup>6</sup>	54 x 10 <sup>5</sup>		

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
pH a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23 <sup>rd</sup> Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A.D, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Solids: Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Chemical Oxygen Demand (COD): Closed Reflux, Colorimetric Method
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B, 2010. n-Hexane Extractable Material (HEM, Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM, Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A, B, C, E, 22 <sup>nd</sup> Ed. 2012. Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

### OBSERVACIONES

- LCM: Límite de cuantificación de los métodos, los Resultados Químicos <LCM, significa que la concentración del analito es menor al LCM del Laboratorio establecido.
- (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL - DA. NA: No aplica. ND: No determinado
- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo en este Laboratorio Regional del Agua.
  - ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua, su autenticidad será válida sólo si tiene firma y sello original.
  - ✓ Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
  - ✓ El Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio Regional del Agua, está ACREDITADO en base a la norma NTP ISO/IEC 17025:2006.
  - ✓ La incertidumbre de medición se expresa cuando los resultados están dentro del alcance del método.
  - ✓ El tipo de preservante utilizado corresponde al requerido por la normativa vigente para los diferentes parámetros
  - ✓ Los resultados del informe no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
  - ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

Código del Formato: RT1-5-10-01. Rev.N°05 Fecha : 06/06/2017

por:

Ing. Mariano de la Cruz Sarmiento  
Analista Responsable de Química  
CIP: 119544

Cajamarca, 12 de Junio de 2018.