

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA QUIMICA



**“TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA
AGRO EXPORTADORA DE PALTA HASS EN EL CASERIO DE
PALPA-HUARAL, MEDIANTE TECNOLOGIA DE LODOS
ACTIVADOS”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUÍMICO**

HERRERA BUITRON RENZO MANUEL
REYES CARDOZA HAROLD JOSE

Callao, Febrero, 2017

PERÚ

PRÓLOGO DEL JURADO

La presente Tesis fue Expuesto por los Bachilleres **HERRERA BUITRÓN RENZO MANUEL, REYES CARDOZA HAROLD JOSÉ**, ante el **JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS** conformado por los siguientes Profesores Ordinarios:

ING° SANEZ FALCON LIDA CARMEN PRESIDENTE

ING° TOLEDO PALOMINO MARÍA ESTELA SECRETARIO

ING° CHAMPA HENRIQUEZ OSCAR MANUEL VOCAL

ING° RANGEL MORALES FABIO MANUEL ASESOR

Tal como está asentado en el Libro N° 1 Folio N° 8 y Acta N° 007 de Sustentación por la Modalidad de Tesis con Ciclo de Tesis, de fecha **28 DE FEBRERO 2017**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la Modalidad de Tesis con Ciclo de Tesis, de conformidad establecido por el Reglamento de Grados y Títulos aprobado por Resolución N° 082-2011-CU de fecha 29 de abril de 2011 y Resolución N° 221-2012-CU de fecha 19 de setiembre de 2012.

DEDICATORIA

A Dios:

Por darnos la oportunidad de vivir,
acompañándonos en cada paso dado
de nuestras vidas, por darnos
fortaleza e iluminar nuestras mentes.

A nuestros padres:

Por los valores éticos y morales
inculcados, por estar siempre a
nuestro lado en todo momento, por su
dedicación y cariño que con gran
amor, esfuerzo y sacrificio hicieron
que cumpla tan anhelado sueño.

A nuestros docentes:

Por formarnos académicamente,
brindándonos sus conocimientos para
afrontar con éxito nuestro futuro
profesional en especial a nuestro
asesor por su grandioso apoyo al
guiarnos en la elaboración de la tesis
y así poder cumplir nuestra meta.

A nuestros amigos:

Por su apoyo brindado, por los
consejos y gratos momentos
compartidos a lo largo de la carrera
universitaria.

Gracias por su apoyo, para todos
ustedes realizamos esta dedicatoria

INDICE

INDICE DE TABLAS.....	1
INDICE DE GRÁFICAS Y FIGURAS	2
RESUMEN.....	5
ABSTRACT	6
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
1.1 Determinación del problema	7
1.2 Formulación del problema	8
1.2.1 Problema general.....	9
1.2.2 Problemas específicos	9
1.3 Objetivos de la investigación.....	10
1.3.1 Objetivo general.....	10
1.3.2 Objetivos específicos	10
1.4 Justificación de la investigación.	11
1.4.1 Legal:.....	11
1.4.2 Teórica:.....	12
1.4.3 Tecnológica:.....	12
1.4.4 Económica:	12
1.4.5 Ambiental:	13
1.5 Importancia.....	13
II. MARCO TEÓRICO.....	14
2.1 Antecedentes del estudio.....	14
2.2 Bases teóricas	17
2.2.1 Tratamiento de aguas residuales	17
2.2.2 Tipos de tratamiento.....	18
2.2.3. Tratamiento biológico	22
2.2.4. Normas ambientales para agua.....	25

2.3	Marco conceptual	27
2.3.1	Descripción del proceso de lodos activados	27
2.3.2	Reacciones en el reactor aireador:.....	31
2.4	Determinación de Parámetros Biocinéticos.....	32
2.4.1	Ecuaciones para la determinación de los parámetros biocinéticos.	34
2.5	Definición de términos.	41
III.	VARIABLE E HIPOTESIS	46
3.1	Variables de la investigación.....	46
3.2	Operacionalización de las variables.....	47
3.3	Hipótesis general.....	48
3.4	Hipótesis Especificas.....	48
IV.	METODOLOGÍA.....	49
4.1	Tipo de investigación.....	49
4.2	Diseño de la investigación.....	49
4.2.1	Etapas de la Investigación.....	53
4.2.2	Materiales y Métodos.....	55
4.2.3	Tratamiento de Materia Prima.....	56
4.2.4	Preparación y Puesta en punto.....	57
4.3	Población y muestra.....	73
4.4	Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	73
4.5	Procedimiento de recolección de datos.....	74
4.6	Procesamiento estadístico y análisis de datos.....	76
V.	RESULTADOS.....	77
5.1	Análisis de Anova con programa minitab.....	80
5.2	Determinación de parámetros biocinéticos con resultados.....	82
5.3	Procedimiento de analisis.....	98
VI.	DISCUSION DE RESULTADOS.....	99

6.1 Contrastación de hipótesis con los resultados	99
6.2 Contrastación de resultados con otros estudios similares.....	101
VII. CONCLUSIONES	103
VIII. RECOMENDACIONES	104
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	106
ANEXOS	

INDICE DE TABLAS

TABLA N° 2. 1: Clasificación de los métodos de tratamiento.....	18
TABLA N° 2. 2: Clasificación de Los Métodos de Tratamiento biológicos.....	23
TABLA N° 2. 3: Valores Máximos Admisibles.....	26
TABLA N° 3. 1: Operacionalización de variables.....	47
TABLA N° 4. 1: Caracterización de agua residual.....	54
TABLA N° 4. 2: Determinación de caudales.....	57
TABLA N° 4. 3: Parámetros controlados.....	71
TABLA N° 4. 4: Modelo de ensayos.....	75
TABLA N° 4. 5: Cuadro de ensayos.....	76
TABLA N° 5. 1: Resultados de Diseño factorial.....	79
TABLA N° 5. 2: Datos para cinética de primer orden.....	82
TABLA N° 5. 3: Datos para modelo de Monod.....	84
TABLA N° 5. 4: Datos para modelo de Grau.....	86
TABLA N° 5. 5: Resumen de elección de modelos.....	88
TABLA N° 5. 6: Datos para el cálculo de Y y kd.....	90
TABLA N° 5. 7: Medición de Oxígeno disuelto vs tiempo.....	92
TABLA N° 5. 8: Datos para el cálculo de a y b.....	95
TABLA N° 5. 9: Cuadro resumen de parámetros biocinéticos.....	96

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 2. 1: Niveles de Tratamiento de Aguas Residuales	21
FIGURA N° 2. 2: Esquema Y Simbología Del Proceso De Lodos Activados	28
FIGURA N° 2. 3: Determinación gráfica de k	35
FIGURA N° 2. 4: Determinación gráfica de k_s y $q_{m\acute{a}x}$	36
FIGURA N° 2. 5: Determinación gráfica de la constante k_1	37
FIGURA N° 2. 6: Obtención de Y y k_d	39
FIGURA N° 2. 7: Obtención de a y b	40
FIGURA N° 2. 8: Cálculo de la VUO	41
FIGURA N° 3. 1: Variables	46
FIGURA N° 4. 1: Etapas de Diseño	52
FIGURA N° 4. 2: Recolección de muestra	53
FIGURA N° 4. 3: Diagrama del Proceso	56
FIGURA N° 4. 4: Reactores y sistema inicial	58
FIGURA N° 4. 5: Preparación de tanques	59
FIGURA N° 4. 6: Sistema completo con abrazaderas	60
FIGURA N° 4. 7: Medición de caudales	61
FIGURA N° 4. 8: Puesta en punto	62
FIGURA N° 4. 9: Obtención de Lodo	63
FIGURA N° 4. 10: Vista del reactor de aireación de planta piloto	64
FIGURA N° 4. 11: Adición de lodos	65

FIGURA N° 4. 12: Llenado de tanques y reactores con agua residual	66
FIGURA N° 4. 13: Adición de biosoportos	67
FIGURA N° 4. 14: Nuevo sistema de aireación.....	68
FIGURA N° 4. 15: Puesta en marcha con nuevo sistema de aireación.....	68
FIGURA N° 4. 16: Formación de biopelícula	69
FIGURA N° 4. 17: Medición de Oxígeno Disuelto (OD)	70
FIGURA N° 4. 18: Toma de muestras tratadas	72
FIGURA N° 4. 19: Equipo HACH para medición en DQO	73
FIGURA N° 5. 1: Agua inicial y agua tratada	98

INDICE DE GRAFICAS

GRÁFICA N° 5. 1: Ploteo en minitab mediante modelo taguchi.....	81
GRÁFICA N° 5. 2: Modelo cinético de primer orden	83
GRÁFICA N° 5. 3: Modelo cinético de Monod.....	85
GRÁFICA N° 5. 4: Modelo de Grau	87
GRÁFICA N° 5. 5: Obtención de Y y kd.....	90
GRÁFICA N° 5. 6: VUO para experiencia 2	93
GRÁFICA N° 5. 7: VUO para experiencia 4	93
GRÁFICA N° 5. 8: VUO para experiencia 5	94
GRÁFICA N° 5. 9: VUO para experiencia 8	94
GRÁFICA N° 5. 10: Obtención de a y b	95

RESUMEN

En esta investigación se da a conocer el tratamiento de agua residual de la industria agro exportadora de palta Hass en el caserío de Palpa-Huaral, mediante tecnología de lodos activados. El tipo de agua usada fue de regadío de la producción de palta Hass, enfocándose en las propiedades físico-químicas y microbiológicas que presenta ésta agua residual, por lo que usando la tecnología de lodos activados, se pretende mejorar las propiedades de dicha agua para un uso posterior así como también construir reservorios, ya que como sabemos algunas partes del norte peruano sufren de sequias por lo que mediante la aplicación de dicha tecnología se reducirá esta crisis y ayudará a la población que vive principalmente de esta actividad. Los resultados de la investigación nos da un porcentaje de remoción de contaminantes como el DBO_5 , DQO del agua tratada en un 57%, 59% respectivamente, cuyos valores obtenidos están por debajo de los Valores Máximos Admisibles.

Palabras clave: Lodos activados, DBO_5 , DQO

ABSTRACT

This research reveals about the wastewater treatment of exporting industry by Hass Avocado in the Palpa - Huaral town, by means of activated sludge technology. The type of water used was irrigated from Hass avocado production, focusing on the physical-chemical and microbiological properties of this wastewater, so that using activated sludge technology, because pretend to get better the properties of such water for a Later use as well as build reservoirs, since as we know some parts of northern Peru suffer from droughts so by applying such technology will reduce this crisis and will help at the people that live mainly from this activity. The results of the investigation give us a percentage of removal of contaminants such as BOD₅, COD of treated water by 57%, 59% respectively, whose values obtained, are below the Maximum Admissible Values.

Key words: sludge activated, BOD₅, QOD

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Determinación del problema

La palta Hass es un producto de exportación creciente en nuestro país, debido a ello pasan por un proceso muy selectivo, durante todo el crecimiento y posterior recolección del fruto pasa por un proceso de lavado constante; aproximadamente se utilizaría en cada hectárea de sembrío unos 30 litros de agua por cada kilogramo de palta Hass recolectada, esta agua se altera al estar en contactos con otros insumos, como así también al ser transportada; dentro de las aguas desechadas conocidas como afluentes agrícolas podemos encontrar muchos agentes contaminantes tales como: sólidos en suspensión constituidos por tierra , sales o hasta metales en solución en pequeñas concentraciones, provenientes de la planta en sí, ya que como sabemos siempre deben estar siendo controladas para evitar plagas o enfermedades en los frutos (fungicidas, herbicidas, insecticidas, abonos, entre otros); y como sabemos después de ser utilizadas en estos procesos cambian y se alejan de los valores máximos admisibles.

Es por ello que es necesario reducir el riesgo de contaminación y buscar un proceso para el tratamiento de estas aguas tomando en cuenta las características físico-químicas y microbiológicas con las que se desechan,

principalmente la demanda bioquímica de oxígeno disuelto (DBO), demanda química de oxígeno disuelto (DQO), los sólidos totales disueltos, sólidos solubles volátiles, coliformes y el pH que es también un indicador muy importante.

En estos tiempos se debe considerar los aspectos ambientales, que son de suma importancia no solo por el cumplimiento legal que el estado requiere, sino por la responsabilidad que conlleva dar un agua que pueda ser reutilizada para otras actividades y el beneficio a pobladores que residen en zonas del norte donde existe mucho el problema de la escasez de este recurso tan importante.

1.2 Formulación del problema

Existen muchos métodos para el tratamiento de aguas residuales siendo la más eficiente por las características de nuestra agua residual la tecnología de lodos activados.

1.2.1 Problema general

¿Cómo es el tratamiento mediante lodos activados de un agua residual de la industria agro-exportadora de Palta Hass en el caserío Palpa-Huaral?

1.2.2 Problemas específicos

- a) ¿Qué características físico-químicas y microbiológicas tienen las aguas residuales de la industria agro-exportadora de Palta Hass en el caserío Palpa-Huaral?

- b) ¿Cómo se debe aplicar la tecnología de lodos activados en el tratamiento de aguas residuales de la industria agro-exportadora de Palta Hass en el caserío Palpa-Huaral?

- c) ¿Cuáles son las características físico-químicas y microbiológicas de las aguas tratadas por la tecnología de lodos activados de la industria agro-exportadora de Palta Hass en el caserío Palpa-Huaral?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Utilizar la tecnología de lodos activados para el tratamiento del agua residual de la industria agro-exportadora de Palta Hass en el caserío Palpa-Huaral.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Determinar las características físico-químicas y microbiológicas que tienen las aguas residuales de la industria agro-exportadora de Palta Hass en el caserío Palpa-Huaral.
- b) Aplicar la tecnología de Lodos Activados para el tratamiento del agua residual de la industria agro-exportadora de Palta Hass en el caserío Palpa-Huaral.
- c) Determinar las características físico-químicas y microbiológicas de las aguas tratadas por la tecnología de lodos activados de la industria agro-exportadora de Palta Hass en el caserío Palpa-Huaral para un uso posterior.

1.4 Justificación de la investigación.

1.4.1 Legal:

La siguiente investigación está enmarcada fundamentalmente dentro de la siguiente legislación:

- **Ministerio del Ambiente 14.05.08, mediante D.L.N° 1013**

Promover la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales, la diversidad biológica y las áreas naturales protegidas.

- **Ley General de Aguas , D.S.N°261-69-AP y su Reglamento de los Títulos I,II y III (Decreto Supremo N°261-69-AP) del 24.06.1969**

En el Capítulo II, Artículo 57°

En el Capítulo IV, Artículo 143°

- **Ministerio de Vivienda mediante el D.S N° 021-2009**

Artículo 2°.- Aprobación de Valores Máximos Admisibles (VMA) para el sector saneamiento

Artículo 3°.- Definición de Valores Máximos Admisibles (VMA)

1.4.2 Teórica:

El conocimiento práctico y concreto de obtener una nueva tecnología como alternativa para darle un uso a las aguas residuales agrícolas logrará solucionar problemas posteriores de sequía o escasez de este recurso tan importante para la actividad agro-exportadora en todo el norte del Perú.

1.4.3 Tecnológica:

Al tener este conocimiento se podría tener en cuenta la construcción de pequeños equipos de lodos activados convencionales y posteriormente reservar esta agua tratada para utilizarse en momentos de escasez, para ello también tendríamos que tener tanques de buena capacidad y finalmente almacenar y estar controlando constantemente el estado de estos.

1.4.4 Económica:

Con este estudio se busca desarrollar un ahorro en el consumo de agua procedente de mecanismos estatales del control del agua "Junta de regante", así como también buscar otras alternativas para que la población agrícola y ganadera tenga a su disposición un recurso importante a cualquiera hora del día y los sembríos puedan ser regados sin ningún

inconveniente, como también al tener un agua limpia, esta se podría utilizar para incentivar la industria agroexportadora, no solo de palta Hass si no de muchas frutas que son cultivadas en la zona.

1.4.5 Ambiental:

La implementación de un equipo en laboratorio y posteriormente una mini planta de lodos activados ayudarán a reducir la contaminación en toda la zona de Palpa-Huaral, reduciéndose así los malos olores y propagación de enfermedades debido a las bacterias y virus que son trasladados por dichos efluentes.

1.5 Importancia

La importancia de la presente investigación es la de contribuir con la preservación de un recurso hídrico, así como también brindar agua tratada a la población del caserío de Palpa-Huaral.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio

✓ En la Facultad de Ingeniería Sanitaria de Universidad Santiago Antúnez de Mayolo, Valverde Sánchez (2014), se desarrolló una investigación sobre **“Tratamiento de Aguas Residuales a través de Sistema de Lodos Activados en el Barrio de Los Olivos-Puente Calicanto”**; se apoyó en las bases teóricas de las ecuaciones de Ramalho, Rubens S. (1993). Para ello primero analizaron el agua residual del barrio de los Olivos – Puente Calicanto observando mucha carga orgánica y luego plantearon ecuaciones de balance en base al caudal y en las variables a tratar. Finalmente concluyó que el agua residual de esa zona debe ser tratada a través de un sistema de lodos activados presentándole un proyecto al gobierno regional de Huaraz para la construcción de una planta piloto para no contaminar el río Santa.

✓ Apoyadas en las ecuaciones de Metcalf & Eddy (1998) y ecuaciones de Ramalho, Rubens S. (1993), Jenny Rodríguez y Patricia Torres (2012) desarrolló **“Análisis y Efectos de la Eliminación de un Sedimentador Primario para un Sistema de Lodos Activados para el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas”**, para lo cual primero caracterizaron el

agua residual doméstica en un planta piloto de lodos activados en funcionamiento, prueban cuanta diferencia hay entre usar un clarificador primario en el proceso y no usarlo, Con el objetivo de analizar los efectos de la eliminación de un clarificador primario para un sistema de lodos activados para tratar agua residual doméstica. Concluyendo que la eficiencia de la reducción de carga orgánica como DQO, DBO₅ y SST alcanzaron un 76, 80, 80% respectivamente no existiendo diferencia significativa en el uso de un clarificador.

