



UNIVERSIDAD DE LAMBAYEQUE
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**EFICIENCIA DE LA REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA
DE OXÍGENO, DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO EN LA PLANTA
DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PROVINCIA
DE JAÉN**

Autores

Fernández Dávila Geily

Soria Quipe Royner Percy

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR EL GRADO DE
BACHILLER EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

Chiclayo – Perú

2019

Resumen

Cada año las aguas superficiales son contaminadas por aguas residuales, disminuyendo la calidad del recurso hídrico para su potabilización, representando esto una problemática a nivel mundial, para ello es necesario encontrar nuevas herramientas o alternativas que nos permitan mejorar la calidad de agua, esta investigación parte de la inquietud de evaluar la remoción de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO_5) y la Demanda Química del Oxígeno (DQO) como parámetros importantes en la contaminación de las aguas residuales considerando que después de haber pasado por un proceso (aeróbico, anaeróbico y de maduración) pueda ser vertido en los cuerpos de agua, El tratamiento de las aguas residuales se ha convertido en una necesidad, considerada como una alternativa viable, segura para el ahorro de agua limpia, siempre y cuando se establezcan proyectos bien diseñados para cumplir con necesidades específicas. Estableciendo como resultados una relación de DBO_5 / DQO de 0.69 lo que indica que el crecimiento de la materia orgánica es menos apta de ser consumida por los microorganismos, indicando una mala biodegradabilidad.

Palabra clave: Demanda biológica de oxígeno, demanda química de oxígeno, afluente y efluente, biodegradabilidad.

Abstract

Every year the surface water is contaminated by wastewater, reducing the quality of the water resource for its purification, representing this a world-wide problem, for this it is necessary to find new tools or alternatives that allow us to improve the quality of water, this research starts from the concern to evaluate the removal of Biological Oxygen Demand (BOD₅) and the Chemical Oxygen Demand (COD) as important parameters in the contamination of wastewater considering that after having gone through a process (aerobic, anaerobic and maturation) can to be discharged into water bodies, Wastewater treatment has become a necessity, considered as a viable, safe alternative for saving clean water, as long as well-designed projects are established to meet specific needs. Establishing as a result a BOD₅ / COD ratio of 0.69 which indicates that the growth of organic matter is less apt to be consumed by the microorganism, indicating a poor biodegradability.

Key word: Biological oxygen demand, chemical oxygen demand, tributary and effluent, biodegradability.

Índice

I.	Problema de investigación.....	1
1.1.	Situación problemática.....	1
1.2.	Formulación del problema	1
1.3.	Objetivos	2
1.3.1.	Objetivo general.....	2
1.3.2.	Objetivos específicos	2
1.4.	Justificación.....	2
II.	Marco teórico y metodológico.....	3
2.1.	Antecedentes bibliográficos.	3
2.1.1.	Antecedentes internacionales.....	3
2.1.2.	Antecedentes nacionales	4
2.1.3.	Base teórica.....	6
2.2.	Materiales y métodos	11
2.2.1.	Tipo de Estudio	11
2.2.2.	Diseño de Investigación.....	11
2.2.3.	Variables de estudio	11
2.2.4.	Población de estudio	11
2.2.5.	Muestra de estudio.	12
2.2.6.	Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	12
2.2.7.	Validez:	15
2.2.8.	Confiabilidad:	15
2.2.9.	Plan de procesamiento para el análisis de datos.	15
2.2.10.	Diseño y utilización de instrumentos de recolección de datos.	15
2.2.11.	Recopilación de información.	15
2.2.12.	Verificación y tabulación de la información,.....	15
2.2.13.	Procesamiento de la información.....	15
2.2.14.	Análisis de la información.	15
III.	Resultados	16
IV.	Conclusiones	19
V.	Recomendaciones	20
VI.	Referencias bibliográficas.....	21

Índice de tablas

Tabla 1. Límites máximos permisibles para los efluentes de los PTAR	10
Tabla 2. Comparación de los LMP	10
Tabla 3. Operacionalización de las variables	11
Tabla 4. Caudales de efluente y afluente en la laguna de oxidación.	16
Tabla 5. Remoción de DBO5 en el efluente y afluente de la laguna de estabilización	17
Tabla 6. Caudal vs remoción del DBO5	17
Tabla 7. Remoción de DQO en el efluente y afluente de la laguna de estabilización	18
Tabla 8. Caudal vs remoción del DBO	18
Tabla 9. Relación entre el DBO5/ DQO.	19

Índice de figuras

Figura 1. Concentración del oxígeno residual (aguas residuales).....	7
Figura 2. Ciclo de la materia orgánica	8
Figura 3. Estado trófico del agua	9
Figura 4. Mapa de ubicación de las lagunas de estabilización – Jaén.	22
Figura 5. Instalando equipo para la preparación de soluciones UNJ.....	22
Figura 6. Pesando material HgSO_4 Lab. Química General UNJ.	23
Figura 7. Preparando soluciones	23
Figura 8. Preparando los reactivos.....	24
Figura 9. Preparando cultivos.	24
Figura 10. Encargado del laboratorio revisando las muestras.	25

I. Problema de investigación

1.1. Situación problemática

Uno de los mayores contaminantes de los recursos hídricos son los compuestos, químicos, físicos y/o biológicos, producidos por la industria, la agricultura y la ganadería también provocan contaminantes el crecimiento demográfico, estos influyen de manera negativa en la contaminación de las aguas por las diferentes formas de uso en las actividades domésticas, la falta de cultura. genera un ambiente que favorece al avance de la contaminación.

Hay una gran cantidad de empresas comerciales, industriales y casas, etc, que utilizan y desechan cientos de miles de agua y materia orgánica diariamente; el tratamiento de aguas de desecho es un aspecto muy importante, las plantas de tratamiento de aguas de desecho son las que modifican las características físicas, la composición química o la actividad biológica de los residuos, y muchos de los problemas que se enfrentan al manejar materiales de desecho, la falta de mantener un nivel adecuado de oxígeno, nutrientes disponibles altera los costos en una planta.

La contaminación de las aguas residuales en los terrenos de cultivo es una de las causas de millones de muertes infantiles cada año en el mundo, por su ineficiente tratamiento y la poca difusión en su aprovechamiento, para evitar la pérdida de agua dulce el poco control de los tiempos de residencia en las lagunas y el eficiente control de las etapas de proceso como el tratamiento primario (sedimentación, precipitación y otros). Siguen siendo una de las etapas más importante es la clarificación incluyendo el proceso de coagulación-floculación en el cual las partículas presentes en el agua, Como una alternativa, los países en vías de desarrollo, han adaptado una serie de tecnologías tradicionales para eliminar la turbidez del agua en el ámbito doméstico.

