

**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS**

**EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS  
EN UN REACTOR BIOLÓGICO ANAEROBIO PARA  
ÓPTIMIZAR EL TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE CALCA –  
CUSCO, 2017-2018**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

**LESLY SERGIÑA BOCANGEL BELTRAN**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**LIMA - PERÚ**

**2018**

### **DEDICATORIA**

A mi padre Sergio Bocangel Morales, con todo mi amor le dedico esta tesis, que aunque ya no esté presente, fue quien me dio animo día a día para poder alcanzar mis objetivos, el que me enseñó que lo más importante en la vida es: la dedicación, el cariño y el empeño que uno dedica a todas las cosas importantes que uno traza como proyectos en la vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecer a dios por haberme guiado por el correcto camino del bien, agradezco también a mi querida madre que siempre me da aliento para seguir luchando hasta conseguir mis metas, a mi querido padre que siempre estuvo brindándome el ánimo necesario, a los dos por darme motivos para continuar mis logros.

A mis docentes Luz Marina Palomino Cori a mi asesor Danilo Bustamante Jaén gracias por darme la fuerza y el coraje para alcanzar mis metas, a mi adorado hermano Luis Manuel quien fue mi segundo padre, por el apoyo y la preocupación para que yo pueda cumplir mis sueños.

**INDICE DE CONTENIDO**

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
INDICE DE CONTENIDO .....	iv
GLOSARIO DE ABREVIATURAS.....	x
INDICE DE TABLAS .....	xi
INDICE DE FIGURAS .....	xii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.1. Caracterización de la realidad problemática .....	1
1.2. Formulación del problema .....	3
1.2.1. Problema general .....	4
1.2.2. Problemas específicos .....	4
1.3. Objetivos.....	5
1.3.1. Objetivo general.....	5
1.3.2. Objetivos específicos.....	5

1.4. Justificación.....	5
1.5. Importancia.....	6
1.6. Limitaciones.....	7
CAPITULO II.....	8
FUNDAMENTOS TEORICOS.....	8
2.1 Marco referencial.....	8
2.1.1 Antecedentes de la investigación.....	8
2.1.2 Referencias Históricas.....	13
2.2 Marco Legal.....	16
2.3 Marco Conceptual.....	21
2.3.1 El Agua.....	21
2.3.2 Definición de aguas residuales.....	23
2.3.3 Tratamiento de Aguas Residuales en los Camales.....	27
2.3.4 Microbiología de la digestión Anaerobia.....	31
2.3.5 Ventajas y desventajas del tratamiento anaerobio.....	36
2.3.6 Reactor Biológico Anaerobio con Mamparas.....	38
2.3.2.3. Parámetros de seguimiento en un RBAM.....	42
CAPITULO III.....	49
PLANTEAMIENTO METODOLOGICO.....	49
3.1 Metodología.....	49

3.1.1	Método.....	49
3.1.2	Tipo de Investigación.....	52
3.1.3	Nivel de Investigación .....	53
3.2	Diseño de la investigación. ....	53
3.2.1.	Recolección, análisis y evaluación de información bibliográfica.....	55
3.2.2.	Permiso a la administración del Camal Municipal de Calca.....	56
3.2.3.	Reconocimiento del Camal Municipal de Calca y recolección de datos.....	56
3.2.4.	Caracterización de las aguas residuales del Camal Municipal de Calca .....	56
3.2.5.	Dimensiones de la instalación del RBAM.....	57
3.2.6.	Puesta en marcha del RBAM.....	57
3.2.7.	Establecer el caudal de entrada al RBAM .....	57
3.2.8.	Alimentación del RBAM.....	58
3.2.9.	Monitoreo de la variación de pH y temperatura .....	58
3.2.10.	Determinación de la DBO <sub>5</sub> , DQO y SST, según los VMA.....	58
3.2.11.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	59
3.3	Hipótesis de la investigación.....	59
3.3.1	Hipótesis General.....	59
3.3.2	Hipótesis Específicas.....	59
3.4	Variables.....	60
3.4.1	Variable independiente .....	60

3.4.2	Variable Dependiente .....	61
3.4.3	Variable Interviniente .....	61
3.5	Cobertura del Estudio .....	61
3.5.1	Universo.....	61
3.5.2	Muestra .....	61
3.5.3	Muestreo .....	62
3.6	Técnicas e instrumentos.....	63
3.6.1	Técnicas de la investigación .....	63
3.6.2	Instrumentos de la investigación.....	63
3.6.3	Fuentes.....	64
3.7	Procesamiento estadístico de la información. ....	65
3.7.1	Estadísticos. ....	65
3.7.2	Representación. ....	65
CAPITULO IV .....		66
ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....		66
4.1	Resultados.....	66
4.1.1	Caracterización de las aguas residuales del Camal Municipal de Calca .....	66
4.1.2	Dimensionamiento de la instalación del RBAM.....	67
4.1.3	Puesta en marcha del RBAM (Arranque).....	68
4.1.4	Caudal de entrada al Reactor Biológico Anaerobio con Mamparas (RBAM) ....	70

4.1.5. Resultado de los parámetros analizados en la etapa de operación: .....	75
4.1.6. Resultados de las variables analizadas con respecto al Caudal de alimentación en la etapa de operación. ....	77
Contrastación de los resultados obtenidos con la normativa vigente. ....	89
4.2. Discusión de resultados .....	93
4.3. Contrastación de Hipótesis .....	94
CONCLUSIONES.....	96
RECOMENDACIONES.....	98
BIBLIOGRAFÍA.....	99
ANEXOS .....	105
ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	106
ANEXO 02 (a): Valores Máximos Admisibles .....	108
ANEXO 02 (b): Valores Máximos Admisibles .....	108
ANEXO 03: Resultados de caracterización del agua residual. ....	109
ANEXO 04(a): Informe de ensayo.....	110
ANEXO 04(b): Informe de ensayo.....	111
ANEXO 04(c): Informe de ensayo.....	112
ANEXO 04(d): Referencia de métodos de ensayo.....	113
ANEXO 05: Registro de monitoreo de pH y temperatura (°C). Etapa de arranque .....	114
ANEXO 06: Registro de Caudal para la etapa de arranque del RBAM.....	115



ANEXO 07: Registro de Caudal para la etapa de arranque del RBAM.....	116
ANEXO 08: Registro de monitoreo de pH y temperatura (°C). Etapa de operación.....	117
ANEXO 09: Informe de ensayo .....	118
ANEXO 10: Informe de ensayo .....	119
ANEXO 11: Informe de ensayo .....	120
ANEXO 12: Informe de ensayo .....	121
ANEXO 13: Informe de ensayo .....	122
ANEXO 14: Proceso completo del tratamiento de aguas residuales. ....	123
ANEXO 15: Proceso de tratamiento de aguas residuales.....	124
ANEXO 16: Medición de pH y temperatura .....	125
ANEXO 17: Toma de muestras .....	126
ANEXO 18: Proceso del tratamiento de aguas residuales.....	127
ANEXO 19: Puertos de muestreo .....	128
ANEXO 20: Estado actual del tratamiento de aguas residuales .....	129

**GLOSARIO DE ABREVIATURAS**

RBAM	Reactor Biológico Anaerobio con Mamparas
PTAR	Planta de Tratamiento de Agua Residual
ARI	Agua Residual Industrial
ARD	Agua Residual Domestica
DQO	Demanda Química de Oxigeno
DBO <sub>5</sub>	Demanda Bioquímica de Oxigeno
SST	Solidos Suspendidos Totales
TRH	Tiempo de Retención Hidráulica
pH	Potencial Hidrogeniones
AYG	Aceites y Grasas
VMA	Valores Máximos admisibles
LMP	Límite Máximo Permisible
TCLP	Procedimiento de lixiviación característico de toxicidad

**INDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1: Clasificación de vertidos industriales .....</b>	<b>24</b>
<b>Tabla 2: Valores característicos de los vertidos de un matadero (sin depuración) .....</b>	<b>27</b>
<b>Tabla 3: Comparación de los diferentes sistemas de tratamiento de aguas residuales ....</b>	<b>28</b>
<b>Tabla 4: Procesos en el pre- tratamiento .....</b>	<b>29</b>
<b>Tabla 5: Bacterias involucradas en la digestion anaerobia .....</b>	<b>32</b>
<b>Tabla 6: Ventajas del RBAM .....</b>	<b>42</b>
<b>Tabla 07: Periodo de análisis y métodos de obtención de los indicadores de estudio. ....</b>	<b>49</b>
<b>Tabla 8: Método de ensayo para cada parámetro. ....</b>	<b>59</b>
<b>Tabla 09: Indicadores e Índices de la Variable Independiente .....</b>	<b>60</b>
<b>Tabla 10: Indicadores e índices de la Variable dependiente .....</b>	<b>61</b>
<b>Tabla 11: Descripción de la muestra en la Investigación .....</b>	<b>62</b>
<b>Tabla 12: Caracterización de las aguas residuales del Camal Municipal de Calca. ....</b>	<b>66</b>
<b>Tabla 13: Dimensiones del Reactor Biológico Anaerobio con Mamparas.....</b>	<b>67</b>
<b>Tabla 14: Caracterización de lodos inoculados al reactor RBAM.....</b>	<b>69</b>
<b>Tabla 15: Condiciones iniciales del arranque del RBAM .....</b>	<b>69</b>
<b>Tabla 16: Caudal promedio del Agua residual del Camal Municipal de Calca .....</b>	<b>70</b>
<b>Tabla 17: Resumen del caudal de entrada en la puesta en marcha del RBAM .....</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 18: Resumen del caudal de entrada en etapa de puesta en marcha del RBAM.....</b>	<b>73</b>
<b>Tabla 19: Variación de pH y temperatura durante el proceso de arranque .....</b>	<b>75</b>
<b>Tabla 20: Contrastación de los resultados por mes con la normativa vigente. ....</b>	<b>89</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1: Diagrama de flujo del proceso productivo de un matadero porcino y vacuno</b>	<b>26</b>
<b>Figura 2: Diseño del Reactor Biológico Anaerobio con Mamparas (RBAM)</b> .....	<b>41</b>
<b>Figura 3: Ubicación geográfica del distrito de Calca.</b> .....	<b>50</b>
<b>Figura 4: Diagrama metodológico.</b> .....	<b>55</b>
<b>Figura 5:Diagrama esquemático de un Reactor Biológico Anaerobio con Mamparas.</b> ...	<b>68</b>
<b>Figura 6: Equipo de monitoreo del Caudal y temperatura</b> .....	<b>71</b>
<b>Figura 7: Variación del pH afluente - efluente al RBAM</b> .....	<b>73</b>
<b>Figura 8: Variación de Temperatura de entrada al RBAM- Etapa de arranque</b> .....	<b>74</b>
<b>Figura 9: Variación del pH del afluente- efluente del RBAM.</b> .....	<b>76</b>
<b>Figura 10: Variación de la Temperatura del afluente - efluente (Etapa de operación)</b> ...	<b>77</b>
<b>Figura 11: Resultado de DQO para el primer caudal de alimentación.</b> .....	<b>78</b>
<b>Figura 12: Resultado de DBO<sub>5</sub> para el primer caudal de alimentación.</b> .....	<b>79</b>
<b>Figura 13: Resultado de SST para el primer caudal de alimentación.</b> .....	<b>79</b>
<b>Figura 14: Resultados de DQO para el segundo caudal de alimentación</b> .....	<b>80</b>
<b>Figura 15: Resultados de DBO<sub>5</sub> para el segundo caudal de alimentación</b> .....	<b>81</b>
<b>Figura 16: Resultados de SST para el segundo caudal de alimentación</b> .....	<b>82</b>
<b>Figura 17: Resultados de DQO para el tercer caudal de alimentación</b> .....	<b>82</b>
<b>Figura 18: Resultados de DBO<sub>5</sub> para el tercer caudal de alimentación</b> .....	<b>83</b>
<b>Figura 19: Resultados de SST para el tercer caudal de alimentación</b> .....	<b>83</b>
<b>Figura 20:Resultados de DQO para el cuarto caudal de alimentación</b> .....	<b>85</b>
<b>Figura 21: Resultados de DBO<sub>5</sub> para el cuarto caudal de alimentación</b> .....	<b>85</b>
<b>Figura 22: Resultados de SST para el cuarto caudal de alimentación</b> .....	<b>86</b>

<b>Figura 23: Resultados de DQO para el quinto caudal de alimentación .....</b>	<b>87</b>
<b>Figura 24: Resultados de DBO<sub>5</sub> para el quinto caudal de alimentación.....</b>	<b>87</b>
<b>Figura 25: Resultados de SST para el quinto caudal de alimentación .....</b>	<b>88</b>
<b>Figura 26: Resumen del total de muestras del DQO .....</b>	<b>90</b>
<b>Figura 27: Resumen del total de muestras de DBO<sub>5</sub> .....</b>	<b>91</b>
<b>Figura 28: Resumen del total de muestras para SST .....</b>	<b>92</b>

## RESUMEN

El vertimiento de aguas residuales sin un tratamiento previo al medio ambiente, se vuelve un panorama común en nuestro país. Por tal motivo el tratamiento de aguas residuales se hace cada día más importante no solo con la finalidad de reducir la carga contaminante de las aguas, si no el de emplear nuevas tecnologías que nos permitan reducir la carga orgánica contenida en las aguas residuales, El presente trabajo abordo el estudio sobre el tratamiento de las aguas residuales no domesticas del Camal Municipal de Calca, mediante el empleo de un Reactor biológico anaerobio RBAM a escala piloto, el cual fue puesto en marcha y que actualmente se encuentra en operación.

El RBAM empezó la etapa de puesta en marcha en base a una carga orgánica de 3 kg DQO/m<sup>3</sup>\*día, con un Tiempo de retención Hidráulica (TRH) de 36.1 Horas. Se busca dar un tratamiento a las aguas resídales mediante la evaluación de los parámetros fisicoquímicos para optimizar la concentración de materia orgánica, con el fin de evitar el deterioro de las infraestructuras sanitarias y garantizar la sostenibilidad de los sistemas de alcantarillado al igual que dar un adecuado tratamiento de las aguas residuales que se dirigen directamente al rio Vilcanota.

El arranque del RBAM se prolongó por un tiempo de 67 días, para la inoculación se emplearon lodos activados procedentes de la PTAR del distrito de San Jerónimo - Cusco; los cuales se introdujeron al primer y segundo compartimento, dando un total de 70Litros, el cual corresponde al 5.38 % en volumen del reactor. Durante el periodo de arranque se monitorearon los valores de pH y temperatura, donde se registraron un promedio de 21°C y 7.43, correspondientemente. El periodo de monitoreo de la operación del RBAM fue de 62 días, durante este tiempo se monitoreo el comportamiento de temperatura y pH, registrando un valor promedio de 19.35°C y 7.09

correspondientemente. Se realizaron muestreos 3 veces a la semana, donde se analizaron las variaciones de los parámetros de la DQO, DBO<sub>5</sub>, SST con caudales diferentes, para encontrar así el caudal más óptimo para la reducción de materia orgánica en el tratamiento de aguas residuales. Los resultados indicaron que para el caudal de 1641.6 Litros/día, la DQO presenta un promedio de 789.27 mgO<sub>2</sub>/L, para la DBO<sub>5</sub> un promedio de 425.16 mgO<sub>2</sub>/L y para los SST 172.28 mg/L demostrando que los valores obtenidos están dentro de los valores máximos admisibles especificados en la D.S. 021-2009- VIVIENDA

Palabras Claves: RBAM, aguas residuales no domésticas, DBO<sub>5</sub>, DQO y SST.

## ABSTRACT

The dumping of wastewater without prior treatment to the environment, becomes a common scenario in our country. For this reason, the treatment of wastewater is becoming increasingly important not only with the aim of reducing the pollutant load of the water, but also by using new technologies that allow us to reduce the organic load contained in wastewater. I work on the study on the treatment of non-domestic wastewater of the Municipal Camal of Calca, through the use of an RBAM anaerobic biological reactor on a pilot scale, which was launched and which is currently in operation.

The RBAM began the start-up phase based on an organic load of  $3 \text{ kg COD} / \text{m}^3 \cdot \text{day}$ , with a Hydraulic Retention Time (TRH) of 36.1 Hours. The aim is to treat wastewater by evaluating the physicochemical parameters to optimize the concentration of organic matter, in order to avoid the deterioration of sanitary infrastructures and guarantee the sustainability of the sewerage systems as well as to give an adequate treatment of wastewater that goes directly to the Vilcanota River.

The start of the RBAM was extended for a period of 67 days, for the inoculation activated sludge was used from the WWTP of the district of San Jerónimo - Cusco; which were introduced to the first and second compartments, giving a total of 70 liters, which corresponds to 5.38% in reactor volume. During the start-up period, the pH and temperature values were monitored, where temperatures were recorded with an average of  $21 \text{ }^\circ\text{C}$  and a pH close to neutral with an average value of 7.43. The monitoring period of the operation of the RBAM was 62 days, during this time the behavior of Temperature and pH was monitored, registering an average value of  $19.35 \text{ }^\circ\text{C}$  and 7.09 correspondingly. Samples were taken 3 times a week, where the variations of the COD,



BOD<sub>5</sub>, SST parameters with different flow rates were analyzed, in order to find the most optimal flow for the reduction of organic matter in wastewater treatment. The results indicated that for the flow of 1641.6 liters / day, the COD presents an average of 789.27 mgO<sub>2</sub> / L, for the BOD<sub>5</sub> an average of 425.16 mgO<sub>2</sub> / L and for the SST 172.28 mg / L demonstrating that the values obtained are within the maximum admissible values specified in the DS 021-2009- HOUSING

Key words: RBAM, non-domestic wastewater, BOD<sub>5</sub>, COD, SST, flow and pH.

## INTRODUCCIÓN

El agua residual es un producto inevitable de toda actividad humana, que al ser descargada sin ningún tratamiento previo en cuerpos o fuentes de agua naturales representan una amenaza grave al ambiente. Por ende, es necesario desarrollar diferentes tecnologías y procesos para el tratamiento de aguas residuales, teniendo en cuenta la optimización de costes y resultados para cada uno de los procesos con el objetivo de disminuir la contaminación que genera la descarga de aguas residuales industriales.

Dentro de los diferentes tipos de actividades industriales, la industria alimentaria genera un elevado volumen de aguas residuales que se caracteriza por tener altas concentraciones de materia orgánica, sólidos suspendidos, patógenos y nutrientes, por lo que deben ser sometidos a tratamientos previos que aseguren el cumplimiento de la normativa vigente para su vertido. Dentro de la industria alimentaria, las aguas residuales de la industria cárnica generadas en los mataderos representan un mayor potencial contaminante debido a su elevada concentración de materia orgánica nitrogenada en forma de proteínas y a la gran demanda de agua potable que se genera al pasar por cada proceso de faenado del ganado.

El tratamiento anaerobio ha demostrado en los últimos años ser una mejor alternativa en comparación de los procesos aeróbicos, especialmente para el tratamiento de aguas residuales de alta resistencia (...). En este sentido, el reactor biológico anaerobio con mamparas (RBAM) es una alternativa eficiente, económica y adecuada para el tratamiento de aguas residuales con alta carga orgánica debido a sus bajos costos de construcción, operación y mantenimiento frente a los sistemas convencionales actuales y debido también a que funciona con el mismo principio que el

digestor anaerobio de flujo ascendente con manto de lodo (UASB), que tiene por característica distintiva la retención de biomasa en su interior sin necesidad de ningún medio de soporte, gracias a la formación de granos o gránulos, la cual lo hace más económico y le da ventajas técnicas sobre otros tipos de reactores.

El trabajo de investigación titulada evaluación de parámetros fisicoquímicos en un reactor biológico anaerobio para optimizar el tratamiento de aguas residuales del camal municipal de calca – cusco. Tiene como objetivo principal mejorar y controlar las descargas de aguas residuales no domesticas en el sistema de alcantarillado sanitario de acuerdo a lo establecido en el D.S. N. 021-2009-VIVIENDA; así mismo, mejorar los valores de los parámetros fisicoquímicos en el reactor biológico anaerobio con mamparas para el tratamiento de aguas residuales del camal Municipal de Calca – Cusco, puesto que esto ayudara a restaurar la calidad ambiental en el Rio Vilcanota que constituye uno de los principales recursos hídricos en el Valle Sagrado de los Incas. Por tanto, en el trabajo trataremos los siguientes puntos:

En el Capítulo I, realizaremos el planteamiento metodológico de la investigación tomando en cuenta la descripción de la realidad problemática, los objetivos generales y específicos, la hipótesis. Poniendo énfasis en las variables e indicadores independientes y dependientes correspondientes las cuales se manipulan en la parte experimental, así como el tipo y nivel que definen el alcance que tendrá la investigación.

En el Capítulo II, está enfocado principalmente al marco teórico, para ello se da a conocer los antecedentes a nivel mundial y Latinoamérica, esas referencias, permiten profundizar los conocimientos previos y que orientaran el trabajo de investigación y establecer el dominio del parte teórico conceptual.

En el Capítulo III, se sustenta el diseño metodológico de la investigación, tomando como base el alcance explicativo y descriptivo. Para luego relacionar las variables en la parte experimental, así como la secuencia del proceso.

En el Capítulo IV, trata del análisis e interpretación de los resultados. Se menciona los procedimientos de las pruebas experimentales todo ello demostrativo a nivel de laboratorio, cuyos resultados se interpretan y se presentan en cuadros y figuras.

Y finalmente se presenta las conclusiones y recomendaciones, así como las fuentes de bibliográficas y anexos.

## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Caracterización de la realidad problemática

A nivel nacional, el Perú cuenta con 149 mataderos municipales las mismas que se clasifican en tres categorías de acuerdo al nivel técnico: sanitario del proceso de faena, cupo de faena, disponibilidad de instalaciones, equipamiento y materiales. (Servicio Nacional de Sanidad Agraria, 2014)

El Río Vilcanota recorre de este a oeste la ciudad de Calca y se constituye en uno de los principales recursos hídricos del Valle Sagrado de los Incas. Actualmente el uso de este río se orienta para fines agrícolas, aunque de manera muy limitada. El proceso de crecimiento de la ciudad se ha dado hasta casi los límites de este río, que en temporada de lluvias se constituye en una zona de riesgo por inundación. De manera permanente este río viene siendo contaminado por las aguas servidas de la ciudad, las cuales carecen de tratamiento y son vertidas directamente a este. (Proyecto Reordenamiento y Rehabilitación del Valle del Vilcanota, 2011)

Entre los vertimientos que contaminan el Río Vilcanota tenemos Camal Municipal de Calca, el cual antes de la instalación del reactor biológico anaerobio no tomaba medidas de prevención para la cantidad de material orgánico que se vierte diariamente en esta instalación, este mismo descarga sus aguas a través de una red de alcantarillado la que desemboca directamente al río sin ningún tipo de tratamiento, generando contaminación y proliferación de bacterias que afectan la salud de la población aledaña .

En la actualidad se puede observar el mal estado de la cuenca Urubamba – Vilcanota, debido a que recibe descargas de aguas contaminantes de las poblaciones cercanas a su cauce. A pesar de que se encontraron muy pocos estudios de calidad según la autoridad administrativa del agua, los

parámetros que cabe resaltar y que excedieron los objetivos de calidad fueron de la DBO<sub>5</sub>, DQO, fosforo total, grasas, nitrógeno orgánico, nitrógeno total, solidos disueltos, en suspensión, sedimentables y solidos totales. (Plan Nacional de Recursos Hidricos del Peru, 2013).

Los efluentes de los mataderos o camales, contienen: sangre, estiércol, pelo, grasas, huesos, proteínas y otros contaminantes solubles. La composición de los efluentes dependerá del proceso de producción y de los pre-tratamientos en las descargas de cada proceso. (Ramalho, 2003). En general los efluentes tienen altas concentraciones de compuestos orgánicos y nitrógeno así tenemos los residuos líquidos que son generados en:

- a) Los corrales de reposo, por aguas de lavado, materia fecal y orina, del ganado.
- b) Área de desangrado.
- c) Operaciones de remoción de cueros, pelo y otras partes de comestibles.
- d) Procesamiento de la carne, vísceras e intestinos: estas aguas contienen sangre, grasas, fango, contenido intestinal, pedazos de carne, nervios y pelo.
- e) La operación de trozado de la carne genera sólidos que caen al piso, que se adhieren a cuchillos y equipos, los que luego son eliminados en la operación de limpieza.

Estas industrias son altamente contaminantes porque en su mayoría no cumplen con medidas técnico sanitarias y generan gran cantidad de desechos como: sangre, contenido ruminal, estiércol y agua con gran cantidad de materia orgánica, los mismos que no reciben ningún de tratamiento antes de ser descargadas a ambiente

## **1.2. Formulación del problema**

El presente estudio de investigación propone principalmente disminuir la elevada carga orgánica que se presenta en las aguas residuales de la industria alimentaria de la provincia de Calca, como las aguas de enjuague debido al goteo de sangre, partículas de piel, grasas y carne, contenido de los estómagos e intestinos, todos estos se vierten al Rio Vilcanota a través de un sistema de alcantarillado sin control alguno y permitido por la Municipalidad de Calca.

En este sentido, se utilizará un reactor piloto con mamparas teniendo como primer tratamiento el asentamiento de sólidos en un pozo donde se sedimenta todo el material líquido sobrante del procesamiento; la sedimentación secundaria se utiliza para producir agua tratada con bajos niveles de materia orgánica y materia suspendida que se realizara en el reactor biológico anaerobio con la finalidad de que las aguas tratadas desemboquen al alcantarillado y finalmente al Rio Vilcanota con una menor carga orgánica.