✓ Mediante un análisis para aguas servidas, para luego utilizar un modelo matemático para lodos activados, David J. Gutiérrez (2011), realizó una investigación **“Reutilización de Aguas Servidas para Riego de Jardines con Tratamiento Biológico, usando Lodos Activados”** realizado en la Universidad Nacional de Ingeniería Lima-Perú; con el objetivo de reutilizar aguas servidas para riego de jardines usando un tratamiento biológico conocido como lodos activados apoyándose en las ecuaciones de Metcalf & Eddy (1998), sus hallazgos plantearon una alternativa de solución para reutilizar aguas servidas, para posteriormente construir plantas de tratamiento de aguas residuales usando la tecnología de lodos activados con el fin de preservar parques y jardines.

✓ Con el objetivo de tratar aguas residuales provenientes de un camal mediante un sistema de lodos activados a escala laboratorio. Rubio Bedregal y Rómulo Padilla (2010), **“Tratamiento de Aguas Residuales Proveniente de un Camal, mediante un Sistema de Lodos Activados”**, en la Universidad Nacional de Ingeniería Lima-Perú; desarrollaron una investigación basada en el Tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados convencionales para ello caracterizaron su agua residual, luego plantearon un modelo matemático, diseñaron un equipo y analizaron el % de reducción total de 3 parámetros. Sus resultados obtenidos reportaron que al final en base a la caracterización de agua al inicio y al final del proceso se redujo un 65% de la carga orgánica.

✓ Vavila Quiroga y Díaz López (2009), desarrollaron una investigación **“Diseño y Construcción de un Bioreactor de Lodos Activados para el Tratamiento de Aguas Residuales a Escala de Laboratorio”**, en la Universidad de Medellín-Colombia; cuyo objetivo fue diseñar el bioreactor, se apoyaron en las investigaciones planteadas por Reynolds & Richards (1996). Para ello aplicaron el siguiente procedimiento: Prepararon un agua residual artificial, luego diseñaron, midieron diariamente el pH, Temperatura y Oxígeno disuelto (OD) para finalmente analizar la disminución de su carga orgánica. Sus hallazgos reportaron una disminución de DQO, DBO y demás

carga orgánica en un 70% que es lo ideal según la teoría de un tratamiento secundario.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Tratamiento de aguas residuales

El tratamiento de las aguas está compuesto por un conjunto de operaciones físicas, procesos biológicos y químicos que remueven el material suspendido, coloidal y disuelto de dichos afluentes, así como los organismos patógenos. (7)

- Operaciones físicas unitarias:

Son los métodos de tratamiento en los cuales predomina la aplicación de propiedades físicas como la sedimentación, flotación, cernido, etc.

- Procesos químicos unitarios:

Son los métodos de tratamiento en las cuales la eliminación o conversión de los contaminantes es provocada por la adición de productos químicos o por otras reacciones químicas.

- Procesos biológicos unitarios:

Son los métodos de tratamiento en los cuales se consigue la eliminación de compuestos orgánicos biodegradables mediante la actividad biológica.

TABLA N°2. 1
CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE TRATAMIENTO.

OPERACIONES UNITARIAS	
Físicas	Sedimentación, flotación, filtración, tamizado, mezcla y transferencia de gases
PROCESOS UNITARIOS	
Químicos	Desinfección, precipitación química
Biológicos	Remoción de constituyentes orgánicos biodegradables (que se transforman en gases y tejido celular biológico) y de nutrientes (Nitrógeno y fósforo)

Fuente: Crites & Tchnobanoglous (2000)

2.2.2 Tipos de tratamiento

Actualmente, las operaciones y procesos unitarios se agrupan entre sí para conformar los llamados tratamientos preliminares, primarios, secundarios y terciarios o avanzados.

- Tratamiento preliminar o pre-tratamiento:

El pre-tratamiento tiene por finalidad remover del agua residual los constituyentes gruesos que pueden causar dificultades de operación y

mantenimiento en los procesos posteriores o que en algunos casos son incompatibles de ser tratados conjuntamente con los demás componentes del agua residual, tales como arenas, gravillas, palos, etc.

- Tratamiento primario:

El tratamiento primario permite la remoción parcial de los sólidos sedimentables y por ende de materia orgánica y organismos patógenos, con ayuda de sedimentadores u otros medios (no incluye la materia coloidal y disuelta), dejando el agua residual predispuesta para el tratamiento secundario. La eficiencia remocional de la carga orgánica es de 30% y SST (sólidos suspendidos totales) de 60% en promedio.

- Tratamiento secundario:

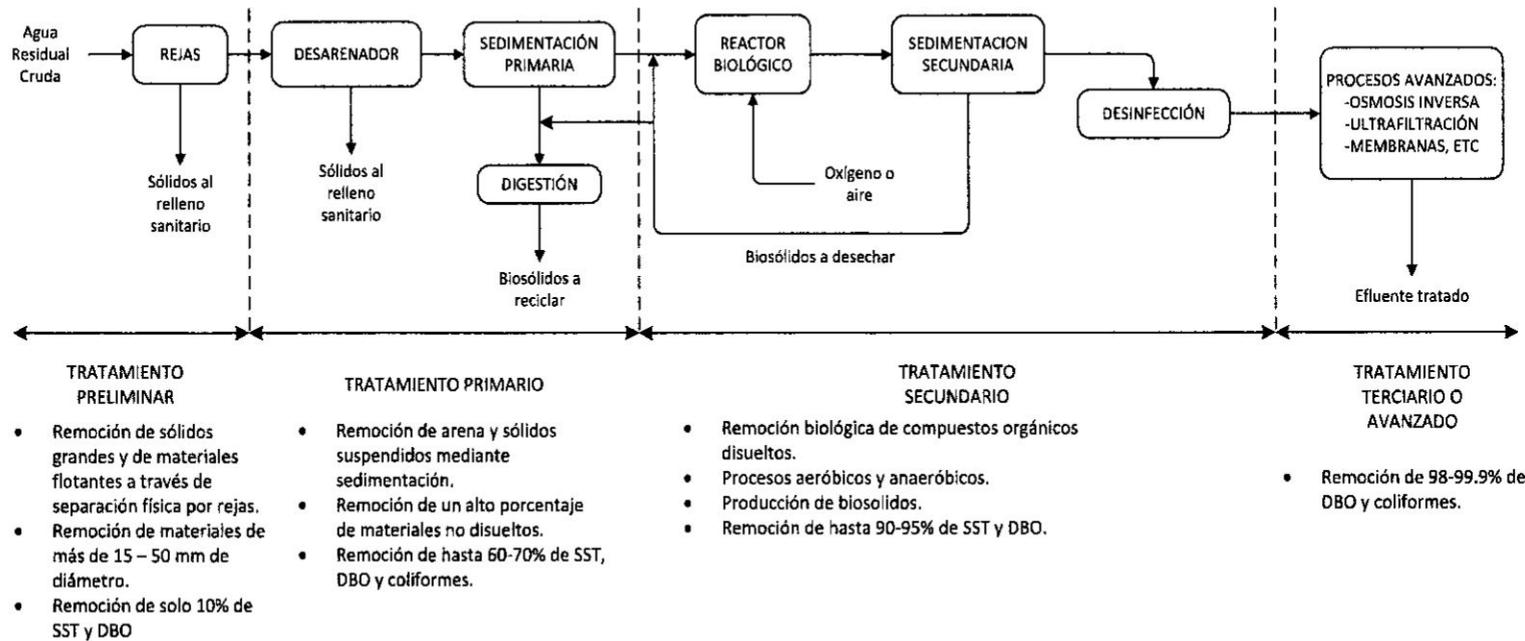
El tratamiento secundario se usa principalmente para remover los sólidos suspendidos (SST) y la materia orgánica biodegradable expresada como Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

En este tratamiento se utilizan los procesos biológicos y se alcanza una remoción de materia orgánica de hasta 90-95%.

- Tratamiento terciario o avanzado:

El tratamiento terciario y avanzado está dirigido a la remoción de nutrientes para prevenir la eutrofización de las fuentes receptoras o para mejorar la calidad de un efluente para su reúso (6).

FIGURA N° 2. 1
NIVELES DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



Fuente: Ramalho, Rubens S (1993)

2.2.3. Tratamiento biológico

Por medio de la actividad microbiana la materia orgánica soluble flocula y forma películas biológicas o simplemente cultivos de microorganismos que descomponen la materia orgánica biodegradable. Mediante reacciones catabólicas (transformación química de materia orgánica en productos menos complejos) y anabólicos (síntesis de nueva masa celular), los compuestos orgánicos se oxidan o mineralizan y se produce nueva biomasa. La actividad biológica puede actuar oxidando la materia orgánica mediante procesos aerobios, anóxicos y anaerobios los cuales se muestran en la siguiente tabla.

TABLA N°2. 2

CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE TRATAMIENTO BIOLÓGICOS.

TIPO	NOMBRE COMUN	USOS
Procesos Aerobios		
Crecimiento en suspensión	Procesos de lodos activados	Remoción de la DBO carbonácea
	Lagunas aireadas	Remoción de la DBO carbonácea
	Digestión aerobia	Estabilización, remoción de la DBO carbonácea
Película bacterial adherida	Filtros percoladores	Remoción de la DBO carbonácea
	Sistemas biológicos de contacto rotatorios	Remoción de la DBO carbonácea
	Reactor de lecho empacado	Remoción de la DBO carbonácea
Lagunas aerobias	Lagunas aerobias	Remoción de la DBO carbonácea
Lagunas de maduración (terciarias)	Lagunas de maduración (terciarias)	Remoción de la DBO carbonácea
Lagunas facultativas	Lagunas facultativas	Remoción de la DBO carbonácea
Procesos Anóxicos		
Crecimiento en suspensión	Desnitrificación por crecimiento en suspensión	Desnitrificación
Película bacterial adherida	Desnitrificación por película fija	Desnitrificación

Fuente: Crites & Tchnobanoglous (2000)

a) Proceso aerobio:

Son los procesos de tratamiento biológico en los que la estabilización de la materia orgánica se realiza en presencia de oxígeno formando subproductos tales como dióxido de carbono, agua, nitrógeno amoniacal o nitratos, ortofosfatos y sulfatos. Aquellas bacterias que pueden sobrevivir únicamente en presencia de oxígeno disuelto se conocen como aerobias obligadas (restringidas a una condición específica de vida).

b) Proceso anaerobio:

Son los procesos de tratamiento biológico en los que la estabilización de la materia orgánica se realiza en ausencia de oxígeno. Los productos finales de la degradación anaerobia son gases principalmente metano, dióxido de carbono, y pequeñas cantidades de sulfuro de hidrógeno, mercaptanos (RSH) e hidrógeno. Las bacterias que pueden sobrevivir solamente en ausencia de oxígeno disuelto se conocen como anaerobias obligadas.

c) Proceso anóxico:

Son los procesos de tratamiento biológico en los que la masa microbiana es sometida temporalmente a medios exentos de oxígeno, en estas condiciones existen microorganismos facultativos (microorganismos

indiferentes a la presencia de oxígeno disuelto) capaces de extraer el oxígeno de otros compuestos (como el nitrato NO_3^-) para degradar la materia orgánica.

Un ejemplo de este tratamiento es el proceso conocido como desnitrificación, que consiste en la eliminación del nitrógeno en forma de nitrato por conversión a nitrógeno en estado gaseoso y se realiza biológicamente en condiciones anóxicas (sin oxígeno). Sin embargo, las principales reacciones bioquímicas que tienen lugar no son anaerobias, sino más bien una modificación de las aerobias.

2.2.4. Normas ambientales para agua

- **Ministerio de Vivienda mediante el D.S N° 021-2009**

Artículo 2°.- Aprobación de Valores Máximos Admisibles (VMA) para el sector saneamiento

Apruébese los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario, establecidos en los Anexos N°1 y N°2 que forman parte integrante de la presente norma.

Los usuarios cuyas descargas sobrepasen los valores contenidos en el Anexo N°1, deberán pagar la tarifa establecida por el ente competente, la cual es complementaria al reglamento de la presente norma, pudiéndose

llegar en los casos que se establezca en el reglamento, incluso a la suspensión del servicio de alcantarillado sanitario.

Artículo 3°.- Definición de Valores Máximos Admisibles (VMA)

Entiéndase por Valores Máximos Admisibles (VMA) como aquel valor de la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos y/o químicos, que caracterizan a un efluente no domestico 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 tienen influencias negativas en los procesos de tratamiento.

**TABLA N°2. 3
VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES**

PARAMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VMA PARA DESCARGAS
			AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno(DBO ₅)	mg/L	DBO ₅	500
Demanda Química de Oxígeno(DQO)	mg/L	DQO	1000
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	S.S.T.	500

Fuente: D.S. 021- Anexo 1- Ministerio de Vivienda (2009)

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Descripción del proceso de lodos activados

El proceso de lodos activados es una técnica de tratamiento en la cual el agua residual cruda y el lodo biológico (microorganismos) son mezclados y aireados en un tanque comúnmente llamado tanque de aeración o reactor.

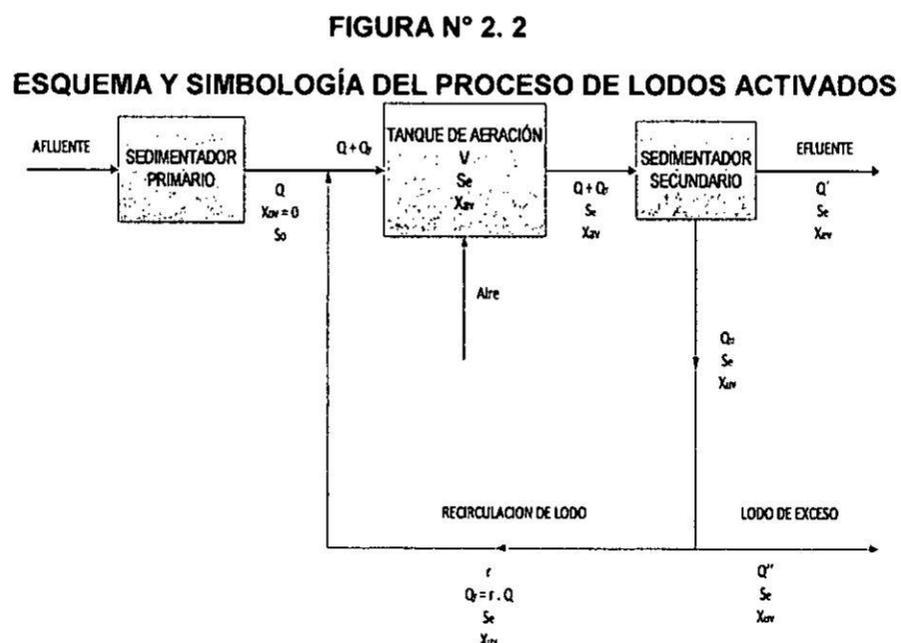
A medida que los microorganismos aumentan en número se agrupan formando flóculos y produciendo una masa activa de microorganismos lo que se conoce como lodo biológico. A fin de mantener el lodo biológico en suspensión y bajo condiciones aerobias, se introduce aire al tanque de aeración ya sea mediante difusores que se colocan en el fondo del tanque o por aireadores mecánicos superficiales, de esta forma los microorganismos remueven la materia orgánica con mayor rapidez. La mezcla del lodo biológico y el agua residual en el tanque de aeración es llamada "licor mezclado o licor mixto". El licor mezclado fluye del tanque de aeración al sedimentador secundario (también conocido como clarificador o decantador secundario) donde el lodo biológico sedimenta.

La mayor parte del lodo sedimentado es retornado al tanque de aeración con la finalidad de inocular organismos al medio, acelerar el trabajo de estabilización de materia orgánica y mantener una cantidad constante de

sólidos suspendidos volátiles (microorganismos) en el reactor. El lodo recirculado es completamente mezclado con el agua residual cruda, de esta forma la nueva carga orgánica afluyente al reactor sirve de alimento a los microorganismos, dando lugar a su reproducción.

Debido a que el lodo que se produce en el proceso es mayor que el requerido, se debe desechar periódicamente una determinada cantidad al sistema de manejo de lodos para su tratamiento y posterior disposición. (1)

En la figura se muestra el esquema y simbología del proceso de lodos activados.



Fuente: Pacheco E. Arruda. (2012)

SIMBOLOGIA:

Q = flujo afluente, (l/h)

Q_r = flujo del reciclo, (l/h)

X_{ov} = concentración de SSV (sólidos suspendidos volátiles) en el afluente, (mg/L).

S_o = concentración de sustrato en el afluente, (mg DBO₅ soluble/l)

V = Volumen del reactor o tanque de aireación, (litros)

S_e = Concentración de sustrato en el efluente, (mg DBO₅ soluble/l)

X_{av} = concentración de SSV en el tanque de aireación, (mg/L).

Q' = flujo efluente, (l/h)

X_{ev} = concentración de SSV en el efluente, (mg/L).

Q_n = flujo del sustrato que sale de la aguja número "n"

X_{un} = concentración de SSV en el lodo descartado, (mg/l)

Q'' = flujo de lodos descartados, (l/h)

Puesto que el proceso se desarrolla bajo condiciones aerobias, para la efectiva degradación de la materia orgánica es necesario tener lo siguiente:

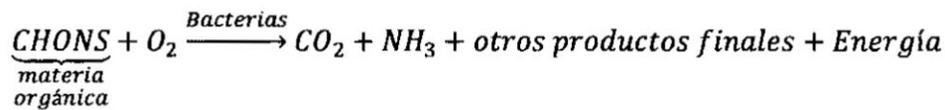
- ✓ Una población adecuada de microorganismos activos.

- ✓ Contacto adecuado entre los microorganismos y los residuos a ser degradados.
- ✓ Disponibilidad de oxígeno.
- ✓ Disponibilidad de nutrientes.
- ✓ Otras condiciones ambientales, favorables, tales como temperatura, pH, tiempo de contacto, etc.

