

Activated Sludge System in the quality of effluents from the municipal slaughterhouse of El Porvenir

Jordy Nilson Sánchez-Sánchez, Environmental Engineer¹, Luis Enrique Alva-Díaz, Master of Business Administration², Yeison Makeck Villaverde-Felix, Environmental Engineer¹,

¹Universidad Privada del Norte, Perú, jordysanchezsanchez@gmail.com, yeison.villaverde@hotmail.com

²Universidad Privada del Norte, Perú, enrique.alva@upn.pe

Abstract– The objective of this quantitative, experimental and applied research was to determine the influence of the activated sludge system on the quality of the effluents from the El Porvenir slaughterhouse. For this purpose, a first characterization of the effluents of the bed was carried out to design the activated sludge system and the need to apply a pre-treatment was determined, which consisted of screens made up of 2, 1 and 0.5 cm bars and a gravity separator that allowed the sedimentation of solids and the floating of oils and fats. Afterwards, simple samples were taken from the effluents of the bed, the effluent from the pretreatment and the effluent from the activated sludge system for 12 different days and the Biological Oxygen Demand BOD₅, the Chemical Oxygen Demand COD, Total Suspended Solids - TSS were analyzed and Oils and Fats O&F. The evaluation of the system was carried out from the calculation of the removal efficiency of the system for the parameters BOD₅, COD, SST and AyG. As results it was obtained that the efficiency for BOD₅ is 93.52%, for COD it is 92%, for SST it is 91.54% and for O&F it is 2.96% system. Finally, it is concluded that the activated sludge system significantly influences the effluent quality of the El Porvenir stream, since statistically the percentage of pollutant removal is significant.

Keywords: sludge activated, effluent, pretreatment, characterization.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.477>

ISBN: 978-628-95207-0-5 **ISSN:** 2414-6390

Sistema de Lodos Activados en la calidad de efluentes del camal municipal de El Porvenir

Jordy Nilson Sánchez-Sánchez, Ingeniero Ambiental¹, Luis Enrique Alva-Díaz, Mag. en Administración de Empresas², Yeison Makeck Villaverde-Felix, Ingeniero Ambiental¹,

¹Universidad Privada del Norte, Perú, jordysanchezsanchez@gmail.com, yeison.villaverde@hotmail.com

²Universidad Privada del Norte, Perú, enrique.alva@upn.pe

Resumen- La presente investigación cuantitativa, experimental y aplicada, tuvo como objetivo determinar la influencia del sistema de lodos activados en la calidad de los efluentes del camal de El Porvenir. Para tal fin, se realizó una primera caracterización de los efluentes del camal para diseñar el sistema de lodos activados y se determinó la necesidad de aplicar un pretratamiento, que consistió de cribas conformadas por rejillas de 2, 1 y 0.5 cm y un separador por gravedad que permitió la sedimentación de sólidos y la flotación de aceites y grasas. Después, se tomó muestras simples de los efluentes del camal, del efluente del pretratamiento y del efluente del sistema de lodos activados durante 12 días diferentes y se analizó la Demanda Biológica de Oxígeno DBO₅, la Demanda Química de Oxígeno DQO, Sólidos Suspendedos Totales – SST y Aceites y Grasas AyG. La evaluación del sistema se realizó a partir del cálculo de la eficacia que tuvo el sistema de lodos activados en la remoción de DBO₅, DQO, SST y AyG. Como resultados se obtuvo que la eficacia para DBO₅ es 93.52%, para DQO es 92%, para SST es 91.54% y para AyG es de 2.96%. Finalmente se concluye que el sistema de lodos activados influye significativamente en la calidad de efluentes del camal de El Porvenir, ya que estadísticamente el porcentaje de remoción de contaminantes es significativo.

Palabras clave—lodos activados, efluentes, pretratamiento, caracterización.

Abstract– The objective of this quantitative, experimental and applied research was to determine the influence of the activated sludge system on the quality of the effluents from the El Porvenir stream. For this purpose, a first characterization of the effluents of the bed was carried out to design the activated sludge system and the need to apply a pre-treatment was determined, which consisted of screens made up of 2, 1 and 0.5 cm bars and a gravity separator that allowed the sedimentation of solids and the floating of oils and fats. Afterwards, simple samples were taken from the effluents of the bed, the effluent from the pretreatment and the effluent from the activated sludge system for 12 different days and the Biological Oxygen Demand BOD₅, the Chemical Oxygen Demand COD, Total Suspended Solids - TSS were analyzed and Oils and Fats O&F. The evaluation of the system was carried out from the calculation of the removal efficiency of the system for the parameters BOD₅, COD, SST and AyG. As results it was obtained that the efficiency for BOD₅ is 93.52%, for COD it is 92%, for SST it is 91.54% and for O&F it is 2.96% system. Finally, it is concluded that the activated sludge system significantly influences the effluent quality of the El Porvenir stream, since statistically the percentage of pollutant removal is significant.