El proceso realizado dentro del reactor biológico anaerobio con mamparas es realizado con lodos activados, este mismo utiliza los microorganismos para tratar las aguas residuales. El agua al inicio de su tratamiento entra en una etapa de sedimentación primaria dentro del tanque, que después es conducida por una tubería hacia el reactor, los microorganismos se mantienen en suspensión y con un tiempo de retención adecuado donde se mantiene una separación líquido-sólido requerida para este tipo de tratamiento.

En el resultado del proceso de tratamiento se obtendrá un gran desarrollo del cultivo microbiano con un flujo lento, donde se esperará su estabilización tomando diferentes muestras al inicio y salida del reactor posteriormente se mostrarán los niveles de Demanda Química de Oxígeno, Demanda Biológica de Oxígeno y de Sólidos Suspendidos Totales. Por lo tanto, nos permitimos realizar la siguiente pregunta:

¿Cómo reducir la concentración de materia orgánica evaluando los parámetros fisicoquímicos en un reactor biológico anaerobio con mamparas (RBAM) para el tratamiento de aguas residuales del Camal Municipal de Calca – Cusco, 2017-2018?

### **1.2.1. Problema general**

Uno de los problemas asociados al progreso, es el aumento de la generación de aguas residuales no domésticas, principalmente del Camal Municipal de Calca; cuyas aguas del proceso de beneficio son vertidos al Rio Vilcanota, contaminando de este modo con compuestos orgánicos e inorgánicos. Para la solución al problema, se aplica la tecnología anaerobia para el tratamiento de las aguas residuales del Camal Municipal de Calca, usando un reactor biológico anaerobio con mamparas, este sistema se realiza longitudinalmente con la finalidad de analizar el cambio de las variables a través del tiempo, aunque no se encuentra a gran escala tienen varias ventajas sobre todo para tratar aguas residuales con alta carga orgánica y con un gran caudal debido a la gran demanda de agua que se utiliza en las industrias alimentarias, es necesario tener un tratamiento ideal de estas aguas para el vertimiento a sus desagües que culmina en el Rio Vilcanota, de este modo cumplir con las cantidades específicas dentro de los valores máximos admisibles.

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cuáles serán las características que presentarán las aguas residuales crudas del camal Municipal de Calca – Cusco, 2017- 2018?
- ¿Cómo determinar el caudal de entrada adecuado para uniformizar la alimentación de las aguas residuales al reactor biológico anaerobio del Camal Municipal de Calca – Cusco, 2017-2018?
- ¿Cuáles serán los resultados de las pruebas experimentales al establecer un caudal de alimentación para los valores de los parámetros fisicoquímicos como la DBO<sub>5</sub>, DQO y



SST y reducir la materia orgánica con el reactor biológico RBAM en el tratamiento de aguas residuales del Camal Municipal de Calca – Cusco, 2017-2018?

### **1.3.Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general.**

Evaluar los parámetros fisicoquímicos en el reactor biológico anaerobio con mamparas para optimizar la concentración de materia orgánica en el tratamiento de aguas residuales del camal Municipal de Calca – Cusco 2017.

#### **1.3.2. Objetivos específicos.**

- Caracterizar la materia orgánica de las aguas residuales crudas del Camal Municipal de Calca – Cusco, 2017-2018
- Establecer el caudal de entrada al reactor biológico anaerobio con mamparas para uniformizar la alimentación de las aguas residuales del Camal Municipal de Calca - Cusco, 2017-2018.
- Efectuar los resultados de las pruebas experimentales y establecer los valores de los parámetros fisicoquímicos como la DBO<sub>5</sub>, DQO y SST para reducir la materia orgánica con el reactor biológico RBAM en el tratamiento de aguas residuales del Camal Municipal de Calca – Cusco, 2017-2018.

### **1.4. Justificación.**

La mayoría de plantas de tratamiento son complejos y pueden representar un porcentaje muy elevado de costos totales de tratamiento. En la actualidad existe un problema en lo que respecta a los sistemas implementados para el tratamiento de aguas residuales en la ciudad del Cusco, ya que estos mismos no encuentran condiciones óptimas de funcionamiento debido principalmente a que

el diseño y la operación no se realiza adecuadamente. Esto hace que se busquen diferentes métodos para el adecuado tratamiento y operación.

El sistema de tratamiento con mamparas se presenta como una tecnología de depuración avanzada con importantes ventajas operativas, y su proceso de remoción puede optimizar los costes globales del tratamiento de aguas residuales de elevada carga a diferencia de otro tipo de tratamientos. El empleo de esta tecnología ayudará fundamentalmente a mejorar la calidad del agua del Rio Vilcanota, que es receptor de todas las aguas residuales sin tratamiento previo.

Mediante este estudio se busca determinar soluciones factibles que puedan recuperar las propiedades físico –químicas del agua residual para ser vertidas en el cauce natural sin afectar gravemente al ambiente. La investigación contribuye un avance importante dentro de la problemática de contaminación del Rio Vilcanota, aplicando este diseño de reactor para la depuración de aguas residuales que garanticen el correcto limite en los valores máximos admisibles vigentes en la norma peruana y ser dispuestos en la red de alcantarillado una vez ya tratada.

### **1.5. Importancia.**

El desarrollo de la actividad humana ha provocado daños en el ambiente, que en algunos casos son irreparables. Ante la necesidad de encontrar alternativas de tratamiento de aguas residuales especialmente aquellas que cuentan con alta carga orgánica, es indispensable investigar y desarrollar distintos tipos de tratamiento biológico que sean factibles y puedan aplicarse en el Perú y sobre todo a una altura mayor de 2 500 m.s.n.m.

El presente trabajo de investigación es importante porque permitirá contar con una tecnología avanzada para un adecuado tratamiento de aguas residuales y de igual forma podrá brindar datos con relación a la eficiencia del tratamiento para aguas residuales, aplicando un nuevo diseño y

sistema de tratamiento además que se podrá determinar cuál es el caudal y caracterizar el agua residual cruda provenientes del Camal Municipal de Calca.

Los resultados de la presente tesis de investigación podrán usarse para plantear el uso e instalación de plantas piloto particularmente por parte de las autoridades competentes como las municipalidades que no cuentan con una planta de tratamiento y vierten una considerable cantidad de agua residual con alta carga orgánica sin ningún tipo de tratamiento a lo largo del Rio Vilcanota.

### **1.6. Limitaciones.**

Presenta limitaciones como: el horario de funcionamiento del Camal Municipal de Calca debido a que los días martes realizan la limpieza de las instalaciones y los domingos por el descanso del personal que labora en la instalación.

También presenta problemas en la adquisición de reactivos, manejo de equipos para la medición de parámetros fisicoquímicos y reparación de las mismas. Otro factor es el factor ambiental, como el climático debido a las altas temperaturas y la exposición de las muestras a esta donde puede variar las mediciones de pH y temperatura (°C) de los instrumentos de medición.

## CAPITULO II

### FUNDAMENTOS TEORICOS

#### 2.1 Marco referencial

##### 2.1.1 Antecedentes de la investigación.

##### A nivel internacional

- En el trabajo realizado por Espinoza Antón, J. (2011). Tratamiento conjunto de aguas residuales de matadero y sangre concentrada en un biorreactor anaerobio de película fija (BAPF) a escala piloto. (Tesis doctoral) Universidad de Burgos, España. Cuyo objetivo central es; evaluar la viabilidad técnica de la digestión conjunta de sangre con agua residual de matadero en un BAPF a escala piloto; alimentando de forma continua con agua residual y de manera discontinua la sangre almacenada a través de bombas peristálticas que permitía ajustar el caudal de tratamiento. En el análisis de los resultados se muestran los valores de los principales parámetros físico-químicos del efluente anaerobio obteniendo principalmente un DQO de alimentación de 18000- 24000 mgO<sub>2</sub>/l y de efluente 6700- 11000 mgO<sub>2</sub>/l demostrando un rendimiento de depuración del 54-63% con velocidades de carga orgánica comprendida entre 13 y 16 kgDQO/m<sup>3</sup>.d. Concluye que en la alimentación conjunta de sangre y agua residual al reactor, muestra un rendimiento máximo alcanzado del orden del 77.2%, definida a una velocidad máxima de 12.1 kgDQO/m<sup>3</sup>.d.
- En el trabajo realizado por Sierra, R. & Vivas, A. (2005). *Diseño e implementación de una unidad piloto de tratamiento biológico no convencional para los vertimientos generados en el matadero de Macanal (Corpochivor)*. (Tesis de pregrado). Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia. Cuyo objetivo central es diseñar e implementar una unidad piloto de

tratamiento biológico no convencional, para los vertimientos generados en el matadero del Municipio de Macanal, perteneciente a la jurisdicción de Corpochivor. teniendo como resultado un caudal de entrada de 3.8 L/h que impidió el arrastre del lodo de inoculación, volumen de lodo inoculado en el UASB de 7.6 L y en el RFP de 3.04 L en la primera cámara y 2.28 L en la segunda y tercera cámara. En el periodo de operación de la PPTAR con un periodo de 69 días donde se evidenció la disminución de la concentración de la DQO de manera progresiva.

En el Análisis del comportamiento de los parámetros de control del afluente y efluente reactores presentaron óptimos resultados en cuanto a la carga orgánica y al funcionamiento, principalmente el UASB que tuvo un promedio de remoción de DQO del 41.0% y para el RFP de 60.0%. La concentración de SST presentó el valor promedio de 64 mg/L en el efluente UASB con un pH de 6.85 y un promedio de 53, 8 mg/L en el efluente del RFP (salida del Sedimentador final) con un pH de 7.00. Quienes concluyeron que el funcionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales registra resultados satisfactorios de remoción de carga contaminante, presentándose eficiencias en remoción elevadas, ya que para SST y DQO se obtuvieron valores globales de remoción superiores al 80%.

- Estudio de investigación realizado por Lluma, Q & Mendoza, C. (2016) *Evaluación Hidráulico – Sanitario de la planta de tratamiento de aguas residuales del Camal Metropolitano de Quito* (Tesis de pre grado) Universidad Central de Ecuador, Quito, Ecuador. Cuyo objetivo fue evaluar la operación y funcionamiento de los procesos unitarios de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Camal Metropolitano de Quito,

mediante un análisis Hidráulico – Sanitario. Utilizando los métodos: analítico- sintético, inductivo- deductivo, hipotético- deductivo y experimental utiliza todos estos para realizar un rediseño de las unidades operativas de la Planta de Tratamiento, por medio del cual se evaluará el sistema de tratamiento desde el punto de vista estructural, hidráulico y sanitario; proponiendo mejoras en la operación, mantenimiento, entre otros en caso de ser necesario, optimizando los procesos unitarios en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Camal metropolitano de Quito. los resultados finales de los parámetros analizados en la PTAR fueron de: DBO<sub>5</sub> con 35 mgO<sub>2</sub>/l, DQO con 120 mgO<sub>2</sub>/l, sólidos volátiles con 384 mg/l, sólidos totales con 588 mg/l y Hierro total de 0.85 mg/l, basados en las normativas ambientales tanto del (AAN-MAE) y del Distrito Metropolitano de Quito. La conclusión a las que los tesistas llegaron fueron que las cantidades de agua residual está directamente relacionada con el número y tonelaje de animales faenados en el Centro Metropolitano de Quito. El caudal de agua residual que ingresa a la PTAR es variable, dependiendo de los días de mayor o menor producción y de los meses del año, por lo que se aumentó empíricamente el caudal de recirculación para estabilizar el sustrato, con las modificaciones realizadas determinaron que su operación optima se da con un caudal de 12 m<sup>3</sup>/h, con este ingreso de agua se garantiza un adecuado tiempo de retención celular e hidráulico y la consiguiente estabilización del mismo, el dimensionamiento del tanque es el adecuado satisfaciendo la necesidad de la planta.

### **A nivel de Nacional.**

- El estudio de investigación realizado por Baquerizo, F. & Flores, P. (2011) *Comportamiento de un sistema anaerobio de flujo ascendente para el tratamiento de aguas residuales de un matadero* (Tesis de pregrado) Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Cuyo objetivo fue Determinar experimentalmente que los reactores UASB son eficientes tratamientos primarios para la reducción de la carga orgánica contaminante del efluente de un camal. Los resultados muestran que, durante los 15 primeros días de evaluación, no hubo remoción alguna. Posterior al periodo de evaluación se obtuvieron los siguientes resultados: Para el parámetro de DB05, los reactores UASB con altura inicial de lodo de 42cm (R1 y R2), tuvieron una máxima remoción de 41.32% y una remoción promedio igual a 22.34%, DQO una máxima remoción de 49.26% y una remoción promedio igual a 25.08%, Para el parámetro de ST (Sólidos Totales), tuvieron una máxima remoción de 28.81% y una remoción promedio igual a 16.12%, En cuanto al parámetro de SST (Sólidos Suspendidos Totales), tuvieron una máxima remoción de 68.50% y una remoción promedio igual a 32.30%; mientras que los reactores con altura de lodo de 28cm (R3 y R4) obtuvieron una máxima remoción de DBO<sub>5</sub> con 52.58% y una remoción promedio igual a 20.82%, DQO de 43.36% y una remoción promedio igual a 23.81%. para el parámetro ST una máxima remoción 'de 28.76% y una remoción promedio igual a 15.76% y los SST obtuvieron una máxima remoción de 67.38% y una remoción promedio igual a 28.66%. La conclusión a la que llegaron fue que los procesos anaerobios son recomendables como tratamiento primario, ya que ayuda a reducir las altas cargas orgánicas hasta valores que puedan ser tratados con procesos aerobios sin generar altos costos de operación, como por ejemplo menor costo en tratamiento y disposición de lodos producidos, así como menores costos de energía eléctrica.

Además, el biogás producido en los procesos anaerobios puede ser utilizado como fuente de energía.

- En el estudio de investigación realizado por Garay, O & Enriquez, A. (2011) *Evaluación comparativa del tratamiento secundario de aguas residuales de un matadero mediante uso de un humedal artificial subsuperficial de flujo horizontal y su variante con aireación del lecho filtrante a escala laboratorio* (Tesis de pregrado) Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Tuvieron como objetivo determinar experimentalmente las ventajas del tratamiento secundario de aguas de matadero mediante humedales artificiales subsuperficiales de flujo horizontal con aireación del lecho filtrante, en su depuración con respecto a una unidad similar pero que no posee aireación del lecho filtrante. Trabajaron con dos unidades Wetland de flujo sub superficial a escala de laboratorio y cuatro Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente (RAFA). Para el estudio se utilizaron agua residual del Camal "Frigorífico Esmeralda Corp. S.A.C" a un caudal de 23 ml/ min para cada Wetland durante 24 horas al día. Obteniendo así los siguientes resultados en la D.B.O. 976 mg/L al ingreso de los Wetlands, 34 mg/L a la Salida del Wetland C.A. (Remoción de 96,6%) y 368 mg/L a la salida del Wetland S.A (Remoción de 61 ,8%). En D.Q.O., 2332 mg/L al ingreso de los Wetlands, 302 mg/L a la Salida del Wetland C.A. (Remoción de 86,5%) y 861mg/L a la salida del Wetland S.A. (Remoción de 62,5%). En S.S.T., 630 mg/L al ingreso de los Wetlands y 34,8 mg/L a la salida del Wetland C.A.. (Remoción de 89,9%) y 133 mg/L a la salida del Wetland S.A. (Remoción de 80,8%). La conclusión a la que llegaron fue que para el efluente del RAFA en lugar de presentar calidad superior al afluente, resultaba de mala calidad, muy probablemente debido a que la muestra de agua de camal contenía alguna sustancia toxica que daño la eficiencia del reactor y por consiguiente los procesos que allí se



desarrollaban no estuvieron presentes a cabalidad. Ocurrido esto, se notó que la disminución de la eficiencia del RAFA no repercutió visiblemente en el Wetland CA, pero si en el Wetland SA.

### **2.1.2 Referencias Históricas.**

La primera aplicación documentada del tratamiento anaerobio de aguas residuales domésticas fue descrita por Mouras al final del siglo XIX en Francia. El tratamiento se llevaba a cabo en una cámara cerrada herméticamente, en la cual los sólidos sedimentado se degradaban anaeróticamente, (Bachmann, Beard, & McCarty, 1982)

En la última década del siglo XIX y comienzos del siglo XX en Inglaterra, Alemania, India y Estados Unidos se desarrollaron varios sistemas muy conocidos como: el tanque séptico inventado en Inglaterra por (ameran y el tanque Imhoff en Alemania. En ambos casos los sólidos presentes decantan para ser degradados anaeróticamente en el fondo del reactor. Este tratamiento primario de los sólidos fue ampliamente aplicado entre las dos guerras mundiales; en Alemania se utilizó el tanque Imhoff para una población de doce millones de habitantes (Lettinga, Van Valsen, & Hobma, 1980).

Debido a la baja remoción de materia orgánica, así como a los largos períodos de tiempo que requieren los sistemas anaerobios, a partir de 1945, empieza la utilización masiva de sistemas aerobios especialmente de lodos activados y filtros percoladores. La alta eficiencia de estos sistemas en cuanto la remoción de la materia orgánica expresada en términos de DBO<sub>5</sub> (90-95%), comparada con la obtenida con los procesos anaerobios (30-50%) hacían a estos últimos

poco competitivos. En la actualidad, se reconoce que la baja eficiencia de estos sistemas se relaciona con un pobre contacto entre la masa bacteriana presente y el material suspendido y disuelto del agua residual (Lettinga, Van Valsen, & Hobma, 1980). Por esa razón gran parte del material disuelto o hidrolizado no podía ser utilizado y era descargado en el efluente del sistema.

A partir de la década de los años 70 fue plenamente reconocida la importancia del contacto entre el lodo y el sustrato, lo cual permitió el desarrollo de nuevas configuraciones de reactores y demostró que estos procesos pueden alcanzar eficiencias de remoción de materia orgánica comparables con las de los procesos de depuración aerobios. En términos generales, se registran tres generaciones de reactores anaerobios, las cuales se caracterizan porque en cada generación se reduce el tiempo de retención hidráulico y mejora el contacto entre el lodo y el sustrato, lo cual significa menores volúmenes de reactor, costos más bajos, sistemas más estables y de más fácil operación. (Diaz , Espitia, & Molina, 2002)

En la tercera generación se presentó el reactor anaerobio de manto de lodos de flujo ascendente comúnmente conocido como reactor Up Flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) en la que se puede destacar el desarrollo de un gránulo con características de sedimentación y actividad metanogénica las cuales permiten el desarrollo de todos los grupos bacterianos involucrados en el proceso de degradación anaerobia de la materia orgánica incluso mejorando las características de segregación de las fases gaseosa, sólida y líquida, y evitarían la pérdida de la biomasa del reactor.

El primer ABR fue desarrollado por (Fannin, Srivastra, Conrad, & Chynoweth, 1982) los que añadieron deflectores verticales a un reactor de flujo pistón que trataba una suspensión de algas marinas con alto contenido de sólidos para mejorar la capacidad del reactor de mantener metanógenos de crecimiento lento, que estaban siendo reemplazados por los sólidos influentes. Mejorando los niveles de metano del 30% a más del 55% después de que se agregaron los deflectores.

(Barber & Stuckey, 1999) Compararon el rendimiento de dos reactores desconcertados antes y después de estrechar las cámaras de flujo descendente e inclinar los bordes del deflector. Aunque las tasas de producción de metano y la eficiencia del reactor se mejoraron en el diseño modificado, también se observó una disminución en el contenido de metano del biogás.

La evolución final del ABR dio como resultado manifestaciones similares del diseño: el ABR periódico (PABR) desarrollado por ( Lyberatos & Skiadas, 1998). Este diseño utilizó un reactor circular concéntrico donde las cámaras son similares a un ABR con mamparas, donde se puede alimentar en cualquier cámara de 1 a 8. Los autores afirman que este modo de operación permite que el PABR funcione como UASB, ABR con una combinación en el medio, y por lo tanto, es el más adecuado para manejar cargas variables en el tiempo a las tasas de conversión máxima. Aunque marginalmente mejor que un UASB o ABR estándar en algunas condiciones, estos tipos de reactores pierden algunas de las ventajas del ABR, por ejemplo en la separación de los diversos grupos tróficos anaeróbicos.

## 2.2 Marco Legal

- Decreto Supremo N° 021-2009-vivienda y su reglamento aprueban Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de Aguas Residuales No Domésticas es decir son aquellas descargas de líquidos producidos por alguna actividad económica comercial e industrial, distintos a los generados por los usuarios domésticos, quienes descargan aguas residuales producto de la preparación de alimentos, del aseo personal y de desechos fisiológicos. En el Sistema de Alcantarillado Sanitario. Los valores se especifican en el Anexo 2(a) y 2(b).

El objetivo de esta normativa es el de regular mediante Valores Máximos Admisibles (VMA) las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario a fin de evitar el deterioro de las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias, equipos y asegurar su adecuado funcionamiento, garantizando la sostenibilidad de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales. Con un ámbito de aplicación de la normativa a nivel nacional.

- Decreto Supremo N° 003- 2011- VIVIENDA. Reglamento del decreto supremo N 021-2009- VIVIENDA, que tiene por objeto regular los procedimientos para controlar las descargas de aguas residuales no domesticas en el sistema de alcantarillado sanitario. TITULO II de obligaciones y derechos de los usuarios no domésticos que hacen uso del sistema de alcantarillado sanitario:

Artículo 5,- Los usuarios no domésticos que descargan aguas residuales no domesticas al sistema de alcantarillado sanitario, están obligados a:

- a) Implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales, cuando sus descargas excedan o puedan exceder los VMA establecidos en el decreto Supremo N° 021-2009- VIVIENDA.
- b) Efectuar el pago adicional por exceso de concentración de los parámetros fijados en el Anexo N° 2(a) y (b).

#### Título IV. Valores Máximos Admisibles.

Artículo 9.- de las descargas permitidas especifica que se permitirá la descarga directa de aguas residuales no domesticas en el sistema de alcantarillado sanitario, sin pago o sanción alguna, siempre que no excedan los VMA establecidos en los Anexos N° 2(a) y (b).del Decreto Supremo N° 021-2009-VIVIENDA. La EPS o la entidad que haga sus veces verificara el cumplimiento de los parámetros establecidos en los respectivos anexos.

- **Reglamento Sanitario del Faenado de Animales de Abasto** donde se aplican definiciones consideradas en el Decreto Legislativo N 1059 – Ley General de Sanidad Agraria y su Reglamento aprobado por Decreto Supremo N 018- 2008 – AG; en el decreto Legislativo 1062 – Ley de inocuidad de los alimentos y su reglamento aprobado por Decreto Supremo N 034-2008-AG y en el reglamento de Inocuidad agroalimentaria aprobado por Decreto Supremo N 004-2011-AG. Donde establece lo siguiente:

#### Efluentes – Líneas de drenaje:

Es obligatorio que el matadero cuente con un sistema de tratamiento de efluentes apropiado y suficiente para tratar todo el volumen que genera la máxima capacidad de

carga; el efluente resultante solo será evacuado al colector público previo tratamiento según normativa vigente al respecto

- **Ley General del Ambiente – Ley N 28611.**

Artículo 11.- De los lineamientos ambientales básicos de las políticas públicas

La prevención de riesgos y daños ambientales, así como la prevención y el control de la contaminación ambiental, principalmente en las fuentes emisoras. En particular, la promoción del desarrollo y uso de tecnologías, métodos, procesos y prácticas de producción, comercialización y disposición final más limpias

Artículo 113.- De la calidad ambiental Son objetivos de la gestión ambiental en materia de calidad ambiental:

- a. Preservar, conservar, mejorar y restaurar, según corresponda, la calidad del aire, el agua y los suelos y demás componentes del ambiente, identificando y controlando los factores de riesgo que la afecten.
- b. Prevenir, controlar, restringir y evitar según sea el caso, actividades que generen efectos significativos, nocivos o peligrosos para el ambiente y sus componentes, en particular cuando ponen en riesgo la salud de las personas.
- c. Recuperar las áreas o zonas degradadas o deterioradas por la contaminación ambiental.

Artículo 121.- del vertimiento de aguas residuales

El estado emite en base a la capacidad de carga de los cuerpos receptores, una autorización previa para el vertimiento de aguas residuales domésticas, industriales o de cualquier otra actividad desarrollada por personas naturales o jurídicas, siempre que dicho

vertimiento no cause deterioro de la calidad de las aguas como cuerpo receptor, ni que afecte su reutilización para otros fines, de acuerdo a lo establecido en los ECA correspondientes y las normas legales vigentes.

#### Artículo 122.- Del Tratamiento de residuos líquidos

122.3. Las empresas o entidades que desarrollan actividades extractivas, productivas, de comercialización y otras que generen aguas residuales o servidas son responsables de su tratamiento, a fin de reducir sus niveles de contaminación hasta niveles compatibles con los LMP's, los ECA'S y otros estándares establecidos en instrumentos de gestión ambiental, de conformidad con lo establecido en las normas legales vigentes. El manejo de las aguas residuales o servidas de origen industrial puede ser efectuado directamente por el generador, a través de terceros debidamente autorizados o a través de las entidades responsables de los servicios de saneamiento, con sujeción al marco legal vigente sobre la materia.