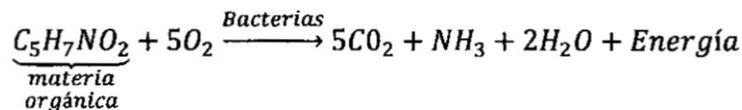
El residuo orgánico se introduce en un reactor, donde se mantiene un cultivo bacteriano aerobio en suspensión. El contenido del reactor se conoce con el nombre de líquido mezcla o licor mixto. En el reactor el cultivo bacteriano lleva a cabo la conversión en concordancia general con la estequiometría de las ecuaciones siguientes, teniendo en cuenta que el proceso aerobio se ejecuta para obtener la energía necesaria para la síntesis de tejido celular nuevo. En ausencia de materia orgánica el tejido celular se respirará endógenamente y se convertirá en productos gaseosos y en energía para mantenimiento. Las tres reacciones esenciales: catabolismo, anabolismo y autólisis ocurren simultáneamente y suelen describirse así (Romero Rojas, Jairo).

2.3.2 Reacciones en el reactor aireador:

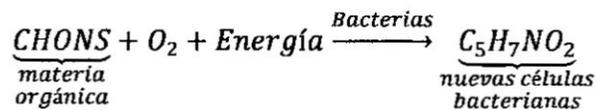
Catabolismo (oxidación o descomposición)



Anabolismo (síntesis o asimilación)



Autólisis (respiración endógena o auto oxidación)



El ambiente aerobio en el reactor se consigue mediante el uso de difusores o de aireadores mecánicos, que también sirven para mantener el líquido mezcla en estado de mezcla completa. Al cabo de un periodo determinado de tiempo, la mezcla de las nuevas células con las viejas se conduce hasta un tanque de sedimentación (decantador secundario) para su separación del agua residual tratada. Una parte de las células sedimentadas se recircula para mantener en el reactor la concentración de células deseada, mientras que la otra parte se purga del sistema.

2.4 Determinación de Parámetros Biocinéticos

Para el diseño de los sistemas aerobios de tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados, es preciso obtener los parámetros biocinéticos, que nos permitirá conocer el comportamiento de los lodos en determinada agua residual.

Estos parámetros muestran por ejemplo: los requerimientos de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica presente por intermedio de los lodos biológicos; los kilogramos de los lodos producidos por oxidación de la materia orgánica contaminante y la constante de remoción de contaminantes, entre otros como el tiempo de residencia en el bioreactor, el volumen del bioreactor, los requerimientos de oxígeno, el sistema de aireación y la recirculación de lodos al bioreactor.

Los microorganismos degradan la materia orgánica soluble en el agua residual siguiendo una cinética específica. La materia orgánica soluble puede ser expresada como demanda de la bioquímica de oxígeno (DBO) soluble, aunque otras veces se expresa como demanda química de oxígeno (DQO) soluble. De los modelos más comunes de cinética de remoción de DBO soluble destacan el de *primer orden*, el de *orden variable* o *monod* y el de *Grau*. Los datos experimentales que se obtengan deben ajustarse a un modelo de cinética de remoción, que bien puede ser de los antes señalados

o tendrá que probarse con algunos de los que aparecen en la bibliografía; aunque todavía hay un tercer camino que es el de buscar un modelo nuevo.

Los parámetros cinéticos relacionados con la degradación o remoción de contaminantes (sustrato), que se obtendrán de manera experimental, dependerán del modelo cinético.

Para el modelo cinético de primer orden se obtendrá la k , que es la constante específica de velocidad de remoción de sustrato ($d^{-1} \times L/mg$); para orden variable o monod habrá que evaluar dos constantes, K_s , la de afinidad (mg/L) y la $q_{m\acute{a}x}$ de velocidad específica máxima de consumo de sustrato (h^{-1}).

Los parámetros biocinéticos se obtienen basándose en la suposición de que el reactor está completamente mezclado y no hay limitaciones en cuanto a la actividad de los lodos activados por oxígeno o algún nutriente (fósforo o nitrógeno). Por otra parte, los parámetros se definen de la siguiente manera:

- k = Constante específica de velocidad de remoción de sustrato ($d^{-1} \times L/mg$); para el modelo cinético de primer orden.
- K_s = Constante de afinidad (mg/ L); modelo cinético de orden variable o monod.
- $q_{m\acute{a}x}$ = Constante de velocidad específica máxima de consumo de sustrato (h^{-1}); modelo cinético de orden variable o monod.

- Y (rendimiento) = Producción de lodo biológico / kg de DBO removida (kg ssv / kg DBO_r).
- a = kg de O₂, (en la oxidación de sustrato) / kg de DBO removida.
- b = kg de O₂, (para respiración endógena)/día kg ssv en el reactor.
- kd (constante de decaimiento o muerte) = kg de ssv (oxidados por respiración endógena)/día kg ssv en el reactor.

2.4.1 Ecuaciones para la determinación de los parámetros biocinéticos.

Determinación de la constante de velocidad específica de consumo de sustrato "k" para modelo cinético de primer orden

$$q = \frac{S_o - S_e}{X_{va} * th} = kS_e$$

Dónde:

S_o = concentración DBO₅ inicial antes del tratamiento (mg/l)

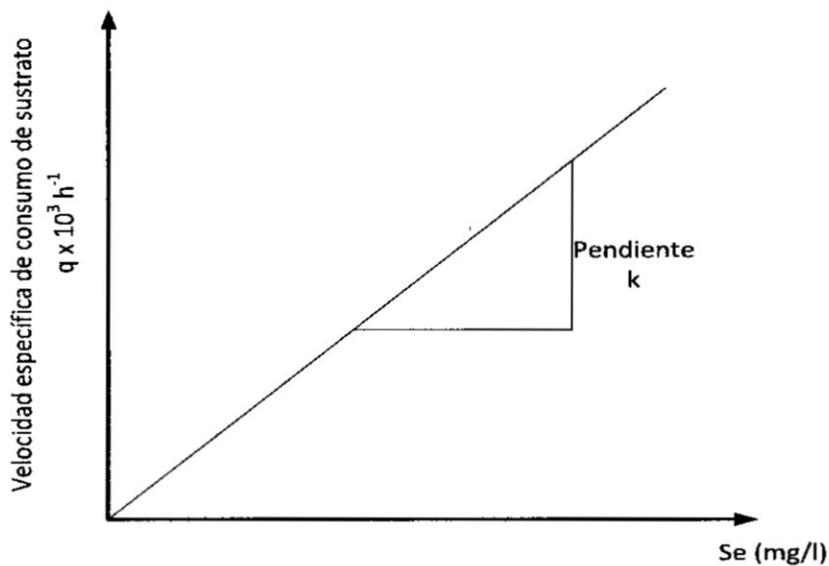
q = velocidad específica de consumo de sustrato (d⁻¹)

S_e = concentración de DBO o DQO en el reactor (mg/l)

X_{va} = concentración de SSV en el reactor (mg/l)

t_h = tiempo de residencia hidráulico (d) = V/Q_0

FIGURA N° 2. 3
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE k



Fuente: Ramalho, Rubens S (1993)

Determinación de las constantes biocinéticas k_s y q_{max} para modelo cinético de orden variable o monod

$$q = \frac{S_0 - S_e}{X_{va} * t_h} = q_{\text{máx}} * \frac{S_e}{K_s + S_e}$$

Ordenando la ecuación en forma lineal

$$\frac{1}{q} = \frac{k_s}{q_{\text{máx}}} * \frac{1}{S_e} + \frac{1}{q_{\text{máx}}}$$

Dónde:

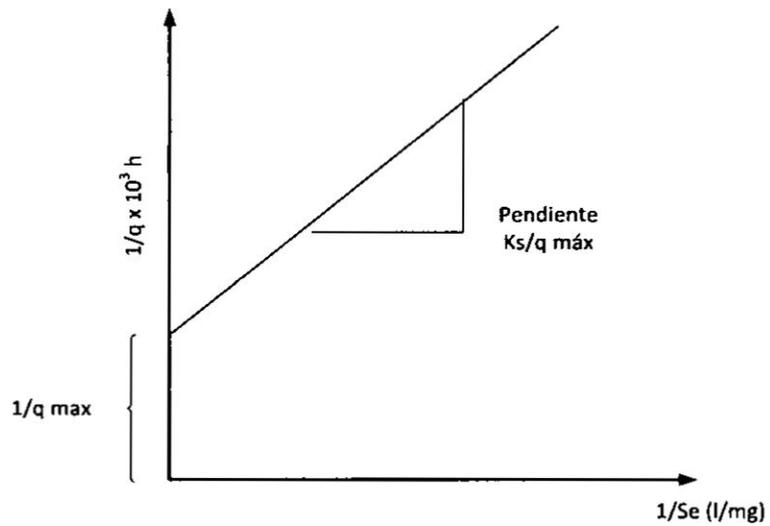
$q_{m\acute{a}x}$ = máximo de remoción de sustrato (d^{-1})

q = velocidad específica de consumo de sustrato (d^{-1})

K_s = constante de afinidad (mg/l)

S_e = concentración de DBO en el reactor (mg/l)

FIGURA N° 2. 4
DETERMINACIÓN GRÁFICA DE k_s Y $q_{m\acute{a}x}$



Fuente: Ramalho, Rubens S (1993)

Determinación de las constantes biocinéticas k_1 para modelo cinético de Grau:

$$q = \frac{S_0 - S_e}{X_{va} * th} = k_1 \frac{S_e}{S_0}$$

Dónde:

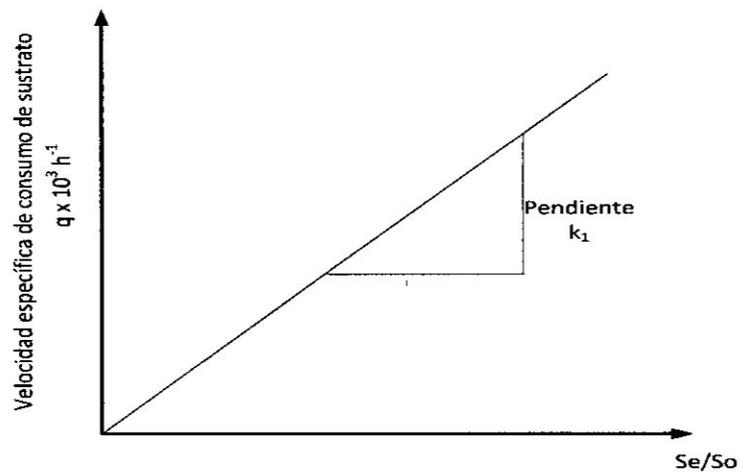
q = velocidad específica de consumo de sustrato (d^{-1})

k_1 = constante específica de consumo (mg/l)

S_e = concentración de DBO en el reactor (mg/l)

S_0 = concentración de DBO en el afluente (mg/l)

FIGURA N° 2. 5
DETERMINACIÓN GRAFICA DE LA CONSTANTE k_1



Fuente: Ramalho, Rubens S (1993)

Determinación de los parámetros de producción de biomasa (Y y kd)

$$\mu = \frac{1}{\theta_c} = Yq - kd \qquad \mu = \frac{\frac{\Delta X_v}{V}}{X_{va}} = \frac{1}{\theta_c}$$

Dónde:

μ = velocidad específica de crecimiento (d^{-1})

q = velocidad específica de consumo de sustrato (d^{-1})

ΔX_v = producción neta de lodos (Kg/d)

V = volumen de la cámara

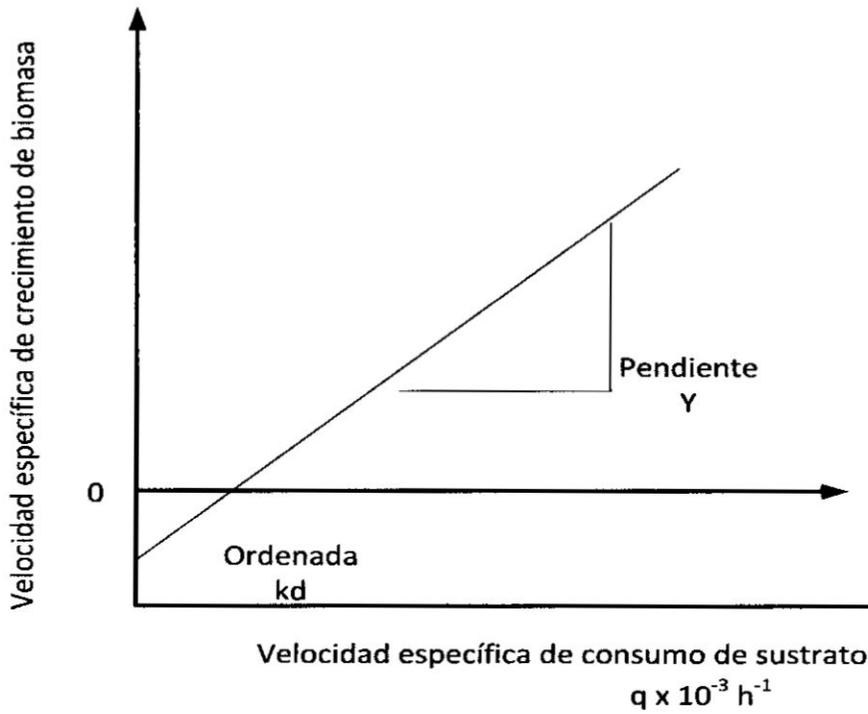
θ_c = Edad de lodos

Y = rendimiento producido de lodo producido/ kg sustrato consumido

kd = constante de decaimiento endógeno SSV oxidada/ d^{-1}

El cálculo se hace con respecto a la pendiente y al intercepto con el eje Y, es decir cuando "q" es cero y podemos observarlos en la siguiente figura:

FIGURA N° 2. 6
OBTENCIÓN DE Y y Kd



Fuente: Ramalho, Rubens S (1993)

Determinación de los parámetros de utilización de oxígeno a y b

$$R_{O_2} = aq + b$$

$$R_{O_2} = \frac{VUO}{X_{va}}$$

Dónde:

a= kg de oxígeno en la oxidación de sustrato/kg de DBO removida

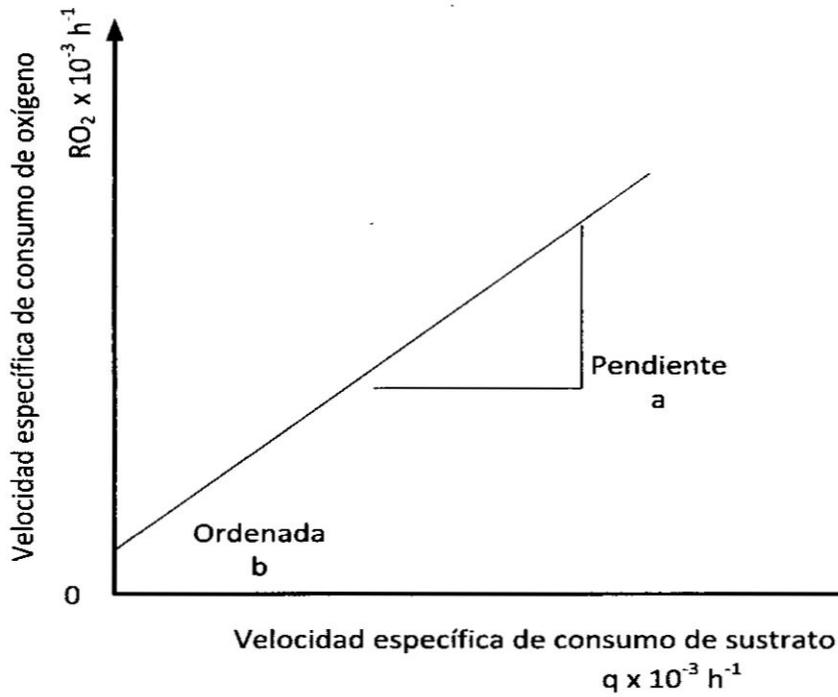
b= kg de oxígeno para respiración endógena/día kg de SSV en el reactor

RO_2 = velocidad específica de consumo de O_2 (kg de O_2 / (h kg SSV))

VUO = velocidad de utilización de oxígeno (mg O_2 / (L.min))

La siguiente figura nos muestra la gráfica:

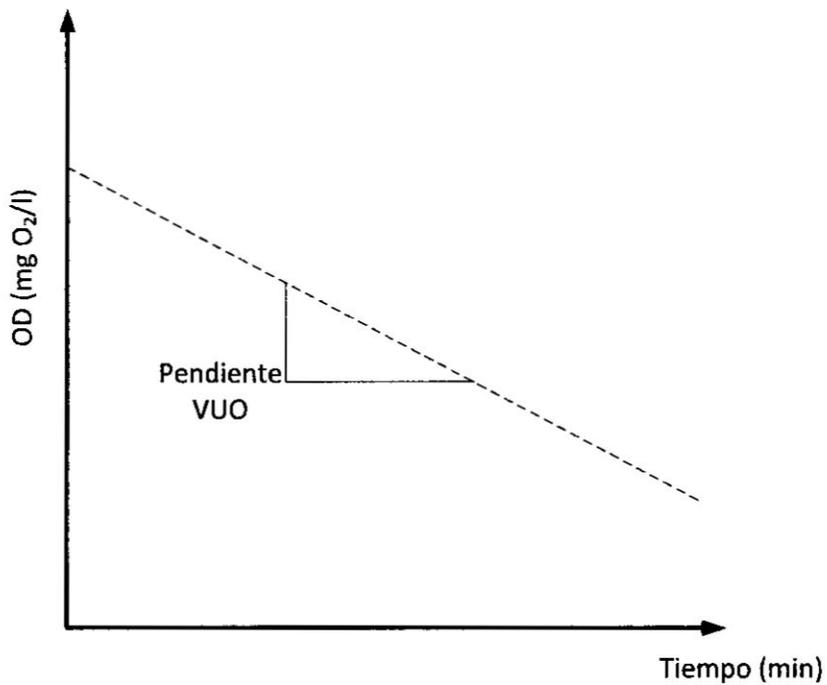
FIGURA N° 2. 7
OBTENCIÓN DE a Y b



Fuente: Ramalho, Rubens S (1993)

Cálculo de la velocidad de utilización de oxígeno VUO

FIGURA N° 2. 8
CALCULO DE LA VUO



Fuente: Ramalho, Rubens S (1993)

2.5 Definición de términos.

Aguas residuales: son las aguas usadas y los sólidos que por uno u otro medio se introducen en las cloacas y son transportadas mediante el sistema de alcantarillado.