Key words: sludge activated, effluent, pretreatment, characterization.

I. INTRODUCCIÓN

Los mataderos son necesarios para la obtención de alimentos de primera necesidad y para el desarrollo de la explotación pecuaria. Sin embargo es una actividad que tiene efectos negativos significativos sobre el medio ambiente y que genera residuos sólidos y líquidos con alto contenido de materia orgánica, convirtiéndose en una amenaza constante para los ecosistemas ya que contaminan el agua, los suelos, el aire y la salud [1].

En el Perú existen más de 200 camales no autorizados por el Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú (SENASA) operando en la actualidad, lo que manifiesta la incapacidad de algunas municipalidades del país para administrar estos centros de sacrificio animal. Estos camales tienen entre sus principales deficiencias la eliminación inadecuada de aguas residuales [2].

El camal municipal de El Porvenir no es ajeno a esta realidad. Los efluentes de este matadero, donde actualmente se sacrifican en promedio 3500 ovinos, 600 reses y 500 porcinos al mes, son alimentados por aguas provenientes de los desechos de las etapas de matanza de los animales, residuos de alimentos y otros [3]. Además, este camal no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales por lo que descargan sus efluentes con elevada carga orgánica directamente a la red de alcantarillado.

En tal sentido, se hace necesario el tratamiento de las aguas residuales de los camales antes de ser vertidas a un cuerpo de agua o a la red de alcantarillado. Al respecto, en los últimos años el sistema de lodos activados se ha convertido en uno de los procesos más utilizados para la depuración de aguas residuales [4]. Este sistema es un proceso de tratamiento de aguas residuales que se fundamenta en la utilización de microorganismos, que crecen en el agua residual, convirtiendo la materia orgánica disuelta en productos más simples como nuevas bacterias, dióxido de carbono y agua [8] y representa una gran alternativa en el tratamiento de las aguas residuales del camal municipal de El Porvenir para ser aplicado antes de ser vertidas en el sistema de alcantarillado y poder cumplir con los Valores Máximos Admisibles exigidos por el Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA [5].

Así por ejemplo, en 2018 Crespo y Martínez realizaron el diseño, construcción y arranque de operaciones de un reactor de lodos activados a escala de laboratorio con la finalidad de reducir la concentración de contaminantes que alteran los parámetros físico-químicos de agua residual doméstica proveniente de la quebrada Shanshayacu y obtuvieron eficiencias de remoción de 96,08% de DQO y 88% de DBO, superando la eficiencia teórica en un 13,75% [11].

Asimismo, en el año 2017 Alpérez, et al., evaluaron la eficiencia de un sistema de lodos activados alimentado con agua residual. El sistema tuvo un caudal de alimentación de 9.77 ml/min y 29.3 horas de residencia hidráulica y la carga orgánica de alimentación fue de 0.12 Kg DBO/m³.día. Los resultados dieron remociones de 54% de DQO, 70% de sólidos suspendidos, y 83% de DBO, concluyendo que el sistema de lodos activados, bajo condiciones óptimas de aireación, es apto para la remoción de materia orgánica de aguas residuales de diferentes procedencias [12].

El presente trabajo de investigación sirve para proporcionar información relevante respecto a los efluentes del camal municipal de El Porvenir y proponer un tratamiento mediante un sistema de lodos activados, ya que actualmente este camal no cuenta con ningún tratamiento de efluentes por lo que son vertidos directamente al sistema de alcantarillado. Esta situación contribuye a la desestabilización de la Planta de Tratamiento de aguas residuales de Covicorti debido a las altas cargas contaminantes.

También, el presente trabajo es de relevancia social, pues el destino final de las aguas residuales del camal municipal de El Porvenir es la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Covicorti, cuyos efluentes causan un impacto negativo en el océano. La población es la principal beneficiada con este trabajo, ya que es un derecho fundamental gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida y una forma de lograr esto es cuidar y preservar los recursos naturales.