#### **Ley de Recursos Hídricos - Ley N 29338**

Artículo 11°.- Conformación e integrantes del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos El Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos está conformado por el conjunto de instituciones, principios, normas, procedimientos, técnicas e instrumentos mediante los cuales el Estado desarrolla y asegura la gestión integrada, participativa y multisectorial, el aprovechamiento sostenible, la conservación, la preservación de la calidad y el incremento de los recursos hídricos.

Integran el Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos:

- a. La Autoridad Nacional.
- b. los Ministerios del Ambiente; de Agricultura; de Vivienda, Construcción y Saneamiento; de Salud; de la Producción; y de Energía y Minas.
- c. los gobiernos regionales y gobiernos locales a través de sus órganos competentes
- d. las organizaciones de usuarios agrarios y no agrarios
- e. las entidades operadoras de los sectores hidráulicos, de carácter sectorial y multisectorial
- f. las comunidades campesinas y comunidades nativas; y las entidades públicas vinculadas con la gestión de los recursos hídricos.

Artículo 79°.- Vertimiento de agua residual La Autoridad Nacional autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las Autoridades Ambiental y de Salud sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y Límites Máximos Permisibles (LMP).

Queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización. En caso de que el vertimiento del agua residual tratada pueda afectar la calidad del cuerpo receptor, la vida acuática asociada a este o sus bienes asociados, según los estándares de calidad establecidos o estudios específicos realizados y sustentados científicamente, la Autoridad Nacional debe disponer las medidas adicionales que hagan desaparecer o disminuyan el riesgo de la calidad del agua, que puedan incluir tecnologías superiores, pudiendo inclusive suspender las autorizaciones que se hubieran otorgado al efecto. En caso de que el vertimiento afecte la salud o modo de vida de la población local, la Autoridad Nacional suspende inmediatamente las autorizaciones



otorgadas. Corresponde a la autoridad sectorial competente la autorización y el control de las descargas de agua residual a los sistemas de drenaje urbano o alcantarillado

Artículo 80°.- Autorización de vertimiento Todo vertimiento de agua residual en una fuente natural de agua requiere de autorización de vertimiento, para cuyo efecto debe presentar el instrumento ambiental pertinente aprobado por la autoridad ambiental respectiva, el cual debe contemplar los siguientes aspectos respecto de las emisiones:

- a. Someter los residuos a los necesarios tratamientos previos.
- b. Comprobar que las condiciones del receptor permitan los procesos naturales de purificación.

La autorización de vertimiento se otorga por un plazo determinado y prorrogable, de acuerdo con la duración de la actividad principal en la que se usa el agua y está sujeta a lo establecido en la Ley y en el Reglamento.

## **2.3 Marco Conceptual**

### **2.3.1 El Agua.**

El agua es un recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan, y la seguridad de la nación; resulta difícil imaginar cualquier tipo de actividad en la que no se utilice, de una u otra forma. Así mismo el agua potable es el agua cuyas características físicas, químicas y microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano. (MINAM, 2012)

### ***2.3.1.1. Tipos de agua.***

- Agua Potable: Agua que puede ser consumida por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedades.
- Agua salada: Agua en la que la concentración de sales es relativamente alta (más de 10 000 mg/l).
- Agua salobre: Agua que contiene sal en una proporción significativamente menor que el agua marina. La concentración del total de sales disueltas está generalmente comprendida entre 1000 - 10 000 mg/l. Este tipo de agua no está contenida entre las categorías de agua salada y agua dulce.
- Agua dulce: Agua natural con una baja concentración de sales, o generalmente considerada adecuada, previo tratamiento, para producir agua potable.
- Agua dura: Agua que contiene un gran número de iones positivos. La dureza está determinada por el número de átomos de calcio y magnesio presentes. El jabón generalmente se disuelve malamente en las aguas duras.
- Agua blanda: Agua sin dureza significativa.
- Aguas negras: Agua de abastecimiento de una comunidad después de haber sido contaminada por diversos usos. Puede ser una combinación de residuos, líquidos o en suspensión, de tipo doméstico, municipal e industrial, junto con las aguas subterráneas, superficiales y de lluvia que puedan estar presentes.
- Aguas grises: Aguas domésticas residuales compuestas por agua de lavar procedente de la cocina, cuarto de baño, aguas de los fregaderos, y lavaderos.

- Aguas residuales: Fluidos residuales en un sistema de alcantarillado. El gasto o agua usada por una casa, una comunidad, una granja, o industria que contiene materia orgánica disuelta o suspendida.
- Aguas residuales municipales: Residuos líquidos, originados por una comunidad, formados posiblemente aguas residuales domésticas o descargas industriales.
- Agua bruta: Agua que no ha recibido tratamiento de ningún tipo, o agua que entra en una planta para su ulterior tratamiento.
- Aguas muertas: Aguas en estado de escasa o nula circulación, generalmente con déficit de oxígeno.
- Agua alcalina: Agua cuyo pH es superior a 7.

### **2.3.2 Definición de aguas residuales.**

Aguas cuyas características han sido modificadas por actividades antropogénicas, requieren de tratamiento previo y pueden ser vertidas a un cuerpo natural de agua o ser reutilizadas. Por su naturaleza, las aguas residuales pueden ser domésticas o industriales. Las aguas residuales municipales comprenden tanto a las aguas residuales domésticas como también la mezcla con aguas residuales industriales en tanto estas últimas cumplan con los requisitos para ser admitidas en la red de alcantarillado. (MINAM, 2012)

#### **2.3.2.1. Clasificación de las aguas residuales.**

- Agua residual industrial: Son aquellas que resultan del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial entre otras.

- Agua residual domestica: Son aquellas de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana, y deben de ser dispuestos adecuadamente.
- Aguas residuales municipales: son aquellas aguas residenciales domesticas que pueden estar mezcladas con agua de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial previamente tratadas, para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado. (OEFA, 2014).

### 2.3.2.2. Tipos de vertidos de aguas residuales industriales.

Pueden ser de dos tipos:

- Continuos: provienen de procesos en los que existe una entrada y una salida continua de agua (procesos de transporte, lavado, refrigeración)
- Discontinuos: Proceden de operaciones intermedias. Son los más contaminados (Baños de decapado, baños de curtidos, lejías negras, emulsiones.)

Al aumentar el tamaño de la industria, algunos vertidos discontinuos pueden convertirse en continuos.

**Tabla 1: Clasificación de vertidos industriales**

TIPO DE EFLUENTE	INDUSTRIA
Principalmente Orgánicos	Papeleras, azucareras, Mataderos, Curtidos, Conservas (vegetales, carnes, pescado) Lecherías y subproductos (leche en polvo, mantequilla, queso...), Fermentación, (Fabricación de alcoholes, levaduras...), Preparación de productos alimenticios (aceites y otros ) Bebidas, Lavanderías.
Orgánicos e Inorgánicos	Refinerías y Petroquímicas, Coquerías, textiles, fabricación de productos químicos, varios
Principalmente Inorgánicos	Limpieza y recubrimiento de metales, explotaciones mineras y salinas, fabricación de productos químicos, inorgánicos.
Con materias en Suspensión	Lavaderos de mineral y carbón, corte y pulido de mármol y otros minerales. Laminación en caliente y colada continua.
Efluentes de Refrigeración	Centrales térmicas, centrales nucleares

**Fuente:** (Seco Torrencillas & Ferrer Polo, 2017)

### ***2.3.2.3. Aguas residuales de camales.***

Las aguas residuales de los camales constituyen un problema ambiental grave, existiendo numerosos puntos en el proceso de sacrificio como focos importantes de contaminación.

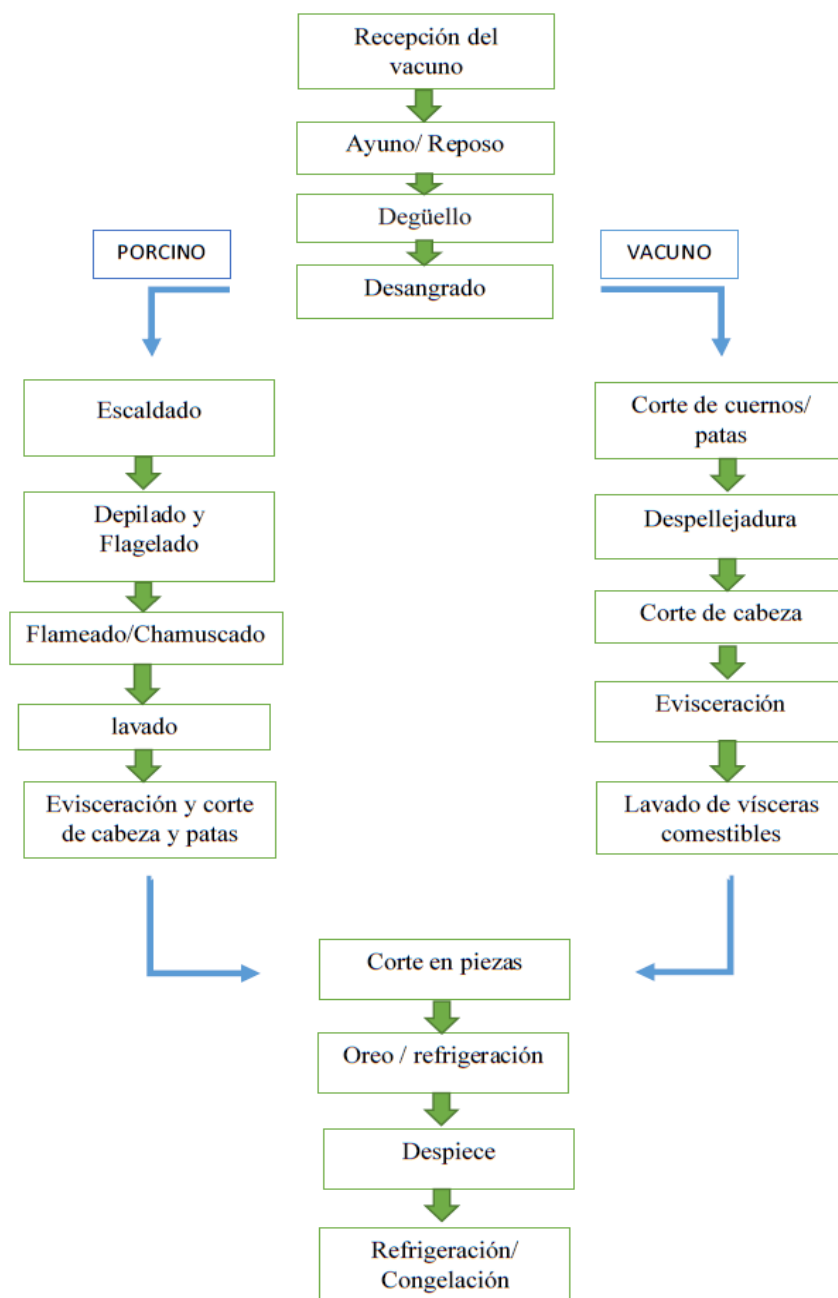
Según (Lopez Vazquez & Casp Vanaclocha, 2004) determina a las aguas residuales generadas en cada una de las fases o etapas del proceso de faenamiento:

- **Recepción de animales y limpieza:** en esta etapa las aguas residuales contienen principalmente restos de productos de limpieza con restos orgánicos procedentes de la orina y excremento de los animales.
- **Estabulación:** durante la estabulación los animales orinan y defecan, por lo que las aguas residuales de esta sección contienen un alto contenido de materia fecal y orina del ganado, se estima un consumo de agua entre 5 y 15 L/m<sup>2</sup> para la limpieza de establos.
- **Desangrado:** a pesar de que se dispone de métodos de recolección de sangre, siempre existirá pérdidas por goteo, que van a conferirle al agua una alta carga de materia orgánica.
- **Operación de remoción de cueros, pelos y otras partes**
- **Procesamiento de carne, viseras e intestinos:** las aguas residuales proceden del lavado de estómago e intestinos que contienen sangre, grasas, fango, contenido intestinal, pedazos de carne y pelo.
- **Lavado:** las aguas de esta operación son las más abundantes, y contienen sustancias orgánicas y grasas, así como restos de agentes detergentes y desinfectantes. El consumo estimado para la limpieza de los locales de faenado es de 5L/m<sup>2</sup> y día.

En la figura 1 se aprecia el diagrama de flujo del proceso de faenamiento para porcinos y vacunos, los valores detallados son diferentes en función de la periodicidad del sistema de lavado,

de los sistemas de filtrado para la separación de los sólidos, del tipo de ganado sacrificado, si se realiza o no el vaciado y limpieza de tripas y estómagos, etc.

**Figura 1: Diagrama de flujo del proceso productivo de un matadero porcino y vacuno**



**Fuente:** (López, 2015)

#### 2.3.2.4. Características de las aguas residuales de Camales.

Las aguas residuales que se producen en los mataderos tienen un color pardo rojizo, una alta DBO<sub>5</sub>, y contiene cantidades considerables de materia en suspensión debido al contenido ruminal de sus estómagos producto del proceso de digestión de sus alimentos y el contenido de estiércol. La sangre, al tener mucho nitrógeno, se descompone con facilidad. Además, Los efluentes generados en el faenado vacuno son principalmente aguas de lavado, se debe tener muy en cuenta el análisis de las siguientes sustancias: DBO<sub>5</sub>, pH, Sólidos suspendidos, Sólidos sedimentables, Aceites y grasas, Coliformes fecales de animales, Color y Otros. (Benavides, 2006).

**Tabla 2: Valores característicos de los vertidos de un matadero (sin depuración)**

<b>PARAMETRO</b>	<b>VALORES MEDIOS</b>	<b>VALORES MAXIMOS</b>
<b>pH</b>	6,5 – 8	6 – 8.5
<b>DQO mg/L</b>	3500	10000
<b>DBO<sub>5</sub> mg/L</b>	1300	6500
<b>Solidos suspendidos mg/L</b>	700	2700
<b>Nitrógeno total mg/L</b>	300	6500
<b>Aceites y grasas mg/L</b>	500	1500

**Fuente:** (Benavides, 2006)

#### 2.3.3 Tratamiento de Aguas Residuales en los Camales.

Una planta de tratamiento para efluentes procedentes de camales comúnmente se diseña para remover los niveles de contaminantes de parámetros como: la DBO<sub>5</sub>, DQO, aceites y grasas, sólidos suspendidos, y microorganismos patógenos, e incluso en algunos casos compuestos nitrogenados y fosforados. (Zurita , 2015)

Lo más recomendable es diseñar un sistema de tratamiento que considere un pretratamiento (rejas y trampas de grasas), un tratamiento primario (físico o físico-químico) y un tratamiento





- Tratamiento secundario: Biológico
- Tratamiento avanzado: Físico y/o químico y/o biológico

**a) Pretratamiento:**

Por definición el pre tratamiento es el proceso o procesos que preparan las condiciones del agua residual que puede someterse a posteriores procesos de tratamiento secundario biológicos convencionales. Está destinado a la preparación o acondicionamiento de las aguas residuales con el objetivo específico de proteger las instalaciones, el funcionamiento de las obras de tratamiento y eliminar o reducir sensiblemente las condiciones indeseables relacionadas principalmente con la apariencia estética de las plantas de tratamiento. (Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración, 2011)

Los objetivos de tratamiento de las unidades preliminares se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 4: Procesos en el pre- tratamiento**

PROCESO	OBJETIVO
<b>Rejas o tamices</b>	Eliminación de sólidos gruesos
<b>Desarenadores</b>	Eliminación de arenas y gravilla
<b>Desengrasadores</b>	Eliminación de aceites y grasas

(Tchobanoglous & Cristes, 2000)

**b) Tratamiento primario**

El tratamiento primario frecuentemente se denomina clarificación, sedimentación o decantación. En este proceso unitario el agua residual se deja decantar durante un periodo (aproximadamente 2 horas) y producir así un efluente líquido clarificado en una línea y un fango líquido-sólido (denominado fango primario) en una segunda línea. El objetivo es producir un efluente líquido de calidad aprovechable para la siguiente etapa de tratamiento (es decir el tratamiento biológico secundario) y lograr una separación de sólidos que dé lugar a un fango

primario que pierda ser convenientemente tratado y vertido. Entre los beneficios del tratamiento primario se incluyen:

- Reducción de los sólidos en suspensión
- Reducción de la DBO<sub>5</sub>
- Reducción de la cantidad de fango activado en exceso en la planta de fangos activados
- Separación del material flotante
- Homogeneización parcial de los caudales y carga orgánica. (Seco Torrencillas & Ferrer Polo, 2017)

*c) Tratamiento secundario*

El propósito de un tratamiento biológico es la eliminación de la materia orgánica biodegradable presente en los residuos líquidos. Consiste en la oxidación biológica de los sólidos suspendidos remanentes y de los sólidos orgánicos disueltos, medida como una reducción en la DBO<sub>5</sub> del efluente. La elección del sistema de tratamiento secundario, dependerá de un gran número de factores, entre los que podemos mencionar: requerimientos del efluente (estándares de descarga), sistema de pretratamiento escogido, la disponibilidad del terreno, regulaciones ambientales locales y viabilidad económica de una planta de proceso.

- **Tratamiento anaeróbico:** Los efluentes provenientes de la industria de la carne pueden ser tratados en lagunas o reactores cerrados. Este tipo de tratamiento requiere poco espacio, tiene un bajo costo de operación y genera biogás, que puede ser reutilizado en el proceso productivo o comercializado.
- **Tratamiento aeróbico:** Todos los métodos de tratamiento aeróbico existentes pueden ser aplicados a estos efluentes: lodos activados, lagunas aireadas, filtros de goteo o contactores biológicos rotatorios (RBC). (Lopez Navajas, 2015)

*d) Sistema de tratamiento secundario:*

Los sistemas de tratamiento secundario se clasifican de forma amplia en:

- Cultivos en suspensión
- Cultivos fijos
- Cultivos duales, biológicos en suspensión y fijos

Los sistemas de cultivos en suspensión y en particular los sistemas convencionales de fangos activados son los procesos más comunes para el tratamiento tanto de las aguas residuales urbanas como industriales. (Kiely, 1999)

- **Tratamientos anaerobios de cultivo en suspensión**

Según (Seco Torrencillas & Ferrer Polo, 2017), un proceso biológico se define como anaerobio cuando no está presente ni oxígeno ni nitrato, este tipo de procesos es llevado a cabo por un amplio grupo de microorganismos que actúan de forma simbiótica. Los principales microorganismos implicados son bacterias. La mayor parte de las bacterias que interviene son estrictamente anaerobias, por lo que la presencia de oxígeno en el medio provoca su desaparición (bacterias metanogénicas)

### **2.3.4 Microbiología de la digestión Anaerobia.**

El proceso de digestión anaerobia de la materia orgánica involucra una serie de complejas reacciones bioquímicas asociadas al metabolismo de un número elevado de especies diferentes de microorganismos que se encuentran interrelacionados, los cuales la mayoría pertenecen principalmente al grupo de las bacterias anaerobias, es decir, bacterias que tienen la capacidad de existir en un medio ambiente con ausencia de oxígeno. En este proceso la materia orgánica se transforma desde su composición original hasta los productos finales del proceso, metano, dióxido de carbono, hidrógeno, entre otros gases, y tiene lugar en varias etapas.

El funcionamiento del digestor requiere que estos grupos bacterianos (Tabla 5), estén en equilibrio dinámico y armonioso. Los cambios en las condiciones medioambientales pueden afectar este equilibrio y pueden producir el aumento de intermedios que pueden inhibir el proceso global.

**Tabla 5: Bacterias involucradas en la digestión anaerobia**

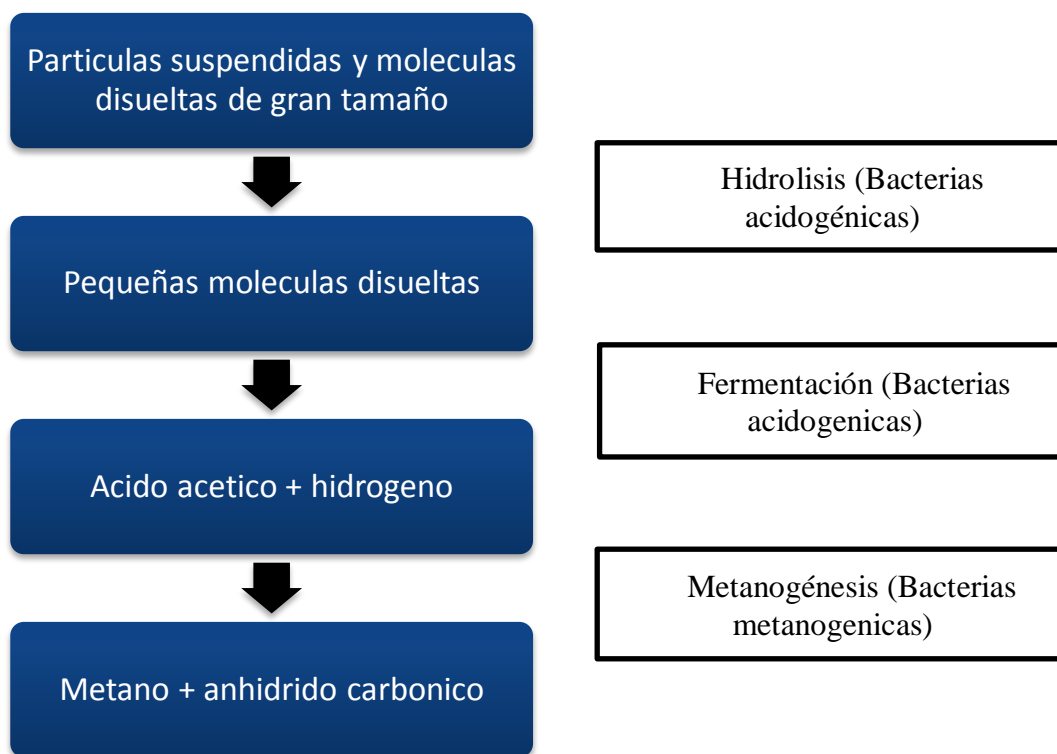
Etapa	Genero/ Especie	Población mesofílica en lodos residuales
Hidrolíticas Acidogénicas	<i>Butivibrio, Clostridium</i> <i>Ruminococcus, Acetovibrio</i> <i>Eubacterium, Peptococcus</i> <i>Lactabacillus, Streptococcus etc.</i>	$10^8 - 10^9$ por mL
Acetogénicas	<i>Acetobacterium, Acetogenium</i> <i>Eubacterium, Pelobacter</i> <i>Clostridium, etc</i>	$\approx 10^5$ por mL
Metanogénicos	<i>Methanobacterium (muchas especies)</i> <i>Methanobrevibacter (muchas especies)</i> <i>Methanococcus (muchas especies)</i> <i>Methanomicrobium (muchas especies)</i> <i>Methanogenium (muchas especies)</i> <i>Methanospirillum (muchas especies)</i>	$\approx 10^8$ por mL

**Fuente:** (Agramonte Ochoa, 2008)

Los modelos tradicionales de digestión anaerobia dividen las reacciones que ocurren durante el proceso de mineralización de la materia orgánica en varias etapas, llevadas a cabo por diferentes grupos de bacterias, relacionadas entre ellas de manera sinérgica, encontrándose frecuentemente asociadas formando biopelículas, flóculos o gránulos. De hecho muchas de estas reacciones ocurren simultáneamente sin una separación clara de fases, siendo de vital importancia que cada una de ellas permanezca bien acoplada durante el proceso, evitando así la acumulación de cualquier intermediario.

Los procesos anaerobios se dan en las siguientes etapas:

**Figura 04: Esquema simplificado de las distintas fases de los procesos anaerobios**



**Fuente:** (Seco Torrencillas & Ferrer Polo, 2017)

- a) **Hidrólisis:** Proceso de transformación de moléculas de gran tamaño en moléculas pequeñas, realizada mediante la acción de enzimas extracelulares producidas por microorganismos. Tiene lugar la hidrólisis tanto de la materia particulada como de la disuelta. Este proceso es realizado fundamentalmente por las bacterias acidogénicas (heterótrofas anaerobias). Estos procesos son normalmente más lentos que los de crecimiento biológico, por lo que suelen convertirse en limitantes y controlar la velocidad del proceso global. Esto ocurre cuando los sustratos contienen gran cantidad de sólidos en suspensión o tienen una composición macromolecular difícil de degradar. El grado de hidrólisis y la velocidad del proceso depende de muchos factores, como la temperatura, ya

que un aumento de ésta hace que se incremente la tasa de hidrólisis, independientemente del compuesto de que se trate (Veeken & Hamelers, 1999)

- b) Fermentación:** Procesos de transformación de la materia orgánica compuesta por moléculas de tamaño pequeño, fundamentalmente disuelta, en un conjunto de ácidos volátiles de cadena corta (los más comunes son el acético, el propiónico y el butírico), gases (principalmente anhídrido carbónico, hidrogeno y nitrógeno), nuevas células y otros productos. La fermentación de monosacáridos y aminoácidos es considerada como un proceso rápido, que nunca resulta limitante del proceso global. La acidogénesis de grasas y ácidos grasos de cadena larga puede resultar más problemática, por el carácter tóxico de los ácidos grasos de cadena larga y media, principalmente los de tipo hidrófobo.