El vertimiento del agua residuales es una actividad que debe garantizar los impactos negativos en la calidad del agua. En lo anteriormente dicho, el exceso de flujo de agua residual doméstica y el crecimiento demográfico causan una contaminación para ello se trata de evaluar el grado de contaminación y la eficiencia de la planta de tratamiento de agua residual de la provincia de Jaén.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la eficiencia en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, la demanda química de oxígeno, en la planta de tratamiento de aguas residuales de la provincia de Jaén?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la eficiencia en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, la demanda química de oxígeno en la planta de tratamiento de aguas residuales de la provincia de Jaén.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar el DBO₅ y el DQO del efluente y afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la provincia de Jaén.
- Comparar el DBO₅ y el DQO del efluente y afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la provincia de Jaén con las normas técnicas peruanas (NTP).

1.4. Justificación

El agua es la sustancia más importante para los seres vivos, después del oxígeno. Es parte constituyente de la mayoría de los animales y los vegetales y está presente en cantidad de minerales. La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) es uno de los indicadores más importantes en la medición de la contaminación en aguas residuales, como también en el control del agua potable. (Raffo Lecca & Ruiz Lizama, 2014, p. 75-78).

La presente investigación tiene como finalidad evaluar la remoción en el proceso de la entrada y salida de las aguas tomando en cuenta el DBO₅ y el DQO como indicador y comparado con las NTP también deseamos proporcionar conocimientos en la ingeniería ambiental, política y planificación, esto sucede muy a menudo en las fábricas sea de lácteos o azucareras al eliminar sus relaves y formarse lagunas aguas que luego se eutrofizan, incrementando el aporte del DBO₅ y el DQO, más los nutrientes inorgánicos en un ecosistema acuático como es el nitrógeno. Cada proceso es diferente y también la descarga de aguas residuales, se debe realizar la caracterización completa del agua residual (análisis físicos químicos de acuerdo a la normativa ambiental a cumplir), uno de los factores más importantes es la durabilidad DBO₅/DQO, mayor a 4 el agua es muy biodegradable, se determinó los caudal durante 24 horas, tanto el caudal máximo y mínimo. Es necesario tomar muy en cuenta que la depuración del agua residual comienza desde el origen (proceso de producción), si no hay control en el proceso de producción de seguro vas a tener problemas en tu tratamiento primario, secundario o terciario.

La planta de tratamiento de agua residual debe cumplir con las normas técnicas peruanas como lo aplica el DS N° 004 – 2017- MINAN , en lo ambiental debe generar un

impacto ambiental positivo, en lo económico se debe tratar de descolmatar en caso de que llegue la planta a su saturación-

II. Marco teórico y metodológico

2.1. Antecedentes bibliográficos.

2.1.1. Antecedentes internacionales.

La contaminación de los ríos en México es un problema ambiental. Las fuentes de materia orgánica son diversas y entre ellas se encuentran las actividades agrícolas, industriales y las aguas residuales generadas en las zonas urbanas y rurales. Este trabajo tiene como objetivo correlacionar la materia orgánica como demanda bioquímica de oxígeno (DBO) con la población humana que habita en la subcuenca del Río Zahuapan. Se seleccionaron doce puntos donde se realizaron muestreos mensuales, durante un año, de la corriente de agua. Se determinaron once parámetros fisicoquímicos siguiendo las normas mexicanas correspondientes. En la temporada de sequía se midió la sección hidráulica y velocidad de la corriente. La sección hidráulica se calculó con la anchura y profundidad del río en tramos de 20 cm. Con la velocidad de la corriente y la sección hidráulica se calculó el gasto hidráulico del río. La carga de la DBO (gs^{-1}) se estimó multiplicando la concentración de DBO por el gasto del río. Por medio del programa TAS se definieron las microcuencas de los puntos de muestreo. Las localidades pertenecientes a cada microcuenca se agruparon de acuerdo con el tamaño de su población y su distancia de la línea del cauce del río. Se encontraron correlaciones con valores de $r^2 > 0.8$ en las microcuencas con escasa actividad industrial y agrícola. La correlación entre DBO y DQO resultó la más alta, con un valor de $r^2 = 0.733$. En la subcuenca del Río Zahuapan viven aproximadamente 523 830 personas, que representan 59 % de los habitantes del estado de Tlaxcala. 67 % de la población que habita en el área de influencia de los puntos de muestreo está concentrada en localidades de 1001-5000 y de 20 001-50 000 habitantes. Se encontró que la DBO es explicada por la población asentada hasta 20 km de la línea del cauce del río. (Munoz Nava, 2012).

El agua residual generada en la industria láctea posee altas cargas contaminantes que evidencian impactos en los cuerpos receptores y por tanto hacen necesarias técnicas más potentes para alcanzar las reducciones impuestas por la normatividad ambiental vigente. Los resultados aquí expuestos muestran la capacidad de una mezcla de microorganismos benéficos (MB) para reducir cargas contaminantes en agua residual generados en una planta de producción en la industria láctea, teniendo como indicadores, demanda biológica de oxígeno (DBO5), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos

Totales (ST) para dos tipos de residuos, aguas de lavado (mañana) y aguas de proceso (tarde), se encontraron reducciones en la DQO de 71,65 % (tarde) y 66,96 % (mañana), en la DBO de 68,58 % (tarde) y 61,22 % (mañana), en los ST de 70,45 % (tarde) y 70,34 % (mañana) y para los SST se alcanzaron reducciones de 78,77 % (tarde) y 71,48 % (mañana). Los resultados obtenidos experimentalmente fueron analizados mediante un Análisis de varianza (ANOVA) permitiendo encontrar niveles de interacción entre las variables de respuesta seleccionadas. (Herrera A, 2013)

2.1.2. Antecedentes nacionales

En la investigación titulada “Disminución de la DBO, DQO y STD del agua residual domestica de Santiago de Chuco empleando un biofiltro de piedra pómez”.se realizó una filtración con piedra pómez como medio de soporte y el desarrollo de una biopelícula de microorganismos eficientes del tipo EM – agua; buscando la disminución de los parámetros de DBO, DQO, y STD del efluente residual domestico del distrito de Santiago de Chuco. El efluente se caracteriza por tener una DBO de 35.52 ppm; así como una DQO de 85.83 ppm y STD 64.99 ppm en valores promedios respectivamente. Se utilizó 10 litros de agua residual para el tratamiento experimental de la investigación, se trabajó a diferentes tiempos de permanencia del agua residual en el biofiltro (3, 5 y 7 días); con concentraciones de (10, 15 y 25) mililitros de ME por cada litro de agua residual. Se utilizó el método Winkler para la determinación de la DBO y DQO, para la determinación de STD antes y después del tratamiento, solo se alcanzó el 53.75 % de eficiencia del biofiltro. (Espinoza Zegarra, 2017)

