



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“Uso de un biorreactor para el tratamiento anaerobio con
diferentes tipos de pH para reducir DQO y DBO del lactosuero
residual”**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
Bachiller en Ingeniería Ambiental**

AUTORAS:

Chamorro Guizado, Ginette Nashell (ORCID: 0000-0002-6007-009X)

Tan Chamaya, Jovany (ORCID: 0000-0003-2644-4171)

ASESOR:

Mg. Garzon Flores, Alcides (ORCID: 0000-0002-0218-8743)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN :

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA - PERÚ

2019

Dedicatoria

Dedicado a nuestros padres por brindarnos su apoyo incondicional, por motivarnos en el desarrollo de este trabajo, a nuestro asesor por brindarnos la ayuda y la confianza que nos brindó en todo el tiempo de desarrollo de esta investigación.

Agradecimiento

Agradecemos a Dios, por permitirnos estar día a día con los nuestros y darnos la fortaleza de no desistir en el todo el transcurso de nuestra etapa de desarrollo universitario. A nuestros estimado asesore, el Mg. Alcides Garzon Flores y a nuestro docente el Dr. Alejandro Suarez Alvites por el apoyo constante, por los consejos y las enseñanzas que fueron siempre bien recibidas, para poder desarrollar este trabajo de investigación.

índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	8
3.1. Tipo y diseño de investigación	8
3.1.1. Tipo de estudio	8
3.1.2. Diseño de investigación	8
3.1.3. Variables de Operacionalización.....	9
3.2. Población, muestra y muestreo.....	9
3.2.1. Población	9
3.2.2. Muestra	9
3.2.3. Muestreo.....	9
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	10
3.5. Método de análisis de datos.....	14
IV. RESULTADOS	15
V. DISCUSIÓN.....	27
VI. CONCLUSIONES.....	29
VII. RECOMENDACIONES	30
REFERENCIAS.....	31
ANEXOS.....	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Número de experimentos programados	8
Tabla 2: Técnica e instrumento de recolección de datos	10
Tabla 3: Comparación de los resultados iniciales con los resultados finales y el porcentaje de remoción en 48 horas de la Demanda Química de Oxígeno	25
Tabla 4: Comparación de los resultados de DQO iniciales con los resultados de DQO finales.....	20
Tabla 5: Comparación de los resultados iniciales con los resultados finales y el porcentaje de remoción de la Demanda Biológica de Oxígeno	25
Tabla 6: Comparación de los resultados de DBO iniciales con los resultados de DBO finales.	26

índice de figuras

Figura 1: Reducción de DQO	20
Figura 2: Reducción de DBO.....	26
Figura 3: Reactores anaerobios	36
Figura 4: Reactor artesanal, donde se cultivaron los microorganismos.	36
Figura 5: Crecimiento de microorganismos.....	37
Figura 6: Reactivos para la tinción gram	37
Figura 7: Lamina porta objeto con la muestra.	37
Figura 8: Microscopio donde se hizo la identificación de los microorganismos	38
Figura 9: Vista por el microscopio de la identificación de bacterias	38
Figura 10: Ajuste de pH de las muestras	39
Figura 11: Muestras listas para ser llevadas a laboratorio	39
Figura 12: Reactivos para preparar el agua de dilución.....	39
Figura 13: Oxigenación del agua de dilución.....	47
Figura 14: Dilución de la muestra.....	40
Figura 15: Incubación de la muestra	40
Figura 16: Resultados obtenidos del laboratorio Labeco Perú	41

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo principal, reducir la demanda química de oxígeno y la demanda biológica de oxígeno del lactosuero residual, ya que estudios anteriores señalan que tiene una alta carga orgánica biodegradable que al ser vertidos en cualquier cuerpo de agua, genera condiciones poco favorable para el desarrollo de plantas y animales tanto acuáticos como terrestres. Por tal motivo se desarrolló un estudio experimental a nivel laboratorio, Se obtuvo una muestra de 4 L con una concentración inicial de DQO de 30633 mg/L, DBO de 7997.6 mg/L y un pH de 4.24. Luego de ellos se procedió a tomar 8 muestras de del suero de leche, 4 de ellas de 250ml y las 4 restantes de 500ml, seguido de ellos se procedió a ajustar los pH en medio ácido y medio básico, dándoles tratamiento anaeróbico de 48 horas en birreactores. Finalizado el proceso, los resultados indicaron que; la muestra de DQO ajustada a pH 7, obtuvo la mayor reducción de DQO con un resultado de 1629.68 mg/L y la muestra de DBO ajustada a pH 6 obtuvo la mayor reducción de DBO con un resultado de 1110 mg/L. Para el análisis estadístico se utilizó en programa estadístico MATHCAD

Palabras clave: Lactosuero, Birreactor, DQO, DBO, pH.

ABSTRACT

The present work had as main objective, to reduce the chemical oxygen demand and the biological oxygen demand of the residual whey, since the previous studies indicate that it has a high biodegradable organic load that when being poured into any body of generic water for development of aquatic and terrestrial plants and animals. For this reason, an experimental study is required at the laboratory level. A 4 L sample was obtained with an initial COD concentration of 30633 mg / L, BOD of 7997.6 mg / L and a pH of 4.24. Then they proceeded to take 8 samples of whey, 4 of them of 250ml and the remaining 4 of 500ml, followed by them the pH was adjusted in acidic and basic medium, giving them 48 hours anaerobic treatment in bioreactors . After the process, the results indicated that; the sample of COD adjusted to pH 7, obtained the greatest COD reduction with a result of 1629.68 mg / L and the sample of pH adjusted to pH 6 obtained the largest reduction of BOD with a result of 1110 mg / L. For analysis statistic were analyzed in MATHCAD statistical program.

Keywords: Whey, Bioreactor, COD, BOD, pH.

I. INTRODUCCIÓN

El sector industrial de productos lácteos a nivel mundial tiene gran importancia por ser este uno de los alimentos nutricionales esenciales en la alimentación humana, contribuyendo también con su alto valor económico. La industria láctea a partir de la leche cruda produce, yogurt, queso, helado, leche en polvo, manjar, mantequilla, entre comidas y postres, elaborar estos productos conlleva distintos procesos de elaboración, generando aguas residuales resultantes de los procesos de producción de cada producto, de los lavados de los equipos y materiales usados, de la limpieza de las zonas de trabajo. (Karadag, Koroglu, Mehmet, 2014)

El agua residual generada a raíz de la industria láctea se considera una de las fuentes de materia orgánica, contienen gran carga orgánica, estas contaminan los nutrientes de las aguas subterráneas como también la superficie, causadas por el nitrógeno y el fósforo, el nitrógeno se encuentra como nitrógeno orgánico (proteínas urea, ácidos nucleicos), mientras que el fósforo está en formas inorgánicas como ortofosfatos y polifosfatos. (Amini [et al], 2013)

Las industrias lácteas generan lactosuero como uno de sus tantos residuos, el lactosuero es el líquido de la separación de los coágulos de la leche que están en la elaboración de quesos, generando así contaminación en los lugares a donde terminan siendo depositados, cultivos, caudales. El agua superficial es extremadamente susceptible a la contaminación, por mucho tiempo ha sido y sigue siendo el vertedero de la industria como también para las poblaciones, el agua superficial es la principal fuente de agua. El agua residual con demanda de oxígeno, son un problema para las aguas superficiales, afectando a las corrientes de agua y aguas estancadas. (Masters y Ela, 2008)

El suero del queso es hoy un recurso valioso, en la actualidad es aprovechado en diversas ocasiones, su utilización para generar energía es la nueva opción la cual debe empezar a considerarse pues resultaría beneficioso para los productores lácteos.

Ante esto nos planteamos el siguiente problema, ¿EL tratamiento anaerobio con diferentes tipos de pH contribuye en la reducción de DQO y DBO del lactosuero

residual?, al cual lo acompañan dos problemas específicos (a). ¿El tratamiento anaerobio con diferentes tipos de pH reduce DQO? y (b). ¿El tratamiento anaerobio con diferentes tipos de pH reduce DBO? ya que según, Borja, 2016 señala que la formulación del problema de la investigación debe abrir la posibilidad de realizar experimentos o recolección de datos por el hecho que debe de observarse en la realidad.

Para el presente estudio se analiza y evalúa la eficiencia del tratamiento anaerobio con diferentes tipos de pH para la reducción de DQO y DBO en lactosuero residual. Es por ello que este proceso se realiza mediante el uso de un reactor anaerobio por ser conveniente para el tratamiento anaeróbico, puesto que se produce la degradación y estabilización de materiales orgánicos por organismos microbianos

Las muestras obtenidas de lactosuero residual se analizaron previamente para brindar una alternativa de solución a las grandes concentraciones de contaminantes proveniente de la industria láctea. La calidad del agua obtenida luego del proceso puede ser de utilidad de los agricultores de la zona. El tratamiento de las aguas residuales provenientes de los lácteos, nos beneficia en la disminución de contaminación y brinda mejores estándares de calidad ambiental. (Sáenz, 2018)

Actualmente las tecnologías tienen aún costos altos, esta investigación propone una alternativa eficiente y no de comodidad económica para aquellos que quieran emplearlo para sus plantas productoras o para futuras investigaciones. Nuestro diseño no tiene costos excesivos como sí lo sería el daño que le puede ocasionar al medio ambiente.

El objetivo general de la presente investigación es evaluar la reducción de la carga de DQO y DBO contenida en el lactosuero residual mediante un reactor anaerobio con diferentes tipos de pH, para cumplir con este objetivo se propusieron dos objetivos específicos los cuales son; (a). Determinar la reducción de DQO del lactosuero residual y (b) Determinar la reducción de DBO del lactosuero residual.