Agua servidas: Aguas proveniente de las descargas de usos domésticos, de composición variable.

Contaminantes: cualquier sustancia o forma de energía que puede provocar algún daño o desequilibrio, irreversible o no, en el medio inicial.

Compuestos orgánicos volátiles (COV): son sustancias químicas que contienen carbono y se encuentran en todos los elementos vivos, a veces llamados VOC (por sus siglas en inglés), o COV (por sus siglas en español), se convierten en vapores o gases.

Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO: 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 generales residuales.

Demanda Química de Oxígeno DQO: es un parámetro que mide la cantidad de materia orgánica susceptible de ser oxidada por medios químicos que hay en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en mg O₂/litro.

Materia orgánica: sustancia constituyente o procedente de los seres vivos.

Microorganismos: en su mayoría son unicelulares, aunque en algunos casos se trate de organismos cenóticos compuestos por células multinucleadas, o incluso multicelulares.

Nitrificación: la nitrificación es la oxidación biológica de amonio con oxígeno en nitrito, seguido por la oxidación de esos nitritos en nitratos.

Nitrógeno amoniacal: nitrógeno combinado en forma de amoniaco (NH₃) o amonio (NH⁴⁺). El amoniaco y el amonio son gases que se producen de

forma natural por fermentaciones microbianas de productos nitrogenados, por ejemplo en la descomposición de proteínas o urea.

Nitrógeno total: en una muestra orgánica, el contenido de nitrógeno medido como la diferencia entre el nitrógeno Kjeldahl y el nitrógeno amoniacal.

Nutrientes: los nutrientes son cualquier elemento o compuesto químico necesario para el metabolismo de un ser vivo. Es decir, los nutrientes son algunas de las sustancias contenidas en los alimentos que participan activamente en las reacciones metabólicas para mantener las funciones el organismo.

Oxígeno disuelto: es uno de los elementos más importantes de la química orgánica y participa de forma muy importante en el ciclo energético de los seres vivos, esencial en la respiración celular de los organismos aerobios.

Oxidación: la oxidación es una reacción química donde un compuesto cede electrones, y por lo tanto aumenta su estado de oxidación.

Oxigenación: se refiere a la cantidad de oxígeno en un medio

pH: Es una medida de la acidez o basicidad de una solución. El pH es la concentración de iones hidronio [H₃O⁺]

Sedimentación: la sedimentación es el proceso por el cual el material sólido, transportado por una corriente de agua, se deposita en el fondo del río, embalse, canal artificial, o dispositivo construido especialmente para ello.

Sólidos: la presencia de sólidos en el agua no se refiere solo a elementos de gran tamaño visibles a simple vista y susceptibles de flotar o depositarse,

sino que incluye a los sólidos microscópicos que permanecen en suspensión en el agua y a los sólidos disueltos de tamaño iónico presentes en el agua.

Sólidos totales: grupo de partículas que incluye a los sólidos disueltos, suspendidos y sedimentables en agua.

Sólidos totales disueltos: es una medida grosera de la concentración total de sales inorgánicas en el agua e indica salinidad. Para muchos fines, la concentración de STD constituye una limitación importante en el uso del agua.

Sólidos totales en suspensión: cantidad de partículas flotantes o suspendidas en la columna de agua que pueden ser separadas del líquido por medio de medios físicos como la filtración.

Sólidos sedimentables: partículas gruesas que se encuentran en un volumen determinado de líquido que se depositaran por gravedad.

Sólidos suspendidos: son los residuos filtrados del agua, desecados a la temperatura normalizada, después de haberlos lavado con un disolvente orgánico con el fin de eliminar aceites.

Sólidos suspendidos totales: sólidos constituidos por sólidos sedimentables, sólidos en suspensión y sólidos coloidales.

Sólidos suspendidos volátiles: sólidos constituidos por sólidos sedimentables, sólidos en suspensión y sólidos coloidales, capaces de volatilizarse por efecto de la calcinación a 823 K (550°C) en un tiempo de 15 a 20 minutos.

Sólidos volátiles: porción de la materia orgánica que se puede eliminar o volatilizarse cuando esta se quema en un horno mufla a una temperatura de 440°C

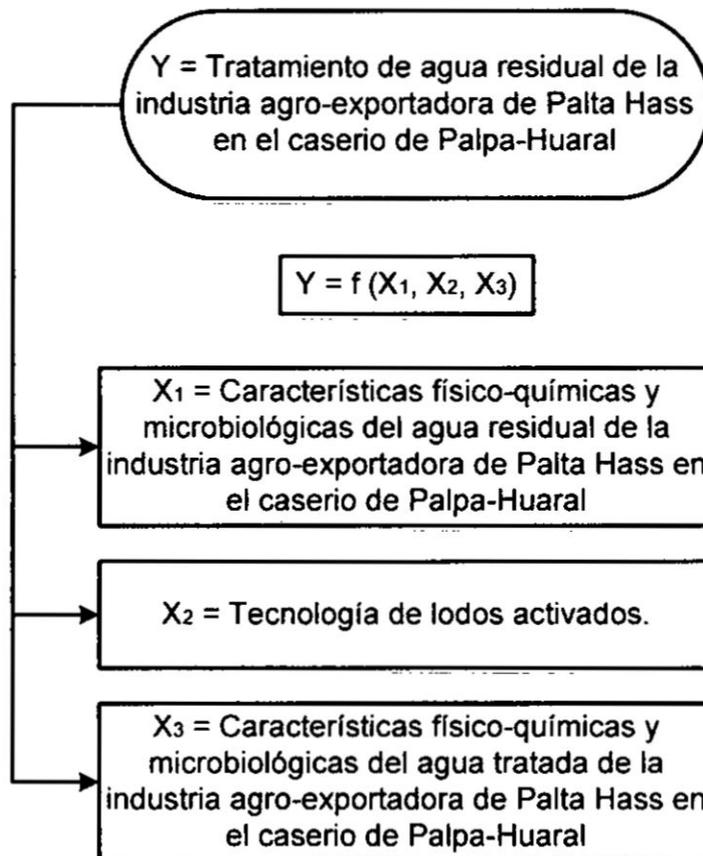
Temperatura: físicamente es una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico.

III. VARIABLE E HIPOTESIS

3.1 Variables de la investigación

FIGURA N° 3. 1

VARIABLES



Fuente: Elaboración Propia

3.2 Operacionalización de las variables

TABLA N° 3. 1
OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODOS
Y = Tratamiento de agua residual de la industria agro-exportadora de Palta Hass en el caserío de Palpa-Huaral	Eficiencia del tratamiento de lodos activados	% de remoción de contaminantes	Tratamiento estadístico de los resultados.
VARIABLES INDEPENDIENTES	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODOS
X ₁ =Características físico-químicas y microbiológicas del agua residual de la industria agro-exportadora de Palta Hass en el caserío de Palpa-Huaral.	Análisis del agua residual proveniente de la industria agro-exportadora de Palta Hass en el caserío de Palpa-Huaral.	<ul style="list-style-type: none"> • pH • DBO₅ • DQO • SST • Coliformes 	Instrumental y experimental.
X ₂ = Tecnología de lodos activados	Diseño y puesta en marcha del equipo de lodos activados.	<ul style="list-style-type: none"> • Caudal (Q) • Volumen (V) • Oxígeno disuelto(OD) • Tiempo de retención hidráulica (th) 	Experimental mediante medición de parámetros
X ₃ = Características físico-químicas y microbiológicas del agua tratada de la industria agro-exportadora de Palta Hass.	Calidad del agua tratada proveniente de la industria agro-exportadora de Palta Hass	<ul style="list-style-type: none"> • pH • DBO₅ • DQO • SST • Coliformes totales 	Instrumental y experimental.

Fuente: Elaboración Propia

IV. METODOLOGÍA

4.1 Tipo de investigación

La investigación propuesta es de tipo experimental y aplicada.

Para este estudio se realizaron observaciones a los fenómenos que se originaron, se registraron los datos obtenidos y se analizaron las variables que intervinieron en la investigación en un ambiente específico de pruebas, en la cual se simuló las posibles condiciones para el objeto en estudio.

En la experimentación se manipuló determinadas variables de estudio, para controlar el aumento o disminución de esas variables y luego se observó lo que ocurrió en condiciones controladas cuyos resultados servirán para aplicarlos en la práctica dándole un uso posterior,

4.2 Diseño de la investigación

La investigación se realizó en el laboratorio de Investigación y Desarrollo de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao. Dado los fundamentos de diseño para plantas de lodos activados, se trabajó con un bioreactor de tanque agitado de flujo continuo de mezcla perfecta (CSTR) que contiene microorganismos (lodo activo), enfocándose en el porcentaje de remoción de la carga orgánica del agua residual de la Industria Agro-Exportadora de Palta Hass en el caserío de Palpa-Huaral y a su vez en la determinación del volumen del bioreactor.

Con la información científica obtenida para el proceso de lodos activados, se cuantificó los indicadores de las variables de estudio con el propósito de determinar el tiempo de residencia, el porcentaje de remoción y las dimensiones del bioreactor para la reducción de la carga orgánica del agua residual de la industria agro exportadora de palta Hass en el caserío de Palpa-Huaral.

Para el presente estudio se ha recolectado información de fuentes secundarias, producto de investigaciones previas realizadas por instituciones académicas y otras entidades dedicadas a la investigación relacionada con algunos de los indicadores del presente trabajo de investigación.

Se ha determinado el tiempo de residencia, volumen y cantidad de oxígeno necesario para el diseño del bioreactor, aplicando sus fundamentos de diseño, siendo necesario recolectar información sobre las ecuaciones de diseño tales como la cinética de consumo de sustrato, balance de materia y energía para el proceso de lodos activados.

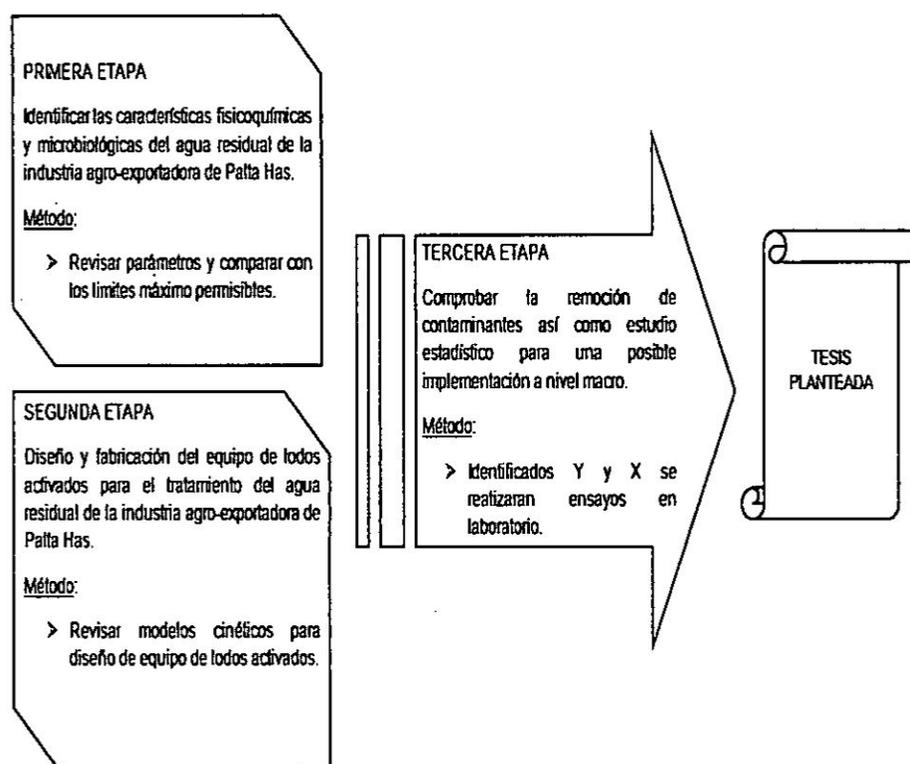
La investigación consistió en tres etapas fundamentales para el desarrollo de la experiencia, primero se identificó las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua residual de la industria agro exportadora de palta Hass mediante el análisis de los parámetros de DQO, DBO₅, SSV, SST, alcalinidad, coliformes, etc. Para luego comparar con los límites máximos permisibles según la legislación vigente en el país.

En la segunda etapa se realiza el diseño y fabricación del equipo de lodos activados para el tratamiento del agua residual, según los fundamentos de diseño del bioreactor usando las ecuaciones de diseño necesarias para su dimensionamiento tales como modelos cinéticos, tiempo de retención, necesidades de oxígeno, etc.

Para la tercera etapa se comprobó mediante el dimensionamiento adecuado del bioreactor y su puesta en marcha el porcentaje de remoción de contaminantes del agua residual, valores que servirán para una posible implementación a nivel macro para la industria agro exportadora de palta Hass en el caserío de Palpa-Huaral.

En la siguiente figura se muestra un resumen de las etapas de la investigación antes mencionadas para la culminación del presente trabajo de investigación.

FIGURA N° 4. 1
ETAPAS DE DISEÑO



Fuente: Elaboración Propia

El presente estudio es una propuesta de investigación tipo experimental porque permitirá el conocimiento de la tecnología de lodos activados para determinar su efecto positivo en aguas residuales.

Consistirá en tener diferentes muestras de un efluente obtenido de la industria agro-exportadora de Palta Hass.

4.2.1 Etapas de la Investigación

Bases de diseño:

Identificación de las características físico-químicas y microbiológicas del agua residual de la industria agro-exportadora de Palta Hass.

En la siguiente tabla se aprecia la caracterización del agua residual para la determinación de los parámetros biocinéticos. La toma de muestra del agua residual fue realizada el día 19 de noviembre del 2016 del afluente del lavado de la palta Hass del caserío de Palpa-Huaral

**FIGURA N° 4. 2
RECOLECCION DE MUESTRA**



Fuente: Elaboración Propia

Una vez obtenido la muestra se mandó inmediatamente a analizar el agua para su caracterización.

Caracterización de agua residual del agua de la industria agroexportadora de
Palta Hass en el caserío de Palpa – Huaral

TABLA N° 4. 1
CARACTERIZACIÓN DE AGUA RESIDUAL

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADOS	FECHA
pH		7.5	06/12/2016
DQO	mg/L	1250	06/12/2016
DBO ₅	mg/L	530	06/12/2016
SSV	mg/L	150	06/12/2016
SST	mg/L	98	06/12/2016
SDT	mg/L	134	06/12/2016
ST= SDT-SST	mg/L	36	06/12/2016
Nitrógeno total	mg/L	1.67	06/12/2016
Fosforo total	mg/L	14.85	06/12/2016
Coliformes totales	NPM/100ml	5x10 ⁵	06/12/2016

Fuente: Elaboración propia

Los análisis fueron realizados por la consultora ambiental NF. Envirolab, ubicada en San miguel; el Lunes 21 de noviembre se entregaron las muestras y los resultados fueron entregados 15 días después el día 6 de diciembre.

4.2.2 Materiales y Métodos

Materiales

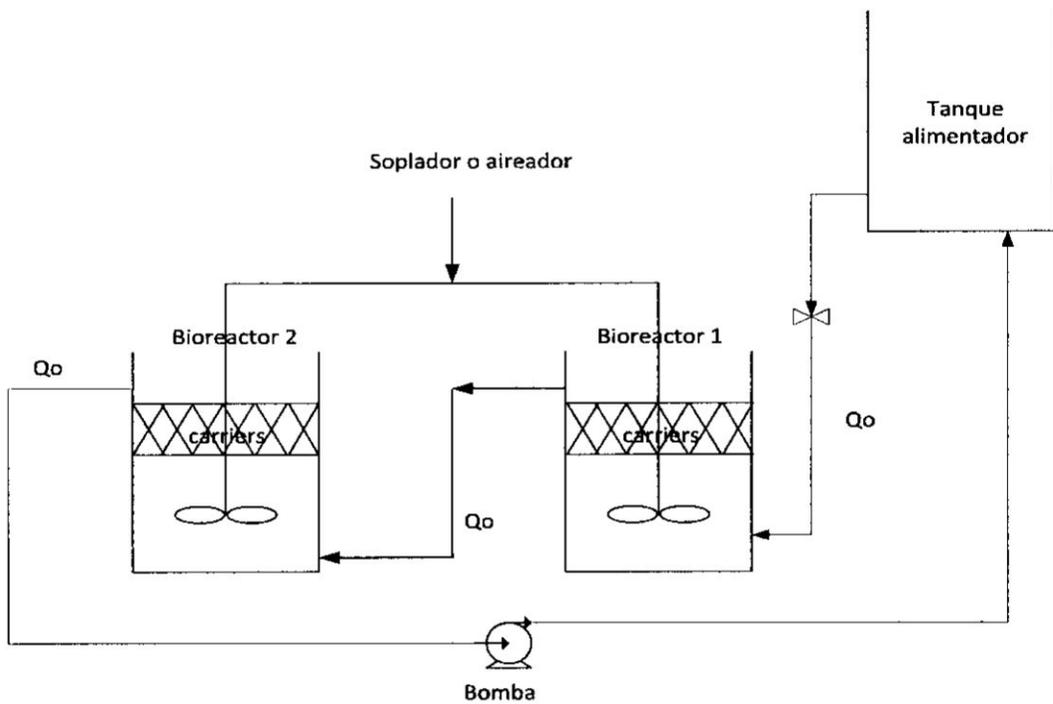
- Manguera de 5/8 " y de 1/4"
- Biosoportos (Carriers)
- Llaves controladoras de caudal
- Frascos para muestras de 250 ml y 1 Litro
- Tubos de PVC de 1/4"
- Abrazaderas
- Compresora de 2HP
- 2 Bombas sumergibles de 9 W flujo máximo 800L/h
- 3 Difusores de aire de 3W
- 1 Probeta de 1Litro

Reactivos

- 10 Litros de Lodo activado Fresco
- Solución de Ácido Sulfúrico (1M)
- Agua Residual de industria Agro-Exportadora 30 Litros

4.2.3 Tratamiento de Materia Prima

FIGURA N° 4. 3
DIAGRAMA DEL PROCESO



Fuente: Elaboración propia

Para analizar los diferentes tiempos de retención se varió el caudal ya que como sabemos el volumen es constante para cada reactor y es de 5L.

$$(t_h = V/Q_0)$$

TABLA N° 4. 2
DETERMINACIÓN DE CAUDALES

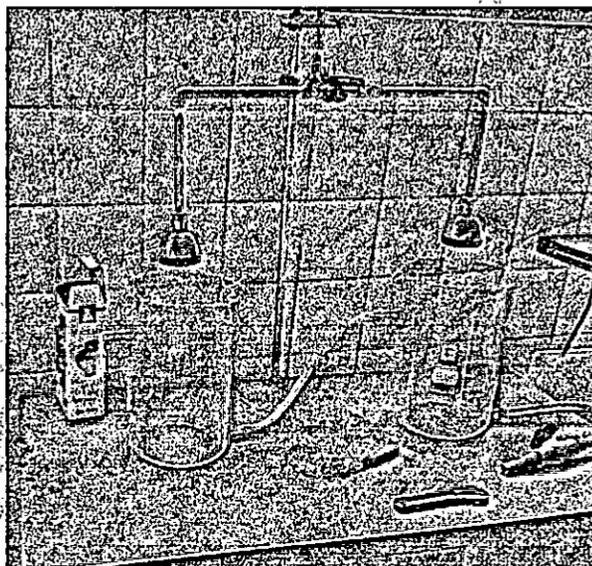
th (tiempo de retención hidráulica) (horas)	Qo (Caudal de entrada) (L/h)
4	1.25
5	1
6	0.83

Fuente: Elaboración propia

4.2.4 Preparación y Puesta en punto

El primer paso fue contabilizar el material brindado por el centro de investigación que contaba con 2 reactores de 5 Litros diseñados para un sistema de flujo continuo.