Finalmente, el sistema de lodos activados a escala laboratorio propuesto ayuda a ajustar los parámetros de operación específicamente para las aguas residuales del camal municipal de El Porvenir, lo que se puede traducir en un dimensionamiento más eficiente de una planta de tratamiento de aguas residuales.

II. METODOLOGÍA

La presente investigación es de tipo cuantitativa – experimental - aplicada. Es cuantitativa porque recolecta datos de la calidad de efluentes antes y después de aplicar el sistema de lodos activados y realiza un análisis estadístico para probar que existe influencia significativa del sistema de lodos

activados sobre la calidad de los efluentes del camal municipal de El Porvenir. Además, es experimental porque se realiza la acción de aplicar un Sistema de Lodos Activados para determinar las consecuencias que tiene sobre la calidad de los efluentes. Finalmente es aplicada porque aplica la teoría y conocimientos referentes a los sistemas de lodos activados para la depuración de aguas residuales.

El diseño de la presente investigación es pre experimental en la modalidad de pre prueba / posprueba. Esta consiste en la administración de un tratamiento o estímulo a un grupo para después medir una o más variables. En este tipo de estudio se suele limitarse a observar el fenómeno analizado en condiciones normales sin modificarlo, ya que es difícil manipular completamente las variables intervinientes, es más, no se puede manipular la variable independiente, por lo que no se puede tener diferentes grupos de comparación [6]. En esta investigación se utilizó la metodología pre experimental en la modalidad de preprueba – postprueba, ya que se recogió datos de la calidad de los efluentes del camal municipal de El Porvenir antes y después de la aplicación del sistema de lodos activados.

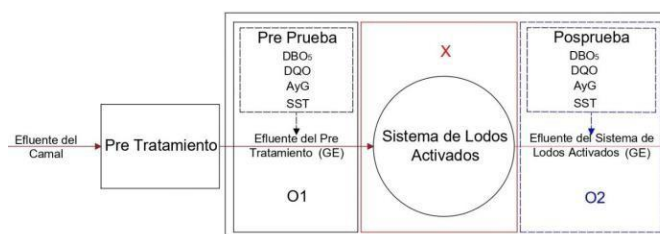


Figura 1: Diseño de investigación pre experimental en la modalidad de pre prueba/post prueba.

En la Figura 1 se puede apreciar el diseño de investigación que se explica de la siguiente manera:

Se recolectó el efluente del camal municipal de El Porvenir y se le sometió a un pretratamiento de separación de sólidos, aceites y grasas. Luego del pretratamiento, se aplicó un sistema de lodos activados para realizar el tratamiento de dicho efluente. De esta forma se tomaron muestras de agua en 3 momentos específicos: al momento de recolectar el efluente del camal, después de aplicar el pretratamiento y después de aplicar el sistema de lodos activados. En cada uno de estos momentos se tomaron 12 muestras para analizar en laboratorio la concentración de DBO₅, DQO, SST y AyG.

Después de obtener los resultados de laboratorio de las muestras tomadas se realizó la comparación entre los resultados antes de aplicar el sistema de lodos activados (pre prueba) y después de aplicarlo (post prueba).

Para determinar si existe diferencia estadísticamente significativa entre los resultados de la pre prueba y post prueba, se empleó la prueba t-Student para grupos relacionados (mediciones pre prueba - posprueba) con un nivel de confianza del 95%, que permite comparar las medias de los

resultados de DBO₅, DQO, SST, y AyG del agua en dos momentos diferentes (antes y después de la aplicación del sistema de lodos activados). Es decir, el agua objeto de estudio siempre fue la misma. Esta evaluación estadística se realizó mediante la aplicación del programa estadístico IBM-SPSS (Statistical Package for Social Science) versión 25.0.