Para el desarrollo de esta investigación se consideró como hipótesis general lo siguiente: H0: El tratamiento anaerobio con diferentes tipos de pH cambia en forma significativa la carga de DQO y DBO en el lactosuero residual. H1: El tratamiento anaerobio con diferentes tipos de pH cambia en forma significativa la carga de DQO y DBO en el lactosuero residual y las hipótesis específicas son: (a). El tratamiento anaerobio con los diferentes tipos de pH reducirá la DQO, (b). El tratamiento anaerobio con los diferentes tipos de pH reducirá la DBO

II. MARCO TEÓRICO

Hernández (2015) en su investigación “Producción de biogás con suero de queso; Tratamiento y generación de energía renovable a partir de lactosuero” El objetivo de la investigación fue proveer información técnica básica sobre la producción de biogás a partir de suero de queso. Esta investigación es del tipo descriptiva informativa. Las conclusiones que obtuvo el autor fueron las siguientes: Un sistema de biogás es la tecnología que puede ser usada de manera restringida en la actualidad, es necesario e importante evaluarlo y considerarlo para el futuro, puesto que las condiciones pueden modificarse, la generación de biogás es compatible con otros aprovechamientos del suero.

Según DERELI (2018), en su trabajo “Treatment of Cheese Whey by a Cross-Flow Anaerobic Membrane Bioreactor: Biological and Filtration Performance”, “utilizó un biorreactor de membrana anaeróbica de flujo cruzado a escala de laboratorio para abordar las dificultades comúnmente experimentadas, como el rendimiento inestable del reactor y las pérdidas inesperadas de biomasa al tratar las aguas residuales de suero con reactores anaerobios convencionales. El biorreactor de membrana anaeróbica proporcionó un rendimiento de tratamiento estable, es decir, más del 90% de eliminación química de la demanda de oxígeno, y se pudieron obtener flujos de membrana moderados entre 8 y 11 Lm – 2 h – 1, aplicando una velocidad de flujo cruzado baja de aproximadamente 0.5 m s – 1. La capacidad de filtración del lodo indicada por el tiempo de succión capilar y la resistencia específica a la filtración se deterioraron durante todo el estudio. La eficiencia de la limpieza química disminuyó gradualmente, lo que indica un ensuciamiento irreversible de la membrana durante la operación a largo plazo”

Según LOPE (2015) en su trabajo “Reducción de la demanda química de oxígeno de efluentes de quesería mediante un biodigestor anaerobio” preparó y caracterizó efluentes de quesería y excreta de vacuno para determinar el porcentaje de mezcla de efluente queso para la reducción de DQO y pH del influente y efluente controlado por 30, 45, 60, 75 y 90 días. Se determinó que la mezcla 70% efluente queso más 30% de excreta vacuno obtuvo la mayor reducción de DQO en los módulos de indigestión, logrando así la capacidad

máxima de reducción del DQO en 69% con un 85% de efluente de quesería más 15% de excreta de vacuno a 90 días de retención.

Según la OEFA, 2014, las aguas residuales son aquellas que sus características originales han sido alteradas o modificadas por las concurrentes e imparables actividades antropogénicas las cuales pueden contener residuos orgánicos e inorgánicos, tales que por la calidad adoptada requieren o necesitan tratamiento para volver a ser utilizadas y/o vertidas a cuerpos naturales de agua o descargarlas al sistema de alcantarillado.

El lactosuero se obtiene de la producción de quesos, yogurt, después de la cuajada, es parte de la leche este contiene lactosa, proteínas lípidos, sales minerales como también ácidos lácticos y cítricos y compuestos nitrogenados (Chatzipaschali, 2012)

El suero de leche es un subproducto contaminante si este es vertido sobre el suelo o en las corrientes de agua sin tratamiento, ya que este contiene alta carga orgánica, con un rango de demanda química de oxígeno de 40 kg y 80 kg por metro cúbico de lactosuero. (Fernández, 2012) El lactosuero que no es tratado ocasionada desbalances de oxígeno disuelto en los ríos, lagos, lo cual se consume en la degradación de sus componentes orgánicos, en los suelos esto puede ocasionar la descomposición del equilibrio de nutrientes. (Hernández, 2015)

Para los años 2000 según la FAO, 2013, la elaboración o producción de lactosuero a nivel mundial fue de 90 millones de toneladas, la cual fue en ascenso puesto que para el 2011 la cantidad de elevó a 110 millones de toneladas.

El suero se compone por 0,1% de grasa, 0,003% de caseína, 0,6 % de cenizas, 5,0 %de lactosa, 0,6 % de proteínas de las que 0,13 corresponde al nitrógeno no proteico, y 6,03 de sólidos totales

Los componentes dentro del suero de leche suelen variar a condición de los distintos procesos de elaboración del queso y demás productos, tipos de quesos,

el cultivo lácteo que se usó y los diferentes tipos de coagulantes utilizados, como también los cambios propios de la leche. (Menchon, 2016)

El proceso anaeróbico se produce durante la ausencia del oxígeno, siendo este un ambiente reductor, en el cual los valores del potencial de oxidación reducción (POR) son muy negativos. Las descomposiciones anaerobias elaboran gas y ácidos orgánicos. El tratamiento anaeróbico es singularmente lento, suele ser débil a la temperatura y extremadamente sensible a toxinas, podría ser rápida o fácilmente alterada, y necesita de una importante mezcla. El tratamiento anaerobio se utiliza en la reducción y el tratamiento de aguas residuales que están muy concentradas conteniendo materia orgánica biodegradable y soluble. (Russell, 2006)

La demanda química de oxígeno no depende de la capacidad ni de la cantidad de microorganismos descomponedores de residuo ni del conocimiento de la sustancia. En una prueba de DQO se usa algún agente químico para oxidar los compuestos orgánicos antes de hacer uso de microorganismos, siendo este test o prueba la más rápida de realizar. (Masters, 2008)

La DQO, se mide y no se necesita saber de la composición química de las sustancias que contenga el agua residual, puesto que en el proceso de análisis de DQO se usa en la mezcla un agente oxidante (ácido crómico) con la muestra de agua (lactosuero) y se hierve a reflujo y para calcular la DQO, se utiliza la diferencia entre la cantidad del agente oxidante al inicio del análisis y la del final. (Davis, 2004)

La demanda biológica de oxígeno es la cantidad de oxígeno que necesitan las bacterias para llevar a cabo el proceso de estabilización o degradación de la materia orgánica, la DBO se expresa en miligramos de oxígeno requerido por litro de agua residual, mg/l.

El lactosuero al tener alta carga orgánica, es un problema para las aguas superficiales o cualquier otro tipo de corrientes de agua, al liberar materia orgánica biodegradable en un cuerpo de agua, los microorganismos se alimentan de ella, llegando a descomponerse en sustancias orgánicas e inorgánicas, (Masters, 2008).

El uso o consumo de oxígeno disuelto resulta ser una gran amenaza para las formas de vida acuáticas que necesitan de oxígeno para vivir. La concentración de oxígeno disuelto depende mucho de la especie. Lo que demanda o requiere de oxígeno en las aguas negras provienen de los residuos alimenticios y desechos humanos, las industrias de procesadoras de alimentos descargan desechos que también requieren de oxígeno. Por tanto casi cualquier materia orgánica que esté presente en la naturaleza que esté en las aguas y provengan de fuentes no puntuales conlleva a que se agite el O.D. (Davis, 2004)

La prueba de oxígeno disuelto es sencilla e importante, podemos determinar por su nivel de concentración la contaminación de corrientes de agua o cuerpos de agua, (Sierra, 2011).

La materia orgánica para ser degradada necesita de oxígeno, por esta razón consume el oxígeno que los peces y plantas necesitan para su desarrollo, en consecuencia genera un cambio en la calidad del agua, elevación del pH y provoca la desaparición de fauna y flora acuática, por otro lado el alto contenido orgánico beneficia al desarrollo de bacterias y hongos, (Raffo y Ruiz, 2014, p. 75).

PH Es la medida de alcalinidad y acidez de una determinada disolución, indica la cantidad de iones hidrógenos H^+ se encuentran presente en una disolución. (Lugo, 2018).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de estudio

El estudio de la investigación es de tipo experimental.

En esta investigación se dan intervenciones controladas a la variable independiente pH y temperatura constante, además se registran los resultados.

3.1.2. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es pre experimental.

Donde el efecto del pH en la demanda química de oxígeno y la demanda biológica de oxígeno fue evaluado a 5 niveles. En esta investigación se utilizan dos reactores anaerobios, a los cuales se le agrega el lactosuero residual con un valor de pH determinado, se realiza un monitoreo u observación a la variable independiente, en donde el tratamiento anaerobio con el pH determinado y además con ayuda en segundo plano de los microorganismos eficientes, se encarga de reducir la materia orgánica del lactosuero residual, lo demostraremos mediante el análisis de la eficacia de la degradación anaerobia para los parámetros de DQO y DBO en el mismo periodo de tiempo pero con diferente pH

Tabla 1: Número de experimentos programados

MUESTRA	pH	LACTOSUERO	TIEMPO
1	1	250 ml	48 h
2	2	500 ml	48 h
3	3	250 ml	48 h
4	4	500 ml	48 h
5	5	250 ml	48 h
6	6	250 ml	48 h
7	7	500 ml	48 h
8	8	250 ml	48 h

Fuente: Elaboración propia

3.1.3. Variables de Operacionalización

Variable Independiente

Tratamiento anaerobio con diferentes tipos de pH.

Variable Dependiente

Reducción de la Demanda química de oxígeno y la Demanda Biológica de oxígeno del lactosuero residual

3.2. Población, muestra y muestreo

3.2.1. Población

La población se comprende del caudal total del lactosuero residual 300 litros que se genera por día, en la empresa láctea FLORAL ubicada en la provincia de Oxapampa.

3.2.2. Muestra

Se considera un volumen de muestra de 4 litros de lactosuero residual, ya que se utilizó dos reactores anaerobios, el primer reactor puede contener un volumen de 500 ml y el segundo tiene una capacidad de 250 ml, teniendo en cuenta que se realizarán 8 experimentos, 4 en cada reactor, además se necesitó 1 litro de lactosuero residual para realizar los análisis iniciales como DQO, DBO y pH.