FIGURA N° 4. 4
REACTORES Y SISTEMA INICIAL



Fuente: Elaboración propia

El segundo paso se armó todo el sistema según nuestro diagrama de procesos.

Para ello se compró un par de tanques que se situaron uno como alimentación y otro como reciclo el primero de 10 Litros y el otro de 20 litros con la finalidad de recircular el agua residual, estos tanque reemplazan a la bomba peristáltica y nos reducen costos al usar 2

bombas sumergibles de la misma potencia; se preparan los tanques como se ve a continuación.

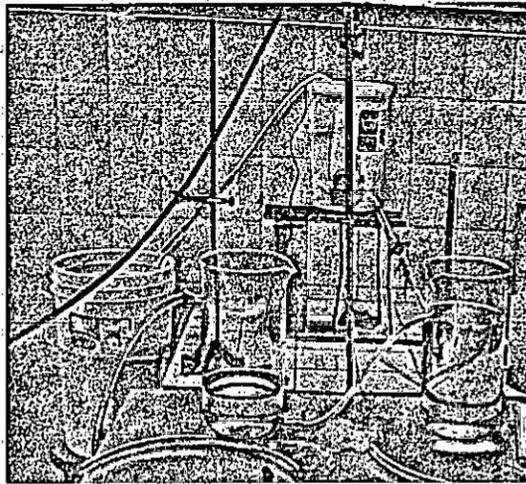
FIGURA N° 4. 5
PREPARACIÓN DE TANQUES



Fuente: Elaboración propia

Finalmente se completó el sistema y se aseguró con abrazaderas de 1/4" para hacer una posterior puesta en punto solamente usando agua potable y verificar que todo funciona con efectividad.

FIGURA N° 4. 6
SISTEMA COMPLETO CON ABRAZADERAS



Fuente: Elaboración propia

Puesta en punto

Para la puesta en punto se empezó a medir los caudales y para ellos usamos una probeta y un cronómetro.

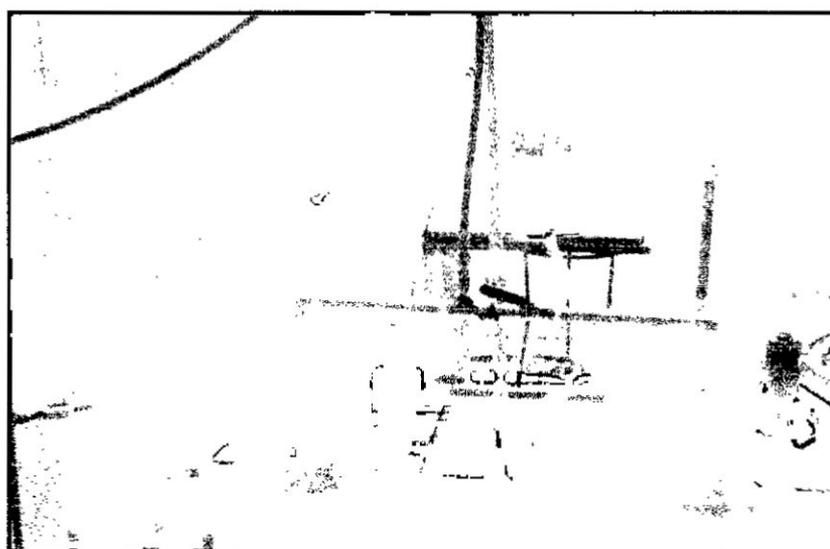
FIGURA N° 4. 7
MEDICIÓN DE CAUDALES



Fuente: Elaboración propia

Finalmente se encendió el sistema de aireación con la compresora para probar que no existan fugas de aires ni pérdidas de otro tipo.

FIGURA N° 4. 8
PUESTA EN PUNTO



Fuente: Elaboración propia

4.2.5 Procedimiento Experimental

Obtención de lodo activado proveniente de una planta de lodos activados real:

El lodo para la investigación fue obtenido de la planta piloto de lodos activados de la facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional del Callao, tal como se muestra en la siguiente figura:

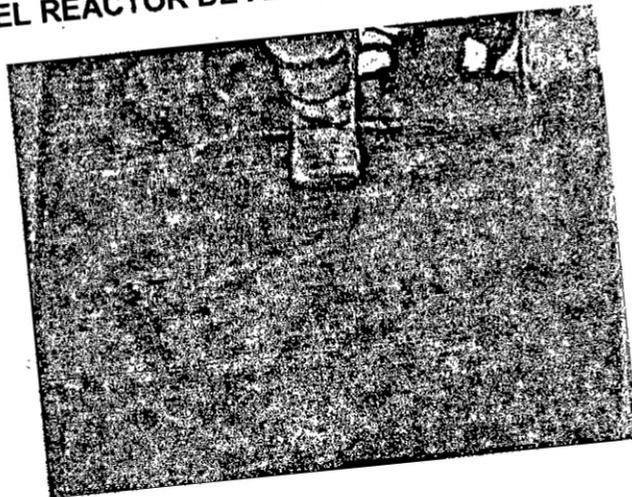
FIGURA N° 4. 9
OBTENCIÓN DE LODO



Fuente: Elaboración propia

Como se observó al limpiar el reactor de aireación de la planta piloto el lodo no es completamente sólido pero cuando se fue vaciando se pudo notar como es su textura y finalmente se almacenó en un balde de 20 litros para posteriormente airearlo, puesto que si los microorganismos presentes no están aireados tienden a morir.

FIGURA N° 4. 10
VISTA DEL REACTOR DE AIREACIÓN DE PLANTA PILOTO

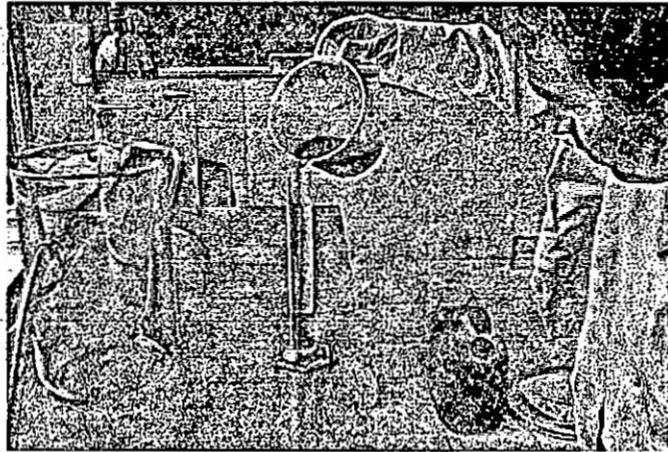


Fuente: Elaboración propia

Puesta en marcha

Lo primero que se hizo fue quitar toda el agua potable, de los reactores y seguido de ese paso se agregó el lodo activado una cantidad de 500 gr.

FIGURA N° 4. 11
ADICIÓN DE LODOS



Fuente: Elaboración propia

Seguidamente de adicionar la cantidad mencionada a cada reactor se agregar nuestra agua residual, 5 litros en cada reactor y se llenó los tanques de alimentación y reciclo, como se puede observar en la siguiente figura:

FIGURA N° 4. 12

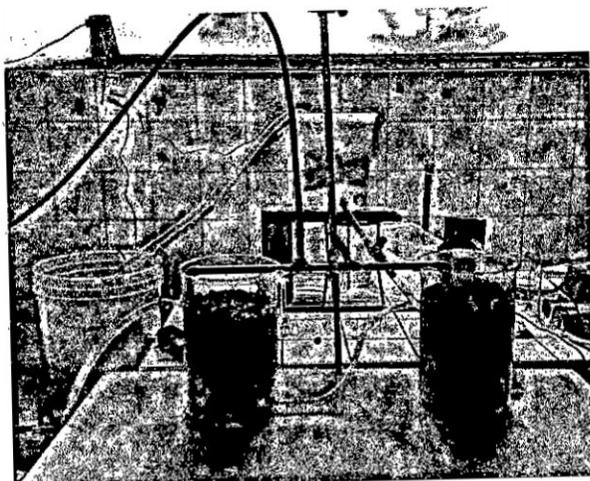
LLENADO DE TANQUES Y REACTORES CON AGUA RESIDUAL



Fuente: Elaboración propia

Finalmente se agregan los biosportes (carriers) ya que con esto sabemos que la velocidad de transferencia de masa depende mucho del área superficial de contacto.

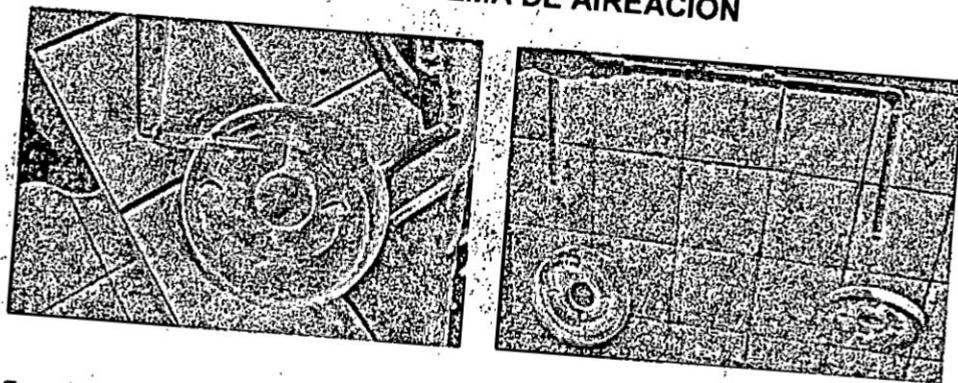
FIGURA N° 4. 13
ADICIÓN DE BIOSOPORTES



Fuente: Elaboración propia

Se observó que el sistema de aireación prediseñado no era el adecuado para el funcionamiento del sistema por lo que se optó por uno más adecuado. Debido a que el tamaño de la burbuja de aire era demasiado grande y esto no permitía una buena formación de biomasa.

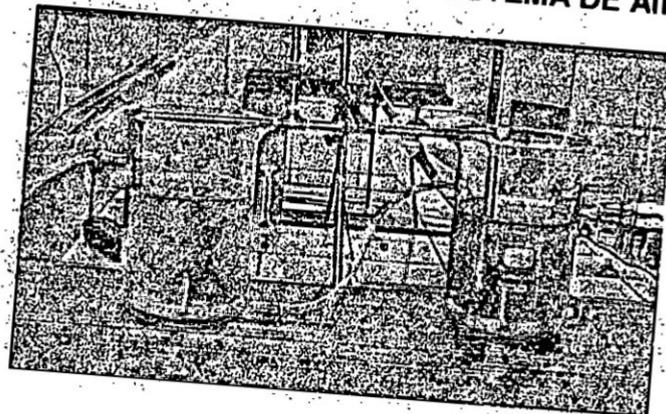
FIGURA N° 4. 14
NUEVO SISTEMA DE AIREACIÓN



Fuente: Elaboración propia

Finalmente se vio la mejora en el sistema general y se observó que la aireación era la adecuada y fue más homogénea.

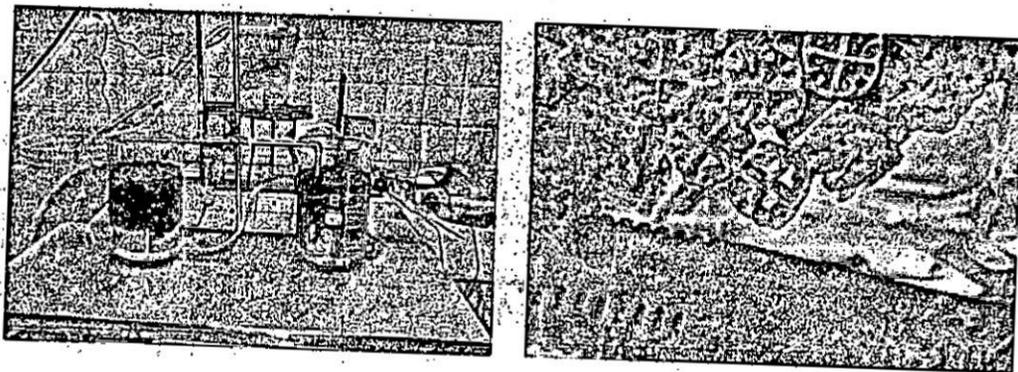
FIGURA N° 4. 15
PUESTA EN MARCHA CON NUEVO SISTEMA DE AIREACIÓN



Fuente: Elaboración propia

Para la última parte se agregaron los carriers presentes en ambos reactores que fueron extraídos para acoplar el sistema de aireación y se notó la formación de biopelícula.

FIGURA N° 4. 16
FORMACIÓN DE BIOPELICULA



Fuente: Elaboración propia

4.2.6 Operación y control de prueba

Para el control de prueba se variaron los tiempos de retención y con ellos los caudales ya que como sabemos el volumen es constante, Se midió oxígeno disuelto (OD), pH y T diariamente con un equipo multiparámetro.

FIGURA N° 4. 17
MEDICIÓN DE OXIGENO DISUELTO (OD)



Oxímetro utilizado



Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenidos se elaboró una tabla de resultados:

TABLA N° 4. 3
PARÁMETROS CONTROLADOS

Días	Oxígeno disuelto (mg/L)	Temperatura (°C)	pH
1	2.5	25	6.9
2	2	25,2	6.6
3	2	26,5	6.5
4	3.2	24.5	6.5
5	3.1	25.6	6.6
6	3.98	25.5	6.5
7	3.9	25.5	6.7
8	3	25	6.7
9	3	25.1	6.7
10	3	25.2	6.7

Fuente: Elaboración propia

Toma de muestras

Para la toma de muestras se tomaron en frascos de 250 ml sellados con tapones y acidificados con H_2SO_4 (1M) hasta llegar a un pH menor igual que 2, estos fueron usados para lectura de DQO, en el caso de DBO_5 los frascos de muestras fueron de 1 Litro.

FIGURA N° 4. 18

TOMA DE MUESTRAS TRATADAS



Fuente: Elaboración propia

Como dijimos finalmente se midió el pH para ajustarlo a 2 y finalmente se mando analizar la muestra en un equipo HACH normado para analizar el DQO por colorimetria.

FIGURA N° 4. 19
EQUIPO HACH PARA MEDICION EN DQO



Fuente: Elaboración propia

4.3 Población y muestra

La población para esta etapa se delimitara para la zona del norte peruano, exactamente en el caserío Palpa (ex fundo Santa Hermelinda) en el distrito de Aucallama, provincia Huaral y departamento de Lima.

Para la toma de muestra nosotros nos limitaremos a los cultivos de Palta Hass ya que como explicamos antes esta zona se dedica primordialmente a la agro-exportación de frutas, esta zona tiene más de 100 hectáreas de las cuales tomaremos muestras en una galonera donde recogimos 30 litros de muestras para su posterior estudio.

4.4 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos que se han mencionado en el diseño de la investigación son:

- Identificación de las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua residual de la industria agro - exportadora de palta Hass en el caserío de Palpa-Huaral, mediante análisis de los parámetros de DQO, DBO₅, SSV y coliformes totales.
- Determinación de los parámetros biocinéticos. Estos parámetros muestran, por ejemplo, los requerimientos de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica presente por medio de los lodos biológicos; indican los kilogramos de lodos producidos por la oxidación de la materia orgánica contaminante y las constantes en la velocidad de remoción de contaminantes.
- Herramientas estadísticas usando software minitab, para la realización de las experiencias y cálculos respectivos para la determinación de la ecuación de remoción de contaminantes del agua residual.

4.5 Procedimiento de recolección de datos

El análisis de la varianza (ANOVA) es una potente herramienta estadística, de gran utilidad tanto en la industria, para el control de procesos, como en el laboratorio de análisis, para el control de métodos analíticos.

La comparación de diversos conjuntos de resultados es habitual en los laboratorios analíticos. Así, por ejemplo, una serie de laboratorios que analizan una misma muestra con el mismo método (ensayos colaborativos).

En todos estos ejemplos hay dos posibles fuentes de variación: una es el error aleatorio en la medida y la otra es lo que se denomina factor controlado (tipo de método, diferentes condiciones, analista o laboratorio).