Cabe resaltar que el pretratamiento (cribado y separación de sólidos sedimentables y aceites y grasas), se realizó de forma empírica sin considerar condiciones técnicas o parámetros de diseño y operación, con la finalidad de acondicionar el agua residual y para que esta sea utilizada como influente del sistema de lodos activados [7], para permitir que el tratamiento biológico se desarrolle de la mejor forma. Sin embargo, el sistema de lodos activados compuesto por un tanque de aireación y un sedimentador secundario, se diseñó acorde a la metodología recomendada por Ramalho [8], porque a pesar de ser un tratamiento antiguo para nuestra realidad es algo relativamente nuevo, y si queremos diseñar nuevas alternativas tenemos que partir de una metodología que tiene buenos resultados, no solo las aguas residuales domésticas, si no en diferentes tipos de aguas residuales industriales. Es decir, la presente investigación no se centra en el pretratamiento, que consistió en la separación de sólidos y aceites y grasas del agua residual del camal a través de un balde de 40 litros y rejas de 20, 10 y 5 mm, sino en la evaluación del efecto del sistema de lodos activados, previa eliminación de interferentes del agua residual mediante el pretratamiento empírico. Por lo tanto, en el presente trabajo de investigación, se aplica el diseño de investigación a partir del efluente del pretratamiento, que en este caso representa al grupo de estudio (GE), seguido por la aplicación de la pre prueba (O1), el tratamiento de lodos activados, que representa el estímulo (X) y finaliza con la medición de las concentraciones de DBO₅, DQO, AyG y SST del efluente del sistema de lodos activados, que representa a la posprueba (O2).

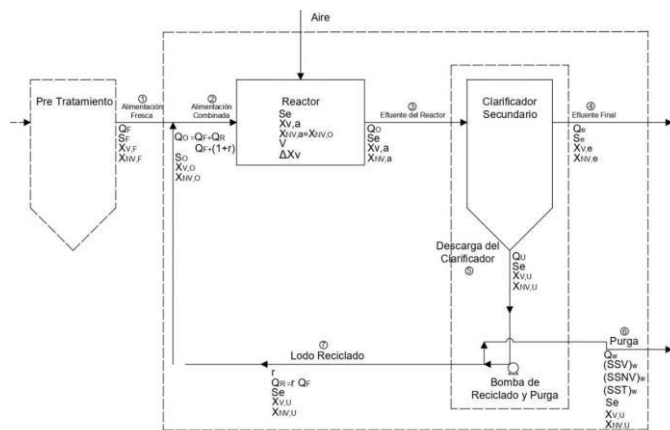


Figura 2: Proceso de lodos activados aplicado.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto al efluente del camal municipal de El Porvenir, en la Tabla 1, se puede observar que la concentración promedio de DBO₅ fue de 6937 mg/L, la concentración promedio de DQO fue de 16805 mg/L, la concentración promedio de SST fue de 1211.42 mg/L y la concentración promedio de Aceites y Grasas fue de 1082.90 mg/L. Estos resultados obtenidos son respaldados por Angulo y Alaya [3], quienes indican en su tesis que el efluente del camal municipal de El Porvenir tiene concentraciones de DBO₅ comprendidos entre 5027.85 y 6639.73 mg/L, una concentración de SST de 1293 mg/L y 1087 mg/L de Aceites y Grasas. Debido a esto, se recomienda realizar correctas caracterizaciones de efluentes para una mayor confiabilidad en los resultados. Todo esto se corrobora con la información teórica que afirma que los camales generan efluentes con elevada carga orgánica, incluso más elevadas que la de las aguas negras domésticas y que además de la materia orgánica, la carga de sólidos, la sangre y grasas son contenidos frecuentes de este tipo de efluentes, ocasionando impactos negativos al medio ambiente [9].

TABLA 1
CONCENTRACIÓN DE DBO₅, DQO, SST Y AyG DEL
EFLUENTE DEL CAMAL MUNICIPAL DE EL PORVENIR

Nº de muestra	Concentración (mg/L)			
	DBO ₅	DQO	SST	AyG
Día 1	7130	17454	1351.15	1262.99
Día 2	7048	16312	1244.34	1128.34
Día 3	6734	17377	999.46	848.96
Día 4	7152	16283	1468.06	1309.67
Día 5	6846	17169	1113.67	978.23
Día 6	6752	16008	1009.11	909.33
Día 7	6884	17697	1116.55	1052.41
Día 8	6890	16101	1146.18	1072.22
Día 9	7096	17821	1293.35	1199.99
Día 10	7158	16312	1593.41	1372.12
Día 11	6608	17059	993.33	772.09
Día 12	6944	16068	1208.41	1088.47
Promedio	6937	16805	1211.42	1082.90