En el trabajo titulado “Eficiencia en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Celendín” para determinar esto se analizó, la concentración del pH y temperatura en el tratamiento de las aguas residuales cuando entre en funcionamiento la PTAR; de tal manera que se cumpla con los Límites Máximos Permisibles (LMP) de efluentes de PTAR para vertidos a cuerpos de agua, para el cual se utilizó el método analítico. En el trabajo se realizado se obtuvo en el Laboratorio de Aguas del Gobierno Regional de Cajamarca, obteniendo los resultados de la concentración de DBO, DQO, SST, pH y T°. En cada punto de muestreo (P1 y P2) se midieron los parámetros ya descritos, tomando en total 2 muestras para cada parámetro. (P1 – Influyente y P2 – Efluente) Obteniendo los siguientes resultados en promedio para cada parámetro analizado: para la DBO se obtuvo una concentración de 572.00 mg/L en el P1, y 48.58 mg/L en el P2; para la DQO, 1207.25 mg/L en el P1, y 107.50 mg/L en el P2; para los SST 253.81 mg/L en el P1, y 42.64 mg/L en el P2; para el pH un valor de 8.08

en el P1, y 6.80 en el P2; y para la Temperatura un valor de 16.25 °C en el P1 y 17 °C en el P2. Verificando los resultados del P2 (efluente) de la PTAR, se pudo comprobar que se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles (LMP) de efluentes de PTAR para vertidos a cuerpos de agua (D.S.N° 003-2010-MINAM), lo que indicaría una alta eficiencia a futuro por parte del funcionamiento de la planta, obteniendo un 91.5 % de eficiencia en remoción de DBO, un 91 % de eficiencia en remoción de DQO y un 83.2 % de eficiencia en remoción de SST (Martínez Bardales, 2016).

El trabajo de investigación denominado “Evaluación y propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales en massiapo del distrito de Alto Inambari - sandia” evaluación y propuesta técnica de la planta de tratamiento de aguas residuales, se realizó en la localidad de Massiapo distrito de Alto Inambari provincia de Sandia. generando a su vez problemas ambientales, ocasionados. Por el deficiente e inapropiado del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad, por lo que es necesario e importante realizar las soluciones a estos problemas. El objetivo planteado en la investigación es evaluar cómo influyen los parámetros físicos, químicos y biológicos en la calidad de aguas residuales de la laguna de estabilización y plantear mediante una propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales con la finalidad de reducir la contaminación causada por efecto de las descargas de las aguas residuales, que son vertidos directamente al cuerpo receptor El proceso metodológico que se ha planteado es realizar evaluaciones, identificación y la obtención de datos y muestreo en diferentes puntos del sistema, y luego se procedido a nivel de laboratorios, para su análisis y se han obtenido resultados de las muestras de los Siguietes parámetros, DBO5 es de 429 mg/l. afluente y 276 mg/l. en el efluente, y la DQO, son de 904 mg/l. en el afluente y 620 mg/l. en el efluente, al comparar los valores determinados en el efluente con los LMP (límites máximos permisibles) establecidos en el D.S.003-2010-MINAM, se establece que el nivel de contaminación es alto ya que los contaminantes potenciales (DBO5, DQO). Superan los LMP en más del doble, Contaminando y afectando de esta manera la vida acuática existente en el rio Inambari, con lo cual el agua residual del efluente no cumple con los LMP para poder ser vertidos al cuerpo receptor. Se concluye que, se ha determinado los aspectos causantes de dicho problema, estas causas se han analizado los efectos que ellos producen, y por otro lado la contaminación del medio ambiente, lo que originan una deficiente calidad de vida de la población. Con el cual se pretende plantear una propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales, las que permitan contrarrestar los impactos negativos en la salud y el

ambiente generados por el inadecuado funcionamiento de la laguna de estabilización. (Arocutipa, 2013).

2.1.3. Base teórica

Términos claves

a. Agua residual domestica

Según (OEFA, 2014). Son aquellas de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana, y deben ser dispuestas adecuadamente.

b. Demanda química de oxígeno (DQO)

En inglés, chemical oxygen demand COD, corresponde al contenido de materias orgánicas total (biodegradable o no). Se expresa por la cantidad de oxígeno en mg/l suministrados por dicromato potásico, que es necesario para la oxidación de las materias orgánicas (proteínas, glúcidos, lípidos, etc.), presentes en las aguas. (Calzada Diffor & Martinez del Pozo, 2012).

c. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

La contaminación de las aguas superficiales cronológicamente se debe a las diferentes actividades humanas entre ellas las industriales, comerciales y al crecimiento demográfico. El oxígeno es un elemento vital para la degradación de la materia orgánica, el crecimiento de bacterias y hongos se debe al alto contenido de materia orgánica

El crecimiento de la fauna y flora acuática se debe al consumo de oxígeno a través de procesos oxidativos de la materia orgánica, es por ello que nuestro ecosistema se altera por el cambio en la calidad de agua, incrementando el pH, desapareciendo peces y plantas (Raffo Lecca & Ruiz Lizama, 2014, p. 75-78).

La DBO es uno de los indicadores más importantes en la medición de la contaminación en aguas residuales (AR), como también en el control del agua potable.

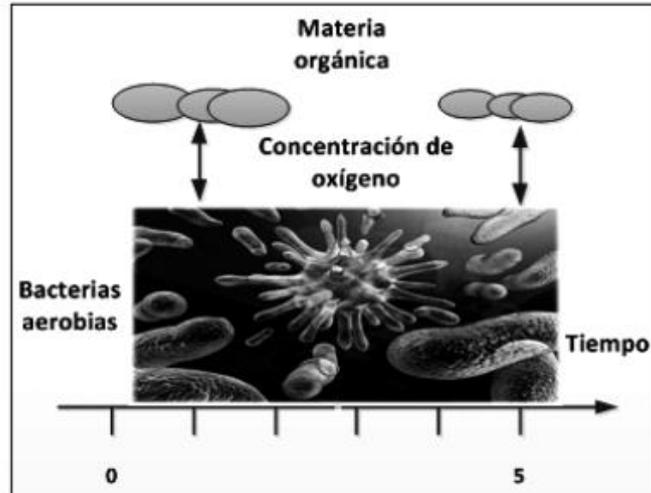


Figura 1. Concentración del oxígeno residual (aguas residuales)

Fuente : (Raffo Lecca & Ruiz Lizama, 2014, p. 75-78).

d. Contaminación antropogénica

La contaminación en el agua, vista desde la intervención humana se clasifica en natural y antropogénica.

- **La contaminación natural** se debe a la presencia de determinadas sustancias en el agua sin que intervenga la acción humana, teniendo orígenes muy diversos.
- **La contaminación antropogénica o humana**, es consecuencia de las actividades humanas, como son las actividades mineras, agropecuarias, industriales, artesanales y domésticas. Por su naturaleza son las más graves por la gran variedad de contaminantes que genera. Aquí se encuentran los fenoles, cianuros, cromo y detergentes. El fenol es el ingrediente más importante en la preparación de resinas sintéticas, colorantes, medicamentos, plaguicidas, curtientes sintéticos, sustancias aromáticas, aceites lubricantes y solventes. El cianuro es una sustancia química potencialmente letal, que actúa rápidamente y puede existir de varias formas. Puede ser un gas incoloro o estar en forma de cristales. En las operaciones mineras, el proceso de lixiviación (separación de metales) con cianuro, produce daños ambientales a corto y largo. (Raffo Lecca & Ruiz Lizama, 2014, p. 75-78)

e. Materia orgánica (MO)

Son compuestos con una estructura química muy variable, constituida principalmente por C, H y O, y en menor medida de N, P y S