TABLA N° 4. 4
MODELO DE ENSAYOS

Resultados	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5
1
2
..5
Suma
valor medio \bar{x}
Media aritmética de todos los resultados $\bar{\bar{x}}$					
Número total de resultados N					

Fuente: Boque, R. & Moroto, A (2010)

Se observan los valores medios, parece indicar que existen diferencias entre los ensayos. Ahora bien, ¿son dichas diferencias significativas? El ANOVA responde a esta cuestión. El objetivo del ANOVA es comparar los diversos valores medios para determinar si alguno de ellos difiere significativamente del resto. Expresiones para el cálculo del ANOVA de un factor (K indica el número de ensayos y N el número total de resultados)

Un método computacional conocido como tabla ANOVA facilita los cálculos. Se trata de disponer en forma de tabla ciertas cantidades que conducen a la obtención de F.

4.6 Procesamiento estadístico y análisis de datos

Se calculan, por tanto, MS ensayo y MSR como una medida de las dispersiones comentadas y se comparan mediante una prueba de hipótesis F. Si no existe diferencia estadísticamente significativa entre ellas, la presencia de errores aleatorios será la causa predominante de la discrepancia entre los valores medios.

TABLA N° 4. 5
CUADRO DE ENSAYOS

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Varianza	Fcal
Entre ensayos	$SS_{\text{ENSAYO}} = \sum_{k=1}^K n_k (\bar{x}_k - \bar{x})^2$	K - 1	$MS_{\text{ensayo}} = \frac{SS_{\text{ensayo}}}{K - 1}$	$F = \frac{MS_{\text{ens}}}{MS_R}$
	$SS_R = \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^{n_k} n_k (x_{kj} - \bar{x})^2$	N - K	$MS_R = \frac{SS_R}{N - K}$	
Total	$SS_T = \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^{n_k} n_k (x_{kj} - \bar{x})^2$	N - 1	$MS_T = \frac{SS_T}{N - 1}$	

Fuente: Boque,R & Moroto, A. (2010)

V. RESULTADOS

Se realizó un tratamiento de aguas mediante tecnología de Lodos Activados y se tuvo tener en cuenta las propiedades que presentan los lodos, los lodos biológicos deben sedimentar adecuadamente a fin de tener una buena clarificación del agua residual tratada, por lo que es necesario evaluar las características de sedimentación.

La relación alimento/microorganismo (A/M), que se expresó de la siguiente manera evalúo estas características:

$$\left(\frac{A}{M}\right) = \frac{S_0}{X_{va} \cdot t_h}$$

Dónde:

A/M= relación alimento/ microorganismo (gr DBO/gr SSV.día)

S₀= DBO del agua residual cruda (mg/L)

X_{va}=Concentración de SSV en el reactor (mg/L)

t_h= tiempo de residencia hidráulica = V/Q₀

Q₀=Flujo de agua residual de entrada al bioreactor (L/día)

Las variables en esta experiencia controladas fueron: cualitativas como color, olor y cuantitativas como: DBO, DQO, SSV.

Las variables independiente controlable son: Flujo de alimentación de agua residual, Tiempo de residencia o retención hidráulica, Determinación instrumental de oxígeno disuelto, Temperatura, % reducción de la DBO.

Para obtener los resultados se usara el método factorial de 2^n y 3^n , niveles

Como tenemos 3 variables: Se realizaran $3^2=9$ experiencias

A: tiempo de retención hidráulica:

4 horas (-)

5 horas (\pm)

6 horas (+)

B: Cantidad de oxígeno disuelto:

2 mg/l (-)

3 mg/l (\pm)

4 mg/l (+)

Por bibliografía en antecedentes no variamos la cantidad de biosoportes (carriers) ya que en las PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales)

ocupan un 50 % del volumen total del reactor así como tampoco el lodo activado ya que como sabemos también por bibliografía en peso va en una relación de 1 a 5.

TABLA N° 5. 1
RESULTADOS DE DISEÑO FACTORIAL

N° EXP	Variable		Niveles		Vector de respuesta			
	A	B	-	±; +	DBO ₅	X _{va}	A/M	COLOR
1	4.00	2 mg/l	-	-	350	1200	0.1104	Marrón
2	4.00	3 mg/l	-	±	345	980	0.1352	Marrón
3	4.00	4 mg/l	-	+	360	1100	0.1205	Marrón
4	5.00	2 mg/l	±	-	250	1500	0.0707	Amarillo
5	5.00	3 mg/l	±	±	220	1700	0.0624	Amarillo
6	5.00	4 mg/l	±	+	280	1685	0.0629	Amarillo
7	6.00	2 mg/l	+	-	296	1315	0.0672	Marrón
8	6.00	3 mg/l	+	±	290	1000	0.0883	Marrón
9	6.00	4 mg/l	+	+	305	1406	0.0628	Marrón

Fuente: Elaboración propia

Resultados obtenidos durante los primeros 4 días ya que como sabemos estos microorganismos siguen activos y seguirán bajando el DBO y el DQO pero llegarán a un equilibrio aproximadamente dentro de 7 días.

5.1 Análisis de Anova con programa minitab.

Para esto utilizamos el modelo taguchi que se aproxima más a nuestras experiencias y nos dio una ecuación q nos relacionó el th y el OD.

Taguchi Design

Taguchi Orthogonal Array Design

L9(3²)

Factors: 2

Runs: 9

Columns of L9(3⁴) Array

1 2

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
15.0207	96.15%	89.72%	67.54%

Coefficients

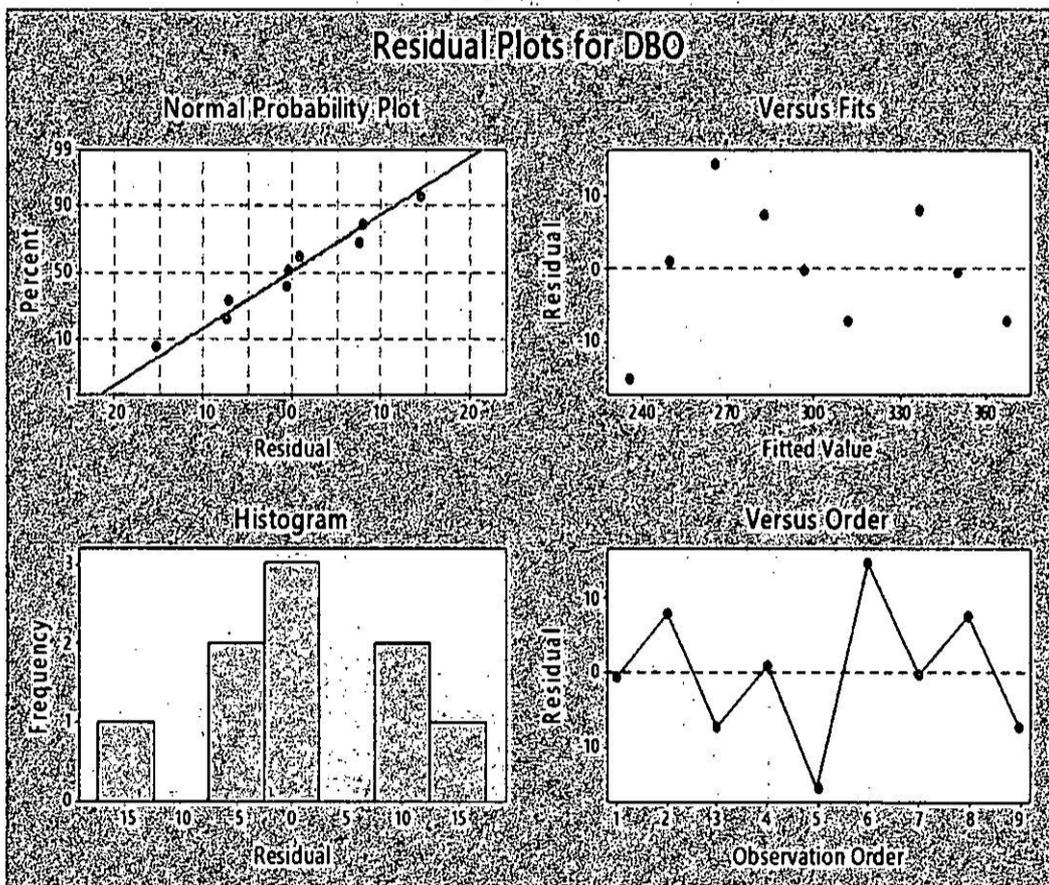
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	2399	298	8.06	0.004	
th	-770	109	-7.08	0.006	314.50
OD	-121.6	74.2	-1.64	0.200	146.50
th*th	74.3	10.6	7.00	0.006	301.00
OD*OD	21.8	10.6	2.06	0.132	109.00
th*OD	-0.25	7.51	-0.03	0.976	52.00

Regression Equation

DBO = 2399 - 770 th - 121.6 OD + 74.3 th*th + 21.8 OD*OD - 0.25 th*OD

Y la interpretación fue la siguiente ya que como nuestro valor de salida fue la DBO₅ se obtuvo una ecuación q nos permite conseguirla para determinados parámetros de th y OD.

GRÁFICA N° 5. 1
PLOTEO EN MINITAB MEDIANTE MODELO TAGUCHI



Fuente: Elaboración propia

5.2 Determinación de parámetros biocinéticos con resultados

Ecuación para cinética de Primer orden

$$q = \frac{S_0 - S_e}{X_{va} * th} = k * S_e$$

Dónde:

q = velocidad específica de consumo de sustrato (d^{-1})

k = constante específica de remoción de sustrato ($d^{-1}L/mg$)

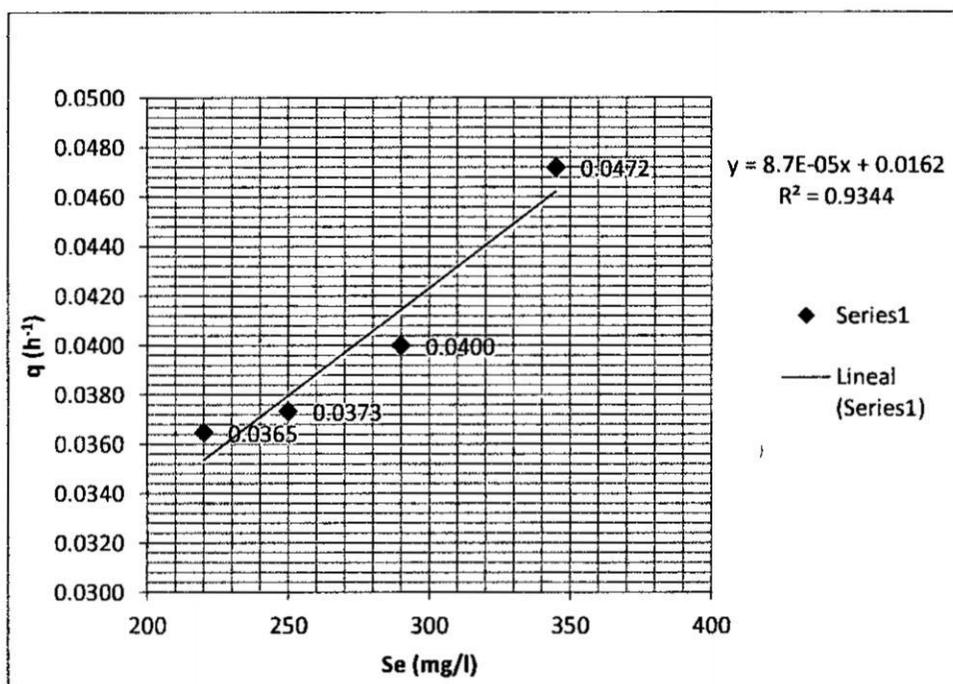
S_e = concentración de DBO en el reactor (mg/l)

TABLA N° 5. 2
DATOS PARA CINÉTICA DE PRIMER ORDEN

Tabla de velocidad específica de consumo de sustrato				
S_0 (mg/l)	S_e (mg/l)	X_{va} (mg/l)	T_h (h)	q (h^{-1})
530	345	980	4	0.0472
530	220	1700	5	0.0365
530	250	1500	5	0.0373
530	290	1000	6	0.0400

Fuente: Elaboración Propia

GRÁFICA N° 5. 2
MODELO CINÉTICO DE PRIMER ORDEN



Fuente: Elaboración propia

Ecuación para modelo cinético de orden variable o Monod:

$$q = \frac{S_0 - S_e}{X_{va} * th} = q_{m\acute{a}x} * \frac{S_e}{K_s + S_e}$$

Dónde:

$q_{m\acute{a}x}$ = máximo de remoción de sustrato (d^{-1})

k_s = constante de afinidad (mg/l)

S_e = concentración de DBO en el reactor (mg/l)

X_{va} = SSV en el reactor

TABLA N° 5. 3
DATOS PARA MODELO DE MONOD

Tabla de velocidad específica de consumo de sustrato					
So (mg/l)	Se (mg/l)	Xva (mg/l)	th (h)	1/Se (l/mg)	1/q (h)
530	345	980	4	0.0029	21.19
530	220	1700	5	0.0045	27.42
530	250	1500	5	0.0040	26.79
530	290	1000	6	0.0034	25.00

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

q = velocidad específica de consumo de sustrato (d^{-1})

k_1 = constante específica de consumo (mg/l)

S_e = concentración de DBO en el reactor (mg/l)

S_o = concentración de DBO en el afluente (mg/l)

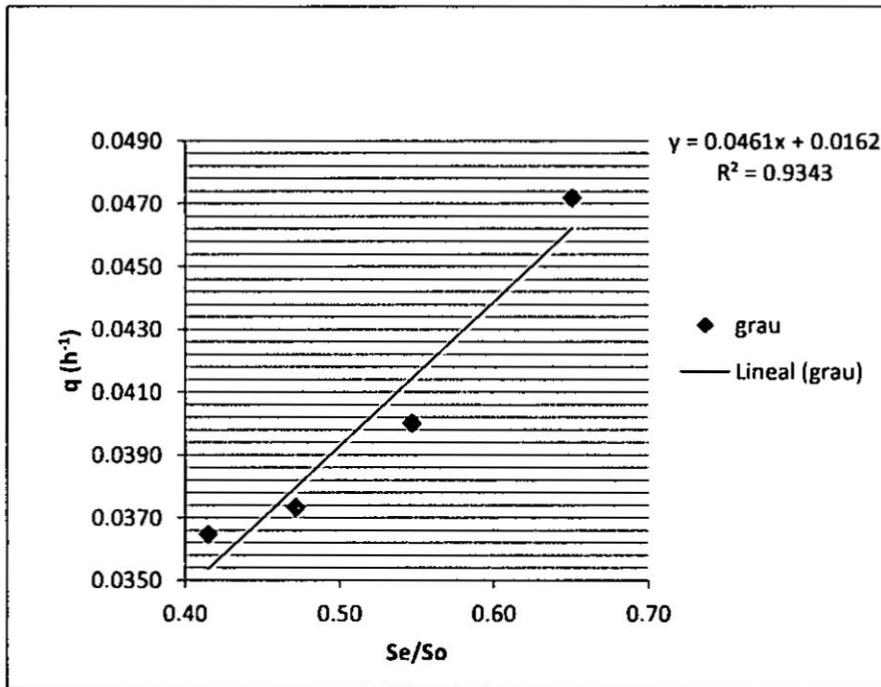
X_{va} = SSV en el reactor

TABLA N° 5. 4
DATOS PARA MODELO DE GRAU

Tabla de velocidad específica de consumo de sustrato					
S_o (mg/l)	S_e (mg/l)	X_{va} (mg/l)	t_h (h)	q (h ⁻¹)	S_e/S_o
530	345	980	4	0.0472	0.65
530	220	1700	5	0.0365	0.42
530	250	1500	5	0.0373	0.47
530	290	1000	6	0.0400	0.55

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICA N° 5. 4
MODELO DE GRAU



Fuente: Elaboración propia

Elección del Modelo Cinético para el consumo de sustrato del A.R de la industria agro-exportadora de palta Hass

Según la tabla se observa que el modelo cinético que más se ajusta a los datos experimentales es el modelo de Primer Orden puesto que tiene un índice de correlación mayor.