En relación al efluente del proceso del pretratamiento aplicado, en la Tabla 2 se observa que la concentración promedio de DBO₅ fue de 5173 mg/L, la concentración promedio de DQO fue de 11058 mg/L, la concentración promedio de SST fue de 1155.02 mg/L y la concentración promedio de Aceites y Grasas fue de 41.1 mg/L. Estas concentraciones fueron menores en comparación con el efluente del camal municipal de El Porvenir, especialmente en la concentración de Aceites y Grasas. Esto corrobora la teoría que afirma que el pretratamiento tiene la finalidad de eliminar interferentes como sólidos gruesos, arenas, grasas y elementos flotantes del agua y que es un proceso fundamental sobre todo cuando en el tratamiento secundario se utilizan tratamientos

biológicos como lodos activados [7]. Esta situación también es respaldada por la teoría que señala que dentro del pretratamiento, el cribado retiene sólidos y materiales demasiado grandes antes de que el agua ingrese a los niveles posteriores de tratamiento, y que la separación por gravedad es útil para líquidos insolubles tales como aceites, ya que estos flotan naturalmente a la superficie y que es importante para remover sedimentos del agua residual [10].

TABLA 2
CONCENTRACIÓN DE DBO₅, DQO, SST Y AyG DEL
EFLUENTE DEL PRETRATAMIENTO

Nº de muestra	Concentración (mg/L)			
	DBO ₅	DQO	SST	AyG
Día 1	5444	11516	1325.48	55.22
Día 2	5134	10577	1198.30	36.07
Día 3	5076	11363	959.98	37.26
Día 4	5282	10727	1413.74	54.97
Día 5	5096	11477	1086.94	31.35
Día 6	5036	10541	976.82	38.47
Día 7	5268	11476	1069.99	44.08
Día 8	5022	10586	883.13	34.26
Día 9	5348	11739	1265.28	50.56
Día 10	5286	11025	1537.32	43.47
Día 11	4924	11097	969.39	32.67
Día 12	5154	10570	1173.85	34.83
Promedio	11058	11058	1155.02	41.1

La Tabla 3 muestra que el efluente del sistema de lodos activados tuvo una concentración promedio de 335 mg/L de DBO₅, 886 mg/L de DQO, 98.89 mg/L de SST y 39.89 mg/L de Aceites y Grasas. Estas 4 concentraciones fueron considerablemente menores a las concentraciones del efluente del pretratamiento. Es más, según la prueba t-Student para grupos relacionados que se puede observar en las Tablas 4, 5, 6 y 7, estadísticamente existió efecto significativo ($P < 0.05$) en la reducción de estas concentraciones (DBO₅, DQO, SST Y AyG) antes y después de aplicar el sistema de lodos activados. Esto se compara con los resultados obtenidos por Crespo y Martínez [11], que al aplicar un reactor de lodos activados sobre un efluente obtuvieron reducciones significativas de las concentración de materia orgánica expresada como DBO₅ (96.08%) y como DQO (88%). De igual forma esto se compara con la tesis de Alpírez [12], que tuvo una reducción de DBO₅ de 83% y de 70% de sólidos suspendidos totales. Todo esto se corrobora con la teoría que afirma que el sistema de lodos activados es un proceso que contiene un cultivo microbiano en suspensión y hace uso de un sistema de aireación para suministrar oxígeno a las bacterias que oxidan la materia orgánica del agua residual y que contribuye a la clarificación del agua mediante la sedimentación de la materia orgánica oxidada y por lo tanto también se reduce la concentración de SST, lo que minimiza el impacto ambiental negativo de las aguas residuales [10].

TABLA 3
CONCENTRACIÓN DE DBO₅, DQO, SST Y AyG DEL
EFLUENTE DEL SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS

Nº de muestra	Concentración (mg/L)			
	DBO ₅	DQO	SST	AyG
Día 1	338	938	124.27	53.75
Día 2	336	862	94.07	34.79
Día 3	316	898	78.31	36.28
Día 4	314	873	132.21	52.96
Día 5	310	810	81.09	30.52
Día 6	396	783	82.55	37.14
Día 7	338	981	100.99	42.93
Día 8	378	789	64.61	33.04
Día 9	404	993	106.68	49.47
Día 10	314	898	148.35	42.05
Día 11	308	960	70.96	31.97
Día 12	270	842	102.55	33.73
Promedio	335	886	98.89	39.89

TABLA 4
REPORTE DE LA PRUEBA T - STUDENT PARA
MUESTRAS RELACIONADAS - DBO₅

Medición DBO ₅	Diferencias emparejadas					t	Grados de libertad	P
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Antes - Después	4837.333	155.213	44.806	4738.716	4935.951	107.961	11	5.38E-18