- **Producida por los organismos autótrofos** (plantas, algas, bacterias) a partir de materia inorgánica y energía (fotosíntesis/quimiosíntesis)

- **Puede formar parte de organismos vivos** (biomasa) o encontrarse en forma de restos o residuos
- Fuente de nutrientes y energía para los organismos heterótrofos. (Sánchez Ramos, 2006)

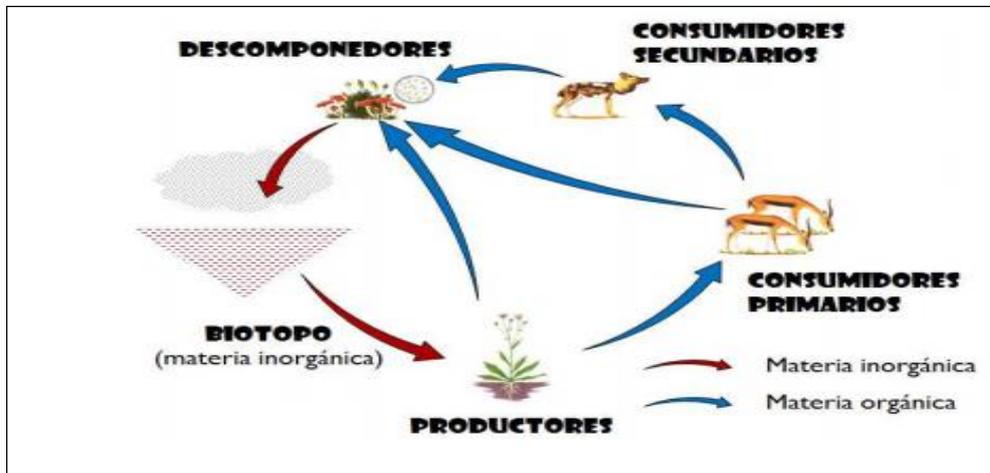


Figura 2. Ciclo de la materia orgánica
Fuente: (Sánchez Ramos, 2006)

Tipos fundamentales de MO en aguas residuales:

- **Compuestos nitrogenados** (CHONS): 40-60 % de la MO en ARD

Principales compuestos de este grupo:

Proteínas (moléculas muy complejas), aminoácidos (bloques que constituyen las proteínas, cuyo peso molecular es elevado) y urea (forma en que se eliminan fundamentalmente los compuestos nitrogenados del metabolismo).

Generalmente están presentes en el agua en forma coloidal. En estos compuestos el N se libera como amoníaco en la oxidación

Carbohidratos (CHO): 25-50 % Los ejemplos más comunes son los azúcares, como la glucosa (C₆H₁₂O₆), el almidón (C₅H₁₀O₅) y la celulosa (C₆H₁₀O₅). Suelen estar en forma disuelta en el agua

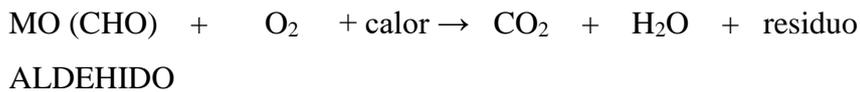
Grasas y aceites (CHO): 10 % Poco solubles en agua por hidrófobas, y solubles en disolventes orgánicos → se concentran en la superficie (interfase agua-aire). Su biodegradación es muy lenta. Los ácidos grasos se pueden alcalinizar dando lugar a jabones. (Sánchez Ramos, 2006)

Medida de la materia orgánicas

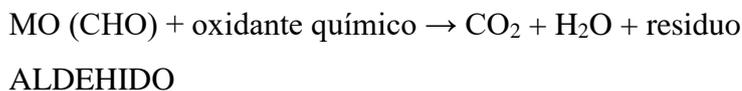
La materia orgánica está basada en tres procesos oxidativos, es de altos costos, con métodos indirectos, la materia orgánica en descomposición los primeros componentes que desintegran y se forman son los aldehídos (putrescina y cadaverina).

- Oxidación térmica
- Oxidación química
- Oxidación bioquímica

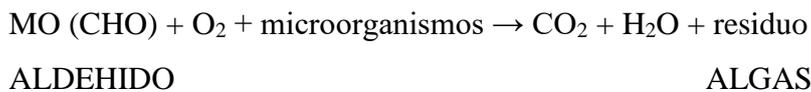
Oxidación térmica Consiste en someter una muestra de agua a alta temperatura, en presencia de oxígeno, para favorecer su incineración de la materia orgánica (Aldehído) por combustión completa genera anhídrido carbónico y agua y residuos.



Oxidación química Hace uso de reactivos de poder oxidante proporcionados por el oxígeno ambiental, generando anhídrido carbónico que se manifiesta por la burbuja y el agua más residuos. En relación con la cantidad de O₂ consumido.



Oxidación bioquímica La oxidación la llevan a cabo los microorganismos presentes en el agua se mide el O₂ consumido por la actividad microbiana.



Oxidación bioquímica – DBO₅ Es uno de los parámetros más importantes en determinación de la contaminación orgánica (junto a la DQO). En donde la relación óptima es de 0.5.

DBO ₅ (mg/l)	Calidad del agua	Estado trófico
<3	Muy buena	Ultraoligotrófico
3-5	Buena	Oligotrófico
5-9	Moderada	Mesotrófico
9-15	Deficiente	Eutrófico
>15	Muy mala	Hipertrófico

Figura 3. Estado trófico del agua
Fuente: (Sánchez Ramos, 2006)

Tabla 1. *Límites máximos permisibles para los efluentes de los PTAR*

Parámetros	Unidades	LPM de efluentes para vertidos a cuerpos de agua
DQO	mg/l	200
DBO5	mg/l	100
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml.	10000
Coliformes fecales	NMP/100 ml.	2000
pH		6.5-8.5
Aceites y grasas	mg/l	20
Sólidos totales suspendidos	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente : DS N° 003-2010-MINAM

Tabla 2. *Comparación de los LMP*

Parámetros	Unidades	DS N° 003-2010-MINAN			DS N° 004-2017-MINAN
		Agua para riego	Bebida de animales	Cuerpo receptor	
DQO	mg/l	40	40	200	
DBO5	mg/l	15	15	100	
Coliformes totales	NMP/100 ml.	2000	1000	1000	
Coliformes fecales	NMP/100 ml.	2000	1000	1000	
pH		6.5-8.5	6.5-8.6	6.5-8.5	

Fuente: (MINAN, 2017)

f. Las lagunas de estabilización

Son cuerpos de agua creados artificialmente por el hombre. Las lagunas pueden utilizarse individualmente o vincularse en serie para mejorar el tratamiento, en México, constituyen el proceso de tratamiento de aguas residuales más utilizado, con un poco más del 31% del total de plantas de tratamiento instaladas (Aurora B. Hernández-Salazar, 2017). Aunque su operación es muy sencilla en comparación con otras tecnologías de tratamiento, varios sistemas de lagunas presentan problemas debido a deficiencias de diseño, la falta de mantenimiento y de operadores adecuadamente capacitados (Quispe Huisa, 2018).