3.2.3. Muestreo

Con relación al muestreo es, aleatorio simple, ya que el total de la población tiene características semejantes.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

La técnica de recolección de datos que se utiliza en este estudio es la observación científica, a través de análisis fisicoquímicos.

Tabla 2: Técnica e instrumento de recolección de datos

ETAPA	FUENTE	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	RESULTADOS
Recolección de la muestra para el análisis inicial y poner en los reactores	Investigadores	Experimental	Ficha de investigación	reactor anaerobio preparado para colocar la muestra
Medición de parámetros iniciales (DQO, DBO, pH)	investigadores	Experimental	Ficha de investigación	Concentración iniciales de los parámetros
	Laboratorio de biotecnología UCV-LIMA-ESTE	Observación científica		
Ajuste del parámetro de pH.	Investigadores	Experimental	Ficha de investigación	Variación del PH
	Laboratorio de biotecnología UCV-LIMA-ESTE	Observación científica		
Tratamiento anaerobio con los diferentes tipos de pH del lactosuero en los reactores	Investigadores	Experimental	Ficha de investigación	Disminución de DQO
	Laboratorio de biotecnología UCV-LIMA-ESTE			
Medición final de DQO y DBO	Investigadores	Experimental	Ficha de investigación	concentración de DQO en el lactosuero tratado
	Laboratorio de biotecnología UCV-LIMA-ESTE	Observación científica		
Análisis de resultados	investigadores	Experimental	Programa Mathcad	

Fuente: Elaboración propia

3.4. Procedimiento

3.4.1. Acondicionamiento de los reactores

1. Se utilizó dos reactores anaerobios, de 250ml y de 500ml, se acondicionó en cada uno de ellos un manómetro, para que cumpla la función de medir la presión de los gases que se irán formando con el proceso.
2. La limpieza de estos reactores se realizó de manera cuidadosa y con agua destilada, para evitar la contaminación con cualquier agente extraño al de la muestra.
3. Se instalaron en un espacio a temperatura ambiente. Ver anexos. Fig. 03

3.4.2. Cultivo de bacterias

1. En un tercer reactor artesanal de plástico se introdujo 3 Litros de lactosuero residual para cultivar, y/o iniciar la adaptación y proliferación de microorganismos. Ver anexos. Fig. 04
2. Luego de 7 días dentro del reactor se recogió la formación de microorganismos en la superficie del lactosuero residual para ser analizada en laboratorio. Ver anexos. Fig. 05

3.4.2.1 Identificación de bacterias

La identificación de bacterias se realizó en el laboratorio de microbiología de la Universidad César Vallejo

5. Como materiales se utilizaron 2 placas porta objeto, 2 placas cubre objeto, un microscopio, un mechero, un asa bacteriológica, los reactivos fueron alcohol, violeta de genciana, lugol, safranina y agua destilada. Ver anexos. Fig. 06
6. Los análisis se realizaron de la siguiente manera, la placa porta objeto se lavó con agua destilada, se esterilizó con alcohol y se secó en el mechero por 2 minutos, luego se esterilizó la asa bacteriológica por 3 min en el mechero hasta que esté completamente roja, siguiendo se colocó una

gota de agua destilada en la placa portaobjeto y con el asa bacteriológica se recogió una muestra del lactosuero con las bacterias que se habían formado en él, se dejó secar por 2 min en el mechero y se colocó el primer reactivo, la violeta de genciana, se dejó reposar 1 min, luego se secó en el mechero por 2 min, después de ello se enjuagó con agua destilada, y lo mismo se realizó con los demás reactivos en el orden siguiente: Lugol, alcohol y safranina. Después de terminado el proceso de tinción se llevó la placa a observar en el microscopio donde se analizó y determinó el cultivo formado, encontrando, con guía de libros e imágenes de microorganismos, la bacteria lactobacillus bulgaricus. Ver anexos. Fig. 07, 08 y 09.

3.4.3. Análisis iniciales de la muestra de lactosuero

1. Como análisis iniciales se envió 2 litros de muestras de lactosuero residual al laboratorio LABECO Perú, para que se analice, DQO y DBO.

3.4.4. Ajuste de pH

1. Una vez obtenido los resultados de análisis iniciales, se encontró que el pH inicial del lactosuero fue de 4.24.
2. se procedió a tomar 8 muestras y ajustar un tipo de pH a cada uno, pH's 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8. Ver anexos. Fig. 10
3. Para reducir de pH 4.24, hasta pH 1, se hizo uso de Ácido acético
4. Para subir de pH 4.24, hasta pH 8 se hizo uso de Hidróxido de sodio

3.4.5. Tratamiento anaerobio

1. Una vez ajustado el pH, se inició con la introducción de la muestra de lactosuero a los reactores.
2. Con ayuda de un asa bacteriológica se sembró la bacteria del reactor artesanal a los reactores para dar inicio al tratamiento

3. Las muestras de lactosuero con pH ajustado estuvieron dentro del reactor 48 horas para su tratamiento anaerobio.

3.4.6. Análisis de la demanda química de oxígeno

1. Luego de las 48 horas en el reactor, se vacían en contenedores (botellas de plástico) para ser llevadas a analizar DQO final, al laboratorio Labeco, según el método de análisis APHA AWWA-WEF Part 5220 C,D 23rd Edition 2017, Chemical Oxygen Demand. Closed Reflux Colorimetric Method. Ver anexos. Fig. 11.
2. Los resultados son favorables.

3.4.7. Análisis de la demanda bioquímica de oxígeno

1. Los análisis de DBO final se realizaron en el laboratorio de biotecnología de la universidad César Vallejo.
2. Primero se preparó el agua de dilución con los siguientes reactivos, cloruro férrico, cloruro de calcio, sulfato de manganeso y solución amortiguadora, en un bidón de 20 Litros se colocó 8 litros de agua ionizada, además se agregó 8 ml de cada reactivo, luego se oxígeno el agua de dilución por 20 min. Ver anexos. Fig. 12, 13.
3. Al tener los resultados iniciales de la demanda biológica de oxígeno y saber que son altos, se procedió a diluir a una concentración de 5%, en una fiola de 100 ml se colocó 5 ml de muestra de lactosuero residual y se aforó hasta llegar a los 100 ml de su capacidad, el mismo procedimiento se repitió con las 8 muestras a analizar. Ver anexos. Fig. 14
4. Teniendo lista el agua de dilución y la muestra a un 5%, se decidió que las alícuotas para cada muestra deben ser: 1 ml, 3 ml, 10 ml y 25 ml, es por ello que para cada muestra de agua se utilizaron 4 frascos winkler.
5. Después colocamos las alícuotas a cada frasco winkler y se aforó con el agua de dilución hasta los 300 ml que es su capacidad, este procedimiento se realizó con las 8 muestras.

6. Teniendo los frascos winkler con las muestras, se procedió a medir de cada muestra el oxígeno disuelto inicial mediante el equipo oxímetro, luego se colocó todos los frascos winkler a la incubadora a 25°C por 5 días. Ver anexos. Fig. 15
7. Pasado los 5 días de incubación se sacó los frascos winkler y se midió el oxígeno disuelto final de cada muestra, para así poder determinar la DBO5.

3.5. Método de análisis de datos

Para los análisis de datos se utilizó la estadística descriptiva, para ello se utilizó el programa MATHCAD 15, se determinó la variable independiente (pH) y las variables dependientes (DQO, DBO), de allí se realizó el modelo, el análisis de varianza y la distribución Fisher.

3.6. Aspectos éticos

Todos los datos que resultaron de los diferentes experimentos son reportados tal y como se obtuvieron de los análisis realizados por los investigadores y los resultados del reporte del contrato de servicio a terceros, estos datos no son alterados ni modificados por conveniencia, siguiendo las normas éticas de nuestra institución.

IV. RESULTADOS

4.1. Datos experimentales DQO

Para los análisis de datos del diseño factorial, utilizaremos la distribución de Fisher, en la que debemos obtener el valor crítico F, la cual nos permite aceptar o rechazar la hipótesis nula. Se utilizó en programa estadístico MATHCAD.

DQ :=

	0	1
0	1	$1.174 \cdot 10^4$
1	2	$6.258 \cdot 10^3$
2	3	$9.584 \cdot 10^3$
3	4	$5.692 \cdot 10^3$
4	5	$3.927 \cdot 10^3$
5	6	$2.679 \cdot 10^3$
6	7	$1.63 \cdot 10^3$
7	8	$5.368 \cdot 10^3$

$$\text{pH} := \text{DQ}^{(0)} \quad \text{DQO} := \text{DQ}^{(1)}$$

MODELO

$$f(x, k, k1, k2, k3) := k + k1 \cdot x + k2 \cdot x^2 + k3 \cdot x^3$$

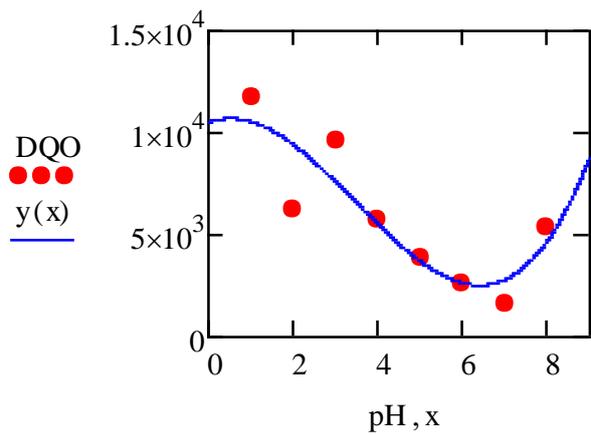
$$D(x, k, k1, k2, k3) := \begin{pmatrix} f(x, k, k1, k2, k3) \\ \frac{d}{dk} f(x, k, k1, k2, k3) \\ \frac{d}{dk1} f(x, k, k1, k2, k3) \\ \frac{d}{dk2} f(x, k, k1, k2, k3) \\ \frac{d}{dk3} f(x, k, k1, k2, k3) \end{pmatrix} \quad \text{guess} := \begin{pmatrix} 0.10 \\ 0.15 \\ 0.20 \\ 0.25 \end{pmatrix}$$

$\text{sol} := \text{genfit}(\text{pH}, \text{DQO}, \text{guess}, \text{D})$

$$\text{sol} = \begin{pmatrix} 1.05 \times 10^4 \\ 814.429 \\ -841.268 \\ 81.18 \end{pmatrix}$$

$$\text{modelo} := \begin{pmatrix} 1.055 \times 10^4 \\ 9.413 \times 10^3 \\ 7.564 \times 10^3 \\ 5.493 \times 10^3 \\ 3.688 \times 10^3 \\ 2.636 \times 10^3 \\ 2.824 \times 10^3 \\ 4.738 \times 10^3 \end{pmatrix}$$

$$y(x) := 1.05 \times 10^4 + 814.429 \cdot x - 841.268 \cdot x^2 + 81.18 \cdot x^3$$



El análisis de varianza, ANOVA, compara la variabilidad de los resultados e incluye la distribución de Fisher y se expresa como Prueba-F, según Dicovski, 2008, en su investigación señala que la distribución “F” de Fisher nace del cociente de dos distribuciones X² independientes, con “n” y “m” grados de libertad respectivamente.