TABLA 5
REPORTE DE LA PRUEBA T - STUDENT PARA
MUESTRAS RELACIONADAS - DQO

Medición DQO	Diferencias emparejadas					t	Grados de libertad	P
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Antes - Después	10172.250	399.078	115.204	9918.688	10425.812	88.298	11	4.90E-17

TABLA 6
REPORTE DE LA PRUEBA T - STUDENT PARA
MUESTRAS RELACIONADAS - SST

Medición SST	Diferencias emparejadas					t	Grados de libertad	P
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Antes - Después	1056.132	176.780	51.032	943.811	1168.452	20.696	11	3.70E-10

TABLA 7
REPORTE DE LA PRUEBA T - STUDENT PARA
MUESTRAS RELACIONADAS – ACEITES Y GRASAS

Medición AyG	Diferencias emparejadas				t	Grados de libertad	p	
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior				Superior
Antes - Después	1.215	0.338	0.098	1.000	1.430	12.444	11	8.00E-08

La eficacia del sistema de lodos activados se determinó a través de la remoción de DBO₅, DQO, SST y Aceites y Grasas. En la Tabla 8 se puede observar que la eficacia del sistema de lodos activados fue de 93.52% para remoción de DBO₅, 92% para remoción de DQO, 91.54% para remoción de SST y 2.96% para remoción de Aceites y Grasas respectivamente. Esto se compara con la investigación Sanhuesa [13], que aplicó un sistema de lodos activados para la eliminación del amonio presente en aguas residuales de cultivo de salmones y obtuvo una eliminación de DQO de 84,2% ($\pm 2,75$). De igual forma, Baquerizo y Flores [14], al aplicar un proceso anaerobio en el tratamiento de efluentes de un matadero logró eficacias de hasta 50% en la remoción de materia orgánica. Esta situación se explica bajo la teoría que señala que el sistema de lodos activados con aireación prolongada (que fue el utilizado en esta investigación), se identifica por los altos tiempos de retención hidráulica, lo que permite lograr la degradación de compuestos de difícil degradación por medio de la respiración endógena y además puede soportar modificaciones significativas en la carga hidráulica y orgánica [4].

TABLA 8
EFICACIA DEL SISTEMA DE Lodos ACTIVADOS EN
LA REMOCIÓN DE DBO5, DQO, SST Y AyG

Nº de Muestra	EFICACIA DE REMOCIÓN (%)			
	DBO5	DQO	SST	AyG
1	93.79%	91.85%	90.62%	2.66%
2	93.46%	91.85%	92.15%	3.55%
3	93.77%	92.10%	91.84%	2.63%
4	94.06%	91.86%	90.65%	3.66%
5	93.92%	92.94%	92.54%	2.65%
6	92.14%	92.57%	91.55%	3.46%
7	93.58%	91.45%	90.56%	2.61%
8	92.47%	92.55%	92.68%	3.56%
9	92.45%	91.54%	91.57%	2.16%
10	94.06%	91.85%	90.35%	3.27%
11	93.74%	91.35%	92.68%	2.14%
12	94.76%	92.03%	91.26%	3.16%
Promedio	93.52%	92.00%	91.54%	2.96%

En las Figuras 3, 4, 5 y 6, se puede observar que en el efluente del sistema de lodos activados, las concentraciones de DBO₅, DQO, SST y Aceites y Grasas respectivamente fueron inferiores a los Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario aprobados por el D.S. 010-2019-VIVIENDA [5]. Entonces, respecto a la reducción de materia orgánica obtenida, esta se explica por la teoría que indica que el sistema de lodos activados con aireación prolongada permite lograr la [degradación de compuestos de difícil degradación por medio de la respiración endógena [4] y la remoción de SST por la teoría que afirma que el sistema de lodos activados contribuye a la clarificación del agua mediante la sedimentación la materia orgánica oxidada en el clarificador secundario y por lo tanto también se reduce la concentración de SST [10].

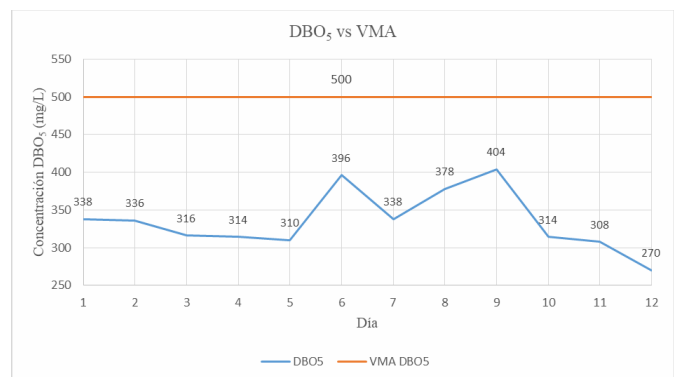


Figura 3: Concentración de DBO₅ del efluente del sistema de lodos activados respecto al Valor Máximo Admisible (VMA) para DBO₅.