2.2. Materiales y métodos

2.2.1. Tipo de Estudio

La presente investigación trata de determinar el problema en el recurso hídrico por lo tanto es de tipo Aplicada - Experimental, tratando de darle un valor agregado al afluente y llevarlos a cuerpos de agua (rio) en concentraciones que no afecten al medio ambiente

2.2.2. Diseño de Investigación.

Es experimental, porque se realiza la manipulación de datos ya que se tiene identificado las variables de estudio, y factorial porque nos permite la combinación de dos o más factores en el diseño.

2.2.3. Variables de estudio

Variable dependiente:

Planta de tratamiento de aguas residuales.

Variable independiente:

Eficiencia de la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno.

Tabla 3. Operacionalización de las variables

	Variable	Definición	Indicadores	Escala de medición	Definición Operacional
Dependiente	Planta de tratamiento de agua residuales	Consiste en una serie de procesos físicos y químicos y biológicos que tiene por finalidad eliminar los contaminantes.	Etapas o procesos de: sedimentación, decantación	Ppm o mg/L	Turbiedad pH Coliformes fecales.
Independiente	Eficiencia en la remoción de la demanda biológica de oxígeno y demanda química de oxígeno	Es una técnica que determina el ingreso y salida de los contaminantes en partículas que se dan en partes por millón (ppm).	Concentración de DBO ₅ , DQO tanto en el efluente como afluente.	Ppm o mg/L	Método de la eficiencia.

Fuente: Elaboración propia

2.2.4. Población de estudio

La población está conformada por las aguas residuales la planta de tratamiento de la provincia de Jaén.

2.2.5. Muestra de estudio.

La muestra tomada, será de 0.5 litros de agua residual doméstica en el efluente y afluente determinando las concentraciones de DBO₅, DQO establecidas por el nivel de contaminación presente en el agua servidas, las mismas que serán analizadas en el laboratorio de Química de la Universidad Nacional de Jaén, de la carrera profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias y los microbiológicos en el laboratorio de Biológica de la carrera profesional de Tecnología Médica de dicha Universidad.

2.2.6. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

a. Unidad de análisis

Se tomará 5 muestras de efluente y 5 muestras de afluente con una capacidad de 500 ml cada frasco.

b. Criterios de selección

- *Criterios de inclusión*

Muestras de Agua residual en un rango de pH de entre 5 a 9.

Tiempos de permanencia del agua residual de 3, 5 y 7 días.

- *Criterios de exclusión*

Muestras de Agua residual con pH por debajo del valor de 5.

Muestras de Agua residual con tiempos de permanencia por debajo de los 3 días.

c. Descripción del proceso

Determinación de oxígeno disuelto en el agua método de Winkler (DBO₅)

Equipos y aparatos

- Bureta de 50 ml
- Probeta de 50 o 100 ml
- Pipeta de 1 ó 2 ml
- Vaso de precipitación de 100 ml
- Frasco de DBO de 300 ml de capacidad con tapa esmerilada (Espinoza Zegarra, 2017)

Reactivos

- Solución A $\text{MnSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ 500 g / litro de solución ó $\text{MnSO}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ 480/ litro de solución ó $\text{MnSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ 400 g / litro de solución
- Solución B (Yoduro-alcalina-azida) KI 150 g / litro de solución
NaOH 500 g/ litro de solución
NaN₃ 7.5 g / litro de solución
- Reactivo B es la mezclar las 3 soluciones en partes iguales KI: NaOH: NaN₃

- Solución de Tiosulfato de sodio 1 / 40 N: Pesar 6.205 gramos de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ + 0.1 gramos de Na_2CO_3 y llevar a 1 litro de solución y agregar 1 gota de CS_2
- Ácido sulfúrico H_2SO_4 (densidad = 1.84 g / mL) e) Solución de almidón 0.5 %: Pesar 2 gramos de almidón soluble en 300 ml de agua destilada. Luego adicionar NaOH al 20 % hasta que desaparezca la opalescencia. Dejar en reposo por 1 a 2 horas, agregar HCl para neutralizar. Añadir 2 ml de ácido acético glacial. Completar a 1 litro con agua destilada. (Espinoza Zegarra, 2017).

Muestreo y almacenamiento de muestras

Las botellas de DBO deben lavarse con agua de la muestra a ser analizada. Luego llenada con la muestra al ras y tapanla evitando la formación de burbujas de aire. El análisis debe comenzar en menos de una hora después de colectada la muestra. Si el análisis va a retardarse, conservar la muestra adicionando 1 ml de solución de MnSO_4 y 1 ml de solución yoduro alcalina-azida. El resto del análisis es completado después. No debe guardarse la muestra en nevera. (Espinoza Zegarra, 2017)

Procedimiento

- Destapar cuidadosamente el frasco de DBO y adicionar “subsuperficialmente” 1 ml de solución de $\text{MnSO}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ y 1 ml de solución yoduro-alcalina-azida. pág. 61 Tapar el frasco verificando que no se forme burbujas de aire. Dejar en reposo 10 segundos.
- Mezclar el contenido hasta que el precipitado se disperse y dejar en reposo 10 minutos.
- Destapar el frasco y adicionar 1 mL de H_2SO_4 cc. Tapar cuidadosamente y agitarla enérgicamente hasta que todo el precipitado se disuelva. El agua toma un color ámbar, si este no es el caso, repetir la prueba; si se toma un color blanco lechoso, pueda ser que la muestra no tenga oxígeno disuelto. Dejar reposar 30 minutos.
- Colocar 50 ml en un vaso de precipitación y titular con la solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ hasta que enérgicamente parezca un color amarillo “paja” (amarillo pálido).
- Cuando el color ámbar ha virado al amarillo pálido, adicionar 1 ml de solución de almidón (indicador); inmediatamente aparecerá una coloración azul, seguir titulado hasta que desaparezca dicha coloración. Repetir la titulación para encontrar un valor promedio.
- Determinar el contenido de oxígeno disuelto aplicando la fórmula. (Espinoza Zegarra, 2017)

Demanda química de oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno (DQO) informa sobre el consumo de oxígeno de un agua para la oxidación de casi todas las sustancias orgánicas solubles en agua, exceptuando una serie de compuestos nitrogenados y de hidrocarburos apenas solubles en agua.