Estadística de los resultados:

Cálculos de suma de diferencias al cuadrado

Concentración de la demanda química de oxígeno obtenido menos el valor promedio de los valores obtenidos

$$SST := \sum_{i=0}^7 \left(DQO_i - \text{mean}(DQO) \right)^2 \qquad SST = 8.066 \times 10^7$$

Valor promedio de los valores menos los valores de la demanda química de oxígeno con el modelo

$$\text{mean}(DQO) = 5.86 \times 10^3 \qquad \text{modelo} := \begin{pmatrix} 1.055 \times 10^4 \\ 9.413 \times 10^3 \\ 7.564 \times 10^3 \\ 5.493 \times 10^3 \\ 3.688 \times 10^3 \\ 2.636 \times 10^3 \\ 2.824 \times 10^3 \\ 4.738 \times 10^3 \end{pmatrix}$$

$$SS_{\text{reg}} := \sum_{i=0}^7 \left(\text{modelo}_i - \text{mean}(DQO) \right)^2 \qquad SS_{\text{reg}} = 6.325 \times 10^7$$

Suma de cuadrados totales menos la suma de cuadrados de la regresión

$$SSE := SST - SS_{\text{reg}}$$

$$SSE = 1.741 \times 10^7$$

Valor crítico

$$qF(0.8, 3, 4) = 2.485$$

Tabla ANOVA para las hipótesis

Fuente de Error	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media de cuadrados	F ₀	P
Explicados por la regresión	SSreg	Numero de variables -1	$\frac{SSreg}{\text{Grados de libertad}}$	$\frac{SSreg}{\frac{SSreg}{\text{Grados de liber}} \frac{SSE}{\text{Grados de liber}}}$	
No Explicados	SSE	Numero de datos – número de variables	$\frac{SSE}{\text{Grados de libertad}}$		
Errores Totales	SST	Numero de datos - 1			

Valores numéricos en la tabla ANOVA

Fuente de error	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media de cuadrados	F ₀
Explicados por la regresión	6.33×10^7	$4 - 1 = 3$	$\frac{(6.33 \times 10^7)}{3} = 2.11 \times 10^7$	$\frac{(2.11 \times 10^7)}{(4.35 \times 10^6)} = 4.851$
No Explicados	1.74×10^7	$(8 - 1) - (4 - 1) = 4$	$\frac{(1.74 \times 10^7)}{4} = 4.35 \times 10^6$	
Errores Totales	8.07×10^7	$8 - 1 = 7$		

Dado $qF(0.8, 3, 4) = 2.485$ (Calculado de las tablas estadísticas, valor crítico)

Dado $F_0 = 4.851$ (Calculado en la tabla ANOVA basado en medidas experimentales)

$F_0 > qF$ (0.8, 1, 4) entonces se rechaza la hipótesis nula con 80% de confianza, lo cual señala que existe diferencias significativas entre los valores medidos de la concentración de la demanda química de oxígeno, según la variación del pH.

El modelo permite estimar la demanda química de oxígeno cuando se regula el pH inicialmente entre 1 y 8, luego que el proceso ocurra naturalmente durante 48 horas.

Al menos 5 repeticiones son requeridas para validar los datos y la hipótesis establecida en este proyecto. El periodo académico corto para experimentación es limitante.

4.1.1. Análisis de los resultados en Excel

Tabla 3: Comparación de los resultados iniciales con los resultados finales y el porcentaje de remoción en 48 horas de la Demanda Química de Oxígeno

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS	DQO INICIAL	DQO FINAL	PORCENTAJE DE REMOCION	TIEMPO
MUESTRA 1 pH= 1	30633	11743.10	61.67%	48 HORAS
MUESTRA 2 PH=2	30633	6258.32	79.57%	48 HORAS
MUESTRA 3 pH= 3	30633	9584.15	68.71%	48 HORAS
MUESTRA 4 pH= 4	30633	5691.92	81.42%	48 HORAS
MUESTRA 5 pH= 5	30633	3926.54	87.18%	48 HORAS
MUESTRA 6 pH= 6	30633	2679.47	91.25%	48 HORAS
MUESTRA 7 pH= 7	30633	1629.68	94.68%	48 HORAS
MUESTRA 8 pH= 8	30633	5368.13	82.48%	48 HORAS

Fuente: Elaboración propia.

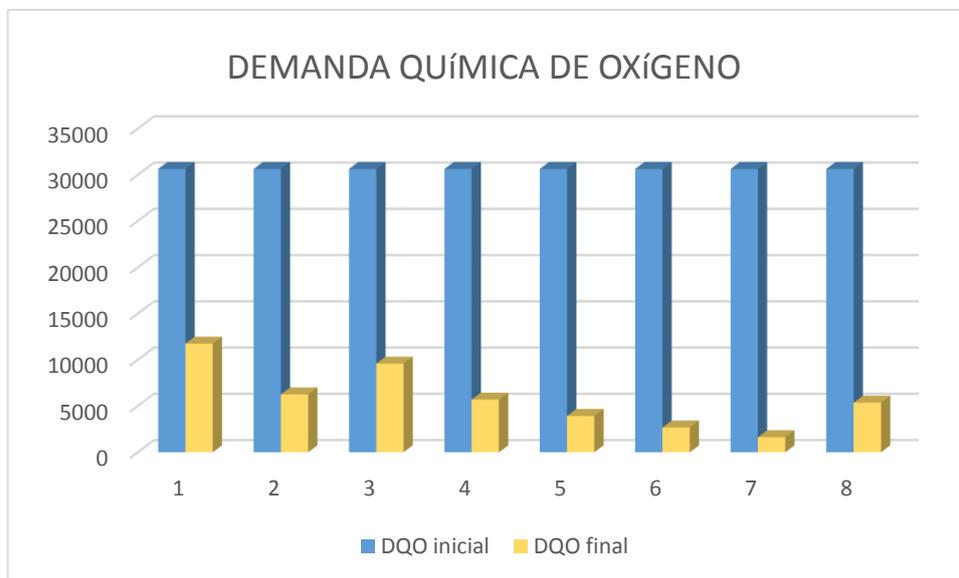
En la tabla n° 3 se puede observar que el resultado inicial de la demanda química de oxígeno es de 30633 mg/l, pero después del proceso anaerobio y con ayuda de los microorganismos eficientes, se logró reducir desde un 61% en la muestra del pH 1 hasta en 94% que es el resultado que demuestra mejor eficiencia en el tratamiento y se dio en el pH 7.

Tabla 4: Comparación de los resultados de DQO iniciales con los resultados de DQO finales.

pH	DQO inicial	DQO final
1	30633	11743.10
2	30633	6258.32
3	30633	9584.15
4	30633	5691.92
5	30633	3926.54
6	30633	2679.47
7	30633	1629.68
8	30633	5368.13

Fuente: Elaboración propia.

Figura 1: Reducción de DQO



Fuente: Elaboración propia

En la figura n°1 se puede observar que el tratamiento anaerobio en los pH's 5, 6 y 7 es más efectiva, ya que en los tres tipos de pH la reducción va desde 87%, 91% y 94% respectivamente.

4.2 Datos experimentales DBO

Para los análisis de datos del diseño factorial, utilizaremos la distribución de Fisher, en la que debemos obtener el valor crítico F, la cual nos permite aceptar o rechazar la hipótesis nula. Se utilizó en programa estadístico MATHCAD.