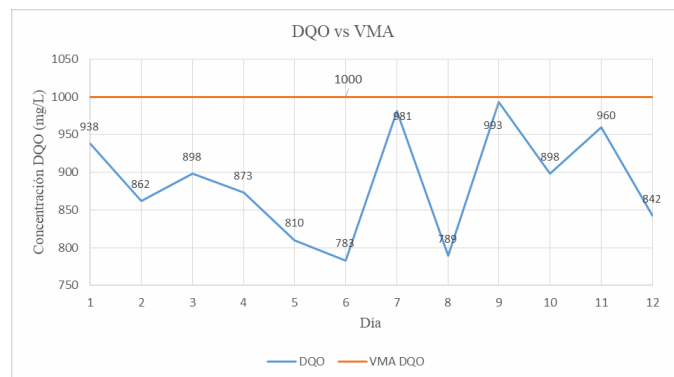


Figura 4: Concentración de DQO del efluente del sistema de lodos activados respecto al Valor Máximo Admisible (VMA) para DQO.

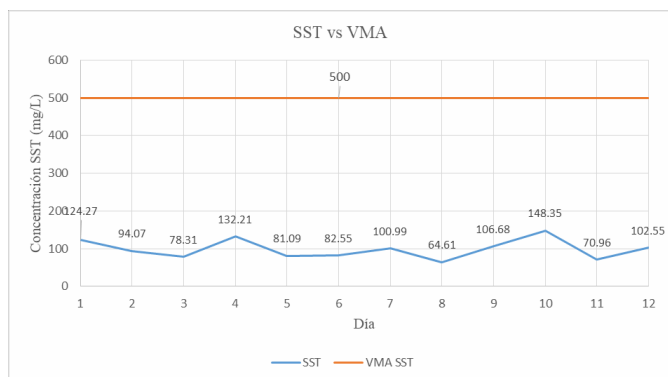


Figura 5: Concentración de SST del efluente del sistema de lodos activados respecto al Valor Máximo Admisible (VMA) para SST.

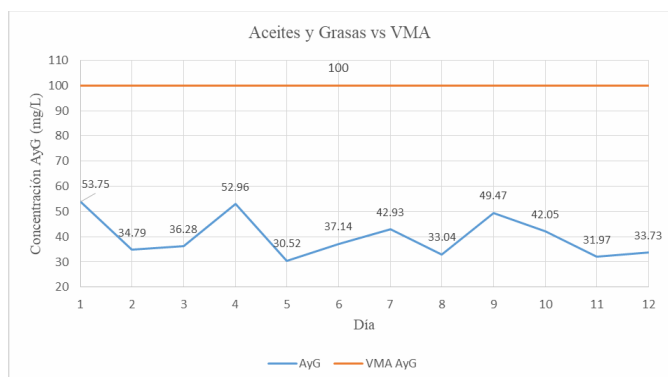


Figura 6: Concentración de Aceites y Grasas del efluente del sistema de lodos activados respecto al Valor Máximo Admisible (VMA) para Aceites y Grasas.

IV. CONCLUSIONES

Se determinó la concentración de DBO₅, DQO, SST y AyG del efluente del camal municipal de El Porvenir y fue de 6937 mg/L, 16805 mg/L, 1211.42 mg/L y 1082.90 mg/L respectivamente.

Se determinó la concentración de DBO₅, DQO, SST y AyG del efluente del pretratamiento y fue de 5173 mg/L, 11058 mg/L, 1155.02 mg/L y 41.10 mg/L respectivamente.

Se determinó la concentración de DBO₅, DQO, SST y AyG del efluente del sistema de lodos activados y fue de 335 mg/L, 886 mg/L, 98.89 mg/L y 39.89 mg/L respectivamente.

Se determinó la eficacia del sistema de lodos activados en la calidad de efluentes del camal municipal de El Porvenir. Se obtuvieron eficacias de 93.52% para remoción de DBO₅, 92% para remoción de DQO, 91.54% para remoción de SST y de 2.96 % para AyG.