Reactivos

- Solución patrón de dicromato de potasio 0,25 N (12,259 gr $K_2Cr_2O_7$ /litro)
- Sulfato de Plata (Ag_2SO_4) grado reactivo
- Ácido sulfúrico concentrado grado reactivo)
- Reactivo de Ácido Sulfúrico por 1 o 2 días para disolver el Ag_2SO_4
- Solución indicadora de Ferroín (1,485 gr de 1,10 fenantrolina hidratada y 695 mg de $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ en agua destilada y diluir a 100 mL. Esta disolución se puede conseguir ya preparada. En lugar de este indicador también se puede usar difenilamina.
- Solución patrón de SFA aproximadamente 0,25 N. (Disolver 98 gr de $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ en agua destilada, adicionar 20 mL de H_2SO_4 G.R, enfriar y diluir a 1000 mL. Esta solución se debe estandarizar con $K_2Cr_2O_7$ el día que se vaya a usar)
- Sulfato de mercurio $HgSO_4$ en cristales o polvo.
- Acido sulfámico. Solo se requiere si la interferencia N- NO_2 - se va a eliminar.
- Patrón Ftalato hidrógeno potásico: Disolver 425 mg en agua destilada y diluir a 1000 mL .El reactivo tiene una DQO teórica de 1,176 gr de O_2 /gr y esta solución tiene una DQO teórica de 500 ppm O_2 . Preparar una nueva para cada uso. (Espinoza Zegarra, 2017)

Procedimiento

- Tomar 50 mL de muestra (para muestras con DQO mayores que 900 ppm usar una porción más pequeña diluida a 50 mL) en el matraz de reflujo de 500 mL.
- Adicionar 1,0 gr de $HgSO_4$, varias perlas de vidrio y muy lentamente 5 mL del Reactivo H_2SO_4 mezclando para disolver el $HgSO_4$.Enfriar mientras se mezcla para evitar posible pérdidas de materiales volátiles.
- Adicionar 25 mL de Solución de $K_2Cr_2O_7$ 0,25 N y mezclar de nuevo. Conectar el matraz al refrigerante y aplicar el agua de enfriamiento
- Adicionar 70 mL del reactivo de H_2SO_4 a través de la entrada que está en la parte final del refrigerante (por donde entra el agua de lavado), mezclando y agitando a medida que se adiciona reactivo. Precaución: Mezclar bien para prevenir el calentamiento local en el fondo del matraz y una posible expulsión del contenido del matraz.
- Una vez que el aparato esté totalmente montado, someter la mezcla a reflujo por dos horas, Enfriar y lavar el refrigerante hacia abajo con agua destila
- Desconectar el refrigerante de reflujo y diluir la mezcla casi al doble de su volumen con agua destilada. Enfriar a temperatura ambiente y titular el exceso de $K_2Cr_2O_7$ con la solución de SFA, usando 0,1 a 0,15 mL de (2-3 gotas) de indicador de ferroín (aunque la cantidad de ferroín no es crítica se debe usar el mismo volumen para todas las titulaciones).

Tomar el punto final de la titulación el primer cambio agudo de color, el cual va de un color azul verde a café rojizo. El azul verde puede reaparecer minutos más tarde.

- Correr un blanco, el cual consiste en un volumen de agua destilada igual a la muestra; se adiciona los mismos reactivos, se somete a reflujo y se titula con la solución de SFA (Espinoza Zegarra, 2017).

d. Instrumentos:

Para la recolección de datos se evaluó calidad del agua residual de acuerdo a los parámetros físicos y químicos que se usan con las marchas analíticas antes mencionadas las que serán analizadas en los laboratorios de la Universidad Nacional de Jaén.

2.2.7. Validez:

La validez se aplica mediante el análisis de la constatación de los resultados hechos en función de la remoción del DBO₅ y DQO en el efluente y afluente de las aguas residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales de la provincia de Jaén.

2.2.8. Confiabilidad:

Para la confiabilidad se aplicará unas pruebas cuantitativas por el método de Winkler.

2.2.9. Plan de procesamiento para el análisis de datos.

La presentación de los datos obtenidos se realizará aplicando un método estadístico de tendencia central.

2.2.10. Diseño y utilización de instrumentos de recolección de datos.

Se ha diseñado una tabla de doble entrada para poder analizar y comparar los resultados.

2.2.11. Recopilación de información.

Se hizo en forma diaria por un espacio de siete días en tres horarios mañana (7:00 am), tarde (1:00pm) y noche (7 pm).

2.2.12. Verificación y tabulación de la información,

Para la verificación y tabulación de datos en cuadros para su procesamiento.

2.2.13. Procesamiento de la información.

La información será procesada de acuerdo a los objetivos específicos.

2.2.14. Análisis de la información.

Para el análisis de los resultados se utilizaron tabla de frecuencias, gráficos y el análisis porcentual, con el propósito de determinar la remoción del DBO₅ y el DQO en el efluente y afluente de la planta de tratamiento de agua residuales de la provincia de Jaén, considerando los objetivos trazados.

III. Resultados

- Analizar el DBO5 y el DQO del efluente y afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la provincia de Jaén.

Después de haber determinado los caudales del efluente y afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales resultó que la retención promedio es del 12.04 % como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Caudales de efluente y afluente en la laguna de oxidación.

N°	Fecha	Hora	Caudal(L/S)		Retención (%)
			Entrada	Salida	
1	01/10/2019	07:00 a.m.	556.37	497.25	10.63
2		01:00 p.m.	582.42	513..2	8.25
3		07:00 p.m.	308.66	278.25	9.85
4	02/10/2019	07:00 a.m.	362.96	312.45	13.92
5		01:00 p.m.	456.03	399.12	12.48
6		07:00 p.m.	237.99	198.23	16.71
7	03/10/2019	07:00 a.m.	608.978	526.12	13.61
8		01:00 p.m.	582.01	456.12	21.63
9		07:00 p.m.	480.44	402.11	16.30
10	04/10/2019	07:00 a.m.	697.57	568.12	18.56
11		01:00 p.m.	543.377	498.78	8.21
12		07:00 p.m.	747.813	659.14	11.86
13	05/10/2019	07:00 a.m.	528.45	489.47	7.38
14		01:00 p.m.	677.15	598.65	11.59
15		07:00 p.m.	709.82	659.23	7.13
16	06/10/2019	07:00 a.m.	1054.02	916.25	13.07
17		01:00 p.m.	896.32	754.12	15.86
18		07:00 p.m.	456.03	396.23	13.11
19	07/10/2019	07:00 a.m.	747.81	698.26	6.63
20		01:00 p.m.	586.25	511.25	12.79
21		07:00 p.m.	618.13	597.27	3.37
Retención Total Promedio					12.04

Fuente: Elaboración Propia.

Cabe indicar que a mayor flujo volumétrico la remoción del DBO5 y DQO es mínimo lo que indica que para un mejor funcionamiento se debe disminuir el caudal.

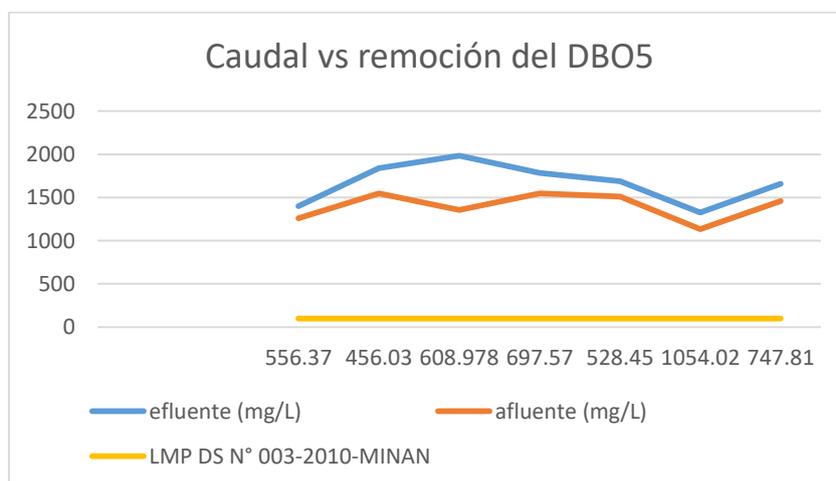
En la tabla 5 al no ver remoción, indica que hay mayor material orgánico y la disminución del DBO5 y DQO se debe al alto caudal y poco tiempo de retención.