TABLA N° 5. 5
RESUMEN DE ELECCIÓN DE MODELOS

MODELO CINETICO	ECUACIÓN	INDICE DE CORRELACIÓN
Primer orden	$Y=8.7 E-05.x + 0.0162$	$R^2 = 0.9344$
M. De Monod	$Y=3730.1.x + 11.211$	$R^2 = 0.8921$
M. De Grau	$Y= 0.0461.x + 0.0162$	$R^2 = 0.9343$

Fuente: Elaboración propia

Por lo que según la gráfica para un modelo cinético de primer orden se tiene la constante específica de remoción de sustrato:

$$K = 8.7 \times 10^{-5} \text{ l/mg.h}$$

Determinación de los coeficientes Y y kd:

$$\mu = \frac{1}{\theta_c} = Yq - kd$$

Dónde:

μ =velocidad específica de crecimiento (d^{-1}) = $((\Delta X_v)/V)/X_{va} = 1/\theta_c$

ΔX_v =producción neta de lodos (kg/d)

V =volumen total de bioreactor (l)

θ_c =edad de lodos (d^{-1})

Además:

Y:(rendimiento)=kg de lodo biológico producidos/Kg DBO removida

Y=kg SSV/ kg DBO removida

kd: (constante de decaimiento o muerte endógena)

kd= kg SSV muertos/Kg SSV en el reactor

Obtención de ΔX_v : kg de lodos producidos por día

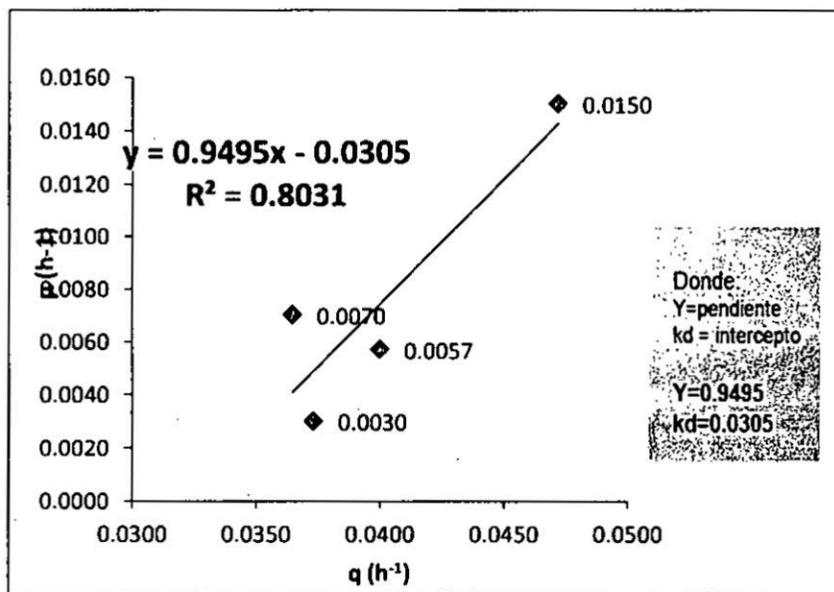
$$\Delta X_v = \frac{kg\ SSV_{t=24h} - kg\ SSV_{t=0h}}{24\ h} = \frac{kg\ de\ SSV\ producidos}{d}$$

TABLA N° 5. 6
DATOS PARA EL CALCULO DE Y Y Kd

So (mg/l)	Se (mg/l)	Xva (mg/l)	Th (h)	q (h ⁻¹)	ΔXv (mg/d)	ΔXv (mg/h)	ΔXv/V (mg/lh)	μ (h ⁻¹)
530	345	980	4	0.0472	1765.0	73.5	14.7083	0.0150
530	220	1700	5	0.0365	1432.0	59.7	11.9333	0.0070
530	250	1500	5	0.0373	543.0	22.6	4.5250	0.0030
530	290	1000	6	0.0400	685.0	28.5	5.7083	0.0057

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICA N° 5. 5
OBTENCIÓN DE Y y Kd



Fuente: Elaboración propia

Determinación de los coeficientes a y b:

$$R_{O_2} = aq + b$$

Donde:

$$R_{O_2} = \frac{v_{UO}}{x_{va}} = \frac{\text{velocidad de utilización de oxígeno (mg}_{\frac{O_2}{l \cdot \text{min}}})}{\text{concentración de sólidos solubles volátiles en el bioreactor (}_{\frac{mg}{l}})}$$

$a = \text{kg de oxígeno en la oxidación de sustrato/kg de DBO removida}$

$b = \text{kg de oxígeno para respiración endógena/día kg de SSV en el reactor}$

$$R_{O_2} = \text{velocidad específica de consumo de } O_2 \left(\text{kg de } \frac{O_2}{h \cdot \text{kg SSV}} \right)$$

$q = \text{velocidad específica de consumo de sustrato (d}^{-1}\text{)}$

Medición de la VUO (velocidad de utilización de oxígeno)

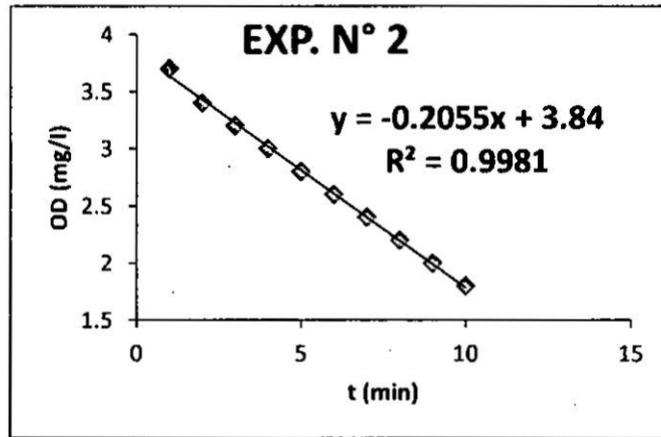
Se realiza la medición del oxígeno disuelto para cada experiencia seleccionada para que por intermedio de gráficos (OD vs t) obtener la VUO cuyo valor será determinado por la pendiente de la gráfica, se toman las experiencias donde el DBO es menor.

TABLA N° 5. 7
MEDICIÓN DE OXIGENO DISUELTO VS TIEMPO

Experiencia	Exp.N°2	Exp.N°4	Exp.N°5	Exp.N°8
t (min)	OD (mgO ₂ /l)	OD (mgO ₂ /l)	OD (mgO ₂ /l)	OD (mgO ₂ /l)
1	3.7	3.1	3.4	3.5
2	3.4	2.8	3.1	3.3
3	3.2	2.5	2.9	3.1
4	3	2.3	2.6	2.9
5	2.8	2	2.4	2.7
6	2.6	1.7	2.1	2.5
7	2.4	1.4	1.8	2.3
8	2.2	1.1	1.6	2.1
9	2	0.8	1.3	2
10	1.8	0.6	1	1.8

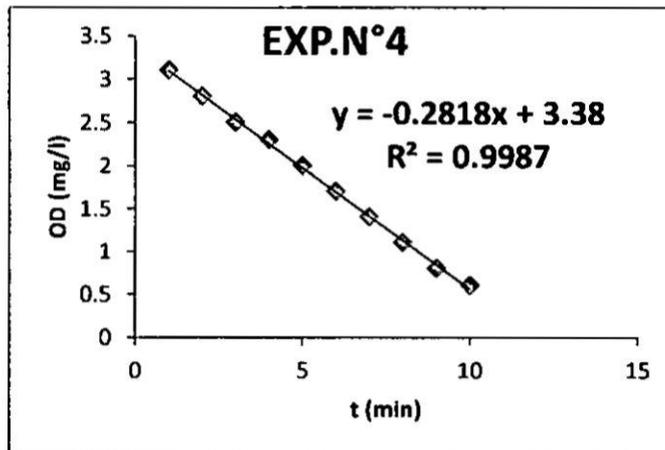
Fuente: Elaboracion propia

GRÁFICA N° 5. 6
VUO PARA EXPERIENCIA 2



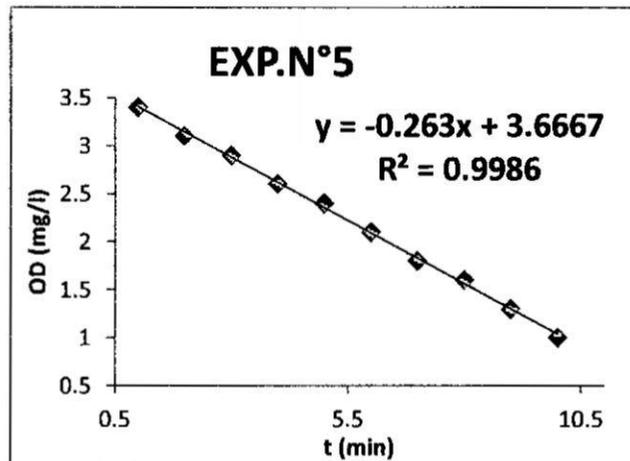
Fuente: Elaboración propia

GRÁFICA N° 5. 7
VUO PARA EXPERIENCIA 4



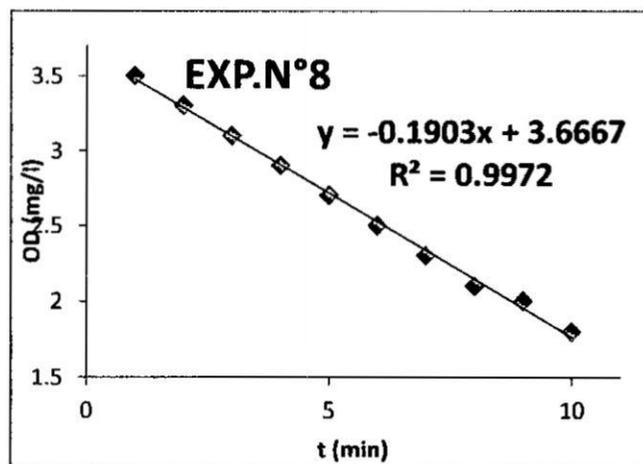
Fuente: Elaboración propia

GRÁFICA N° 5. 8
VUO PARA EXPERIENCIA 5



Fuente: Elaboración propia

GRÁFICA N° 5. 9
VUO PARA EXPERIENCIA 8



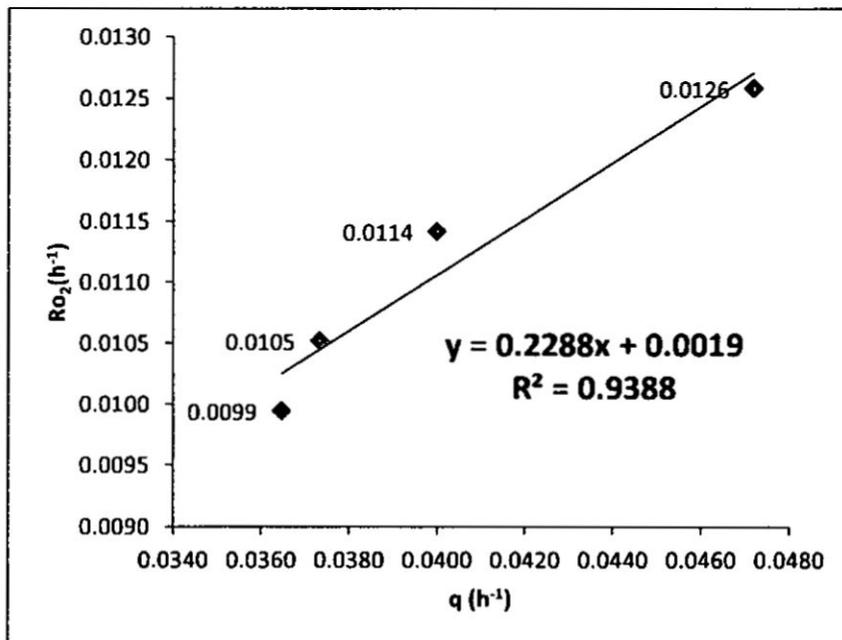
Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 5. 8
DATOS PARA EL CÁLCULO DE a Y b

So (mg/l)	Se (mg/l)	Xva (mg/l)	th (h)	q (h ⁻¹)	VUO (mgO ₂ /l.d)	VUO (mgO ₂ /l.h)	Ro ₂ (h ⁻¹)
530	345	980	4	0.0472	0.2055	12.33	0.0126
530	220	1700	5	0.0365	0.2818	16.908	0.0099
530	250	1500	5	0.0373	0.263	15.78	0.0105
530	290	1000	6	0.0400	0.1903	11.418	0.0114

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICA N° 5. 10
OBTENCIÓN DE a Y b



Fuente: Elaboración propia

Resumen de parámetros biocinéticos obtenidos para el agua residual de la industria agro-exportadora de palta Hass

TABLA N° 5. 9

CUADRO RESUMEN DE PARAMETROS BIOCINETICOS DEL AGUA RESIDUAL DE PALTA HASS EN EL CASERIO DE PALPA-HUARAL	
k (h⁻¹.l/mg)	8.7*10⁻⁵
Y kg SSV/kg DBO_r	0.9495
k_d (h⁻¹)	0.0305
a kg O₂/kg DBO_r	0.2288
b (h⁻¹)	0.0019

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

k= constante de velocidad de consumo de sustrato

Y = coeficiente de producción de biomasa por consumo de sustrato

k_d = coeficiente de consumo de biomasa por respiración endógena

a = parámetro de utilización de oxígeno para la oxidación de sustrato

b = parámetro de utilización de oxígeno por respiración endógena

Necesidad de Oxígeno

$$\frac{\text{KgO}_2}{\text{d}} = 86.4 \times a \times (S_o - S_e) \times Q_o + b \times X_{va} \times V \times 10^{-3}$$

Reemplazando a y b, así como también los demás términos conocidos se logró saber cuánta cantidad de aire es necesaria para el funcionamiento adecuado.

$$\frac{\text{KgO}_2}{\text{d}} = 147.0924 \approx 6.12 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

Este es un parámetro importantísimo para diseño de planta porque en base a los parámetros biocinéticos sabemos la cantidad de oxígeno que tienen que proporcionar los aireadores por día.

5.3 Procedimiento de analisis

TABLA N° 5. 10

RESULTADOS FINALES CON MAYOR % REMOCION

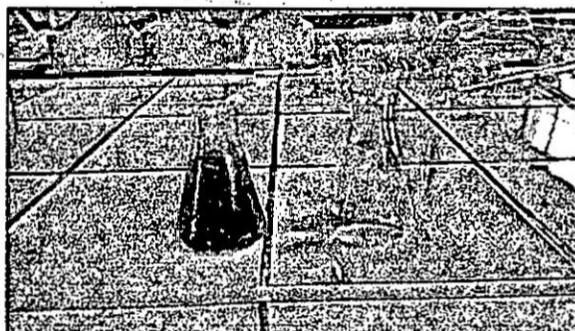
Parametros	Unidad	Afluente	Efluente	% Remocion
		Promedio		
DBO5	mg/L	530	220	57%
DQO	mg/L	1250	506	59%
SSV	mg/L	150	80	46.7%

Fuente: Elaboración propia

Estos ensayos como vemos nos da un porcentaje de remocion cercano al 60% en casi todos los parametros.

FIGURA N° 5. 1

AGUA INICIAL Y AGUA TRATADA



Fuente: Elaboración propia

VI. DISCUSION DE RESULTADOS

6.1 Contratación de hipótesis con los resultados

La remoción de carga orgánica, según las diferentes experiencias realizadas a lo largo de la investigación, se llegó a un valor óptimo de DBO de 220 mg/l para una cantidad de oxígeno disuelto de 3mg/l, siendo su porcentaje de remoción de 57%.

Las corridas fueron realizadas en base al diseño experimental en el cual se realizaron los análisis respectivos para cada caso obteniendo como vector respuesta: la cantidad de DBO del efluente, cantidad de oxígeno disuelto y tiempo de retención.

Para facilitar la comprensión de dichos resultados, se especificará la influencia de estos factores sobre el tratamiento del agua residual de la industria agro exportadora de palta Hass del caserío de Palpa-Huaral:

- Efecto del oxígeno disuelto en el tratamiento del agua residual:

De acuerdo a la bibliografía revisada, según Ramalho, Rubens S (1993) debe mantenerse un valor igual o mayor a 2 mg/l de oxígeno disuelto para un correcto funcionamiento de la biomasa presente en el bioreactor , por lo que se realizó diferentes corridas para analizar la influencia del oxígeno disuelto en concentraciones de 2, 3 y 4 mg/l, demostrándose que a concentraciones

mayores no se obtienen mejoras apreciables en el proceso, por lo que generaría innecesariamente un incremento en los costos de aireación.

- Efecto de variación del tiempo de retención en el tratamiento del agua residual:

Según Ramalho, Rubens S (1993), para un proceso convencional de lodos activados el tiempo de retención adecuado para este tipo de tratamiento oscila entre 4 y 8 horas, de tal forma que se llevaría el máximo porcentaje de consumo de sustrato dando un rendimiento entre 85 a 95% para este tipo de proceso, por lo que se realizó diferentes corridas con tiempos de retención de 4, 5 y 6 horas observándose una mayor eficiencia para un tiempo de 5h dando un rendimiento del 57%, estando este valor por debajo de los rangos recomendados por la literatura, ello es debido a que no se logró suministrar de forma continua la cantidad de oxígeno que demanda el sistema, por las limitaciones de encontradas en función del tiempo de monitoreo ya que como sabemos el laboratorio no puede estar 24 horas a nuestro uso exclusivo.

- Otros factores importantes:

En el desarrollo de la experiencia se inóculo una cantidad de lodo de 200 g gramos para el volumen del reactor, ya que según la literatura por lo que a valores menores de este no sería suficiente para lograr una mejor adaptación de los microorganismos, por lo que para acelerar el proceso y ayudar a una

mejor aclimatación de los microorganismos para la remoción de la carga orgánica se suministró carriers en una cantidad que ocupe el 50% del reactor en cada vaso, observándose la formación de biomasa dentro de estos después de dos días de aireación.

De ser necesario se hubieran experimentado con diferente cantidad de carriers (biosoporte) y también se hubiera variado la cantidad de lodo que se proporciona en cada uno de los reactores, el único problema hubiera sido en costos de análisis y el número de experiencias hubiera sido de 27 puntos.

6.2 Contratación de resultados con otros estudios similares

- Con respecto al antecedente "Análisis y Efectos de la Eliminación de un Sedimentador Primario para un Sistema de Lodos Activados para el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas", ellos concluyen que tienen una remoción de 76 y 80% en remoción de DQO y DBO₅, como sabemos no llegamos a tal cantidad pero cumplimos nuestro objetivo y la tesis con la que discutimos es para una planta de 10 años de funcionamiento, donde tienen mucho mejor control de todo el proceso.
- Con respecto al antecedente "Tratamiento de Aguas Residuales Proveniente de un Camal, mediante un Sistema de Lodos Activados" , ellos concluyen que lograron una remoción de casi el 50 % y aun así no llegaron a los VMA, es cierto que hubo cambio en coloración pero su DQO

y DBO_5 al final de su tratamiento era muy alto, a parte que ellos asumen que su agua residual procedente de un camal cumple con la ecuación de monod para cinética de 1er orden lo cual se nota claramente no presenta ese comportamiento.

- Finalmente con respecto al antecedente "Diseño y Construcción de un Bioreactor de Lodos Activados para el Tratamiento de Aguas Residuales a Escala de Laboratorio", concluyen que llegan a un porcentaje de remoción de un 70% que es el ideal para este tipo de tratamiento, pero ellos tienen 2 puntos muy a su favor; el 1ero ellos utilizan un agua residual artificial es decir creada por ellos mismos y tienen valores muy exactos y muy cercanos para cumplir la ecuación de monod en cinética de primer orden y el segundo es que trabajan con cantidades demasiado pequeñas, cuando sabemos que para analizar DQO se necesitan muestras de 250 ml y para DBO_5 se necesitan de 1L según normativa.