DB :=

	0	1
0	1	$3.07 \cdot 10^3$
1	2	$2.23 \cdot 10^3$
2	3	$3.31 \cdot 10^3$
3	4	$2.58 \cdot 10^3$
4	5	$1.71 \cdot 10^3$
5	6	$1.11 \cdot 10^3$
6	7	$1.26 \cdot 10^3$
7	8	$1.62 \cdot 10^3$

$$\text{pH} := \text{DB}^{\langle 0 \rangle}$$

$$\text{DBO} := \text{DB}^{\langle 1 \rangle}$$

$$f(x, k, k1, k2, k3) := k + k1 \cdot x + k2 \cdot x^2 + k3 \cdot x^3$$

$$D(x, k, k1, k2, k3) := \begin{pmatrix} f(x, k, k1, k2, k3) \\ \frac{d}{dk} f(x, k, k1, k2, k3) \\ \frac{d}{dk1} f(x, k, k1, k2, k3) \\ \frac{d}{dk2} f(x, k, k1, k2, k3) \\ \frac{d}{dk3} f(x, k, k1, k2, k3) \end{pmatrix}$$

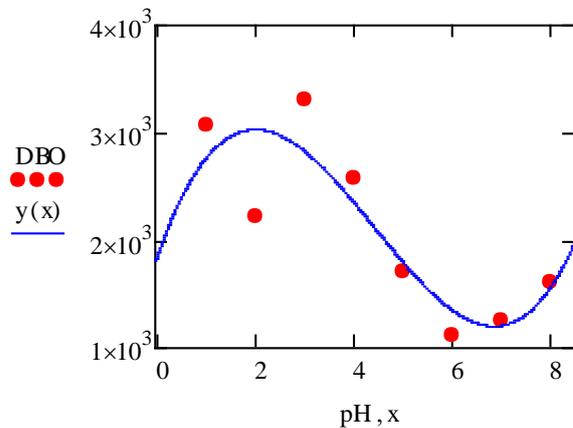
$$\text{guess} := \begin{pmatrix} 0.10 \\ 0.15 \\ 0.20 \\ 0.25 \end{pmatrix}$$

sol := genfit (pH, DBO, guess , D)

$$\text{sol} = \begin{pmatrix} 1.87 \times 10^3 \\ 1.299 \times 10^3 \\ -423.712 \\ 32.096 \end{pmatrix}$$

$$\text{modelo} := \begin{pmatrix} 2.777 \times 10^3 \\ 3.03 \times 10^3 \\ 2.82 \times 10^3 \\ 2.341 \times 10^3 \\ 1.784 \times 10^3 \\ 1.343 \times 10^3 \\ 1.21 \times 10^3 \\ 1.578 \times 10^3 \end{pmatrix}$$

$$y(x) := 1.87 \times 10^3 + 1.299 \times 10^3 \cdot x - 423.712 \cdot x^2 + 32.096 \cdot x^3$$



El análisis de varianza, ANOVA, compara la variabilidad de los resultados e incluye la distribución de Fisher y se expresa como Prueba-F, según Dicovski, 2008, en su investigación señala que la distribución “F” de Fisher nace del cociente de dos distribuciones X² independientes, con “n” y “m” grados de libertad respectivamente. Un valor “F” se define matemáticamente de la siguiente manera:

$$Fn, m = \frac{\frac{Xn^2}{n}}{\frac{Xm^2}{m}}$$

Estadística de los resultados:

Cálculos de suma de diferencias al cuadrado

Concentración de la demanda biológica de oxígeno obtenido menos el valor promedio de los valores obtenidos

$$SST := \sum_{i=0}^7 \left(DBO_i - \text{mean}(DBO) \right)^2 \quad SST = 4.719 \times 10^6$$

Valor promedio de los valores menos los valores de la demanda biológica de oxígeno con el modelo

$$\text{mean}(DBO) = 2.111 \times 10^3 \quad \text{modelo} := \begin{pmatrix} 2.777 \times 10^3 \\ 3.03 \times 10^3 \\ 2.82 \times 10^3 \\ 2.341 \times 10^3 \\ 1.784 \times 10^3 \\ 1.343 \times 10^3 \\ 1.21 \times 10^3 \\ 1.578 \times 10^3 \end{pmatrix}$$

$$SSreg := \sum_{i=0}^7 \left(\text{modelo}_i - \text{mean}(DBO) \right)^2 \quad SSreg = 3.636 \times 10^6$$

Suma de cuadrados totales menos la suma de cuadrados de la regresión

$$SSE := SST - SSreg$$

$$SSE = 1.083 \times 10^6$$

Valor crítico

$$qF(0.8, 3, 4) = 2.485$$

Tabla ANOVA para las hipótesis

Fuente de Error	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media de cuadrados	F ₀	P
Explicados por la regresión	SSreg	Numero de variables – 1	$\frac{SSreg}{\text{Grados de libertad}}$	$\frac{SSreg}{\frac{SSE}{\text{Grados de libertad}}}$	
No Explicados	SSE	Numero de datos – número de variables	$\frac{SSE}{\text{Grados de libertad}}$		
Errores Totales	SST	Numero de datos – 1			

Valores numéricos en la tabla ANOVA

Fuente de error	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media de cuadrados	F ₀
Explicados por la regresión	3.64×10^6	$4 - 1 = 3$	$\frac{3.64 \times 10^6}{3} = 1.213 \times 10^6$	$\frac{1.213 \times 10^6}{2.7 \times 10^5} = 4.493$
No Explicados	1.083×10^6	$(8 - 1) - (4 - 1) = 4$	$\frac{1.08 \times 10^6}{4} = 2.7 \times 10^5$	
Errores Totales	4.719×10^6	$8 - 1 = 7$		

Dado $qF(0.8, 3, 4) = 2.485$ (Calculado de las tablas estadísticas, valor crítico)

Dado $F_0 = 4.493$ (Calculado en la tabla ANOVA basado en medidas experimentales)

$F_0 > qF(0.8, 3, 4)$ entonces se rechaza la hipótesis nula con 80% de confianza, lo cual señala que existe diferencias significativas entre los valores medidos de la concentración de la demanda biológica de oxígeno, según la variación del pH.

El modelo permite estimar la demanda biológica de oxígeno cuando se regula el pH inicialmente entre 1 y 8, luego que el proceso ocurra naturalmente durante 48 horas.

Al menos 5 repeticiones son requeridas para validar los datos y la hipótesis establecida en este proyecto. El periodo académico corto para experimentación es limitante.

4.2.1. Análisis de los resultados en Excel

Tabla 5: Comparación de los resultados iniciales con los resultados finales y el porcentaje de remoción de la Demanda Biológica de Oxígeno

ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS	DBO INICIAL	DBO₅ FINAL	REMOCIÓN
MUESTRA 1	7997.6	3070	61.61%
pH= 1			
MUESTRA 2	7997.6	2230	72.12%
PH=2			
MUESTRA 3	7997.6	3310	58.61%
pH= 3			
MUESTRA 4	7997.6	2580	67.74%
pH= 4			
MUESTRA 5	7997.6	1710	78.62%
pH= 5			
MUESTRA 6	7997.6	1110	86.12%
pH= 6			
MUESTRA 7	7997.6	1260	84.25%
pH= 7			
MUESTRA 8	7997.6	1620	79.74%
pH= 8			

Fuente: Elaboración propia

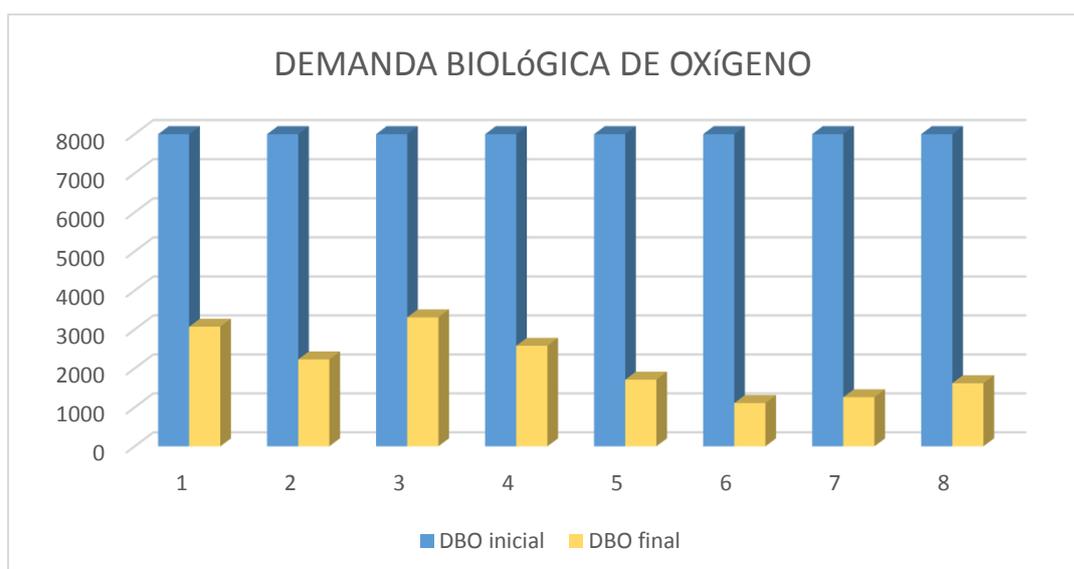
En la tabla n° 5 se puede observar que el resultado inicial de la demanda biológica de oxígeno es de 7997.6 mg/l, pero después del proceso anaerobio y con ayuda de los microorganismos eficientes, se logró reducir desde un 58% en la muestra del pH 3 hasta en 86% que es el resultado que demuestra mejor eficiencia en el tratamiento y se dio en el pH 6.

Tabla 6: Comparación de los resultados de DBO iniciales con los resultados de DBO finales.

pH	DBO inicial	DBO final
1	7997.6	3070
2	7997.6	2230
3	7997.6	3310
4	7997.6	2580
5	7997.6	1710
6	7997.6	1110
7	7997.6	1260
8	7997.6	1620

Fuente: Elaboración propia

Figura 2: Reducción de DBO



Fuente: Elaboración Propia

En la figura n°2 se puede observar que el tratamiento anaerobio en los pH's 5, 6 y 7 es más efectiva, ya que en los tres tipos de pH la reducción va desde 78%, 86% y 84% respectivamente.

V. DISCUSIÓN

La presente investigación tuvo como propósito reducir la carga orgánica del lactosuero residual, ajustando el pH de 4.24 que es el resultado inicial de la muestra, para poder obtener pH 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8, posteriormente darle un tratamiento anaerobio y disminuir la demanda química de oxígeno y la demanda biológica de oxígeno.

Los resultados de este experimento provocaron un cambio de DQO en un 94% el más efectivo, con Ph 7. Este resultado demuestra la alta efectividad del tratamiento anaerobio con ayuda de microorganismos eficientes, que antes de ser agregados al tratamiento, tienen una adaptación previa, comparando con la investigación realizada por HERRERA y CORPAS (2013), donde la remoción de DQO fue de 71,65% ya que trabajaron en una planta de tratamiento de agua residual de capacidad de 1000 L a 37°C, con microorganismos que tenían un tiempo de adaptación de 4 semanas, pero sus mediciones las realizan cada 24 horas, es por ello que en su investigación no alcanzan los resultados esperados que debió ser una remoción mayor a 80%, mientras tanto los resultados de esta investigación resultan favorables ya que se trabajó con un pH apto, temperatura ambiente, la muestra de análisis fue de 500 ml y se analizó cada 48 horas.