Tabla 5. Remoción de DBO_5 en el efluente y afluente de la laguna de estabilización

Muestra					
Caudal(L/S)	Fecha	DBO_5 Efluente (Mg/L)	DBO_5 Afluente (Mg/L)	% De Remoción	LMP DS N° 003- 2010- MINAN
556.37	01/10/2019	1400	1258	10.14	100
456.03	02/10/2019	1840	1546	15.98	100
608.978	03/10/2019	1983	1354	31.72	100
697.57	04/10/2019	1784	1548	13.23	100
528.45	05/10/2019	1689	1512	10.48	100
1054.02	06/10/2019	1325	1135	14.34	100
747.81	07/10/2019	1658	1458	12.06	100

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 6. Caudal vs remoción del DBO5



Fuente: Elaboración Propia.

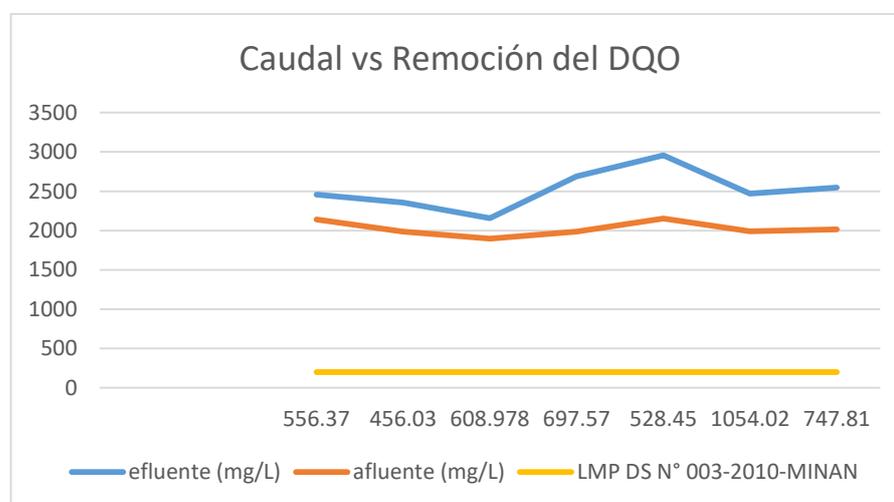
En la tabla N° 6 se detalla que la remoción del DBO_5 no cumplen con el LMP está para ser vertido en los cuerpos de agua de acuerdo al DS N° 004-2017-MINAN.

Tabla 7. Remoción de *DQO* en el efluente y afluente de la laguna de estabilización

Muestra					
CAUDAL(L/S)	FECHA	<i>DQO</i> Efluente (Mg/L)	<i>DQO</i> Afluente (Mg/L)	% De Remoción	LMP DS N° 003-2010- MINAN
556.37	01/10/2019	2458	2140	12.94	200
456.03	02/10/2019	2356	1987	15.66	200
608.978	03/10/2019	2158	1896	12.14	200
697.57	04/10/2019	2689	1985	26.18	200
528.45	05/10/2019	2956	2154	27.13	200
1054.02	06/10/2019	2469	1989	19.44	200
747.81	07/10/2019	2549	2015	20.95	200

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 8. Caudal vs remoción del *DBO*



Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 8 se detalla que la remoción del *DBO* no cumple con el LMP está para ser vertido en los cuerpos de agua de acuerdo al DS N° 004-2017-MINAN

- **Comparar el DBO₅ y el DQO del efluente y afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la provincia de Jaén con las normas técnicas peruanas (NTP).**

De acuerdo a los LMP autorizados por MINAN la relación óptima entre el $\frac{DBO_5}{DQO} = \frac{10}{200} = 0.5$, en nuestro caso la relación promedio estuvo entre 0.67 - 0.69 en promedio como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Relación entre el DBO₅/ DQO.

CAUDAL(L/s)	DQO efluente (mg/L)	DBO ₅ efluente (mg/L)	Relación	DQO afluente (mg/L)	DBO ₅ efluente (mg/L)	Relación
556.37	2458	1400	0.569569	2140	1258	0.59
456.03	2356	1840	0.780985	1987	1546	0.78
608.978	2158	1983	0.918906	1896	1354	0.71
697.57	2689	1784	0.663444	1985	1548	0.78
528.45	2956	1689	0.571380	2154	1512	0.70
1054.02	2469	1325	0.536655	1989	1135	0.57
747.81	2549	1658	0.650451	2015	1458	0.72
	Relación promedio		0.670198			0.69

Lo que indica que a medida que vaya creciendo este valor de lo estimado la materia orgánica es menos apta de ser consumida o vertida en el cuerpo de agua, por lo tanto la planta de tratamiento de agua residual de la provincia de Jaén, resulta ineficiente en su tratamiento

IV. Conclusiones

- De los resultados obtenidos del análisis de calidad de las aguas residuales se concluye que la planta de tratamiento de agua residual realiza un trabajo de purificación es deficiente, por el exceso en el caudal lo que nos indica que hay un elevado crecimiento poblacional ya que no cumplen con los parámetros de calidad establecidos tanto en DBO5 y DQO.
- Al establecer la relación en comparación determinados por MINAM, demuestran que la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales es deficiente demostrados en los resultados del DBO5, DQO, tal como se puede apreciar en la tabla N° 9, donde se indica que la relación se aleja de los valores establecidos por los LMP de acuerdo al DS 004-2017-MINAM debería ser de 0.5 mientras en la investigación resulta entre 0.67 – 0.69 convirtiéndose así en un principal foco de contaminación del cuerpo receptor de agua, representando esto un riesgo al ser empleado en los terrenos de cultivo., donde se indica

V. Recomendaciones

- Contar con una batería alterna de lagunas de estabilización, que nos permitirá trabajar de una manera más eficiente en el tiempo de residencia de las aguas residuales.
- Determinar la eficiencia de la planta de tratamiento de agua residual, de acuerdo a los caudales de tal manera que se pueda reducir la concentración de materia orgánica en las diferentes etapas de proceso (aeróbico, anaeróbico y de maduración).
- Proveer un sistema de disposición del lodo como residuo de la descomposición y/o degradación de la materia orgánica contaminante en el sistema de filtrado.
- El incremento del caudal en la planta se debe a las precipitaciones fluviales lo que se recomendaría que las aguas de lluvia deben ser canalizadas no a la tubería de las aguas residuales si no una tubería alterna esto influye mucho en los resultados.