Los microorganismos que desarrollan esta etapa son poblaciones muy diversas de bacterias anaerobias estrictas o facultativas. Las bacterias facultativas son más numerosas en el seno del reactor, siendo su acción muy interesante, ya que remueven cualquier traza de oxígeno disuelto que quede en el material orgánico, además de producir nutrientes para las bacterias productoras de metano. (Seco Torrencillas & Ferrer Polo, 2017)

- c) Etapa Acetogénica:** La etapa acetogénica, es aquella en la que se produce acetato,  $H_2$  y  $CO_2$ , precursores directos del metano, a partir de la etapa de fermentación o bien directamente después de la hidrólisis. Esta etapa, junto con la metanogénica son consideradas limitantes del proceso, dependiendo su velocidad relativa de las condiciones de operación concretas para cada sustrato y diseño particulares. Durante esta etapa actúan dos tipos diferentes de microorganismos las bacterias homoacetogénicas, que se caracterizan por que forman acetato como único metabolito a partir, tanto de la fermentación de azúcares, como de compuestos monocarbonados como el ácido fórmico o

la mezcla gaseosa  $\text{CO}_2\text{-H}_2$  y las bacterias acetogénicas, las cuales son capaces de metabolizar los productos terminales de la etapa acidogénica, es decir, alcoholes, ácidos grasos volátiles y algunos compuestos aromáticos que son convertidos en acetato,  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2$ . Genéricamente se denominan como acetogénicas productoras obligadas de hidrógeno. Así, el metabolismo acetogénico se caracteriza por una absoluta dependencia de la eliminación de  $\text{H}_2$ , por lo que es necesaria una asociación con las bacterias consumidoras de hidrógeno, función que desarrollan las bacterias metanogénicas o las sulfatorreductoras en presencia de sulfato.

- d) Metalogénesis:** proceso que consiste en la conversión, por acción de bacterias anaerobias estrictas, que reciben el nombre de metanogénicas, estas son estrictamente anaerobias y se inhiben incluso en presencia de pequeñas cantidades de oxígeno, por ello se deben mantener en un ambiente reductor, y no sólo por la presencia de oxígeno, ya que si existen en el medio sustancias fuertemente oxidantes como nitritos o nitratos, también pueden resultar inhibidas. Además, la presencia de algunos cationes, ácidos grasos de cadena larga y ácidos grasos volátiles, también son inhibidores del crecimiento de las metanogénicas. Esto indica que estos microorganismos pueden ser inhibidos incluso por su propio sustrato, al encontrarse éste en cantidades elevadas.

Las bacterias metanogénicas además de cumplir con la función de producir metano, tienen la importante labor de eliminar el hidrógeno, ya que el metabolismo acetogénico depende en gran medida de la capacidad que exista para la reducción del hidrógeno. Las encargadas de llevar a cabo estas funciones son las bacterias metanogénicas hidrogenofílicas, quienes utilizan el hidrógeno producido para reducir el  $\text{CO}_2$  en  $\text{CH}_4$ . Las bacterias metanogénicas acetoclásticas, que son las que transforman el acetato en  $\text{CH}_4$ . Esta transformación

contribuye con el 70% de la producción de metano en los digestores (Seco Torrencillas & Ferrer Polo, 2017).

Estas bacterias ayudan a mantener el pH, ya que eliminan el ácido acético y producen  $\text{CO}_2$  que disuelto, forma una disolución tampón de bicarbonato (Lema, 1986). Además, existe un tercer grupo de bacterias metanogénicas que utilizan el metanol y las metilaminas para su crecimiento y para la producción de metano: las bacterias metiltrofas.

### **2.3.5 Ventajas y desventajas del tratamiento anaerobio.**

#### **a) Ventajas:**

La ventaja principal de los procesos anaerobios con relación a los aerobios se fundamenta en la transformación de la materia orgánica a través de una tecnología de bajo consumo energético (Valera, Valencia, Ramirez, Gonzalez, & Perez, 1998) Obteniéndose de un balance comparativo de energía y de masa entre ambos procesos, los resultados siguientes:

- Los procesos anaerobios se consume mucho menos energía externa fundamentalmente eléctrica, que en los procesos aerobios, no necesitándose, además, equipos mecánicos para el desarrollo de estos (por ejemplo compresores o agitadores mecánicos), además, se obtiene energía, en forma de gas combustible, útil para cualquier fin energético.
- Los reactores anaerobios pueden tratar cargas orgánicas mucho mayores que los aerobios (del orden de 10 veces o incluso más), debido a que el proceso anaerobio sólo está limitado por la capacidad de retención de biomasa, mientras que la capacidad máxima de tratamiento de los procesos aerobios está limitada por la solubilidad y transferencia del oxígeno, que es el reactivo limitante. Esto se traduce



en que para tratar la misma cantidad de materia orgánica, los reactores anaerobios tienen menores requerimientos de espacio que los aerobios.

- Durante los procesos anaerobios cerca al 50% del carbono contenido en el sustrato se convierte a biomasa y el otro 50% pasa a dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)
- En los procesos anaerobios solo se generan del 10 al 30% de los lodos (biomasa) que se producen en los aerobios, lo que disminuye considerablemente los costos de disposición final de estos; además, los lodos anaerobios están mucho más estabilizados que los aerobios,
- La biomasa anaerobia se puede mantener activa durante meses o incluso años sin alimentación, debido a que se produce una reducción en la velocidad de descomposición endógena próxima al 95%. Esta característica permite tratar efluentes generados de forma temporal, como los de la industria vitivinícola o la del azúcar.
- Por cada Kg. De DQO eliminado por el metabolismo bacteriano, la vía aerobia (lodo activado) requerirá 1Kwh de energía eléctrica para el equipo de aeración. Mientras la vía anaerobia producirá un equivalente de 3Kwh como energía química acumulada en el CH<sub>4</sub>, la cual puede ser convertida en una máquina de combustión acoplada a un generador eléctrico de eficiencia media de 20%, lo que resulta en 0.6 Kwh de energía eléctrica/Kg de DQO removida.

#### **b) Desventajas:**

Las desventajas de los procesos anaerobios son:

- Lento crecimiento de las bacterias, lo que obliga a que los tiempos de retención celular sean mayores. Esto se traduce en un mayor tiempo de arranque para los reactores anaerobios sobre los aerobios, siendo además necesario un mayor volumen de inóculo inicial.
- La cinética de los procesos anaerobios es más fuertemente dependiente de la temperatura que la de los procesos aerobios. Esto hace necesario operar a temperaturas altas (en torno a 35°C habitualmente) para aumentar la velocidad del proceso, y si el agua residual está fría, requerirá de calefacción, con el consiguiente gasto energético que ello supone. La alimentación se puede calentar con el metano generado, del orden de 3°C por cada litro al que se le metaniza 1 g de DQO. La calefacción de la alimentación sólo es viable para aguas residuales cargadas, las frías y diluidas no son adecuadas para el tratamiento anaerobio.
- Se pueden producir malos olores asociados a la producción de mercaptanos y sulfhídrico, especialmente si hay sulfatos u otros compuestos azufrados en la alimentación. La eliminación del sulfhídrico es imprescindible para el aprovechamiento energético del biogás.

Reactor seleccionado: RBAM

### **2.3.6 Reactor Biológico Anaerobio con Mamparas**

El reactor Biológico Anaerobio con mamparas es más conocido como reactor anaeróbico desconcertado (ABR) y consta de una serie de compartimentos (hasta 8) en un reactor los cuales son divididos en 2 cada uno, para forzar al agua residual entrante a través de una serie de mantas de lodo, reduciendo así la pérdida de biomasa. También se puede operar con gránulos o medios internos que mejoran su estabilidad. Por lo tanto, el tiempo de retención del lodo puede separarse

del tiempo de retención hidráulica (HRT), lo que genera una buena demanda de oxígeno químico (DQO) y eliminación de sólidos, baja producción de lodo y una huella pequeña. (Herbert H P Fang, 2010)

Del conjunto de ventajas y desventajas del tratamiento anaerobio sobre el aerobio, se debe extraer que el proceso de tratamiento más adecuado dependerá fundamentalmente de las características del agua residual a tratar y de la calidad de efluente requerida para vertido. En muchas ocasiones, la combinación de ambos procesos es la que permite obtener un tratamiento global óptimo en resultados y costes. (Antón, 2011)

#### **a) Características de un RBAM**

Las características más resaltantes para describir un RBAM son las siguientes:

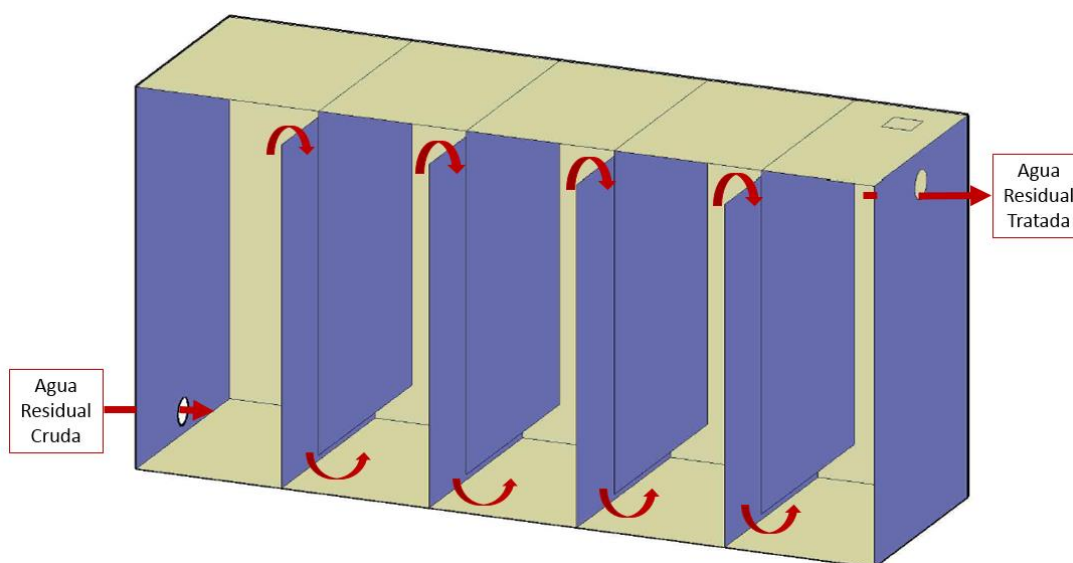
- El diseño es único entre los diseños de reactores anaeróbicos en que sus compartimientos (hasta 8) forman un reactor "escalonado" que separa diferentes grupos tróficos, más específicamente *Methanosarcina* sp. en el frente del reactor de *Methanosaeta* sp. debido a sus diferentes cinéticas y constantes de velocidad media. Esta puesta en escena hace que el RBAM sea muy resistente a los choques de carga.
- La hidrodinámica del reactor revela que se aproxima a una serie de un reactor concentrado de flujo agitado (CSTR) con espacio muerto hidráulico y biológico bajo a medio (8 - 37%) dependiendo de TRH para la producción de gas y concentración de biomasa sin necesariamente está fuertemente correlacionado con cualquier parámetro específico. El reactor es muy estable tanto para cargas de choque orgánicas como hidráulicas, y en este último caso los canales se forman a través del lecho minimizando el lavado de biomasa.

- El arranque del ABR debe realizarse inicialmente con cargas espaciales bajas ( $<1.2 \text{ kg-DQO} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ ) hasta que se establezca una población estable, y es mejor hacerlo con una fuerza de avance constante y reduciendo la HRT, en lugar de viceversa. El uso de gránulos en la ABR permite que se utilicen cargas iniciales más altas en la puesta en marcha, siempre que los gránulos utilizados provengan de flujos de residuos similares.
- El ABR es capaz de tratar aguas residuales de baja resistencia ( $0.3 \text{ g-DQO} \cdot \text{l}^{-1}$ ) y de alta resistencia ( $115 \text{ g-COD} \cdot \text{l}^{-1}$ ), y podría lograr una eliminación de 95% de DQO a las 10 horas de HRT con baja resistencia e incluso a  $5 \text{ g DQO} \cdot \text{l}^{-1}$  podría eliminar 94% de DQO a las 6 horas de HRT.
- El rendimiento a bajas temperaturas ( $10\text{-}15 \text{ }^\circ\text{C}$ ) aún puede dar lugar a una eliminación razonable (83% a  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  a las 10 h, con 60-43% a  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ ).
- Los altos niveles de sulfato pueden tolerarse bien debido a la naturaleza por etapas del reactor, y las relaciones  $\text{DQO}:\text{SO}_4^{2-}$  tan bajas como 1 pueden tratarse con actividades muy altas de reductores de sulfato en el frente del reactor.
- La adición de gránulos a un ABR da como resultado una mayor estabilidad y cargas orgánicas potencialmente más altas.
- Los productos microbianos solubles (PMS) se producen en el RBAM y varían en el reactor. Los PMS's establecen el límite inferior para la eliminación de DQO, y su producción aumenta con la disminución de la temperatura, la HRT, la reducción del suministro de nutrientes y el aumento de las toxinas.
- Los modelos de rendimiento RBAM se han desarrollado basándose en la cinética microbiana, la transferencia de masa (a través de la superficie del floculo) y la hidrodinámica, y mientras los posteriores hacen un buen trabajo prediciendo la eliminación

de DQO, a menudo necesitan ajustar el área de superficie de la biomasa para obtener buenos resultados. predicciones

- Más de 700 plantas pequeñas entre  $(20-30\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$  ahora se utilizan para el saneamiento de bajo costo en el sudeste asiático, y al menos cuatro plantas de gran escala  $(7,000 \text{m}^3\text{-d}^{-1})$  se están ejecutando. Tailandia que trata las aguas residuales del almidón y la mezcla del agua residual provenientes de cerdos.

**Figura 2: Diseño del Reactor Biológico Anaerobio con Mamparas (RBAM)**



Fuente: Elaboración propia

### b) Ventajas de un RBAM

Probablemente la ventaja más significativa del RBAM es su capacidad para separar la acidogénesis y la metanogénesis longitudinalmente del reactor, permitiendo que se comporte como un sistema de dos fases sin los problemas de control asociados y los altos costos. La operación de dos fases puede aumentar la actividad acidogénica y metanogénica por un factor de hasta cuatro a

medida que se acumulan bacterias acidógenas en la primera etapa. (Barber & Stuckey, 1998) en la tabla 6, se especifica las ventajas asociadas al RBAM.

**Tabla 6: Ventajas del RBAM**

Ventajas asociadas con el Reactor Biológico Anaerobio con Mamparas	
Construcción	1 diseño simple 2 Sin partes móviles 3 Sin mezcla mecánica 4 Barato de construir 5 Alto volumen 6 Reducción de la obstrucción 7 Expansión reducida del lecho de lodo 8 Bajo capital y costos operativos
Biomasa	1 Sin requisitos de biomasa con propiedades de asentamiento inusuales 2 Baja generación de lodo 3 Tiempos de retención de sólidos elevados 4 Retención de biomasa sin medios fijos o una cámara de sedimentación sólida 5 No se requiere separación especial de gas o lodo
Operación	1 baja TRH 2 operación intermitente posible 3 Extremadamente estable a las cargas de choque hidráulico 4 Protección contra materiales tóxicos en efluente 5 largos tiempos de operación sin derroche de lodo 6 Alta estabilidad a los choques orgánicos

**Fuente:** (Barber & Stuckey, 1999)

Sin embargo, a pesar de sus muchas ventajas potenciales sobre otros diseños de reactores anaeróbicos de alta tasa, y el número de publicaciones, nunca se ha intentado cotejar toda esta información en una revisión. (Barber & Stuckey, 1999)

### **2.3.2.3. Parámetros de seguimiento en un RBAM.**

#### **2.3.2.3.1. Cantidad de materia orgánica.**

Este parámetro, que expresa la cantidad de materia orgánica presente en el agua residual, y se mide como demanda química de oxígeno (DQO), resulta un parámetro de determinación rápida y reproducible, por lo que es el más utilizado en el control de reactores anaerobios. A través de este parámetro es posible determinar la eficiencia de degradación o biodegradabilidad de un sistema

biológico, controlando la DQO del afluente y la DQO del efluente, como se indica en la ecuación (1.1). Además, es de gran importancia para el diseño de un sistema de tratamiento biológico.

**Ecuación 1: Determinación de la eficiencia de biodegradabilidad**

$$\%BioDeg = 100 \cdot \frac{DQO \text{ afluente} - DQO \text{ efluente}}{DQO \text{ afluente}} \quad (2.1)$$

El empleo de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) indica la cantidad de materia orgánica biodegradable, presente en el agua residual, sin embargo, no es demasiado útil, ya que además de ser una prueba poco reproducible y tediosa, se obtienen los resultados sobre el estado del reactor con cinco días de retraso, que es demasiado tiempo para poder reaccionar en caso de alteraciones.

**2.3.2.3.2. Velocidad de carga orgánica (VCO).**

La velocidad de carga orgánica es uno de los parámetros más utilizados para caracterizar la capacidad de tratamiento de los reactores anaerobios. La VCO se expresa como la cantidad de materia orgánica tratada por volumen del reactor y unidad de tiempo [kg DQO/m<sup>3</sup>·d]. A cada tipo de reactor y tipo de afluente residual corresponde un valor máximo de VCO, si éste es sobrepasado, el reactor pierde estabilidad y disminuye el rendimiento de depuración.

**Ecuación 2: Ecuación de determinación de la velocidad de carga orgánica**

$$VCO = \frac{Q_a - DQO}{V_r} \quad (2.2)$$

V<sub>r</sub>: Volumen efectivo del reactor [m<sup>3</sup>]

Q<sub>a</sub>: Caudal de alimentación [m<sup>3</sup>/d]

**2.3.2.3.3. Temperatura.**

La temperatura del agua residual es por lo general mayor que la temperatura del agua para abastecimiento como consecuencia de la incorporación de agua caliente proveniente de múltiples usos.

La medición de temperatura es de suma importancia debido a que la mayoría de los sistemas de tratamiento de aguas residuales incluyen procesos biológicos que dependen de la temperatura. Es un parámetro muy importante ya que afecta directamente las reacciones químicas y las velocidades de reacción, la vida acuática y la adecuación del agua para fines benéficos. Cuando la temperatura del agua es baja, el crecimiento y la reproducción de microorganismos son bajos también. (Lara Villacis, 2011)

#### **2.3.2.3.4. Caudal.**

El caudal se define, como el volumen del líquido que pasa por un lugar (canal, tubería, etc.) en una cierta cantidad de tiempo, o sea, corresponde a un volumen de agua (litros, metros cúbicos, etc), por unidad de tiempo (segundos, horas, etc).

#### **Ecuación 3: Ecuación de determinación del Caudal.**

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2.3)$$

Donde:

Q: caudal

V: Volumen del recipiente

T: tiempo

#### **2.3.2.3.5. Demanda Química de Oxígeno – DQO.**

La demanda química de oxígeno o DQO es una medida del oxígeno químicamente equivalente a la porción de materia orgánica de la muestra de agua que es susceptible de una oxidación mediante un agente químico oxidante fuerte. Según (Jimeno Blasco, 1998) También es llamada demanda inmediata, es la cantidad de oxígeno consumido por los cuerpos reductores presentes en un agua sin intervención de los organismos vivos. La determinación se puede hacer en medio alcalino o en medio ácido y es importante en estudios del tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales.



El método de refluo con dicromato ha sido seleccionado para efectuar las pruebas experimentales debido a las ventajas que tiene sobre otros oxidantes y su fácil aplicación a una amplia variedad de muestras, se puede realizar en solo unas 3 horas. Las unidades que se utilizan para la medición son de gramos de oxígeno/ metro cubico de agua ( $\text{g O}_2/\text{m}^3$ ) o también con el equivalente de oxígeno/ litro de agua ( $\text{mg O}_2/\text{L}$ )

#### **2.3.2.3.6. Demanda Bioquímica de Oxígeno – DBO<sub>5</sub>.**

La demanda bioquímica de oxígeno es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para oxidar (estabilizar) la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias. La DBO<sub>5</sub> es el parámetro más usado para medir la calidad de aguas residuales y superficiales, para determinar la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente la materia orgánica del agua, diseñar unidades de tratamiento biológico, evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y para fijar las cargas orgánicas permisibles en fuentes receptoras. Su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores.

La prueba consiste en la determinación del OD, antes y después de un periodo de incubación a 20°C. El periodo usual de incubación es de 5 días.

#### **2.3.2.3.7. Sólidos Suspendidos Totales - SST**

Los sólidos suspendidos se determinan como la cantidad de material retenido después de filtrar un determinado volumen de muestra usando como medio filtrante el papel filtro y medido después de que ha sido secado a una temperatura específica de 103- 105 °C, es el parámetro de control más importante en los procesos de lodo activados.

Los sólidos suspendidos son principalmente de naturaleza orgánica; están formados por algunos de los materiales más objetables contenidos en el agua residual. La mayor parte de los

sólidos suspendidos son de desperdicios de alimentos, células biológicas que forman una masa de sólidos suspendidos en el agua. Incluso las partículas de materiales inertes absorben sustancias orgánicas en su superficie.

#### **2.3.2.3.8. Tiempo de Retención Hidráulica - TRH**

El tiempo de retención hidráulica mide el tiempo que permanece el agua residual en el interior del reactor, midiendo por lo tanto también el tiempo del que disponen los microorganismos para la degradación de los sustratos, antes de que abandonen el reactor con el efluente. El TRH es necesario para un determinado proceso de depuración, dependerá de la biodegradabilidad de los sustratos implicados, pudiendo variar de unos pocos minutos para los sustratos fácilmente biodegradables, a varios días para los más lentamente biodegradables. (Antón, 2011)

#### **Ecuación 04: Calculo del tiempo de retención hidráulica- TRH**

$$TRH = \frac{\text{Volumen del reactor}}{\text{Caudal de alimentacion}} \quad (2.4)$$

#### **2.3.2.3.9. pH.**

El pH (potencial de hidrógeno) es una medida de la acidez o alcalinidad de una disolución. El pH típicamente va de 0 a 14 en disolución acuosa, siendo ácidas las disoluciones con pH menores a 7 y alcalinas las que tienen pH mayores a 7. El pH = 7 indica la neutralidad de la disolución (cuando el disolvente es agua).

El parámetro está representado de la siguiente manera:

- $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$
- $\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$

#### **2.3.2.3.10. Biogás.**

El biogás es una mezcla de metano, dióxido de carbono y otros compuestos que se genera por la degradación microbiana de materiales orgánicos de origen vegetal o animal en ausencia de aire, denominada digestión anaeróbica (DA). La DA es el medio más eficiente de generar energía a partir de residuos con contenido de materia seca inferior al 30% tales como los estiércoles, lodos de aguas residuales, alimentos y otros desechos orgánicos húmedos. El metano producido a través de la aplicación de la tecnología básica de la digestión anaeróbica de residuos orgánicos húmedos normalmente se utiliza como insumo energético para calefacción, generación de electricidad o combustible para el transporte.

El biogás industrial que se obtiene del proceso se describe como digestión anaeróbica pasiva; que proviene de aguas residuales urbanas y de efluentes industriales tratados en las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR)

Los procesos bacterianos y enzimáticos de la digestión anaeróbica son sensibles a variaciones de temperatura, el contenido diluido, se puede digerir relativamente poca materia orgánica y la producción de biogás es limitada.

#### **2.3.2.3.11. Afluente.**

El afluente es conceptualizado como el agua u otro líquido que ingresa a un reservorio, planta de tratamiento o proceso de tratamiento. (MINAM, 2012)

#### **2.3.2.3.12. Efluente.**

Se llama efluente a la salida líquida del reactor con un porcentaje de materia orgánica degradada más el lodo generado por las reacciones bioquímicas, generalmente se obtiene después de una separación de las fases sólida y líquida. Por lo que la finalidad buscada es de reducir los parámetros que exceden los valores máximos permisibles para el vertimiento de aguas residuales no domésticas. (MINAM, 2012)

**2.3.2.3.13. Lodo.**

El lodo es una suspensión negruzca, que después de ser tratada por algún medio para retirar la humedad y eliminar patógenos está exenta de olores ofensivos, este sedimenta fácilmente y tiene un pH aproximadamente neutro. Está compuesto por una serie de productos inorgánicos solubles e insolubles (principalmente sales), por diferentes materiales orgánicos no digeridos (proteínas, grasas, celulosa, lignina, etc.) y por las bacterias responsables del proceso.

## CAPITULO III

### PLANTEAMIENTO METODOLOGICO

#### 3.1 Metodología

##### 3.1.1 Método

El método de investigación es de carácter cuantitativo experimental, que parte desde la caracterización de las aguas residuales sin la aplicación del reactor, cuyos datos serán analizados a nivel de laboratorio el cual nos servirán de base para su posterior comparación después de utilizar el reactor anaerobio biológico con las condiciones de trabajo. Seguidamente, se procede a instalar el reactor para realizar las pruebas preliminares de adecuación, para que después se realice la evaluación de variables hasta encontrar la dosificación de los parámetros cuyos análisis químicos nos indicaran la eficiencia del proceso. Estos datos, cuantitativos del trabajo realizado durante el proceso de evaluación permitirán realizar comparación con los datos iniciales del proceso y evaluar si el trabajo ha logrado la eficiencia adecuada.