Los resultados de esta investigación tanto en DQO como en DBO fueron similares al del proyecto ya que los autores MAINNARDIS y GOI (2019), señalan que obtuvieron resultados de remoción de 96% de DQO y DBO ya que su tiempo de retención fue de 20 días, en un reactor piloto de 300 L.

De los resultados de RANI DEVI y DAHIYA (2007) manifiesta que realizando una combinación de un sistema UASB y AS es una opción muy efectiva ya que en su investigación se logró una eficiencia de eliminación del 99,6% de DQO y un total de 98,9% de DBO con un tiempo de retención de 24 horas en el reactor UASB mientras que 2 horas para el sistema AS, la combinación de dos sistemas para una misma muestra es lo que resulta sorprendentemente efectivo.

En este estudio se obtuvo el mismo éxito en cuanto se refiere a la reducción de la demanda química de oxígeno, fue la investigación de DERELY (2018) en la cual obtuvo una reducción del 95%, ya que trabajó en un rango de pH de 6.7 -

7.2, su muestra de análisis fue de 10 Litros a 37°C, tiene relación con los resultados de este experimento ya que la reducción máxima se dio entre los pH 5, 6 y 7 donde según VARELA y GROTIUZ (2008), señala que hay un rango de pH en el cual los microorganismos pueden crecer y desarrollarse de manera óptima, el cual está entre 6.4 a 7.6, lo cual coincide con la investigación realizada.

VI. CONCLUSIONES

Se logró evaluar la eficacia del uso del birreactor tipo Batch en el tratamiento anaeróbico del agua residual proveniente del suero de la leche obteniendo un resultado favorable del 94% de reducción y / o remoción del DQO y un 85 % de la DBO5 en un tiempo de 48 horas continuas, siendo este tratamiento atractivo a la hora de tratar aguas residuales

La concentración de DQO se redujo de una concentración inicial de 30633 mg/l a 1629,68 mg/l, luego de haber sido tratada con ajuste de pH 7, y microorganismos en un birreactor anaerobio durante 48 horas continuas, dando por concluida la eficiencia del tratamiento

La concentración de la DBO5 se redujo de una concentración inicial de 7997,6 mg/l a 1150 mg/l, luego de haber sido tratada con un ajuste de pH 6 y microorganismo en birreactor anaeróbico durante 48 horas continuas dando resultados eficientes del tratamiento

A partir de los valores máximos admisibles (VMA) sobre la descarga de efluentes líquidos sobre los cuerpos receptores de agua, o masas receptoras reglamentado por el decreto supremo N° 021-2009-VIVIENDA, los valores encontrados al término en los tratamientos en él, aun no se encuentro dentro de los valores establecidos, sin embargo tuvo una considerable reducción con el birreactor tipo batch.

Se concluye que el reactor de la mano con un ajuste adecuado de pH es un método eficiente a la hora de tratar aguas residuales

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda tener en cuenta los siguientes puntos en una investigación futura:

Estar seguros de que los equipos de medición que se vayan a usar en el proyecto se encuentren calibrados según lo establecido en la normativa local, tales como el medidor de pH, para así evitar errores.

Mantener la continuidad y permanencia de uso de los equipos durante todo el proceso del experimento, de modo que evitemos errores experimentales.

Hacer uso de materiales limpios, lavados, secos y esterilizados durante y después del proceso de experimentación, para evitar errores experimentales

Es oportuno experimentar con tiempos más extensos a 48 horas para tratar de conseguir resultados más favorables.

Si los análisis serán enviados a laboratorios particulares, asegurarse que estos cuenten con la certificación de INACAL según norma local.

Para el ajuste de pH hacer uso de ácido acético al 99.9%, puesto que es más puro.

REFERENCIAS

- BORJA, Manuel. 2016. Metodología de la Investigación Científica para ingenieros. Lima: s.n., 2016, pág. 38.
- BUREAU Veritas. Manual para la información en medio ambiente. España: LEX NOVA S.A., 2008. 806 pp. ISBN: 9788498980271
- CISTERNA, Pedro y PEÑA, Daisy, Determinación de la relación DQO/DBO5 en aguas residuales de comunas con población menor a 25.000 habitantes en la VIII región, [en línea], Chile, [fecha de consulta: 07 de noviembre de 2019], Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/chile13/trab-12.pdf>
- CHATZIPASCHALI, Aspasia y STAMATIS, Anastassios. Biotechnological utilization with a focus on anaerobic treatment of cheese whey: Current status and prospects.
- Energies (5): 3492-3525. September 2012. [Fecha de consulta: 30 de octubre de 2019]. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/aefc/b80e6a8adb65f30800bfc79a8f0bacd70fca.pdf> ISSN: 1996 1073
- DAVIS, Mackenzie y MASTEN, Susan. Ingeniería y ciencias ambientales. Estados Unidos; McGraw-Hill, 2004. 750 p. ISBN: 0 07 235053 9
- DICOVSKIY, Luis. 2008. Estadística Básica. Nicaragua : s.n., 2008. pág. 80.
- HERRERA, Oscar y CORPAS, Eduardo. TREATMENT OF DAIRY INDUSTRY WASTEWATER USING BENEFICIAL MICROORGANISMS N° 1, Colombia : s.n., 2013, Vol. Vol 11.
- HERNANDEZ, Francisco. Producción de biogás con suero de queso; Tratamiento y generación de energía renovable a partir de lactosuero. Argentina: Ucar-Prosap, 2015. 43 p.

- KARADAG, Dogan, KOROGLU, Oguz y MEHMET Ozkaya. A review on anaerobic biofilm reactors for the treatment of dairy industry wastewater. Process Biochemistry.
- LARSEN, Ronald, Introducción a Mathcad 15. Estados Unidos; Prentice Hall, 2010. 394 p. ISBN: 9780136025139
- LOPE, Doris. Reducción de la demanda química de oxígeno de efluentes de quesería mediante un biodigestor anaerobio. Universidad Nacional del Altiplano, 2015. [Fecha de consulta. 30 de octubre de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3310>
- LUGO, Pablo, Análisis de la calidad del agua en Cd. Obregon. Revista Entorno Académico. (20) 5-8. México; 2018. [Fecha de consulta 02 de diciembre de 2019]. disponible en: http://www.itesca.edu.mx/publicaciones/entorno/Entorno_Academico_20_Enero_2018.pdf#page=5 ISSN: 2448-7635
- MAINARDIS y GOI, 2019. Pilot-UASB reactor tests for anaerobic valorisation of high-loaded liquid substrates in friulian mountain area. Italia : Journal of Environmental Chemical Engineering, 2019, ScienceDirect, p. 07.
- MASTERS, Gilbert, WENDELL, Ela. Introduction to environmental engineering and science. Estados Unidos; Prentice hall, 2008. 752 p. ISBN: 978 84 8322 444 1
- MIHELICIC, James y ZIMMERMAN, Julie. Environmental engineering: Fundamentals, sustainability, Desing, [en linea] primera edicion. Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc. (2010), [Fecha de consulta: 18 de octubre de 2019]. Disponible https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/54451940/EBOOK-Ingenieria-ambiental_Mihelcic_2012.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DEBOOK+Ingenieria+ambiental+Mihelcic.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20191018%2Fus-east-

1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20191018T221134Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=5e39fa32b79b6c19e27462205ce630a96e03977042dbc66ff6464ac194b6bb10

- ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL, OEFA. Abril del 2014.
- RODRIGUEZ, Carlos. Demanda química de oxígeno por refluo cerrado y volumetría, [en línea], Colombia, 2007, [fecha de consulta: 07 de noviembre de 2019]. Disponible en:<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Qu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno..pdf/20030922-4f81-4e8f-841c-c124b9ab5adb>
- RUSSELL, David. Practical wastewater treatment. Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc., 2006. 273 p. ISBN-13: 978-0-471-78044-1
- SAENZ, Gerardo. Tratamiento de aguas residuales en la industria de lácteos. México, 2018.
- SANCHEZ, Óscar, HERZIG, Mónica, PETERS, Eduardo, MARQUEZ-HUITZIL, Roberto y ZAMBRANO, Luis. Perspectivas sobre ecosistemas acuáticos en México [en línea], México, 2007, [fecha de consulta: 07 de noviembre de 2019] Disponible en:<https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/11/Perspectivas-sobre-conservaci%C3%B3n-de-ecosistemas-acu%C3%A1ticos-en-M%C3%A9xico.pdf> ISBN: 978-968-817-856
- SIERRA, Carlos. Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico. Colombia: Universidad de Medellín, 2011. 457 p. ISBN: 978 958 8692 06 7
- TREU, Laura. Microbial profiling during anaerobic digestion of cheddar whey in reactors operated at different conditions. *Sciencedirect*. (275) :

375-385. march 2019. Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ingeniería, Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales y de Barros, p. 17, Disponible en: <http://fing.uncu.edu.ar/catedras/sanitaria/archivos/teoria/TRATAMIENTO%20ANAEROBIO%20DE%20EFLUENTES%20Y%20DE%20BARROS.pdf/view>

- VALERA, G y GROTIUZ, G. 2008. Fisiología y metabolismo bacteriano. TEMAS DE BACTERIOLOGÍA Y VIROLOGÍA MÉDICA. 2008