VI. Referencias bibliográficas

- Arocutipa. (2013). “Evaluación y propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales en massiapo del distrito de Alto Inambari - sandia” . *Universidad nacional del Altiplano*.
- Aurora B. Hernández-Salazar, J. C.-S.-H. (2017). Tratamiento de aguas residuales industriales en méxico: una aproximación a su situación actual y retos por atender . *revista internacional de desarrollo regional sustentable*.
- Calzada Diffor, F., & Martínez del Pozo, J. L. (2012). Proyecto diseño de un sistema industrial de enfriamiento con agua de refrigeración para un complejo industrial en Lima, Perú. *Universidad Pontificia Icai Icade Comillas*, 114.
- Espinoza Zegarra, A. E. (2017). “Disminución de la DBO, DQO y STD del agua residual domestica de Santiago de Chuco empleando un biofiltro de piedra pómez”. *Universidad César Vallejo*.
- García López, R. A., & Granillo Oporta, Y. A. (2017). Evaluación de las condiciones operacionales en el proceso de preparación de carbón activo de cáscara de naranja valencia (*citrus sinensis* linn osbeck), laboratoriosde química unan-managua, II SEMETRE 2016. *UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONÓMA DE NICARAGUA* .
- Herrera A, O. F. (2013). Reducción de la contaminación en agua residual industrial láctea utilizando microorganismos benéficos. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 57-67.
- Martínez Bardales, M. D. (2016). Eficiencia en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales en la planta de tratamiento de aguas residuales. *Universidad Nacional de Cajamarca*.
- MINAN. (2017). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.
- Munoz Nava, H. (2012). Demanda bioquímica de oxígeno y población en la subcuenca del río zahuapan, tlaxcala, MÉXICO. *Universidad Autónoma de Tlaxcala*.
- OEFA. (2012). Glosario de términos.
- Quispe Huisa, M. F. (2018). Evaluación y planteamiento de diseño del sistema de dosificación de cloro en el tratamiento de agua potable del Centro Poblado de Cayacaya - Putina. *Universidad Nacional del Altiplano*.
- Raffo Lecca, E., & Ruiz Lizama, E. (2014, p. 75-78). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Universidad Naional Mayor de San Marcos*, 71-80.
- Sánchez Ramos, D. (2006). Contaminación del agua. *Universidad de Castilla - La Mancha*, Capitulo X.

Anexos

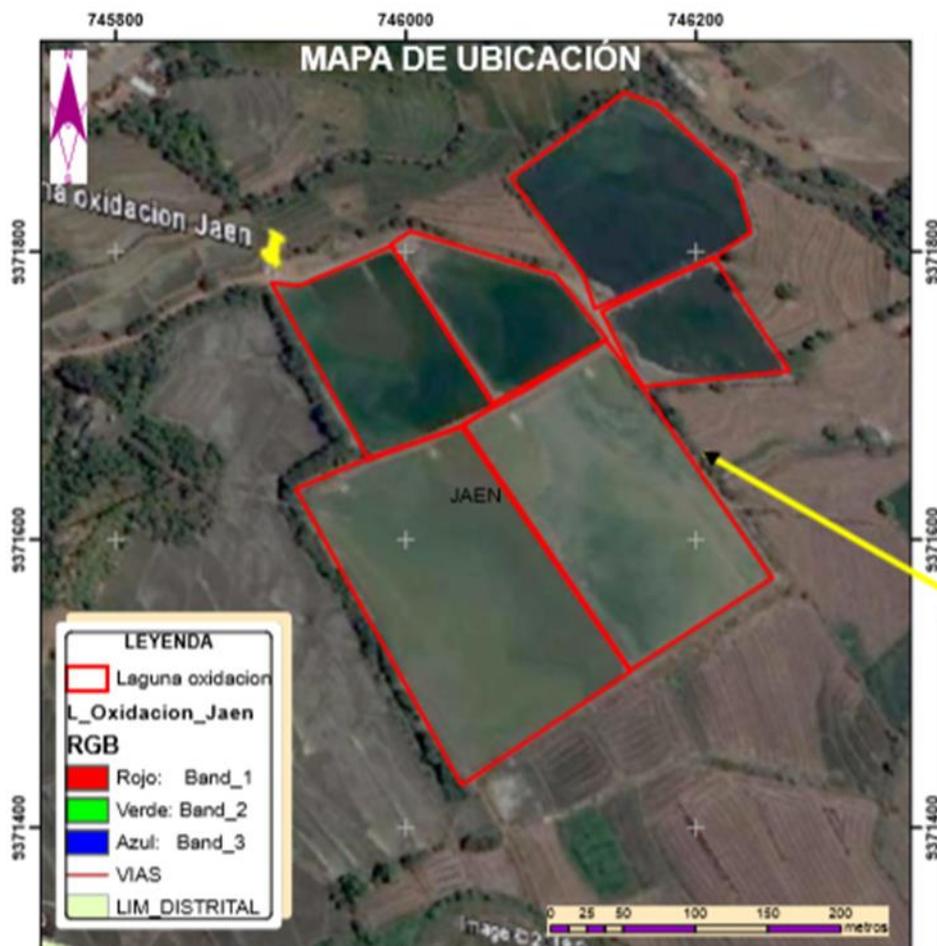


Figura 4. Mapa de ubicación de las lagunas de estabilización – Jaén.

Fuente: Elaboración Propia.

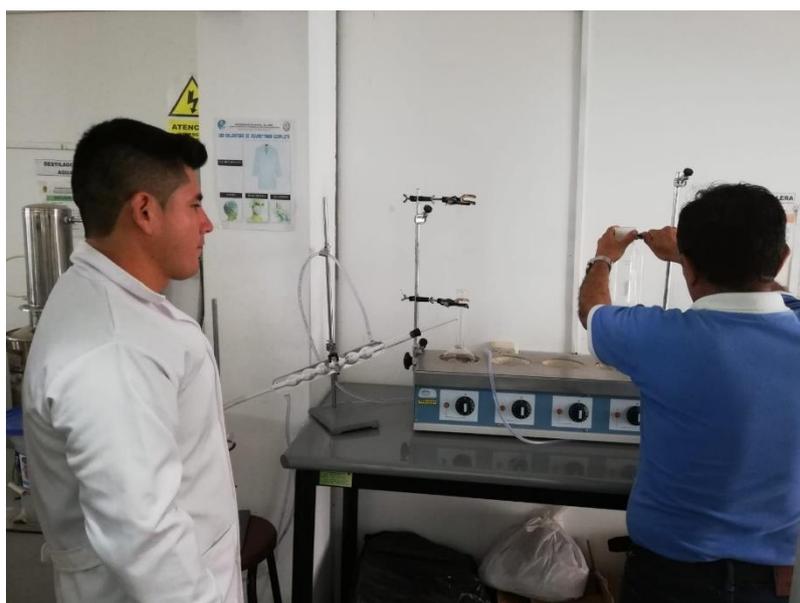


Figura 5. Instalando equipo para la preparación de soluciones UNJ

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 6. Pesando material HgSO_4 Lab. Química General UNJ.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 7. Preparando soluciones

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 8. Preparando los reactivos.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 9.

Preparando cultivos.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 10.

Encargado del laboratorio revisando las muestras.

Fuente: Elaboración Propia.