**Tabla 07: Periodo de análisis y métodos de obtención de los indicadores de estudio.**

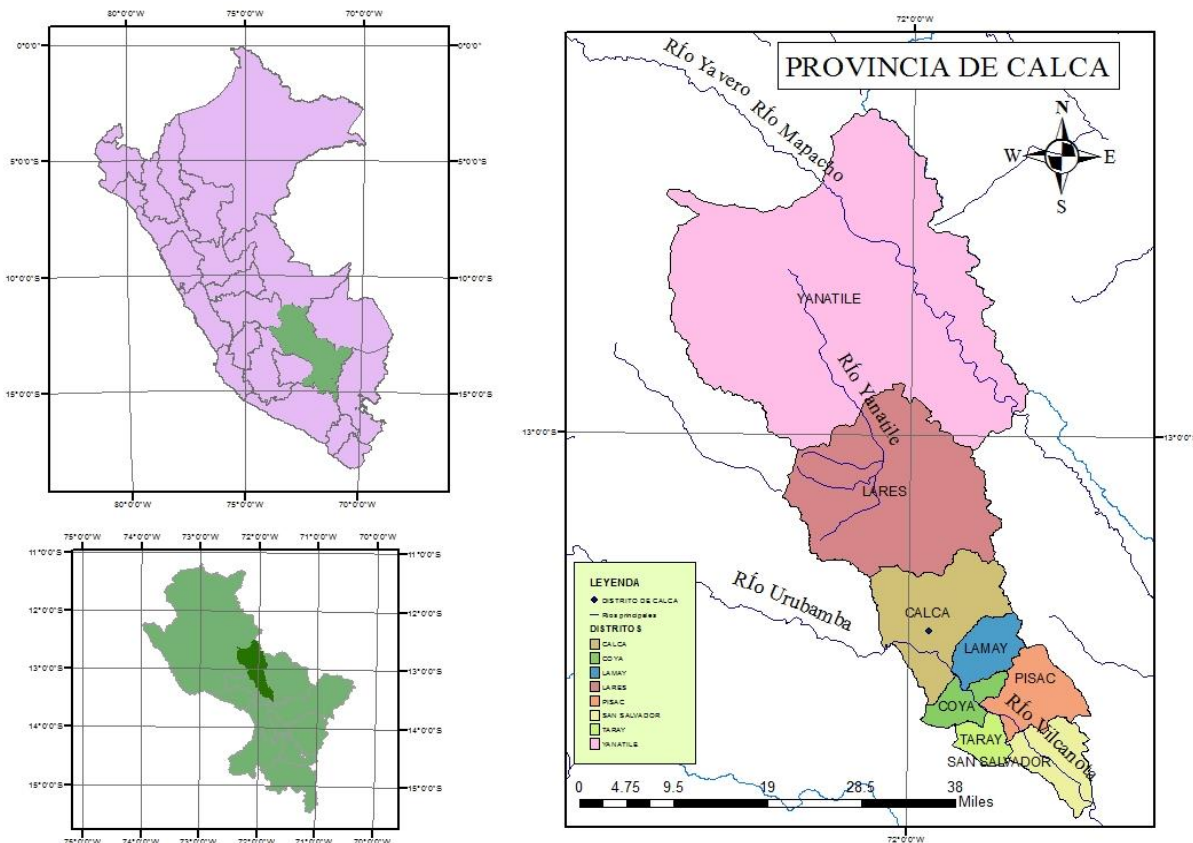
VARIABLE	INDICADOR	PERIODICIDAD DEL ANÁLISIS	METODO/OBTENCIÓN
<b>DEPENDIENTE:</b> <b>Tratamiento de las aguas residuales del Camal Municipal de Calca</b>	Demanda Química de Oxígeno	3 veces por semana	Digestión de Reactor/Colorimétrico
	Sólidos suspendidos Totales	3 veces por semana	Desecación a 105°C
	Demanda Bioquímica de Oxígeno	3 veces por semana	Oxígeno disuelto- Método Winckler
<b>INDEPENDIENTE:</b> <b>Caudal</b>	Litros/día	Cambio de caudal	Calculo de formula
<b>TRH en el RBAM a escala piloto</b>	Horas	Cambio de caudal	Calculo de formula

**Duración: 3 meses**

**Fuente: Elaboración propia. El análisis se lleva a cabo en laboratorio, teniendo en cuenta los días de funcionamiento del Camal Municipal de Calca.**

### 3.1.1.1 Ubicación geográfica

**Figura 3: Ubicación geográfica del distrito de Calca.**



Fuente: Elaboración propia

### 3.1.1.2 Procedimiento para la toma de muestras

La toma de muestras para la determinación de los parámetros: DBO<sub>5</sub>, DQO y SST, antes y después del tratamiento, se realizó con una frecuencia de 3 veces a la semana (Lunes, Miércoles y Viernes) por un mes de funcionamiento del reactor. Se inició la primera toma de muestras a 30 días después de haberse completado la etapa de arranque o maduración del reactor.

### **Método de Recolección de Muestra.**

Para el desarrollo de la presente investigación, para los análisis del afluente al reactor se aplicaron el Método de Muestreo Manual, el cual requiere de un mínimo equipos y personal de muestreo. Y para los análisis del efluente de salida del reactor se analizaron según los protocolos de un laboratorio certificado.

### **Muestreo y Preservación de Muestras**

El muestreo de afluente al reactor se llevó a cabo bajo los procedimientos e indicaciones establecidos por el Laboratorio Quimlab S.A.C - Cusco, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

### **Enjuague de Recipientes:**

Se utilizó recipientes esterilizados, los cuales antes de ser llenados, se procedió a enjuagarlos tres veces con el agua residual, este proceso se realizó para retirar cualquier elemento que se encuentre en el envase ajeno a la investigación, cabe recalcar este proceso es sugerido por los laboratoristas de Louis Pasteour S.A.C - Cusco.

### **Medición de pH y Temperatura.**

Una vez obtenida la muestra, se procedió a tomar la medición de los parámetros de pH y temperatura, y que estos parámetros son parámetros necesarios que tienen que ser medidos en campo. Según las indicaciones de los técnicos del laboratorio.

### **Añadidura de reactivos.**

Luego de haber tomado la lectura de los parámetros de campo, se procedió a añadir los respectivos reactivos para conservar las muestras, según las indicaciones de los técnicos del laboratorio.

### **Cerrado y precintado.**

Las muestras se cerraron convenientemente y se precintaron, en su caso, de formas que quede garantizada su inviolabilidad, Durante su transporte.

### **Rotulación.**

Antes de la toma de la muestra se marcaron los frascos mediante rotulador resistente al agua (plumón indeleble), con una referencia que permita su identificación. En todo caso la muestra se acompañará de una ficha o etiqueta en la que se consignen los datos necesarios que, como mínimo, serán los siguientes:

- Identificado de la muestra (ID)
- Localización de la muestra.
- Fecha y hora de muestro.
- Parámetro según corresponda.

### **Acondicionamiento y conservación.**

Una vez tomada la muestra se acondicionó de modo que quede en la oscuridad, debiendo remitirse cuanto antes al laboratorio (Colocación de las muestras en el Coolers). Conservando la temperatura con la ayuda de gel (hielo).

## **3.1.2 Tipo de Investigación**

De acuerdo a la naturaleza de la investigación, y requerimientos de análisis de parámetros fisicoquímicos, tales como: Demanda Química de Oxígeno, Demanda Biológica de Oxígeno y Solidos Suspendidos Totales; se considera la investigación de



carácter cuantitativo y experimental. Es cuantitativo, porque requiere en la aplicación variables numéricas y es experimental porque los valores de las variables se obtienen a nivel de laboratorio con pruebas netamente experimentales.

### **3.1.3 Nivel de Investigación**

De acuerdo a (Sampieri, Collado, & Lucio, 2014), es de alcance descriptivo, relacional y explicativo. Será descriptivo, debido a que este tipo de investigación facilita la obtención de información, así como las características más relevantes en el tratamiento de aguas residuales. Es decir, únicamente pretenderá medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o variables, donde el investigador debe ser capaz de definir o al menos visualizar que se medirá y sobre que o quienes se recolectará los datos.

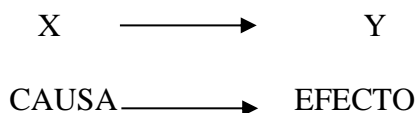
Sera explicativo, porque va más allá de la descripción de los conceptos o fenómenos, es decir explica las causas y los efectos de los eventos o fenómenos físicos de la reducción de materia orgánica para el tratamiento de aguas residuales. Estas investigaciones son más estructuradas que los demás tipos de investigación, además que proporcionan un sentido de entendimiento del fenómeno al que se hace referencia. Es decir, es un estudio de causa-efecto. Por lo que la investigación se dirigió al Camal Municipal de Calca provincia de Cusco con el propósito evaluar la eficiencia del reactor biológico con mamparas para la reducción de materia orgánica en el agua residual.

### **3.2 Diseño de la investigación.**

La presente investigación asume un enfoque experimental debido a que se manipula una o más variables independientes de estudio, para controlar el aumento o disminución de estas variables y

su efecto en las conductas observadas denominadas efectos. Dicho de otra forma, un experimento consiste en hacer un cambio en el valor de una variable (variable independiente) y observar su efecto en otra variable (variable dependiente). Esto se lleva a cabo en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o porque causa se produce una situación o acontecimiento particular. Los métodos experimentales son los adecuados para poner a prueba hipótesis de relaciones causales (Sampieri, Collado, & Lucio, 2014).

El presente proyecto de investigación refiere como causa: la manipulación del caudal de entrada al reactor en (l/día) y el manejo del tiempo de retención hidráulica (TRH), y como efecto el tratamiento de las aguas residuales con la concentración de los parámetros fisicoquímicos (Demanda Bioquímica de Oxígeno- DBO<sub>5</sub>, Demanda Química de Oxígeno- DQO y Solidos Suspendidos Totales- SST).

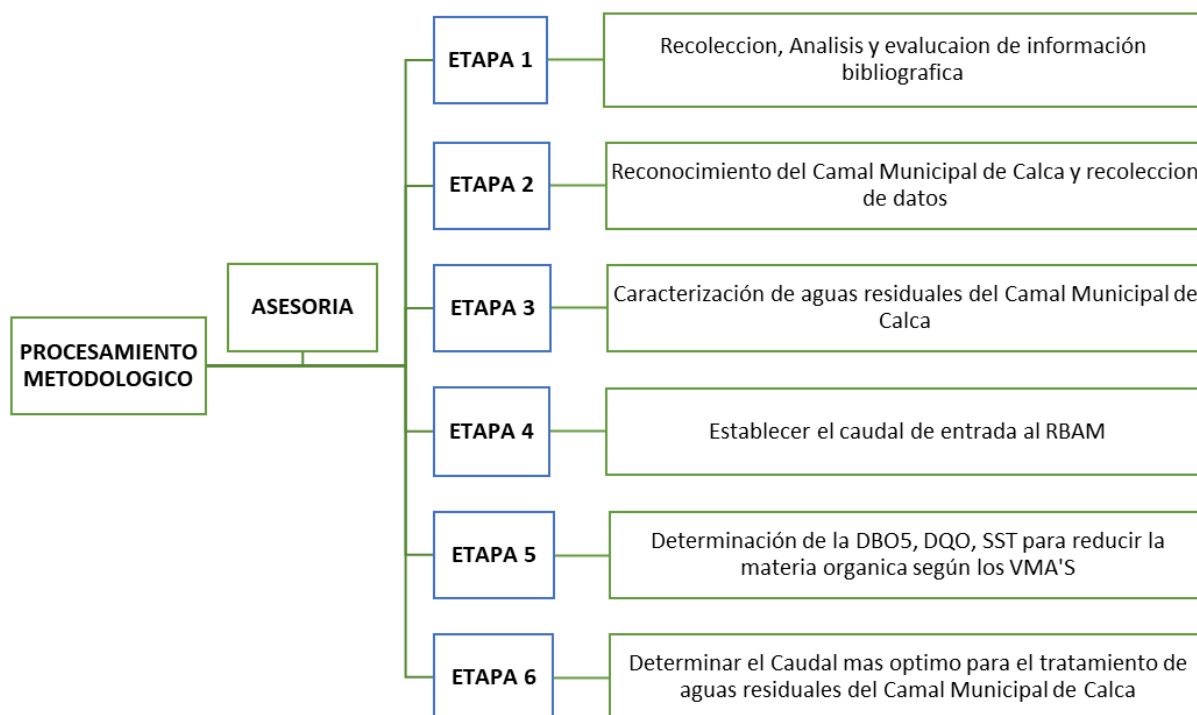


Dónde:

X: Es la variable independiente, que es manipulada (Causa)

Y: Es la variable dependiente (Efecto)

**Figura 4: Diagrama metodológico.**



**Fuente: Elaboración propia**

### **3.2.1. Recolección, análisis y evaluación de información bibliográfica**

Se procedió a realizar la recopilación de la información mediante la revisión bibliográfica relacionada al tratamiento de aguas residuales no domesticas en reactores anaerobios con diferentes tecnologías para la reducción de materia orgánica procedente de camales y mataderos.

Una vez obtenida la información necesaria se utilizó herramientas y metodologías apropiadas, una vez obtenida la información necesaria esta fue analizada y evaluada, seleccionando lo necesario la cual nos ayudó a lograr con los objetivos de esta investigación.

### **3.2.2. Permiso a la administración del Camal Municipal de Calca**

Para el inicio del desarrollo de las actividades, se procedió a presentar una carta ante la municipalidad provincial de Calca, en donde se solicita el permiso correspondiente para poder ejecutar la investigación en las instalaciones del matadero municipal. Se solicitó el ingreso sin restricciones al establecimiento, el uso del agua residual y un área de 10m<sup>2</sup>, la cual se empleó para la construcción de la planta piloto.

### **3.2.3. Reconocimiento del Camal Municipal de Calca y recolección de datos**

Se realizó el diagnóstico situacional y la recolección de datos del Camal Municipal de Calca, tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- Numero de reces ingresadas al día para el faenado correspondiente
- Cantidad de agua potable utilizada para el faenado
- Disposición de los residuos sólidos como (panza, estiércol, grasas, cuero, patas y cuernos, piedras)
- Número de personas que trabajan y frecuentan las instalaciones

### **3.2.4. Caracterización de las aguas residuales del Camal Municipal de Calca**

Se realizó la caracterización de las aguas residuales del Camal Municipal de Calca, ya que se debe de conocer la concentración de los parámetros fisicoquímicos como la DBO<sub>5</sub>, DQO, SST para la reducción de materia orgánica en el RBAM, así mismo es necesario conocer los parámetros del agua como pH y temperatura.

Se tomaron muestras compuestas del agua residual solo en las mañanas que el personal realiza el faenado correspondiente. Las muestras tomadas fueron enviadas al laboratorio para ser analizadas. Los resultados obtenidos fueron analizados.

### **3.2.5. Dimensiones de la instalación del RBAM**

Se visitó las instalaciones del Camal municipal, para realizar el correcto dimensionamiento e identificar el área donde se instaló el RBAM. Para el área seleccionada, se tuvo en cuenta las siguientes condiciones:

- Un área de poca pendiente.
- El área cerca al efluente (desagüe), con la finalidad de facilitar el uso del agua residual y su transporte hacia el tanque de almacenamiento.
- Instalación de una estructura de metal que ayuda y funciona de plataforma, donde descansa el tanque de almacenamiento y también el mezclador mecánico.

Luego de haberse identificado el área donde se instaló el RBAM, se procedió a construir la planta piloto.

### **3.2.6. Puesta en marcha del RBAM**

Para la puesta en marcha o arranque del reactor, se utilizó los lodos activados procedentes de la PTAR del distrito de San Jerónimo - Cusco, la cual se colocó al interior del primer compartimento de entrada al reactor y luego se procedió a abrir la válvula de ingreso de agua residual proveniente del tanque de almacenamiento, iniciándose así el proceso de arranque.

### **3.2.7. Establecer el caudal de entrada al RBAM**

Se determinó el debido caudal de entrada para alimentar al RBAM según las dimensiones de las mismas recomendadas para mantener una adecuada granulación de lodos dentro del reactor

### **3.2.8. Alimentación del RBAM**

El RBAM, es un tipo de reactor de flujo continuo, quiere decir que el caudal de ingreso es igual al caudal de salida, originándose de esta manera un consumo del agua que se encuentra almacenada en el tanque con una capacidad de 1300litros, en este sentido se procedió a abastecer diariamente de forma mecánica con una electrobomba de 1Hp de potencia directo al tanque elevado que se utilizó como tanque de almacenamiento, para luego abastecer el tanque elevado; con la finalidad de no interrumpir con el sistema de la planta piloto y garantizar el buen funcionamiento.

### **3.2.9. Monitoreo de la variación de pH y temperatura**

Se monitoreó la variación del pH y temperatura, para ello se tomó muestras puntuales a la salida del reactor para ser analizadas in situ con la ayuda de un equipo pH-metro, así mismo con la ayuda de un termómetro se midió la Temperatura. El monitoreo se realizó inter diario entre las 10:00-11:00 de la mañana, sin excepción, con la finalidad de determinar el comportamiento del pH y temperatura. Esta actividad se realizó en la etapa de arranque y en la etapa de monitoreo del RBAM.

### **3.2.10. Determinación de la DBO<sub>5</sub>, DQO y SST, según los VMA.**

Los resultados obtenidos de las muestras enviadas al laboratorio, fueron analizados e interpretados según los Valores Máximos Admisibles de acuerdo a la normativa vigente. Para la obtención de los resultados se emplearon los siguientes métodos:

**Tabla 8: Método de ensayo para cada parámetro.**

ENSAYO		UNIDAD	METODO DE ENSAYO UTILIZADO
<b>Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)</b>		mgO <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22 nd Ed. (Incluye MUESTREO) (2012): Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-day BOD Test.
<b>Demanda Química de oxígeno (DQO)</b>		mgO <sub>2</sub> /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 22 nd Ed. (Incluye MUESTREO) (2012): Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method.
<b>Sólidos Totales (SST)</b>	<b>Suspendidos</b>	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22 nd Ed. (Incluye MUESTREO) (2012): Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.11. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Una vez realizado el análisis de los datos obtenidos en campo, éstos fueron organizados y procesados en forma manual y electrónica construyendo tablas, gráficos estadísticos, entre otros. Todo ello para facilitar la evaluación e interpretación de los datos y resultados obtenidos.

## 3.3 Hipótesis de la investigación.

### 3.3.1 Hipótesis General.

Evaluando los parámetros fisicoquímicos para obtener concentraciones por debajo de los valores máximos admisibles utilizando el reactor RBAM, se logra optimizar la reducción de materia orgánica en el tratamiento de aguas residuales en el camal Municipal de Calca, Cusco, 2017-2018.

### 3.3.2 Hipótesis Específicas.

- Caracterizando la materia orgánica de las aguas residuales del Camal municipal de Calca, se logra un buen diagnóstico preliminar de evaluación.

- Al establecer el caudal apropiado se garantiza la uniformidad de alimentación del reactor biológico anaerobio con mamparas para el tratamiento de las aguas residuales del Camal Municipal de Calca – Cusco, 2017-2018.
- Al encontrar las concentraciones adecuadas de la DBO<sub>5</sub>, DQO Y SST; se reduce la materia orgánica por debajo de los valores máximos admisibles en el tratamiento de las aguas residuales del Camal Municipal de Calca– Cusco, 2017-2018.

### 3.4 Variables

#### 3.4.1 Variable independiente

- Caudal
- Tiempo de retención hidráulica (TRH)

Con la manipulación de estas variables se logrará establecer los valores adecuados para la optimización del tratamiento de aguas residuales del Camal Municipal de Calca.

**Tabla 09: Indicadores de la Variable Independiente**

Variable Independiente	Indicador
Caudal y Tiempo de retención Hidráulica en el RBAM	Litros/día    Horas

**Fuente: Elaboracion propia.**



### 3.4.2 Variable Dependiente

**Tabla 10: Indicadores e índices de la Variable dependiente**

<b>Variable Dependiente</b>	<b>Indicador</b>	<b>Índice</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Tratamiento de las aguas residuales del Camal Municipal de Calca	Demanda Química de Oxígeno – DQO, en el efluente de salida	Alto	2000	mgO <sub>2</sub> /L
		Normal (Aceptable)	<1000	mgO <sub>2</sub> /L
	Solidos Suspendidos Totales –SST en el efluente de salida	Alto	1000	mg/L
		Normal (Aceptable)	<500	mg/L
	Demanda Bioquímica de oxígeno – DBO <sub>5</sub> , en el efluente de salida	Alto	1000	mgO <sub>2</sub> /L
		Normal (Aceptable)	<500	mgO <sub>2</sub> /L

**Fuente: Elaboración con base en: Ministerio de Vivienda D.S N° 021-2009-vivienda Aprueban Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de Aguas Residuales No Domésticas en el Sistema de Alcantarillado Sanitario.**

### 3.4.3 Variable Interviniente

Las variables intervinientes en el trabajo de investigación son las siguientes:

- Temperatura ( C)
- pH

## 3.5 Cobertura del Estudio

### 3.5.1 Universo

Para el desarrollo de la investigación se tomó como población o universo al volumen que ingresa al RBAM que corresponde al volumen efectivo de 1300 L de agua residual del Camal Municipal de Calca,

### 3.5.2 Muestra

Por conveniencia no utilizamos los cálculos del tamaño de muestra y se considera como muestra al agua residual utilizada para cada parámetro de evaluación. La misma que es obtenida tres veces por semana, tomadas y analizadas el mismo día, los parámetros físico-químicos de calidad de las

aguas para la investigación son de una muestra para cada uno de los siguientes parámetros: pH, temperatura, DBO<sub>5</sub>, DQO y SST.

**Tabla 11: Descripción de la muestra en la Investigación**

<b>Parámetro</b>	<b>Volumen mínimo de Muestra (mL)</b>	<b>Tiempo máximo de duración</b>
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	1000	48 horas
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	100	28 días
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	100	7 días
Aceites y Grasas (AG)	1000	28 días
pH	50	15 min
Temperatura	1000	15 min

**Fuente:** Elaboración con base en: Ministerio de Vivienda R.M N° 273-2013-vivienda Aprueban el protocolo de monitoreo de la calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas residuales Domesticas o Municipales- PTAR

### 3.5.3 Muestreo

La técnica de muestreo que se ha utilizado es de una muestra simple que solo es una muestra tomada en un instante, es muy fácil de hacerla, ya que solamente se toma con un recipiente el agua de la tubería o de una caída. Además, es rápido de tomarla esta técnica se utilizó para los parámetros de pH y temperatura. También se utilizó una muestra compuesta – cualificada para determinar los parámetros de DBO<sub>5</sub>, DQO y SST. Consiste en la mezcla de un número de muestras simples en este caso 5 muestras simples mezcladas y tomadas en un promedio de 8 minutos y se usa para conocer las condiciones promedio del agua, con el fin de controlar la eficiencia de una PTAR. En general, las muestras compuestas son aptas para indicar el promedio de las variaciones de la contaminación en el agua.

### **3.6 Técnicas e instrumentos**

#### **3.6.1 Técnicas de la investigación**

Las técnicas a utilizar en la investigación son las siguientes:

- Análisis de bibliografía; buscar la información bibliográfica para elaborar el marco teórico conceptual.
- Observación directa; Se observa el proceso de tratamiento de aguas residuales en el Camal Municipal de Calca, desde el ingreso del agua y trayecto que toma hasta llegar al reactor biológico anaerobio con mamparas y su disposición final al alcantarillado con dirección al rio Vilcanota.
- Experimentación; Con los parámetros fisicoquímicos para la determinación de los niveles de contaminación comparados con los valores máximos admisibles para las descargas de aguas residuales no domesticas en los sistemas de alcantarillado sanitario.
- Aplicación y adecuado funcionamiento del reactor biológico anaerobio con mamparas para un correcto tratamiento.

Técnicas de recolección de datos:

- Tablas estadísticas para la determinación exacta de valores de los parámetros fisicoquímicos (DBO<sub>5</sub>, DQO, SST).
- Figuras y diagramas
- Cuestionarios
- Entrevistas a los operarios y trabajadores de el Camal Municipal de Calca.

#### **3.6.2 Instrumentos de la investigación**

Se utilizaron los siguientes instrumentos de recolección de datos:

- Cámara fotográfica
- Hoja de preguntas para el cuestionario

Instrumentos para el análisis físico- químico de las muestras extraídas tanto de ingreso como de salida del reactor biológico anaerobio con mamparas:

- Determinación de  $DBO_5$ 
  - Botella Winkler de 300mL de capacidad de tapón esmetilado
  - Incubadora de enfriamiento
- Determinación de DQO
  - Reactor multiparámetro
  - Colorímetro portátil
- Determinación de SST
  - Esterilizador al seco
  - Balanza analítica
  - Bomba al vacío
- Otros
  - pHmetro
  - Reactivos para cada uno de análisis
  - Instrumentos de laboratorio
  - culers

### **3.6.3 Fuentes**

Para la determinación de los protocolos de análisis de parámetros se siguieron los procedimientos e información de los Standard Methods para la examinación de agua y agua residual. Esta referencia integral cubre todos los aspectos de las técnicas de análisis de agua y aguas residuales. Es una publicación conjunta de la American Public Health Association (APHA), la American Water Works Association (AWWA) y la Water Environment Federation (WEF).

### **3.7 Procesamiento estadístico de la información.**

#### **3.7.1 Estadísticos.**

En el presente trabajo de investigación se utilizó el programa Excel 2016, que permite crear gráficos a partir de los datos de valores (constantes numéricas), para la representación de los resultados obtenidos en la investigación.

#### **3.7.2 Representación.**

Los gráficos permiten visualizar la información de la hoja del programa Excel para poder comparar datos y deducir conclusiones, para este trabajo de investigación se utilizaron gráficos XY de dispersión que muestran las relaciones entre valores numéricos de varias series de datos, al igual que líneas que muestran tendencias de los datos e intervalos. Es útil, porque proporciona una visión general de la distribución de los datos.