Se comparó las concentraciones de DBO₅, DQO, SST y AyG del efluente del sistema de lodos activados con los

valores máximos admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario y todas estas concentraciones se encuentran por debajo de dichos valores, es decir, cumplen con la normativa.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por bendecirnos con la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

Gracias a nuestros padres: Eva y Marcos; y, Elizabeth Sánchez, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nosotros, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

Agradecemos a nuestros docentes de la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad Privada del Norte – Campus San Isidro, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, al Ingeniero Luis Alva Díaz y al Ingeniero Ilich Llaque Fernandez, quienes nos asesoraron en nuestro proyecto de investigación quienes han guiado con su paciencia, y su rectitud como docentes, y al personal del Camal Municipal del Porvenir, especialmente al encargado del mismo, el Doctor Alindor por su valioso aporte para nuestra investigación.

A la Universidad Privada del Norte – Campus San Isidro por habernos brindado la facilidad de acceso a sus laboratorios de aguas para los análisis de nuestro trabajo. Y también a su biblioteca física que nos ayudó en la recopilación de información.

REFERENCIAS

- [1] L. Castro, A. Rodríguez y H. Balcazar, “Mitigación de la contaminación por residuos sólidos de matadero y otros, mediante lombricultura, en la ciudad de Sucre”, pp. 113, 2014, <https://www.ecorfan.org/bolivia/handbooks/ciencias%20tecnologicas%20Articulo%208.pdf>
- [2] F. Gonzales y J. Apanu, “Situación sanitaria, técnica y administrativa de los canales del departamento de Lambayeque, Periodo 2016”, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, pp. 7, 2017, <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/1273/BC-TESTMP-106.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [3] K. Angulo y S. Alaya, “Manejo de efluente líquidos mediante gestión ambiental en el camal del Distrito El Porvenir”, Universidad Nacional de Trujillo, pp. 12, 2011, http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3398/AnguloZavaleta_K%20-%20AyalaGaray_S.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [4] A. Noyola, J. Morgan y L. Guereca, “Selección de Tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales”, 1º ed, México, pp. 5-18-19, 2013, http://www.pronaturasur.org/web/docs/Tecnologia_Aguas_Residuales.pdf

[5] El Peruano, “Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario – DS. 010-2019-VIVIENDA”, 2019, https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/306588/DS_010-2019-VIVIENDA.pdf

[6] A. Arellano, “Diseño Pre-experimental”, 2015, <https://prezi.com/ng1mwdqrxcj/disenio-pre-experimental/>

[7] A. Hernández, “Depuración y desinfección de aguas residuales”, Ibergaceta Publicaciones, 6° ed, Madrid, España, Ibergaceta Publicaciones, pp. 239, 2015.

[8] R. Ramalho, “Tratamiento de Aguas Residuales”, pp. 334-340, 2003, https://books.google.com.pe/books?id=30etGjzPXyWC&printsec=copyright&hl=es&source=gbs_pub_inf_r#v=onepage&q&f=false

[9] E. Arotoma, “Estructuración y función del camal municipal en el Distrito de Sapallanga”, Universidad Nacional del Centro del Perú, pp.51, 2018, <http://repositorio.unpc.edu.pe/handle/UNCP/4959>

[10] W. Lozano, “Fundamentos de Diseño de Deuradoras de Aguas Residuales”, pp.54-63-104, 2012, https://www.researchgate.net/publication/298354134_Disenio_de_Plantas_de_Tratamiento_de_Aguas_Residuales

[11] M. Crespo y D. Martinez, “Diseño, Construcción y Arranque de Operación de un Reactor de Lodos Activados a Escala de Laboratotio”, Universidad Politécnica Salesiana, 2018, <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15235/1/UPS%20-%20ST003445.pdf>

[12] J. Alpiroz, K. Avilés, H. Castillo, I. Pinzón, R. Poveda y E. Vallester, “Evaluación de un sistema biológico de lodos activados a escala de laboratorio”, Universidad Tecnológica de Panamá, 2017, <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/1697/2433>

[13] P. Sanhueza, “Operación de un sistema de lodos activados para la eliminación de amonio en aguas de cultivo de salmones”, 2013, <http://www.eula.cl/giba/wp-content/uploads/2017/09/tesis-patricio-sanhueza-2012.pdf>

[14] F. Baquerizo y P. Flores, “Comportamiento de un sistema anaerobio de de flujo ascendente para el tratamiento de aguas residuales de un matadero”, Universidad Nacional de Ingeniería, 2011, <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3628>