ANEXOS

Tabla n° 7: Operalización de Variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	dimensiones	INDICADOR	UNIDAD
variable dependiente: demanda biológica de oxígeno y demanda química de oxígeno	<p>DBO: (demanda biológica de oxígeno), reducción del oxígeno disuelto por organismos aclimatados consumiendo (oxidando) carbono orgánico en el agua residual, Russell (2006).</p> <p>DQO: (Demanda química de oxígeno), Cantidad de oxidante químico, expresado en equivalente de oxígeno, que se requiere para oxidar por completo una fuente de materia orgánica, (MIHELICIC y ZIMMERMAN, 2010)</p>	<p>Según Champan y kimstach (como se citó en Sánchez et al. 2007, p. 124) El valor de DBO se obtiene comparando el oxígeno disuelto inicial con el valor del OD final de la muestra incubada incubada. La diferencia entre los dos valores, representa la cantidad de oxígeno requerido para la descomposición de MO.</p> <p>El valor de la DQO se determina según el método del bicromato, se oxida la muestra químicamente a una temperatura de 150°C, durante dos horas. Luego se lleva a cabo la determinación por espectrofotometría, (Cisterna, p. 12).</p>	Concentración de MO	Turbidez	NTU
				Conductividad Eléctrica	ms/cm
			DBO inicial y final DQO inicial y final	OD	mg/L
				DBO	mg/L
				DQO	ppm
			variable independiente: tratamiento anaeróbico con diferentes tipos de pH	<p>Tratamiento anaeróbico ocurre en ausencia de oxígeno [...], se utiliza para la reducción y tratamiento de aguas residuales muy concentradas que contienen materia orgánica degradable y soluble, Russell (2006).</p>	<p>El tratamiento anaerobio involucra la descomposición de la materia orgánica en ausencia de oxígeno molecular. Los productos finales de la degradación anaerobia son gases, principalmente CH₄, CO₂ y pequeñas cantidades de H₂S, e hidrógeno (H₂), (universidad Nacional de Cuyo, facultad de Ingeniería, p. 17)</p> <p>PH indica la cantidad de iones hidrógenos H⁺ se encuentran presente en una disolución. (Lugo, 2018)</p>
pH					
Bacterias	Temperatura	°C			
	Identificación	...			

Figura 3: Reactores anaerobios



Figura 4: Reactor artesanal, donde se cultivaron los microorganismos.



Figura 5: Crecimiento de microorganismos



Figura 6: Reactivos para la tinción gram



Figura 7: Lamina porta objeto con la muestra.

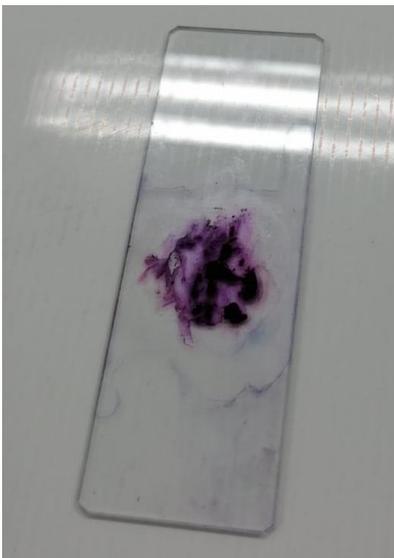


Figura 8: Microscopio donde se hizo la identificación de los microorganismos



Figura 9: Vista por el microscopio de la identificación de bacterias

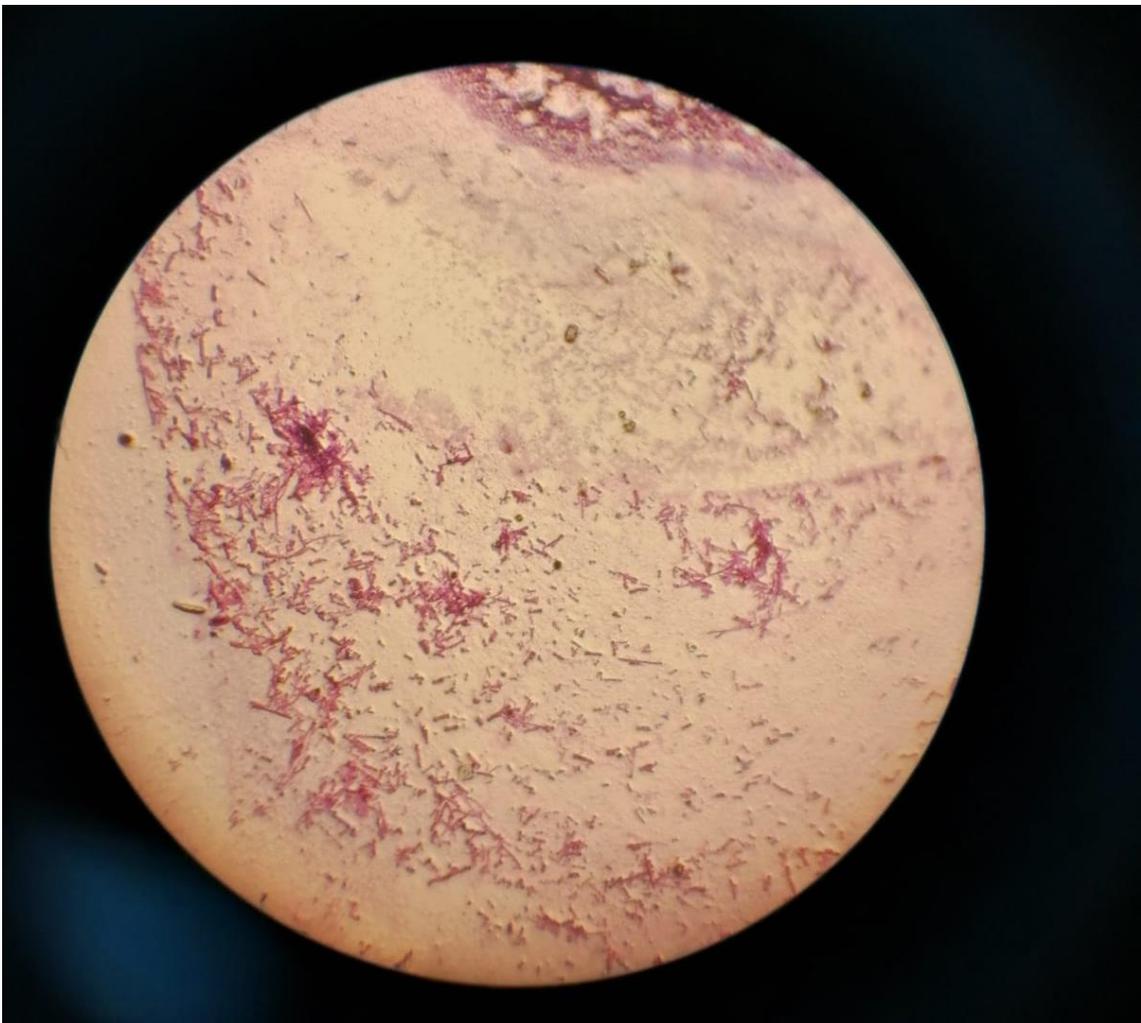


Figura 10: Ajuste de pH de las muestras

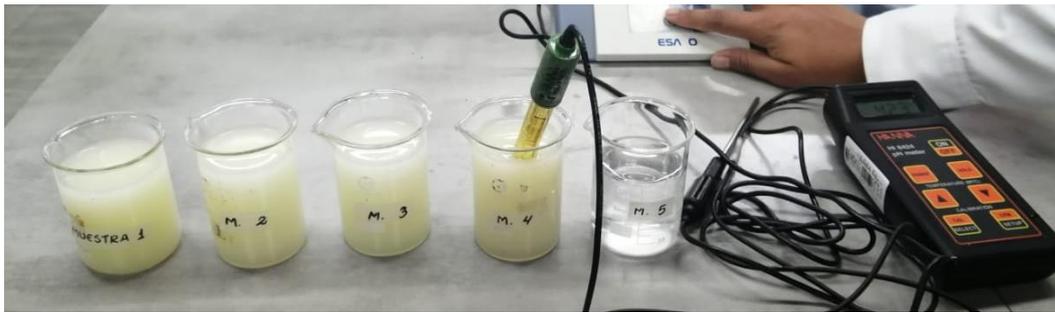


Figura 11: Muestras listas para ser llevadas a laboratorio



Figura 12: Reactivos para preparar el agua de dilución



Figura 13: Oxigenación del agua de dilución



Figura 14: Dilución de la muestra



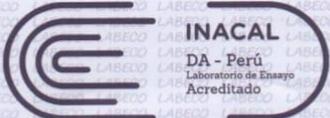
Figura 15: Incubación de la muestra



Figura 16: Resultados obtenidos del laboratorio Labeco Perú



LABECO
ANÁLISIS AMBIENTALES S.C.R.L.



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado

Registro N°LE - 034

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 034

INFORME DE ENSAYO N° 2010-19

Solicitante : LINVER CHALCO AMAO
Dirección del Solicitante : Mz. A12 Lote 17 AA.HH. 10 de Octubre, San Juan de Lurigancho
Atención : Linver Chalco Amao
Proyecto : Tesina
Lugar de Muestreo : Canto Rey
Tipo de Muestra : Agua Residual (Industrial)
Fecha de Monitoreo : 02/12/19
Fecha de Recepción de Muestra : 02/12/19
Fecha de Inicio de Análisis : 02/12/19
Fecha de Término de Análisis : 07/12/19
Fecha de Emisión : 09/12/19

CALIDAD DE AGUA

Código de Laboratorio	2010-1	2010-2	Límite Detección	Unidad
Código de Cliente	MT-01	MT-02		
Parámetro Físicoquímico				
DQO	11743.1	6258.32	1	mg/L

- Muestra Tomada por el cliente.
- La fecha de muestreo es dato proporcionado por el cliente.
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado por el cliente.
- Condición y Estado de la muestra ensayada: Las muestras llegaron temperatura ambiente.
- El cliente renuncia al derecho de la dirimencia.

Método de Análisis:
 DQO: APHA AWWA-WEF Part 5220 C, D 23rd Edition 2017, Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux Colorimetric Method.



Quim. Ellen Liliana Deza Montoya
 CQP N° 1328
 Director Técnico

Lima, 09 de Diciembre de 2019.