## CAPITULO IV

### ORGANIZACIÓN, PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4.1 Resultados

##### 4.1.1 Caracterización de las aguas residuales del Camal Municipal de Calca

Se realizó la caracterización de las aguas residuales, el día miércoles 19 de julio del 2017. Las muestras fueron tomadas en horas de la mañana, según las especificaciones y protocolos para la toma de muestra del laboratorio, Louis Pasteour certificado por el organismo peruano de acreditación INACAL-DA con registro N° LE-042. Donde se analizaron los siguientes parámetros: Demanda Biológica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Solidos Totales en suspensión (SST), Aceites y grasas (A y G) y potencial de hidrogeno (pH). Los resultados obtenidos según el informe de ensayo LLP-3965-2017 SO-1532-2017 (Ver Anexo 3), se expresan en la siguiente tabla:

**Tabla 12: Caracterización de las aguas residuales del Camal Municipal de Calca.**

<b>CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE CALCA</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
<b>Demanda Química de Oxígeno DQO</b>	mg O <sub>2</sub> /L	3975,95
<b>Demanda Biológica de Oxígeno DBO<sub>5</sub></b>	mg O <sub>2</sub> /L	2788,00
<b>Solidos Totales en Suspensión</b>	mg/L	2720,00
<b>Aceites y grasas</b>	mg/L	155,00
<b>pH</b>	pH	7,35

**Fuente: Elaboración propia, Informe de Ensayo, LLP-3965-2017 SO-1532-2017**

Según los resultados de laboratorio obtenidos para los parámetros fisicoquímicos, se puede determinar que: la Demanda Química de Oxígeno se encuentra en un rango de 3975,95 mgO<sub>2</sub>/L, la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) en un rango de 2788,00 mgO<sub>2</sub>/L, Solidos Totales en

Suspensión (SST) con 2720,00 y aceites y grasas con 155,00, todos estos parámetros exceden considerablemente a los establecidos en los valores máximos admisibles.

#### 4.1.2 Dimensionamiento de la instalación del RBAM

El diseño del RBAM, es único entre los diseños de reactores anaeróbicos que puede llegar a estar conformado por 8 compartimentos, con la finalidad de formar un reactor "escalonado" que separa diferentes géneros de microorganismos tróficos, específicamente *Methanosarcina* sp. y *Methanosaeta* sp, en el frente del reactor debido a sus diferentes cinéticas y constantes de velocidad media. Esta puesta en escena hace que el ABR sea muy resistente a las cargas de choque. (Stuckey, 2010).

En la tabla 13 se detalla las dimensiones del RBAM a escala piloto instalado en el Camal Municipal de Calca, el mismo que fue fabricado de polipropileno con la forma de un prisma rectangular.

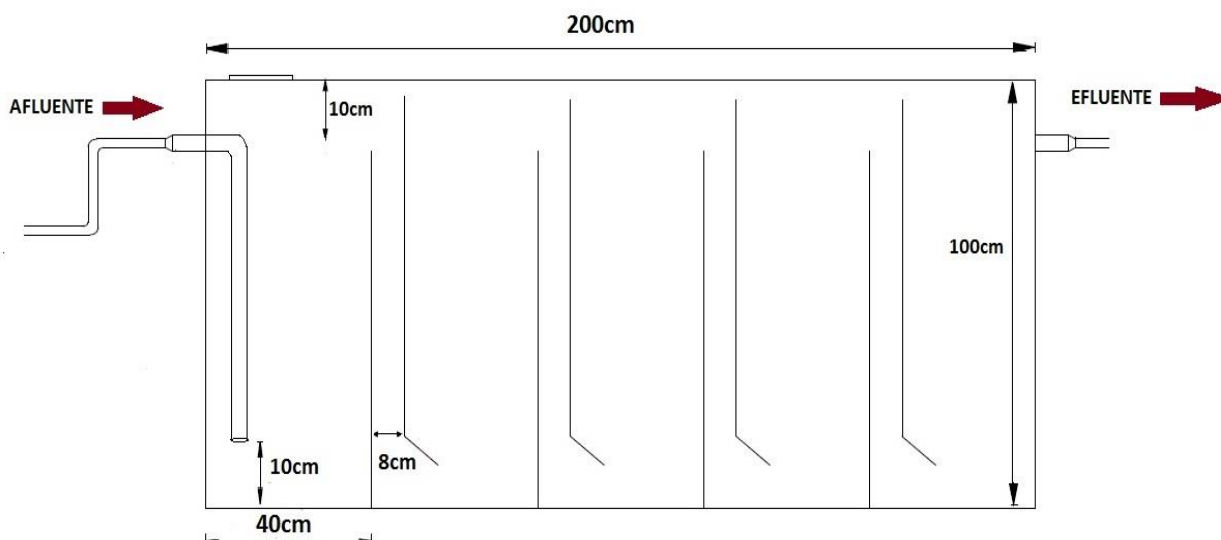
**Tabla 13: Dimensiones del Reactor Biológico Anaerobio con Mamparas**

Dimensiones	Medidas
Largo Total (m)	2.00
Ancho total (m)	1.00
Altura total (m)	1.00
Altura efectiva (m)	0.90
Volumen del RBAM (m <sup>3</sup> )	1.8
Largo de cada compartimento (m)	0.40
Ancho de cada compartimento (m)	0.80
Distancia de paso mampara abajo (m)	0.10
Distancia de paso mampara arriba (m)	0.10

Fuente: propia del autor

El volumen de reactor en funcionamiento es de 1300 litros. Como se muestra en la Figura 5, el RBAM se dividió en cinco compartimentos iguales por mamparas verticales de pie, cada uno está dividido en dos partes por una mampara vertical y una colgante vertical que crea regiones de esquina hacia abajo y hacia arriba.

**Figura 5: Diagrama esquemático de un Reactor Biológico Anaerobio con Mamparas.**



**Fuente: Elaboración propia**

Las porciones inferiores de los deflectores colgantes se doblaron 10 cm por encima de la base del reactor en un ángulo de  $45^\circ$  para dirigir el flujo de manera uniforme a través de la esquina superior derecha. El flujo de líquido avanza continuamente de arriba hacia abajo entre las mamparas de cada compartimento, este proceso permite que se realice un mezclado y contacto efectivos entre las aguas residuales y los biosólidos en la base de cada compartimento.

Los puertos de muestreo se ubican en la entrada y en la salida del RBAM en el medio de la parte superior del primer compartimento tiene una abertura para la salida del producto secundario (metano) producido en el proceso anaerobio, durante el periodo de arranque se monitorearon los parámetros fisicoquímicos como temperatura y pH los mismos que se especifican en el Anexo 05

#### **4.1.3 Puesta en marcha del RBAM (Arranque)**

Primeramente, se realizó la caracterización de lodos digeridos de la PTAR- Cusco ubicada en el distrito de San Jerónimo –Cusco. Los análisis del lodo digerido centrifugado fueron realizados el día miércoles 09 de agosto del 2017, los cuales estuvieron a cargo del laboratorio SGS del Perú



S.A.C, que efectuó los análisis microbiológicos, metales, compuestos orgánicos volátiles y control de calidad, los mismos que se especifican en los Anexos 04(a), 04(b) y 04(c), con los diferentes *Standard Methods* para cada uno ver Anexo 04(d), los valores relevantes para la investigación se indican en la siguiente tabla 14.

**Tabla 14: Caracterización de lodos inoculados al reactor RBAM**

PARAMETRO	VALOR
DQO [mg/L]	547 714.2
Solidos Totales [mg/L]	820 528.5
Solidos Volátiles [mg/L]	712 585.7
Solidos suspendidos totales [mg/L]	610 457.1
Solidos suspendidos volátiles [mg/L]	522 114.2
Densidad [Kg/L]	1,02
pH	7,1

**Fuente: Elaboración propia en base a resultados del laboratorio SGS.**

El arranque o puesta en marcha del RBAM comenzó mediante la inoculación de 70 litros de lodo digerido (5.38 % en volumen del reactor). La obtención del lodo se realizó en la temporada de sequía (mes de agosto) los cuales se depositaron en el primer compartimento de entrada al reactor con un volumen de 40 litros y en el segundo compartimento con 30 litros a una temperatura aproximada de 17 – 20 °C. En la tabla 15 se especifican los valores de las condiciones de inicio de arranque del RBAM.

**Tabla 15: Condiciones iniciales del arranque del RBAM**

CONDICIONES INICIALES DEL ARRANQUE DEL RBAM	
Fecha de arranque	Miércoles 16 de agosto del 2017
Caudal de arranque inicial	864.0 l/día
DQO de alimentación	3 050mg O <sub>2</sub> /l
Tiempo de retención Hidráulica (TRH)	36.1 horas

**Fuente: Elaboración propia en base al Anexo 05**

Cabe resaltar que cuando se dispone de un lodo de buena calidad para poder inocular el reactor, se puede comenzar alimentando el reactor con una carga máxima de 3 kg DQO/m<sup>3</sup>\*día y un tiempo de retención hidráulico de 24 horas. (Hulshoff, 1987). La etapa de arranque se caracteriza por ser lenta debido a las bajas tasas de crecimiento de las bacterias metanogénicas a temperaturas mesofílicas, según (Viñas, 1994) y considerando que para la ciudad del Cusco se tienen temperaturas muy variables la alimentación se hizo lentamente para lograr una buena aclimatación de los lodos a las propiedades específicas del agua a tratar. El tiempo de maduración o arranque tuvo una duración de 67 días, fecha a partir de la cual se considera que el RBAM se ha estabilizado lo suficiente para mantener las condiciones necesarias de operación. El periodo fue relativamente largo comparado con resultados de otros trabajos de investigación a nivel de planta piloto.

#### **4.1.4 Caudal de entrada al Reactor Biológico Anaerobio con Mamparas (RBAM)**

##### *a. Caudal del agua residual del camal Municipal de Calca*

El camal Municipal de Calca funciona de lunes a sábado con excepción del día martes que es día de limpieza de todo el establecimiento, en la tabla 16 se muestran los caudales promedios por día del agua residual durante una semana de trabajo normal en el Camal Municipal.

**Tabla 16: Caudal promedio del Agua residual del Camal Municipal de Calca**

<b>Día</b>	<b>Caudal de agua residual (l/día)</b>
<b>Lunes</b>	93 550
<b>Martes</b>	1 800
<b>Miércoles</b>	97 577
<b>Jueves</b>	90 375
<b>Viernes</b>	81 641
<b>Sábado</b>	102 506
<b>Domingo</b>	Sin actividad

**Fuente: Datos de campo CONASIN S.R.L**

En la tabla 16 se puede observar que el día lunes se registra un caudal de 93 550 l/día debido a que los días lunes en el camal se registran entre 9 a 13 sacrificios de ganado vacuno que equivale a un alto consumo de agua potable y por ende la producción de gran cantidad de materia orgánica. En cambio, los días martes se registran valores promedios de 1 800 l/día debido a que el Camal Municipal de Calca realiza la limpieza por lo que el gasto de agua es mínimo. Los días miércoles, jueves y viernes se tiene un promedio de 89 864 l/día donde el camal recibe un promedio de 5-10 cabezas de ganado vacuno, los días sábados se registran valores de 102 506 l/día a causa de la cantidad de cabezas de ganado entre 10-15 similar a los días lunes, los domingos no se registran valores de caudal debido a que es día no laborable dentro del Camal.

En las Figura 6 se puede observar la utilización del equipo The signature Flow Meter que está diseñado exclusivamente para aplicaciones de monitoreo de flujo en canales abiertos, utilizamos esta tecnología de medición de flujo para medir el caudal de salida del Camal Municipal de Calca. Cabe resaltar que la medición de flujo suele ser un cálculo basado en una relación conocida entre el nivel de líquido y la velocidad de flujo.

**Figura 6: Equipo de monitoreo del Caudal y temperatura**



**Fuente: Elaboración propia**

***b. Caudal de entrada en la puesta en marcha del RBAM***

La puesta en marcha del RBAM comenzó el día 16 de agosto del 2017 con un caudal de 864 litros/día y con un tiempo de retención hidráulico de 36.1 horas, el mismo que tuvo una duración de 3 semanas, el caudal de inicio para la entrada fue determinado así para evitar una sobrecarga hidráulica y prevenir la pérdida de la población bacteriana dentro del reactor.

En las posteriores semanas se evaluó la temperatura y el pH del afluente y efluente del RBAM, al obtener valores casi constantes con el tiempo se determinó el fin de la puesta en marcha el día 3 de noviembre del 2017 con un caudal de 1234.3 litros/día y un TRH de 25.3 horas y así dar paso al periodo de operación del RBAM.

En la tabla 17 se presentan los resultados de caudales de entrada al RBAM con las fechas de periodo de arranque o puesta en marcha, incrementándose con el tiempo para obtener un caudal propicio para la actividad microbiana dentro del reactor, controlando sus parámetros que indican su rendimiento.

**Tabla 17: Resumen del caudal de entrada en la puesta en marcha del RBAM**

Fecha	Caudal litros/día	Caudal m3/día	Volumen del Reactor (m3)	Volumen del Reactor (l)	TRH (DIAS)	TRH (HORAS)
<b>16/08/2017 - 30/08/2017</b>	864.0	0.9	1.3	1300.0	1.5	36.1
<b>1/09/2017 - 29/09/2017</b>	959.0	1.0	1.3	1300.0	1.4	32.5
<b>2/10/2017 - 13/10/2017</b>	1036.8	1.0	1.3	1300.0	1.3	30.1
<b>16/10/2017 - 30/10/2017</b>	1151.7	1.2	1.3	1300.0	1.1	27.1
<b>1/11/2017 - 3/11/2017</b>	1234.3	1.2	1.3	1300.0	1.1	25.3

Fuente: Elaboración propia

**c. Caudal de entrada en el periodo de operación del RBAM**

El periodo de operación se comenzó incrementando el caudal paulatinamente para poder así encontrar el caudal más adecuado en la alimentación del RBAM.

**Tabla 18: Resumen del caudal de entrada en etapa de operación del RBAM**

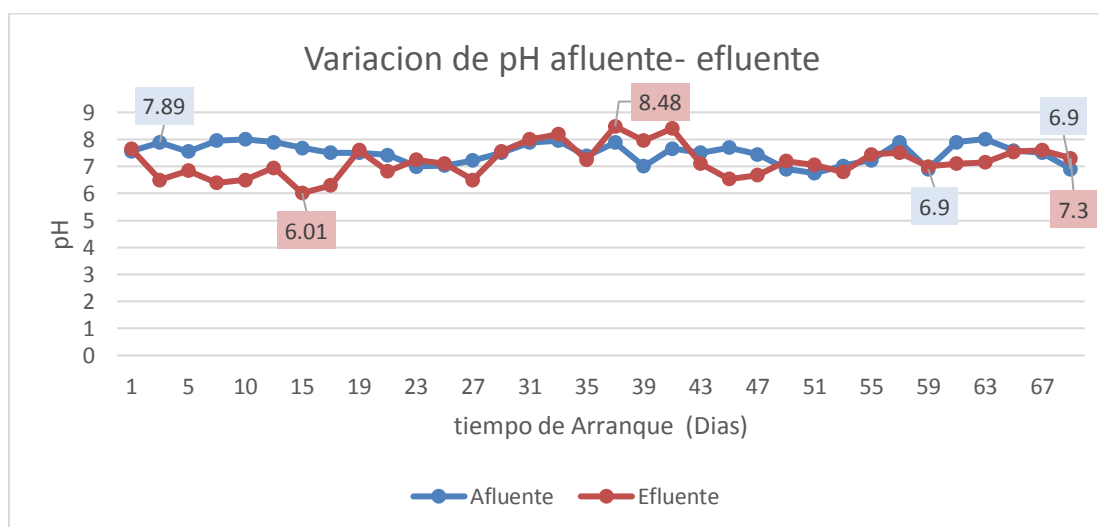
Fecha	Caudal L/día	Caudal m3/día	Volumen del Reactor (m3)	Volumen del Reactor (L)	TRH (DIAS)	TRH (HORAS)
6/11/2017 - 15/11/2017	1234.3	1.2	1.3	1300.0	1.1	25.3
17/11/2017 - 29/11/2017	1393.5	1.4	1.3	1300.0	0.9	22.4
1/12/2017 - 13/12/2017	1489.6	1.5	1.3	1300.0	0.9	20.9
15/12/2017 - 05/01/2018	1641.6	1.6	1.3	1300.0	0.8	19.0
8/01/2018 - 19/01/2018	1728.0	1.7	1.3	1300.0	0.8	18.1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 18 se muestra el resumen en tiempo del caudal y tiempo de retención hidráulico para cada uno de ellos. Iniciando el día lunes 6 de noviembre del 2017 con un caudal de 1234.3 (l/día) y un tiempo de retención hidráulica de 25.3 horas, los análisis se realizaron hasta el viernes 19 de enero del 2018 con un caudal alto de 1728.0 (l/día) y un TRH de 18.1.

**Monitoreo de pH del afluente – efluente (Etapa de arranque)**

**Figura 7: Variación del pH afluente - efluente al RBAM**



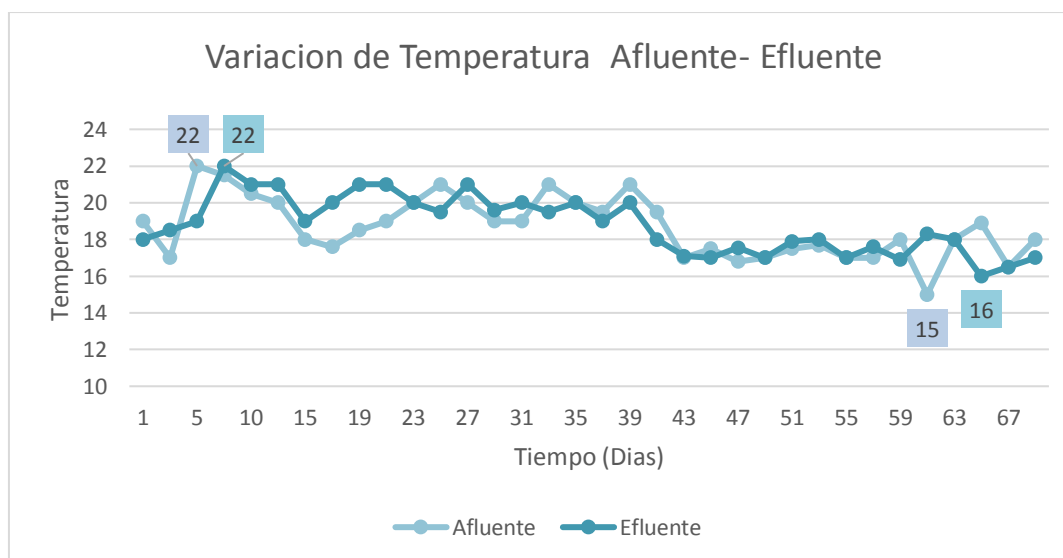
Fuente: Datos de campo CONASIN S.R.L; Ver Anexo 05

En la figura 7 se detalla la etapa de arranque, el pH del afluente al RBAM, vario entre un pH de entrada máximo de 7.89 y un pH mínimo de 6.09 llegando al final del periodo de arranque con un pH de 6.9; para el efluente del RBAM vario entre un pH de salida y un máximo de 8.48 y un mínimo de 6.1 a partir del día 45 los valores son cercanos al neutro, indicando así el fin del periodo de arranque.

El pH un poco alto se atribuye a la alcalinidad producida por una elevada concentración de N amoniacal cabe mencionar que el amoniaco es uno de los componentes transitorios en el agua puesto que es parte del ciclo del nitrógeno y se ve influido por la actividad biológica.

### 1) Monitoreo de Temperatura del afluente- efluente (Etapa de arranque)

**Figura 8: Variación de Temperatura de entrada al RBAM- Etapa de arranque**



**Fuente: Datos de campo CONASIN S.R.L; Ver anexo 05**

En la etapa de arranque, la temperatura de entrada varía entre un máximo de 22 °C, y un mínimo de 15 °C; para la temperatura de salida del RBAM se obtuvo un valor máximo igual que al de entrada y un valor mínimo de 16 °C de un promedio de 18,80°C. lo que significa que la temperatura de entrada y de salida no tienen una variación significativa con respecto al tiempo los primeros días monitoreados fueron del mes de agosto – setiembre del 2017 debido a que estos meses tienen

mayor radiación solar se presentan valores promedio de 18,67°C, y los meses siguientes la temperatura desciende debido a que empiezan los meses de lluvias en el valle sagrado.

En la tabla 19 se observa que el pH del afluente fluctuó entre 8.1 y 6.75 con una temperatura máxima de 22°C y una mínima de 15 °C y en el efluente varía entre máxima de 22°C y una mínima de 16 °C, lo cual nos indica que se encuentra dentro de los parámetros recomendados para el control del proceso en el periodo de arranque establecido en el marco teórico.

**Tabla 19: Variación de pH y temperatura durante el proceso de arranque**

<b>Variación del pH y temperatura</b>				
	<b>Afluente</b>		<b>Efluente</b>	
	<b>pH</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura °C</b>
<b>Máximo</b>	8.1	22	8.48	22
<b>Media</b>	7.5	18	7.59	19.5
<b>Mínima</b>	6.9	15	6.01	16

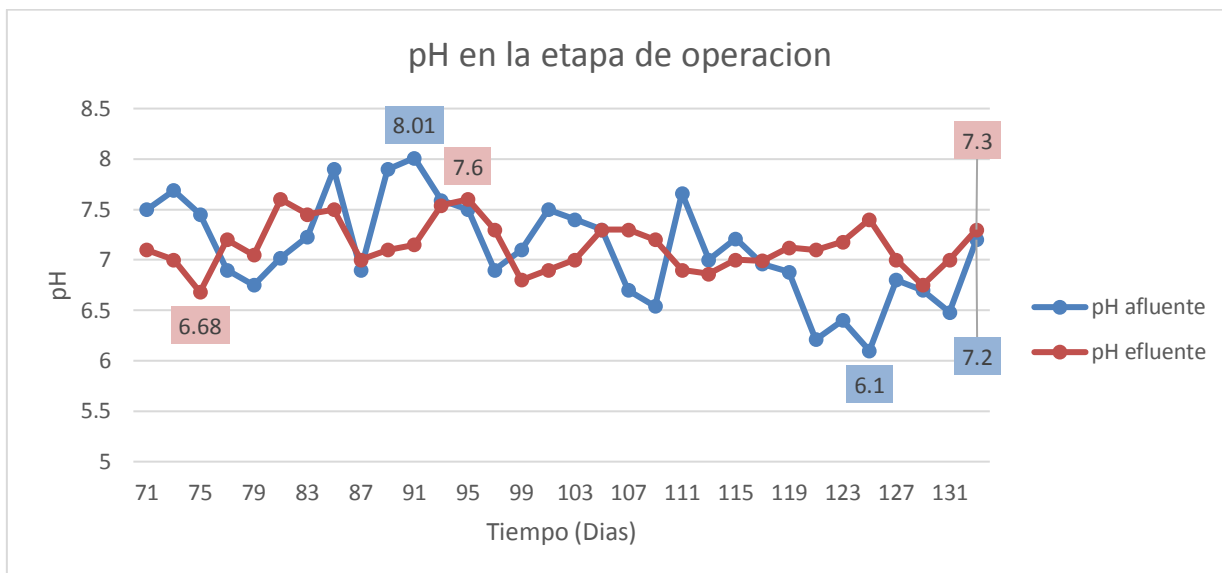
**Fuente: Elaboración propia**

#### **4.1.5. Resultado de los parámetros analizados en la etapa de operación:**

La operación del RBAM, está basado en el monitoreo de los parámetros fisicoquímicos entre ellos el pH, la temperatura, DBO<sub>5</sub>, DQO y SST, los mismos que están relacionados con el caudal de entrada al RBAM y la cantidad de materia orgánica contenida en el agua residual del Camal debido al faenado diario de ganado.