VII. CONCLUSIONES

- A) Concluimos que se consiguió reducir la cantidad de DQO y DBO₅ a valores (59 y 57 % respectivamente) mucho menores a los mencionados en la normativa pertinente, es decir esta efluente ya puede ser desechado en los canales, pero ese no es el fin.
- B) Se concluye también que nuestra agua ya tratada a pesar de tener una remoción de coliformes totales, fecales y también de colonias de e.colli, no es la suficiente y todavía están elevadas, como se poder observar en la hoja de análisis adjuntada en los anexos.
- C) Se concluye que el proceso de lodos activados es el más recomendable para nuestro tipo de agua ya que como observamos en la experimentación día a día el agua iba perdiendo turbidez y se iba aclarando poco a poco, ya que nuestra agua residual no presento una carga orgánica excesiva a diferencia de otras empresas no se vio necesario el uso de un sedimentador.
- D) Se concluye con respecto a los parámetros biocinéticos, que nuestra agua en tratamiento cumple con una cinética de primer orden.
- E) Finalmente se concluye que después de obtener los diferentes parámetros biocinéticos con respecto al oxígeno suministrado, la cantidad de oxígeno necesario fue de 247.7 kg por día.

VIII. RECOMENDACIONES

- A) Para antes de que ingrese el agua residual al reactor de aireación se recomienda pasarla por un filtro con trampa de tierra por es demasiada ya que como sabemos el fruto en si adhiere a la tierra por medio del viento.
- B) Otro aspecto importante que no tomamos en cuenta fue el de implementar en el sistema un sedimentador secundario, ya que como sabemos este bajaría más la DBO₅ y la DQO, para las próximas investigaciones que son con cargas más altas iniciales se recomienda contar con un sedimentador primario antes del reactor biológico y otro después, con esto estamos completamente seguro que en nuestro caso hubiéramos llegado a rendimientos mucho mayores a 70 %.
- C) En el sistema, sería más eficiente que se recircule con una bomba peristáltica que con el uso de 2 bombas sumergibles de misma potencia ya que como sabemos se hizo esto debido a los costos.
- D) También se recomienda implementar un par de sensores de nivel para cada reactor en caso de que uno se llene más rápido cerrar la entrada hasta que se traspase al siguiente reactor la cantidad necesaria y llegar al equilibrio de una manera sencilla.

- E) Para el sistema de aireación, sería necesario implementar un sistema que funcione con aireadores de peceras, durante las noches ya que como sabemos la aireación deber ser constante.
- F) Los muestreos deben tomarse de ambos reactores y en el segundo reactor debe ser mayor la remoción que el primero, y para ello siempre tener en cuenta los Stándard Methods para tratamiento de aguas.
- G) La última recomendación es trabajar en el laboratorio con un frio bar o un coler lleno de hielo seco, ya que una vez acidificados deben estar siempre refrigerados para menos errores.
- H) Finalmente la última recomendación es que en los próximos trabajos una vez terminada la experiencia, inmediatamente desechar el agua final por que los mosquitos y zancudos ponen larvas en lugares empozados así que sería bueno implementar con malla de telas para evitar este problema durante y después del tratamiento de agua.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. APHA-AWWA-WEF, **Standard Methods for examination of water and wastewater**. USA. 22 Edition. 2012
2. BOQUE, Richard Y MOROTO, Alicia. **El Análisis de la Varianza (ANOVA) Comparación de Múltiples Poblaciones**. Grupo de quimiometría y cualimetría. Universidad de Virginia. 2010
3. COTRADO SEHGELMEBLE, Mariela. **Determinación Experimental de los Parámetros Biocinéticos Necesarios para el Diseño de Reactores de Lodos Activados**. Tesis de Pregrado. Lima. Universidad Nacional de Ingeniería. 2005.
4. CRITES Y TCHNOBANOGLOUS. **Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones**. Colombia, Editorial Mc Graw Hill. Tercera Edición 2000.
5. GUTIERREZ, David J. **Reutilización de Aguas Servidas para Riego de Jardines con Tratamiento Biológico, usando Lodos Activados**. Trabajo de Investigación. Lima. Universidad Nacional de Ingeniería. 2011.
6. MARTINEZ DELGADILLO. **Parámetros de Diseño de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales**. México. Editorial Sans Serif Editores. Primera Edición. 1999.

7. MENDEZ, L., MIYASHIRO,V., ROJAS, R., COTRADO, M. , CARRASCO, N. **Tratamiento de Aguas Residuales Mediante Lodos Activados a Escala Laboratorio**, en *Revista de Investigación FIGMMG* Vol. 7: 14, 74-83. 2004.
8. MESA MANSILLA, Jorge Patricio. **Adaptación de un Proceso de Lodos Activados en una Planta de Celulosa Utilizando Elementos de Crecimiento Adherido**. Tesis magistral. Brasil. Universidad Federal de Viçosa. 2011
9. PACHECO.E.ARRUDA. **Desempeño de un Reactor Biológico Secuencial en el Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas**. Tesis de Pregrado. Colombia. Universidad del Zulla. 2012.
10. RAMALHO, Rubens S. **Tratamiento de Aguas Residuales**. España. Editorial Reverté S.A. España. Tercera Edición. 1993
11. REYNOLDS, T. Y RICHARDS, P. **Unit Operations and Processes in Environmental Engineering**. Boston. Editorial MA:PWS. Segunda edición. 1996.
12. RODRÍGUEZ, J. Y TORRES, P. **Análisis y Efectos de la Eliminación de un Sedimentador Primario para un Sistema de Lodos Activados para el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas**. Tesis de Pre-grado. Colombia. Universidad del Valle. 2012.

13. ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. **Tratamiento de Aguas Residuales: Teoría y Principios de Diseño**. Bogotá. Escuela Colombiana de Ingeniería. Tercera edición. 2004
14. RUBIO BEDREGAL, J. Y PADILLA MISAJEL, R. **Tratamiento de Aguas Residuales Provenientes de un Camal, Mediante un Sistema de Lodos Activados a Escala de Laboratorio**. Tesis de Pre-grado. Lima. Universidad Nacional de Ingeniería. 2009.
15. VALVERDE SANCHEZ, B. **Tratamiento de Aguas Residuales a Olivos – Puente Calicanto**. Trabajo de Investigación. Huaráz. Universidad Santiago Antúnez de Mayolo. 2014.
16. VARILA QUIROGA, Julián. Y DIAZ LOPEZ, Fabio. **Tratamiento de Aguas Residuales Mediante Lodos Activados a Escala Laboratorio**, en *Journal of Technology* Vol. 7: 2 . Diciembre 2008.
17. VILLEGAS ORIHUELA, Alfredo Mariano Y ALVAREZ JARA, Carlos Roberto. **Tratamiento de Aguas Residuales de Industria de Curtiembre Mediante un Sistema de Lodos Activados a Escala Piloto**. Tesis de Pre-grado. Lima. Universidad Nacional de Ingeniería. 2008.
18. ZALAKAIN BENGOA, Gorka. **Ampliación De La Capacidad De Los Tratamientos Biológicos De Fangos Activados Empleando Soportes Móviles Para Eliminación De Nutrientes**. Disponible

en: <http://www.ingenierielagua.com/2004/JIA/Jia2009/fs/CP20rev.pdf>

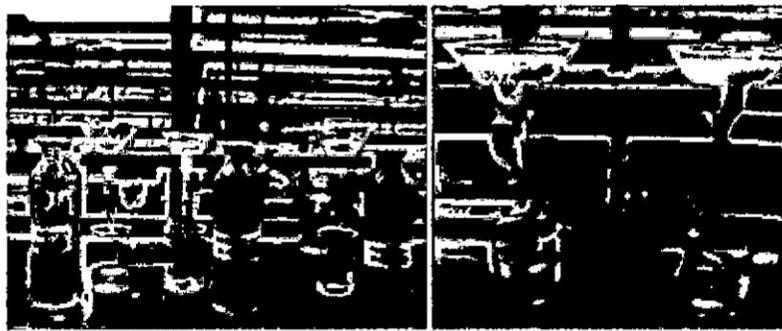
artículo web. Consultada el 2 de diciembre del 2016.

ANEXOS



Determinación de sólidos disueltos.

Para la determinación de este parámetro, se acondicionó las capsula en la mufla a una tempera de 650°C , luego se tomó el peso las capsulas y se llevó al horno a una temperatura de 180°C ; en donde se evapora 25 ml filtrados en papel Whatman N° 40 de cada reactor para determinar la cantidad de dicho parámetro. Al transcurrir un periodo establecido en los métodos normalizados se pasa a medir el aumento de peso de las capsulas respectivas a cada reactor para la determinación de dicho parámetro.





NSF Envirolab

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACION INACAL-DA CON
REGISTRO N° LE-011

INFORME FINAL

Dirección de Entrega:
Renzo Herrera
Renzo Herrera Buitrón
Av. Universitaria N° 1331
Edif. 17
Dpto. 101
San Miguel, Lima
Peru

Solicitante: C0330739
Renzo Herrera Buitrón
Av. Universitaria N° 1331
Edif. 17
Dpto. 101
San Miguel, Lima
Peru

Resultado Completo

Fecha de Informe 2017-03-10

Procedencia Laboratorio Químico de la Universidad Nacional del Callao (UNAC)

Producto Agua

Tipo de Servicio Análisis

Informe de Ensayo N° J-00252497

Coordinador de Proyecto Melissa Janeth Simon Fowks

Gracias por utilizar los servicios de NSF Envirolab. Por favor, póngase en contacto con el Coordinador de Proyecto, si desea información adicional o cualquier aclaración que pertenezcan a este Informe.

Informe Autorizado por

Fecha de Emisión 2017-03-10

Enrique Quevedo Bacigalupo
Jefe de Laboratorio

Quím. Joel Abarama Orejuela
Supervisor de Fisicoquímica
C.Q.P. N° 823

Tel (511) 616-5400

Fax: (511) 616-5418

Email: envirolab@nsf.org

Web: www.envirolabperu.com.pe

20170227105855

J-00252497

pág 1 de 3

El presente informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente excepto con la aprobación por escrito de NSF Envirolab. Solamente los documentos originales son válidos y NSF Envirolab no se responsabiliza por la validez de las copias. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto ni la autorización de uso de la Marca NSF. Los resultados se refieren únicamente a los elementos analizados, en la condición de muestra recibida por el laboratorio.

Información General

Matriz: Agua

Identificación de Análisis: Cotización N° 33114 (Feb-462)

Realizado por: Cliente

Procedencia: Laboratorio Químico de la Universidad Nacional del Callao (UNAC)

Identificación de Laboratorio: S-0001341370
 Tipo de Muestra: Agua Residual Tratada
 Identificación de Muestra: Muestra 1
 Fecha de Recepción/Inicio de Análisis: 2017-02-28
 Fecha y hora de Muestreo: 2017-02-28 16:30

Análisis	Fecha de Fin de Análisis	Resultado	Unidad
Biológicos			
Coliformes totales (Numeración). SMEWW Part 9221-B, 22nd Ed 2012	2017-03-07	8598	NMP/100ml
Coliformes fecales (Numeración). SMEWW Part 9221-E.1, 22nd Ed 2012	2017-03-07	6837	NMP/100ml
Escherichia.coli (Numeración). SMEWW Part 9260-F, 22nd Ed 2012	2017-03-07	296	NMP/100ml



Ensayos realizados por:

Ensayos realizados por: →

Id
NSF_LIMA_E

Dirección

NSF EnviroLab, Lima, Peru
Avenida La Marina 3059 San Miguel
Lima, Perú

Referencias a los Procedimientos de Ensayo:

Referencia Técnica

IQ0322	* Coliformes totales. SMEWW Part 9221-B, 22nd Ed 2012
IQ0328	* Coliformes fecales. SMEWW Part 9221-E.1, 22nd Ed 2012
IQ0332	* Escherichia.coli. SMEWW Part 9260-F, 22nd Ed 2012

Descripciones de ensayos precedidos por un "*" indican que los métodos no han sido acreditados por el INACAL-DA y la prueba se ha realizado según los requisitos de NSF. De no contar con el "*" indica los parámetros asociados a este(s) muestra(s) se encuentran dentro del alcance de la acreditación.

INFORME DE ENSAYO N° 17027

Cliente	RENZO HERRERA
Referencia	CI 17027
Matriz	Agua Residual Industrial
Procedencia de la muestra	Muestreado por el cliente
Cantidad de muestra	02
Fecha inicio de la toma de muestra	09/02/2017
Fecha final de la toma de muestra	09/02/2017
Estación / Ubicación de la toma de muestra	- Muestra 1 - Muestra 2
Procedimiento y plan de la toma de muestra	NC-IT-043 "Toma de Muestra de Agua"
Fecha de recepción de la muestra	N.A.
Fecha de inicio de los ensayos	N.A.
Fecha de fin de los ensayos	N.A.



NC-FT-018 ver 06
Fecha: 12/08/2015

Página 1 de 4

El presente informe de ensayo no debe ser reproducido parcial o totalmente sin permiso expreso del laboratorio emisor; la adulteración o uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por disposición penal y civil. Los resultados son válidos para las muestras referidas en el informe. Estos resultados no deben ser usados como una certificación de conformidad con normas del producto.

INFORME DE ENSAYO N° 17027

	CODIGO DE LABORATORIO	17027-1	
	ESTACION:	Muestra 1	
PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	L.D.
DBO ₅	227	mg/L	1 mg/L
DQO	534	mg/L	3 mg/L

	CODIGO DE LABORATORIO	17027-2	
	ESTACION:	Muestra 2	
PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	L.D.
DBO ₅	255	mg/L	1 mg/L
DQO	602	mg/L	3 mg/L

< LD: Menor al Límite de Detección



INFORME DE ENSAYO N° 17027

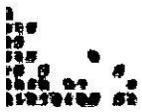
Condición de la muestra recepcionada y ensayada: En buen estado
Fecha de emisión de informe: 07/02/2017

nakamura
Consultores SAC



Jesús Daniel Portuguez Salinas
GERENTE
DIVISION LABORATORIO


Número de colegatura : 973



nakamura S.A.C.
Consultores



INFORME DE ENSAYO N° 17027

<i>Métodos de ensayo empleados</i>			
<i>Tipo de Ensayo</i>	<i>Método de referencia</i>	<i>Año</i>	<i>Título</i>
DBO ₅	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B 22nd Ed.	2012	Biochemical Oxygen Demand (BOD)
DQO	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D. 22nd Ed	2012	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method



NC-FT-018 ver 06
Fecha: 12/08/2015

Página 4 de 4

Este presente informe de ensayo no debe ser reproducido parcial o totalmente sin permiso expreso del laboratorio emisor; la adulteración o uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por disposición penal y civil. Los resultados son válidos para las muestras referidas en el informe. Estos resultados no deben ser usados como una certificación de conformidad con normas del producto.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

"TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA AGRO EXPORTADORA DE PALTA HASS EN EL CASERIO DE PALPA-HUARAL; MEDIANTE TECNOLOGIA DE LODOS ACTIVADOS"

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODO
¿Cómo es el tratamiento mediante lodos activados de un agua residual de la industria agro-exportadora de Palta Hass en el caserío Palpa-Huaral?	Utilizar la tecnología de lodos activados para el tratamiento del agua residual de la industria agro-exportadora de Palta Hass en el caserío Palpa-Huaral.	El tratamiento de agua residual de la industria agro-exportadora de Palta Hass en el caserío de Palpa-Huaral, es mediante la tecnología de Lodos Activados.	Y = Tratamiento de agua residual de la industria agro-exportadora de Palta Hass en el caserío de Palpa-Huaral	Eficiencia del tratamiento de lodos activados	% de remoción de contaminantes	Tratamiento estadístico de los resultados
SUB-PROBLEMA	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICOS	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODO
¿Qué características físico-químicas y microbiológicas tienen las aguas residuales de la industria agro-exportadora de Palta Hass en el caserío Palpa-Huaral?	Determinar las características físico-químicas y microbiológicas que tienen las aguas residuales de la industria agro-exportadora de Palta Hass en el caserío Palpa-Huaral.	Las características físico-químicas y microbiológicas que tienen las aguas residuales de la industria agro-exportadora de Palta Hass en el caserío de Palpa-Huaral son elevadas respecto a los VMA y tienen un alto grado de DBO, DQO, SST y coliformes.	X ₁ = Características físico-químicas y microbiológicas del agua residual de la industria agro-exportadora de Palta Hass en el caserío de Palpa-Huaral	Análisis del agua residual proveniente de la industria agro-exportadora de Palta Hass en el caserío de Palpa-Huaral	- pH - DBO5 - DQO - SSV	Instrumental y experimental
¿Cómo se debe aplicar la tecnología de lodos activados en las aguas residuales de la industria agro-exportadora de Palta Hass en el caserío Palpa-Huaral?	Aplicar la tecnología de Lodos Activados para el agua residual de la industria agro-exportadora de Palta Hass en el caserío Palpa-Huaral.	Se debe aplicar la tecnología de lodos activados mediante 3 procesos: - Analizar el agua residual - Diseñar un equipo que trabaje con un volumen específico. - Analizar el agua durante su tratamiento.	X ₂ = Tecnología de lodos activados.	Diseño y puesta en marcha del equipo de lodos activados	- Caudal(Q) - Volumén (V) - Tiempo de retencion hidraulica (th)	Experimental mediante medición de parámetros
¿Cuáles son las características físico-químicas y microbiológicas de las aguas tratadas por la tecnología de lodos activados de la industria agro-exportadora de Palta Hass en el caserío Palpa-Huaral?	Determinar las características físico-químicas y microbiológicas de las aguas tratadas por la tecnología de lodos activados de la industria agro-exportadora de Palta Hass en el caserío Palpa-Huaral para un uso posterior.	Las características físico-químicas y microbiológicas que tienen las aguas tratadas por la tecnología de lodos activados de la industria agro-exportadora de Palta Hass en el caserío de Palpa-Huaral han mostrado una reducción cumpliendo con los VMA	X ₃ = Características físico-químicas y microbiológicas del agua tratada de la industria agro-exportadora de Palta Hass en el caserío de Palpa-Huaral	Análisis del agua tratada por la tecnología de lodos activados proveniente de la industria agro-exportadora de Palta Hass en el caserío de Palpa-Huaral	- pH - DBO5 - DQO - SSV	Instrumental y experimental