Nota 1: El presente documento sólo es válido para la(s) muestra(s) de la referencia.
 Nota 2: Este resultado no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos "o como certificado del sistema de Calidad de la entidad que lo produce".
 Nota 3: La(s) muestra (s) y contramuestras se mantendrán por un periodo de siete (7) días de emitido el presente Informe de Ensayo.
 Nota 4: El laboratorio declara la validez del presente Informe de Ensayo por el periodo de un año, para los fines que el cliente estime conveniente.
 Nota 5: Toda corrección o enmienda física al presente Informe de Ensayo será emitida con "un nuevo informe que haga referencial al corregido".
 Nota 6: Está prohibido la reproducción total y/o parcial del presente informe, salvo autorización escrita por LABECO Análisis Ambientales SCRL.
 Nota 7: Se adjunta el LB-F-13: Cadena de Vigilancia correspondiente a este informe.
 Anexo 1: Condiciones de recepción.
 Nota 12: Los resultados mencionados en este documento proceden de muestras proporcionadas por el cliente. El laboratorio no es responsable del origen o fuente de la cual ha sido tomadas"

1 de 1

LB-F-38 Revisión: 10

**Av. Víctor Alzamora 348, Urb. Barrio Medico
 Surquillo - Lima
 Teléfonos: 242-2696 / 444-8987
 web: www.labecoperu.com
 e-mail: labeco@labecoperu.com, labecoperu@gmail.com**

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 034**

INFORME DE ENSAYO N° 2010-19

Solicitante : LINVER CHALCO AMAO
Dirección del Solicitante : Mz. A12 Lote 17 AA.HH. 10 de Octubre, San Juan de Lurigancho
Atención : Linver Chalco Amao
Proyecto : Tesina
Lugar de Muestreo : Canto Rey
Tipo de Muestra : Agua Residual (Industrial)
Fecha de Monitoreo : 02/12/19
Fecha de Recepción de Muestra : 02/12/19
Fecha de Inicio de Análisis : 02/12/19
Fecha de Término de Análisis : 07/12/19
Fecha de Emisión : 09/12/19

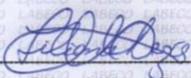
CALIDAD DE AGUA

Código de Laboratorio	2010-1	2010-2	Límite Detección	Unidad
Código de Cliente	MT-03	MT-08		
Parámetro Físicoquímico				
DQO	9584.14	5368.13	1	mg/L

- Muestra Tomada por el cliente.
- La fecha de muestreo es dato proporcionado por el cliente.
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado por el cliente.
- Condición y Estado de la muestra ensayada: Las muestras llegaron temperatura ambiente.
- El cliente renuncia al derecho de la dirimencia.

Método de Análisis:

DOO: APHA AWWA-WEF Part 5220 C, D 23rd Edition 2017, Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux Colorimetric Method.




Quim. Ellen Liliana Deza Montoya
 CQP N° 1328
 Director Técnico
 Lima, 09 de Diciembre de 2019.

- Nota 1:** El presente documento sólo es válido para la(s) muestra(s) de la referencia.
Nota 2: Este resultado no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos "o como certificado del sistema de Calidad de la entidad que lo produce".
Nota 3: La(s) muestra (s) y contramuestras se mantendrán por un periodo de siete (7) días de emitido el presente Informe de Ensayo.
Nota 4: El laboratorio declara la validez del presente Informe de Ensayo por el periodo de un año, para los fines que el cliente estime conveniente.
Nota 5: Toda corrección o enmienda física al presente Informe de Ensayo será emitida con "un nuevo informe que haga referencial al corregido".
Nota 6: Está prohibido la reproducción total y/o parcial del presente informe, salvo autorización escrita por LABECO Análisis Ambientales SCRL.
Nota 7: Se adjunta el LB-F-13: Cadena de Vigilancia correspondiente a este informe.
Anexo 1: Condiciones de recepción.
Nota 12: Los resultados mencionados en este documento proceden de muestras proporcionadas por el cliente. El laboratorio no es responsable del origen o fuente de la cual ha sido tomadas".

LB-F-38

1 de 1
Revisión: 10

Av. Victor Alzamora 348, Urb. Barrio Medico
 Surquillo - Lima
 Teléfonos: 242-2696 / 444-8987
 web: www.labecoperu.com
 e-mail: labeco@labecoperu.com, labecoperu@gmail.com

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 034

INFORME DE ENSAYO N° 2010-19

Solicitante : LINVER CHALLCO AMAO
Dirección del Solicitante : Mz. A12 Lote 17 AA.HH. 10 de Octubre, San Juan de Lurigancho
Atención : Linver Chalco Amao
Proyecto : Tesina
Lugar de Muestreo : Canto Rey
Tipo de Muestra : Agua Residual (Industrial)
Fecha de Monitoreo : 02/12/19
Fecha de Recepción de Muestra : 02/12/19
Fecha de Inicio de Análisis : 02/12/19
Fecha de Término de Análisis : 07/12/19
Fecha de Emisión : 09/12/19

CALIDAD DE AGUA

Código de Laboratorio	2010-1	2010-2	Límite Detección	Unidad
Código de Cliente	MT-04	MT-07		
Parámetro Fisicoquímico				
DQO	5691.92	1629.68	1	mg/L

- Muestra Tomada por el cliente.
- La fecha de muestreo es dato proporcionado por el cliente.
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado por el cliente.
- Condición y Estado de la muestra ensayada: Las muestras llegaron temperatura ambiente.
- El cliente renuncia al derecho de la dirimencia.

Método de Análisis:

DQO: APHA AWWA-WEF Part 5220 C, D 23rd Edition 2017, Chemical Oxygen Demand. Closed Reflux Colorimetric Method.


Quim. Ellen Liliana Deza Montoya
 CQP N° 1328
 Director Técnico

Lima, 09 de Diciembre de 2019.

Nota 1: El presente documento sólo es válido para la(s) muestra(s) de la referencia.

Nota 2: Este resultado no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos "o como certificado del sistema de Calidad de la entidad que lo produce".

Nota 3: La(s) muestra (s) y contramuestras se mantendrán por un periodo de siete (7) días de emitido el presente Informe de Ensayo.

Nota 4: El laboratorio declara la validez del presente Informe de Ensayo por el periodo de un año, para los fines que el cliente estime conveniente.

Nota 5: Toda corrección o enmienda física al presente Informe de Ensayo será emitida con "un nuevo informe que haga referencial al corregido".

Nota 6: Está prohibido la reproducción total y/o parcial del presente informe, salvo autorización escrita por LABECO Análisis Ambientales S.C.R.L.

Nota 7: Se adjunta el LB-F-13: Cadena de Vigilancia correspondiente a este informe.

Anexo 1: Condiciones de recepción.

Nota 12: Los resultados mencionados en este documento proceden de muestras proporcionadas por el cliente. El laboratorio no es responsable del origen o fuente de la cual ha sido tomadas*.

1 de 1

LB-F-38

Revisión: 10

Av. Víctor Alzamora 348, Urb. Barrio Medico
 Surquillo - Lima
 Teléfonos: 242-2696 / 444-8987
 web: www.labecoperu.com
 e-mail: labeco@labecoperu.com, labecoperu@gmail.com

*EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 034

INFORME DE ENSAYO N° 2010-19

Solicitante : LINVER CHALCO AMAO
Dirección del Solicitante : Mz. A12 Lote 17 AA.HH. 10 de Octubre, San Juan de Lurigancho
Atención : Linver Chalco Amao
Proyecto : Tesina
Lugar de Muestreo : Canto Rey
Tipo de Muestra : Agua Residual (Industrial)
Fecha de Monitoreo : 02/12/19
Fecha de Recepción de Muestra : 02/12/19
Fecha de Inicio de Análisis : 02/12/19
Fecha de Término de Análisis : 07/12/19
Fecha de Emisión : 09/12/19

CALIDAD DE AGUA

Código de Laboratorio	2010-1	2010-2	Límite Detección	Unidad
Código de Cliente	MT-05	MT-06		
Parámetro Físicoquímico				
DQO	3926.54	2679.47	1	mg/L

- Muestra Tomada por el cliente.
- La fecha de muestreo es dato proporcionado por el cliente.
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado por el cliente.
- Condición y Estado de la muestra ensayada: Las muestras llegaron temperatura ambiente.
- El cliente renuncia al derecho de la dirimencia.

Método de Análisis:

DQO: APHA AWWA-WEF Part 5220 C, D 23rd Edition 2017, Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux Colorimetric Method.




Quim. Ellen Liliana Deza Montoya

CQP N° 1328

Director Técnico

Lima, 09 de Diciembre de 2019.

- Nota 1:** El presente documento sólo es válido para la(s) muestra(s) de la referencia.
Nota 2: Este resultado no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos "o como certificado del sistema de Calidad de la entidad que lo produce".
Nota 3: La(s) muestra (s) y contramuestras se mantendrán por un periodo de siete (7) días de emitido el presente Informe de Ensayo.
Nota 4: El laboratorio declara la validez del presente Informe de Ensayo por el periodo de un año, para los fines que el cliente estime conveniente.
Nota 5: Toda corrección o enmienda física al presente Informe de Ensayo será emitida con "un nuevo informe que haga referencial al corregido".
Nota 6: Está prohibido la reproducción total y/o parcial del presente informe, salvo autorización escrita por LABECO Análisis Ambientales SCRL.
Nota 7: Se adjunta el LB-F-13: Cadena de Vigilancia correspondiente a este informe.

Anexo 1: Condiciones de recepción.

Nota 12: Los resultados mencionados en este documento proceden de muestras proporcionadas por el cliente. El laboratorio no es responsable del origen o fuente de la cual ha sido tomadas.

LB-F-38

Revisión: 10

Av. Victor Alzamora 348, Urb. Barrio Medico
 Surquillo - Lima
 Teléfonos: 242-2696 / 444-8987
 web: www.labecoperu.com
 e-mail: labeco@labecoperu.com, labecoperu@gmail.com

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"