#### 4.1.2.1. pH del afluente – efluente (Etapa de operación)

**Figura 9: Variación del pH del afluente- efluente del RBAM**



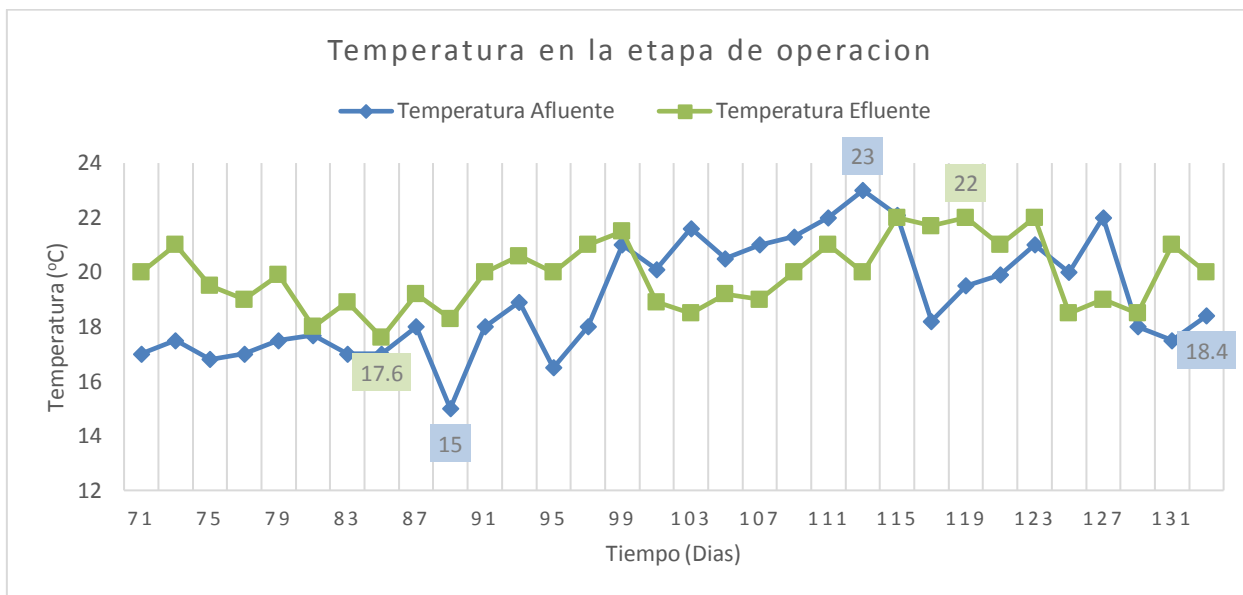
**Fuente: Elaboración propia**

En la figura 9. Se observa que los valores de pH del afluente al RBAM, varió entre un máximo de 8.01 y un mínimo de 6.01 llegando al final del periodo de operación con 7.2; para el efluente del RBAM fluctuó entre un pH máximo de 7.6 y un mínimo de 6.68. Durante esta etapa de operación continua, varían constantemente debido al día de faenado y días operación del Camal Municipal no obstante no se observan cambios drásticos de este parámetro los resultados ya que, fluctúan entre 6 y 8 lo que significa que no se presentó acidificación y está en el rango optimo que debe tener el pH para el mejor crecimiento de las bacterias metanogenicas.



#### 4.1.2.2. Temperatura del afluente – efluente (Etapa de operación)

**Figura 10: Variación de la Temperatura del afluente - efluente (Etapa de operación)**



**Fuente: Elaboración propia**

En la figura 10 se puede apreciar que la temperatura de entrada al RBAM (color azul) fluctúa entre un máximo de 23°C y una mínima de 15 °C llegando al final del periodo de operación con una temperatura de 18.4 °C; para el efluente del RBAM vario entre una temperatura máxima de 22 °C y una temperatura mínima de 17.6 °C. Cabe mencionar que la temperatura en los procesos biológicos anaerobios es un factor importante, debido a que la tasa optima de crecimiento de las bacterias ocurre dentro del rango de temperatura y pH relativamente limitados (Rodríguez, 2002).

#### 4.1.6. Resultados de las variables analizadas con respecto al Caudal de alimentación en la etapa de operación.

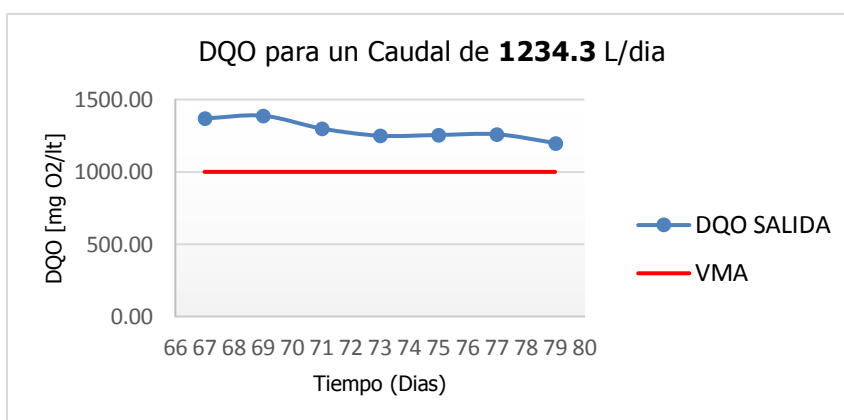
##### 4.1.6.1. Resultados para el primer caudal de alimentación en la etapa de operación.

El primer caudal de alimentación para el periodo de operación fue de 1234.3 l/día tuvo una duración de 2 semanas, con este caudal se empezó la etapa de operación del RBAM con valores de pH y temperatura dentro de los rangos aceptables para el correcto funcionamiento del reactor.

### a) Demanda Química de Oxígeno (DQO)

En la figura 11 se observa los valores de concentración registrados de la DQO durante el periodo de operación del RBAM, se puede apreciar que para el primer caudal de la etapa de operación es de 1234.3 L/día que va desde el día “66” hasta el día “79”, La línea que se presenta empieza a ser descendente para los valores de DQO, registrándose valores mínimos de 1200 mg O<sub>2</sub>/L y máximos de 1388 mg O<sub>2</sub>/L ambos por encima de los VMA

**Figura 11: Resultado de DQO para el primer caudal de alimentación.**

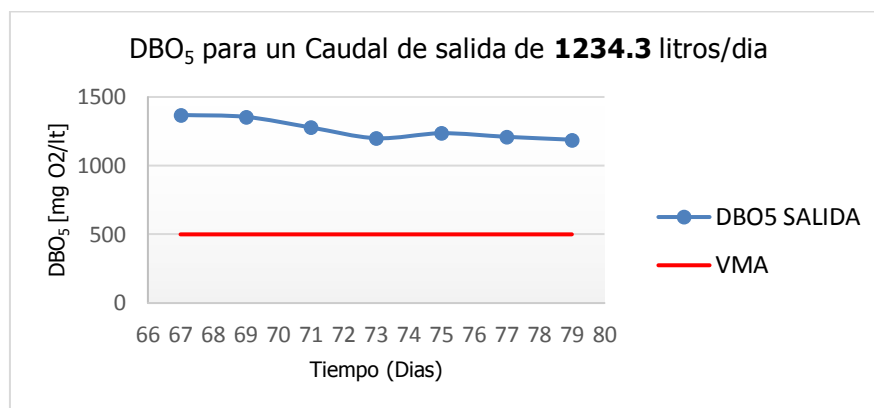


**Fuente: Elaboración propia**

### b) Demanda Biológica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

En la figura 12 se puede apreciar que los valores de concentración registrados de la de DBO<sub>5</sub> para el primer caudal de la etapa de operación, en el día “66” se muestran con 1355 mg O<sub>2</sub>/L y finalizando el día “79” con valores de 1189 mg O<sub>2</sub>/L, ambos por encima de los VMA aceptables para este parámetro.

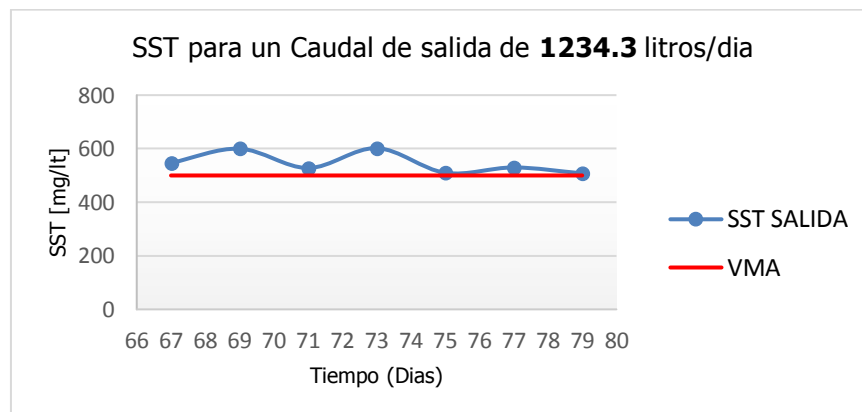
**Figura 12: Resultado de DBO<sub>5</sub> para el primer caudal de alimentación.**



Fuente: Elaboración propia

### c) Solidos Suspendidos Totales (SST)

**Figura 13: Resultado de SST para el primer caudal de alimentación.**



Fuente: Elaboración propia

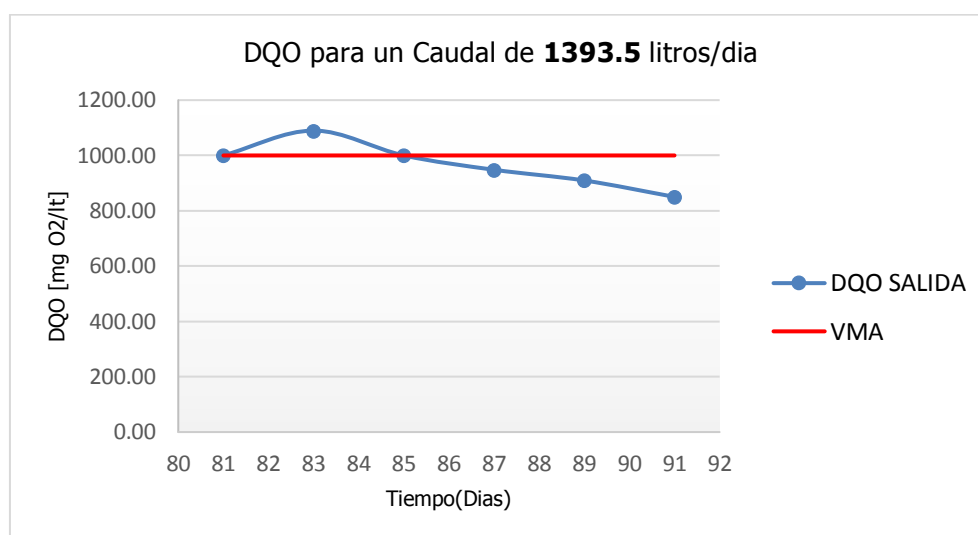
En la figura 13 se puede apreciar que para las concentraciones de solidos suspendidos totales que se muestran, al inicio del periodo de operación en el día “66” se tiene 547 mg/l, finalizando el día “79” con valores de 508 mg/l para el primer caudal de la etapa de operación, los valores que se representan en el grafico son variables debido a los días de funcionamiento del camal municipal con mayor carga orgánica y material suspendido como paja y material suspendido. Al final del primer caudal se tienen valores menores aproximados a los permisibles lo que nos indica que se deben de realizar más pruebas.

#### 4.1.6.2. Resultados para el segundo caudal de alimentación en la etapa de operación.

El segundo caudal de alimentación para el periodo de operación fue de 1393.5 litros/día al igual que el primer caudal tuvo una duración de 2 semanas con los siguientes resultados para los parámetros analizados:

##### a) Demanda Química de Oxígeno

**Figura 14: Resultados de DQO para el segundo caudal de alimentación**

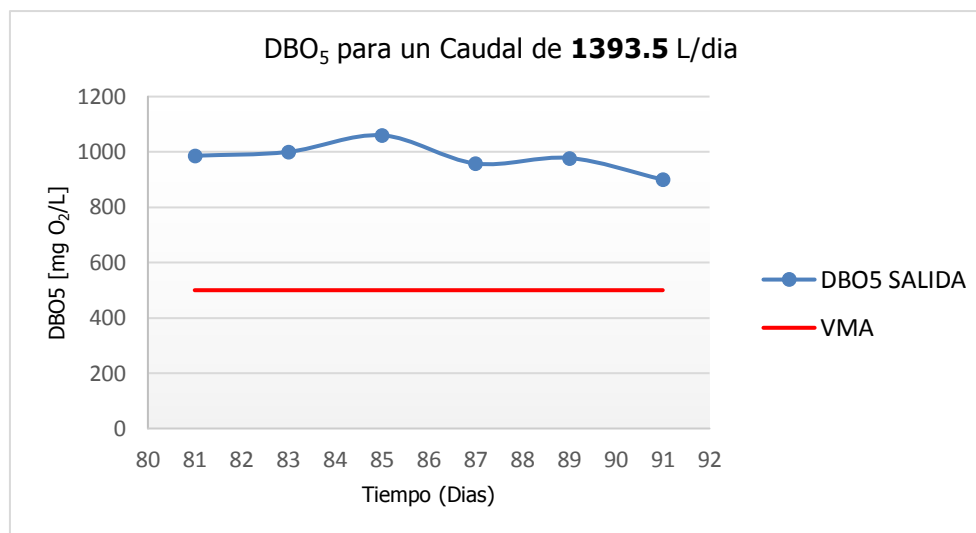


**Fuente: Elaboración propia**

En la figura 14 se puede apreciar que para el segundo caudal de alimentación los valores de concentración registrados de la DQO para el día “81” se registran con 1000 mg O<sub>2</sub>/L y en el día “83” vuelve a subir a 1090 mg O<sub>2</sub>/L para luego bajar a 1000 mg O<sub>2</sub>/L y descender hasta llegar al último valor en el día 91 finalizando así con 850 mg O<sub>2</sub>/L demostrando que está por debajo de los valores máximos admisibles.

## b) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

**Figura 15: Resultados de DBO<sub>5</sub> para el segundo caudal de alimentación**



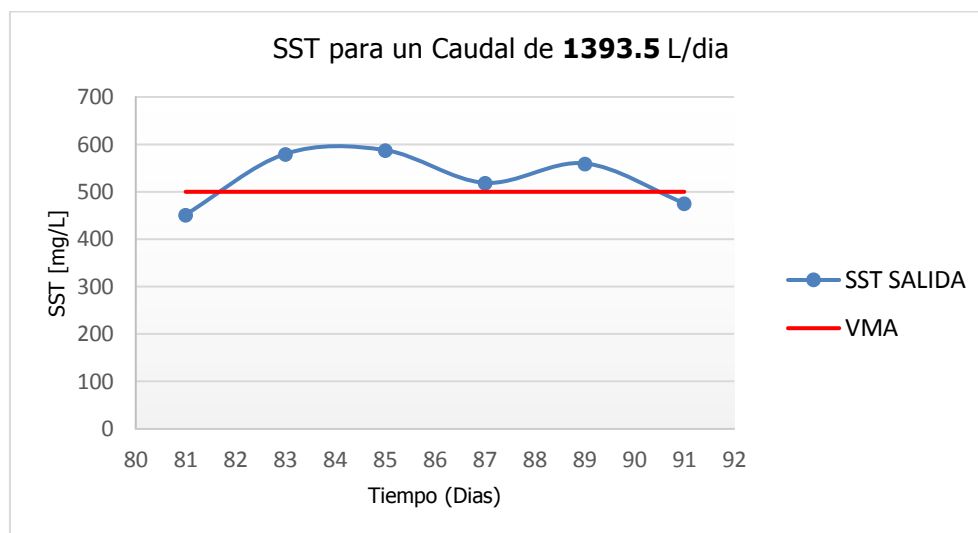
**Fuente: Elaboración propia**

En la figura 14 los valores de DBO<sub>5</sub> se redujeron mostrándose casi constantes en la primera semana entre los valores de 986mgO<sub>2</sub>/l a 1000 mgO<sub>2</sub>/l, para luego la siguiente semana incrementarse a 1060 mgO<sub>2</sub>/l sobrepasando los VMA, posteriormente los valores fueron reduciéndose para finalizar con 900 mgO<sub>2</sub>/l valores por encima de los admitidos para la DBO<sub>5</sub> .

## c) Sólidos suspendidos totales (SST)

En la figura 16 se puede apreciar que los resultados obtenidos para los sólidos suspendidos totales con el segundo caudal de alimentación tienen picos altos debido a que esos días se sacrifica mayor número de ganado vacuno, también se muestra que la primera semana de evaluación los resultados son de 452 mg/l para luego incrementarse a 580 mg/l y 588 mg/l descender a 519 mg/l y volver a incrementarse a 560 mg/l, finalmente terminar con 476 mg/l resultado que está dentro de los valores máximos admisibles, sin embargo no es constante lo que significa que se deben de realizar más pruebas experimentales.

**Figura 16: Resultados de SST para el segundo caudal de alimentación**



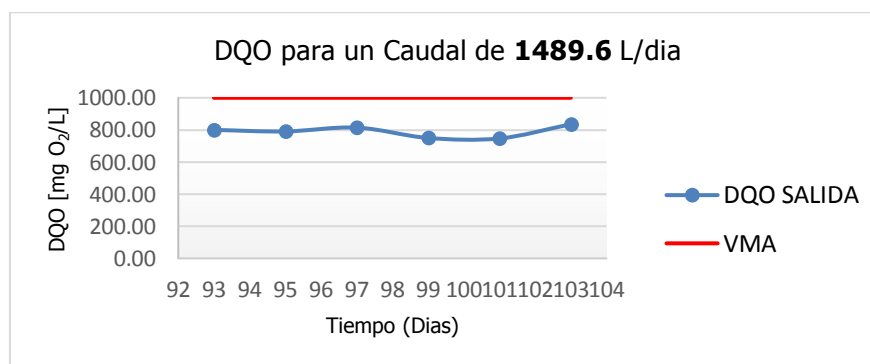
Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.6.3. Resultados para el tercer caudal de alimentación en la etapa de operación.

El segundo caudal de alimentación para el periodo de operación fue de 1489.6 litros/día al igual que el primer y segundo caudal tuvo una duración de 2 semanas con los siguientes resultados para los parámetros analizados:

##### a) Demanda química de oxígeno (DQO)

**Figura 17: Resultados de DQO para el tercer caudal de alimentación**



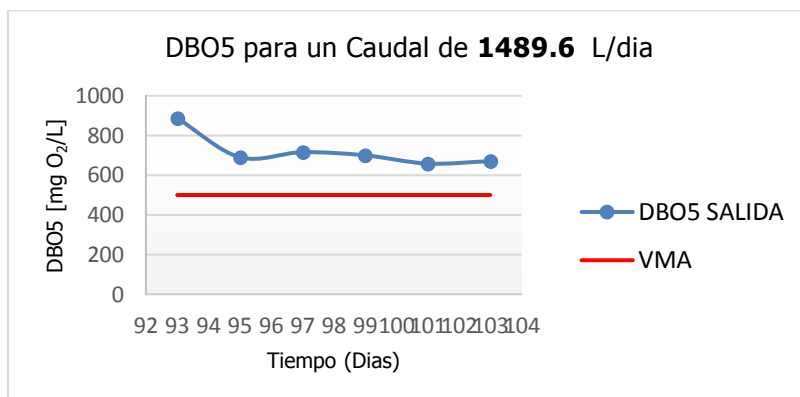
Fuente: Elaboración propia

En la figura 17 se puede apreciar que para el tercer caudal de alimentación se registran los valores de concentración de la DQO en el día “93” con 800.20 mg O<sub>2</sub>/L, manteniéndose casi

constantes hasta el día “101”, para el día “91” volver a subir a 835 mg O<sub>2</sub>/L con demostrando que está por debajo de los valores máximos admisibles.

### b) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

**Figura 18: Resultados de DBO<sub>5</sub> para el tercer caudal de alimentación**

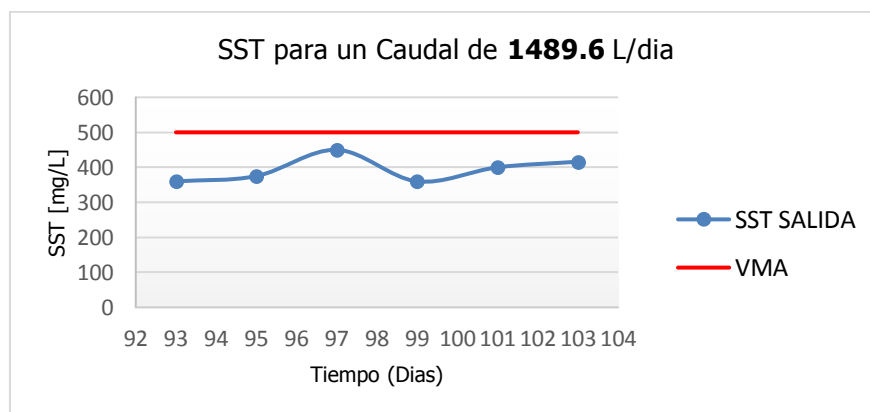


Fuente: Elaboración propia

En la figura 18 los valores de DBO<sub>5</sub> se redujeron observándose el día 93 valores de 887 mgO<sub>2</sub>/l descendiendo así a 690.3 mgO<sub>2</sub>/l y manteniéndose constantes los días posteriores hasta llegar al día “103” registrando valores de 670.56 mgO<sub>2</sub>/l, sin embargo, estos resultados están por encima de los permitidos para este parámetro de evaluación.

### c) Solidos Suspendidos Totales (SST)

**Figura 19: Resultados de SST para el tercer caudal de alimentación**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 19 se puede apreciar que los resultados obtenidos para los sólidos suspendidos totales con el tercer caudal de alimentación continúan teniendo picos altos, también se muestra que el día “93” se tienen valores de 360 mg/l para luego incrementarse a 450 mg/l y descender a 360 mg/l y volver mantenerse casi constante finalizando el día ‘103” con 416 mg/l, resultado que está dentro de los valores máximos admisibles, sin embargo no es considerado constante lo que significa que se deben de realizar más pruebas experimentales.

#### ***4.1.6.4.Resultados para el cuarto caudal de alimentación en la etapa de operación.***

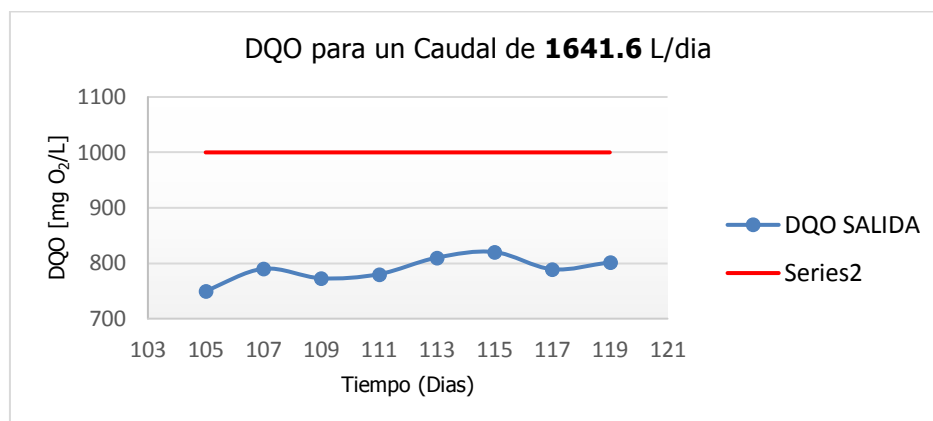
El cuarto caudal de alimentación para el periodo de operación fue de 1641.6 litros/día teniendo una duración de 20 días con los siguientes resultados para los parámetros analizados:

#### **d) Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

En la figura 20 se puede apreciar que para el cuarto caudal de alimentación los valores de concentración registrados de la DQO el día “105” se registran con 750 mg O<sub>2</sub>/L manteniéndose constante hasta incrementarse ligeramente el día “115” con 820 mg O<sub>2</sub>/L y luego descender nuevamente el día “119” a 801 mg O<sub>2</sub>/L finalizando así con 850 mg O<sub>2</sub>/L demostrando estos resultados son casi constantes y están por debajo de los valores máximos admisibles.



**Figura 20: Resultados de DQO para el cuarto caudal de alimentación**

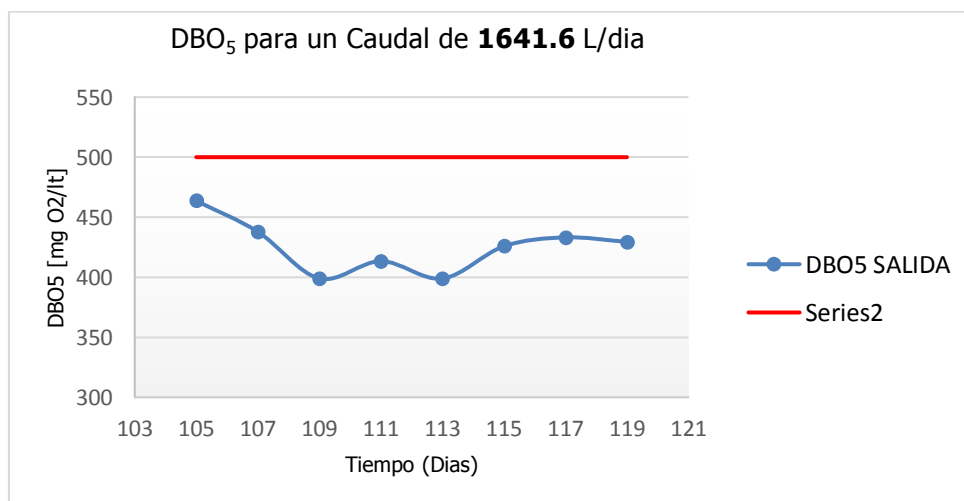


Fuente: Elaboración propia

### e) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

En la figura 21 los valores de DBO<sub>5</sub> para el cuarto caudal de alimentación, el día “105” de la etapa de operación se registra con 463.64 mgO<sub>2</sub>/l, posteriormente el día “109” se registra con un valor de 399 mgO<sub>2</sub>/l para luego la siguiente semana mantenerse constante con un valor de 425mgO<sub>2</sub>/l y finalmente con un valor de 429.48 mgO<sub>2</sub>/l manteniéndose así dentro de los VMA.

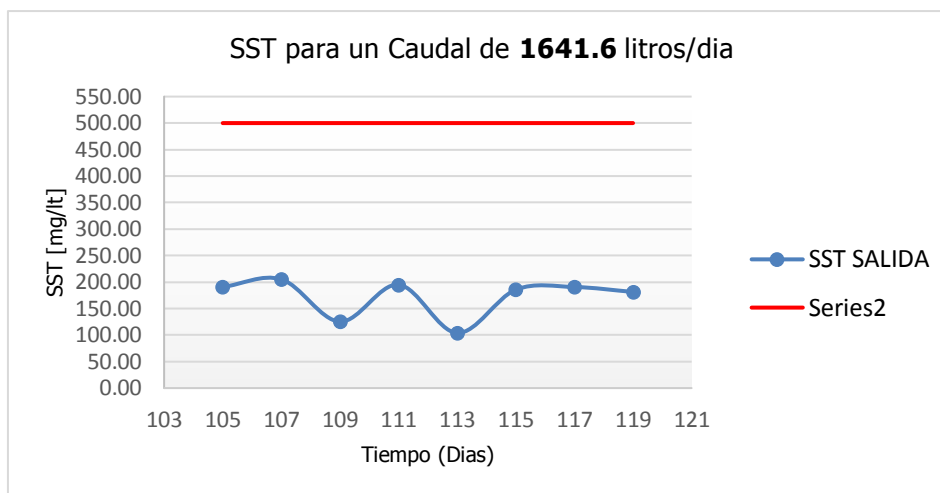
**Figura 21: Resultados de DBO<sub>5</sub> para el cuarto caudal de alimentación**



Fuente: Elaboración propia

#### f) Sólidos Suspendidos Totales (SST)

**Figura 22: Resultados de SST para el cuarto caudal de alimentación**



**Fuente: Elaboración propia**

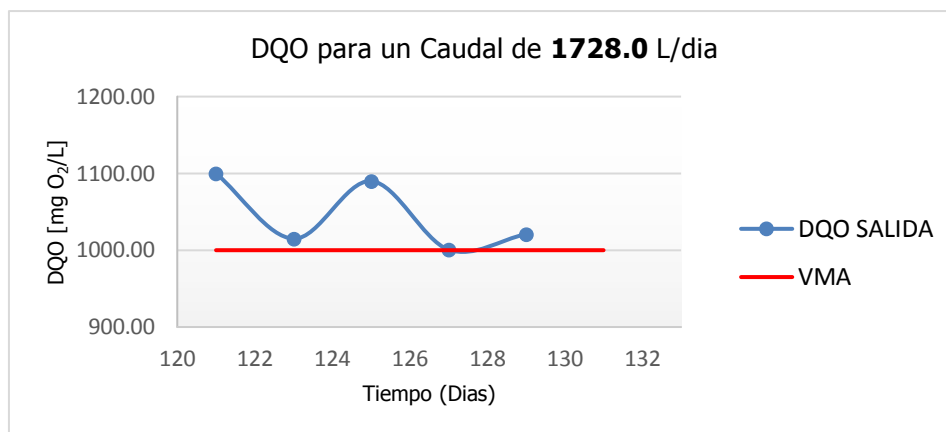
Los resultados obtenidos para los sólidos suspendidos totales para el cuarto caudal de alimentación los días “105” de funcionamiento muestran valores de 190.69 mg/l manteniéndose constante los siguientes días donde se registran resultados de 195.17 mg/l y finalmente 181.43 mg/l, todos los resultados muestran que están dentro de los valores máximos admisibles, demostrando así que este caudal puede ser favorable para este parámetro.

#### ***4.1.6.5. Resultados para el quinto caudal de alimentación en la etapa de operación.***

El quinto caudal de alimentación para el periodo de operación fue de 1728.0 litros/día al igual tiene una duración de una semana y media con los siguientes resultados para los parámetros analizados:

### a) Demanda Química de Oxígeno (DQO)

**Figura 23: Resultados de DQO para el quinto caudal de alimentación**

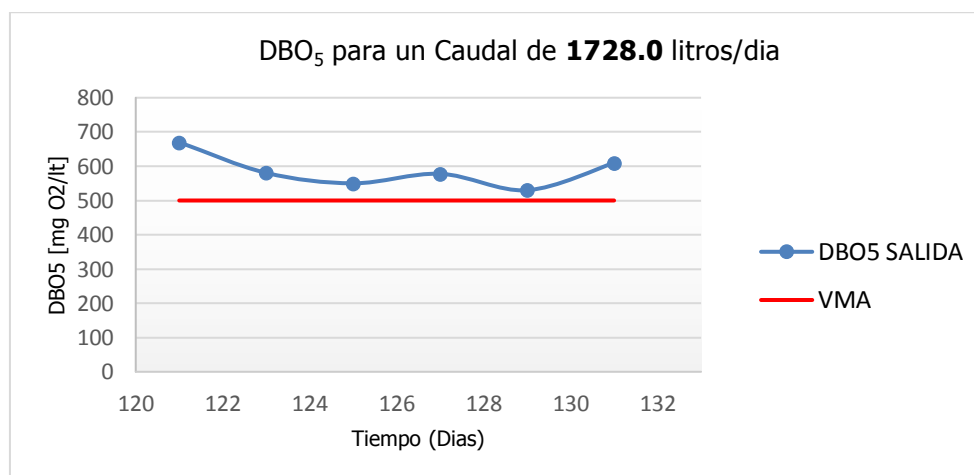


Fuente: Elaboración propia

En la figura 23 se puede apreciar que los valores de DQO en el día “121” son de 999.30 mgO<sub>2</sub>/l incrementándose a 1100 mgO<sub>2</sub>/l, posteriormente los siguientes días se mantienen entre esos valores finalizando con 1020.90 mgO<sub>2</sub>/l, estos resultados sobrepasan los valores máximos admisibles.

### b) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

**Figura 24: Resultados de DBO<sub>5</sub> para el quinto caudal de alimentación**



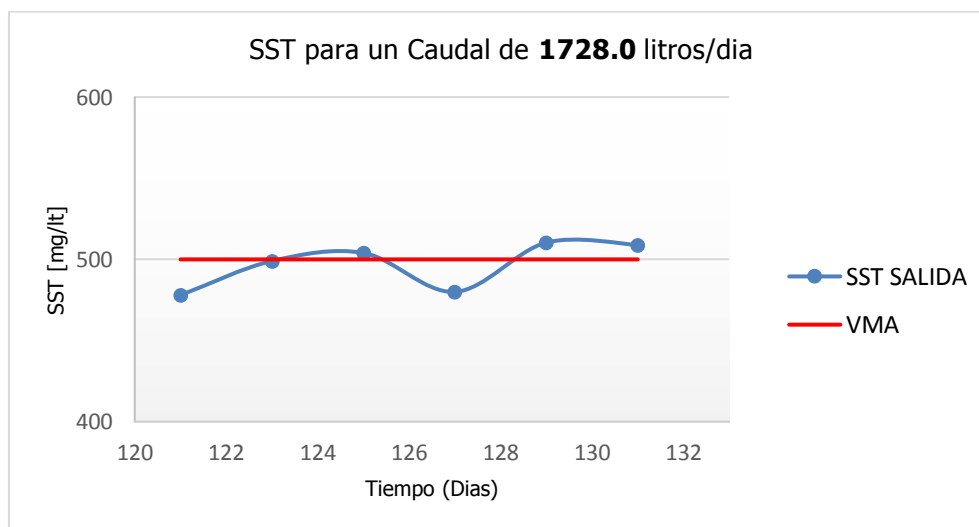
Fuente: Elaboración propia

En la figura 24 se aprecia que los resultados de concentración de la DBO<sub>5</sub> se redujeron observándose el día “121” valores de 669.9 mgO<sub>2</sub>/l bajando la posterior semana el día “125” con 550 mgO<sub>2</sub>/l y finalmente el último día de análisis se registran valores de 610 mgO<sub>2</sub>/l., todos estos superando los valores máximos admisibles para este parámetro.

### c) Sólidos Suspendidos Totales (SST)

En la figura 25 se puede apreciar que el resultado obtenido para los sólidos suspendidos totales con el quinto caudal de alimentación registrados en el día “121” presenta valores de 478 mg/l, para luego incrementarse a 504 mg/ finalizando el día ‘131” con 508.90 mg/l, los cuales exceden los valores máximos admisibles para SST.

**Figura 25: Resultados de SST para el quinto caudal de alimentación**



**Fuente: Elaboración propia**

### Contrastación de los resultados obtenidos con la normativa vigente.

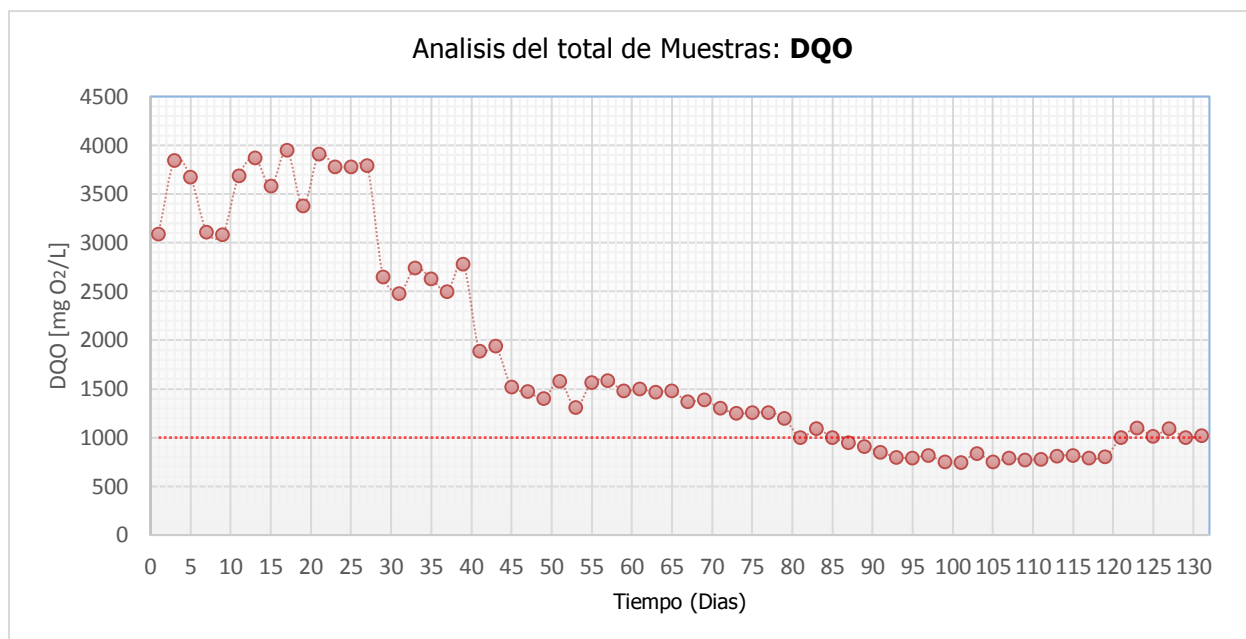
**Tabla 20: Contrastación de los resultados por mes con la normativa vigente.**

VALORES MAXIMOS ADMISIBLES PARA LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES NO DOMESTICAS EN EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO					
Muestreo (Mes)	Parámetro	Unidad	Valor del efluente del RBAM	Valor según D.S.	Condición Si Cumple/ No cumple
Noviembre	DQO	mgO <sub>2</sub> /L	1120.93	1000	No cumple
	DBO <sub>5</sub>	mgO <sub>2</sub> /L	1132.23	500	No cumple
	SST	mg/L	537.75	500	No cumple
	pH	pH	7.19	6-9	Si cumple
	T	°C	19.33	<35	Si cumple
Diciembre	DQO	mgO <sub>2</sub> /L	788.39	1000	Si cumple
	DBO <sub>5</sub>	mgO <sub>2</sub> /L	561.06	500	Si cumple
	SST	mg/L	208.59	500	Si cumple
	pH	pH	7.09	6-9	Si cumple
	T	°C	20.1	<35	Si cumple
Enero	DQO	mgO <sub>2</sub> /L	977.10	1000	Si cumple
	DBO <sub>5</sub>	mgO <sub>2</sub> /L	547.67	500	No cumple
	SST	mg/L	419.05	500	Si cumple
	pH	pH	7.15	6-9	Si cumple
	T	°C	20.25	<35	Si cumple

**Fuente: Elaboración propia**

En la tabla 20 se observa que para el mes de noviembre los valores de DQO DBO<sub>5</sub> y SST exceden los VMA del D.S 021-2009-VIVIENDA, lo contrario resulta el mes de diciembre que presenta valores dentro de los permitidos en la normativa, sin embargo cuando se continuo incrementando el caudal en el mes de enero se presentaron valores promedios más altos resaltando los de la DBO<sub>5</sub> con un promedio de 547.67 mgO<sub>2</sub>/L resultando como no aceptable en las descargas de agua residuales no doméstica en el sistema de alcantarillado sanitario.

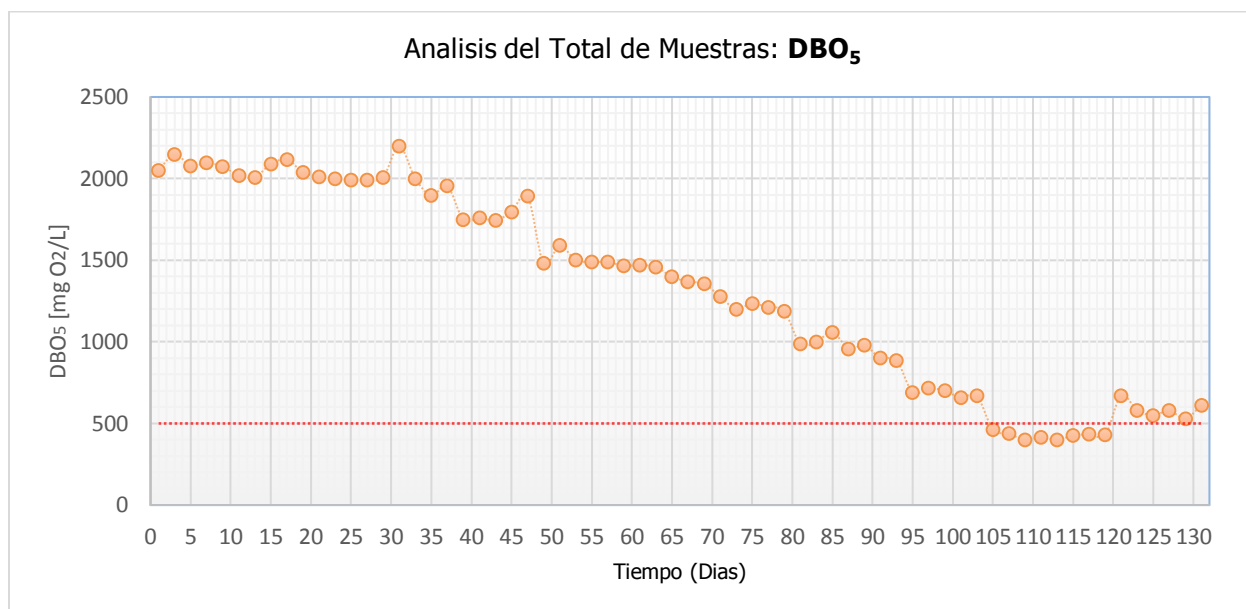
**Figura 26: Resumen del total de muestras del DQO**



**Fuente: Elaboración propia**

En la figura 26 se aprecia el resumen de todos los análisis realizados de la DQO detallados en el anexo 07 y 08 en el periodo de arranque y operación del RBAM, observándose claramente que desde el día 95 al día 120 se tienen resultados de análisis constantes y dentro de los valores máximos admisibles para este parámetro, estos resultados corresponden al caudal de 1641.6 L/día.

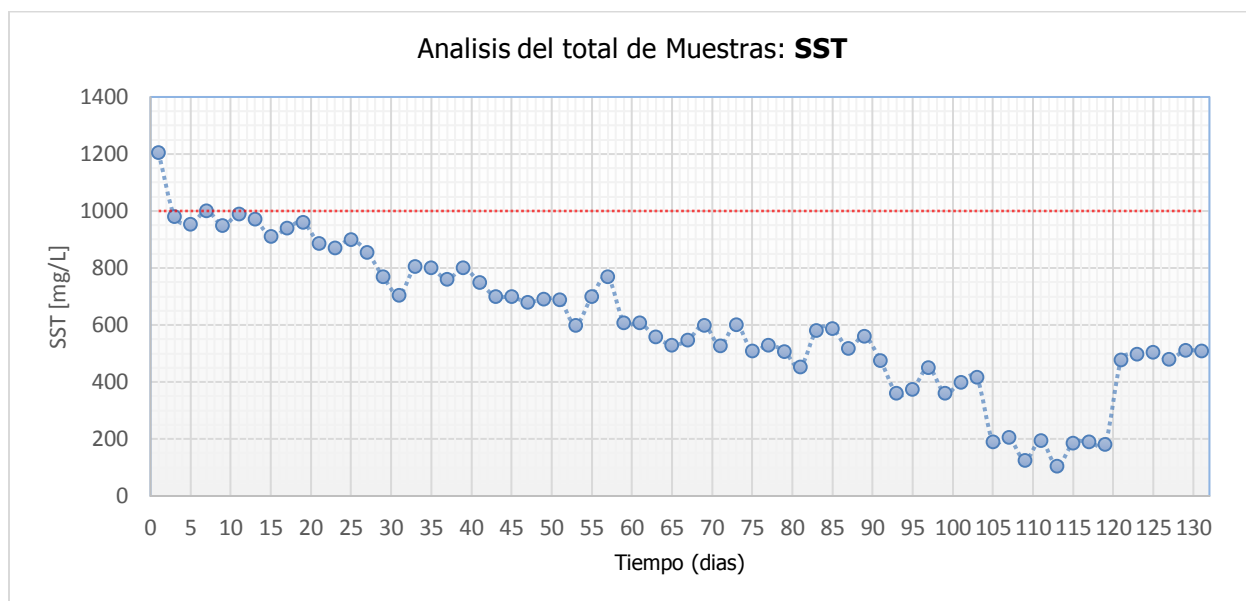
**Figura 27: Resumen del total de muestras de DBO<sub>5</sub>**



**Fuente: Elaboración propia**

En la figura 27 se puede apreciar que los valores de análisis realizados para la DBO<sub>5</sub> desde la etapa de arranque hasta la etapa de operación del reactor van en una línea casi descendente con picos o variaciones en los días “30” y “45” debido a la cantidad de materia orgánica que ingreso al RBAM, para posteriormente tener valores constantes desde el día “105” al día “120” resaltando que esos días tuvieron un caudal de alimentación de 1641.6 L/día con un tiempo de retención hidráulica de 19 horas, seguidamente incrementando el caudal en el sistema se tuvieron resultados elevados sobrepasando los valores máximos admisibles establecidos en el D.S 021-2009-VIVIENDA.

**Figura 28: Resumen del total de muestras para SST**



**Fuente: Elaboración propia**

En la figura 28 se puede apreciar que los valores de análisis realizados para la SST desde la etapa de arranque hasta la etapa de operación del reactor van en una línea casi descendente entrando a los valores máximos admisibles desde el día “25” se tienen valores muy variables debido a la cantidad de materia orgánica que ingresa al RBAM, para posteriormente tener valores constantes desde el día “105” al día “120” resaltando que esos días tuvieron un caudal de alimentación de 1641.6 L/día con un tiempo de retención hidráulica de 19 horas, seguidamente incrementando el caudal a 1728.0 L/día en el sistema y se tuvieron resultados elevados sobrepasando los valores máximos admisibles establecidos en el D.S 021-2009-VIVIENDA.



#### 4.2. Discusión de resultados

De la tabla resumen de valores máximos permisibles, en la descarga de aguas residuales, se puede notar que el DQO para el mes de noviembre es de 1120.93 mg O<sub>2</sub>/L, diciembre se registra con un promedio de 788.39 mg O<sub>2</sub>/L y enero sube a 977.10 mg O<sub>2</sub>/L lo que significa que el valor para estos dos últimos meses es menor al impuesto por el D.S-021-2009- VIVIENDA, el mismo que exige que los valores sean iguales a 1000 mg O<sub>2</sub>/L o no sobrepasen los VMA, en consecuencia, la descarga de agua residual para los últimos dos meses (Diciembre y enero) es posible para la descarga de aguas residuales no domesticas al alcantarillado público.

Respecto al DBO<sub>5</sub>, se puede indicar que el resultado obtenido también es menor al impuesto por el D.S-021-2009- VIVIENDA que es 500 mg O<sub>2</sub>/L; cuyos valores para el mes de noviembre son de 1132.23 mg O<sub>2</sub>/L, el mes de diciembre 561.06 mg O<sub>2</sub>/L y enero con un promedio de 547.67 mg O<sub>2</sub>/L. lo que nos indica que para el mes de enero y febrero se tienen valores menores casi cercanos a los VMA, en consecuencia, es factible su descarga al agua.

Así mismo, para el tratamiento del SST; es factible la descarga de aguas residuales debido a que se encuentra en valores que fluctúan el mes de noviembre con 537 mg /L, diciembre con 280.59 mg /L y enero con resultados promedios de 419.05 mg/L. Los valores de los resultados del mes de diciembre y enero están por debajo de 500 mg/L que exige el D.S-021-2009- VIVIENDA.

Respecto al tratamiento de aguas el pH debe fluctuar entre 6 a 9. En el proceso se obtuvo un pH casi neutro de 7 y se encuentra por consiguiente dentro de los parámetros recomendados para el correcto funcionamiento de un reactor anaerobio y dentro de la D.S-021-2009- VIVIENDA. Por último, la temperatura de trabajo fue aproximadamente de 17 a 18°C, temperatura a la cual los

procesos metabólicos de los microorganismos en el reactor tienen un rendimiento lento sin presentar mayores complicaciones debido a que no se encontró un pH ácido y la temperatura no disminuyeron a niveles psicofísicos en la temporada de desarrollo de la investigación, tanto el pH y la temperatura son variables intervinientes en el trabajo de investigación, ambos se encuentran por debajo de lo impuesto en la normativa vigente.

### **4.3. Contratación de Hipótesis**

Revisando el presente trabajo de investigación se ha planteado tres hipótesis específicas, de las cuales discutiremos con los resultados obtenidos:

- a) La hipótesis planteada es: Las características de las aguas residuales crudas nos dan un buen diagnóstico preliminar del agua residual del Camal Municipal de Calca – Cusco, 2017-2018. Como se puede observar en la tabla 12 y en el anexo 03, se puede apreciar que el agua residual del Camal Municipal de Calca supera altamente los parámetros fisicoquímicos como es DQO, DBO<sub>5</sub> y el SST a los permitidos en el D.S-021-2009- VIVIENDA, lo cual demuestra que el diagnóstico realizado ha sido eficaz y que la hipótesis planteada es verdadera y no se rechaza.
  
- b) La hipótesis planteada, la carga y el caudal adecuado garantiza la eficiencia del reactor biológico anaerobio para el tratamiento de las aguas residuales del Camal Municipal de Calca – Cusco, 2017-2018. Efectivamente se ha visto por conveniencia que el caudal sea medido de acuerdo a las condiciones operativas del reactor cuya alimentación sea de 1 641.6 L/día en promedio cuyos resultados respecto a los parámetros fisicoquímicos, son óptimas es decir están por debajo de lo impuesto por el D.S-021-2009- VIVIENDA.

- c) En la hipótesis; Al encontrar las concentraciones adecuadas de la DBO<sub>5</sub>, DQO Y SST; se reduce la materia orgánica por debajo de los valores máximos admisibles en el tratamiento de las aguas residuales del Camal Municipal de Calca– Cusco, 2017-2018. se ha demostrado que estos valores están por debajo de lo impuesto por la normativa vigente lo que indica que el trabajo realizado ha sido eficiente, logrando encontrar el caudal más óptimo para reducir los niveles de las variables.

## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** Caracterizando en un inicio las aguas residuales del Camal de Calca, se ha observado que existe valores del DBO<sub>5</sub>, DQO y SST; son demasiados altos y que permite afirmar que existe alta carga orgánica contenida en las descargas de aguas residuales no domesticas en el sistema de alcantarillado sanitario.

**SEGUNDA:** La etapa de arranque del reactor duró aproximadamente 67 días en donde se trabajó con una carga media de 3 kg DQO/m<sup>3</sup>\*día y un tiempo de retención de 36.1 horas, esto permitió al inóculo la adaptación al sustrato e iniciar con el periodo de operación.

**TERCERA:** El caudal y la carga adecuada para la alimentación al reactor es de 1 641.6 L/día, y la carga máxima de entrada al reactor es de 3 kg DQO/m<sup>3</sup>\*día es de cuyos valores permite optimizar la remoción de materia orgánica para el tratamiento de aguas residuales y lograr un adecuado funcionamiento del RBAM.

**CUARTA:** Se ha obtenido valores para diciembre de los parámetros fisicoquímicos, de:

DQO = 788.39 mgO<sub>2</sub>/L que es menor al límite permisible de 1000 mgO<sub>2</sub>/L

DBO<sub>5</sub>= 561.06 mgO<sub>2</sub> /L que es menor al límite permisible de 500 mgO<sub>2</sub>/L

SST = 280.59 mg/L que es menor al límite permisible de 500 mg/L

pH = de 7.8 que se encuentra en el rango de 6-9.

Lo que permite interpretar que la remoción ha sido eficiente, debido a que los valores obtenidos con los análisis de laboratorio para cada uno de los parámetros, muestran que para el caudal de 1

641.6 L/día se tienen resultados más eficientes para la remoción de materia orgánica en el agua residual del camal municipal de Calca.

**QUINTA:** El monitoreo del pH y la temperatura, permitió tener al reactor biológico anaerobio con mamparas estable durante el periodo de arranque y operación.

**SEXTA:** Los resultados obtenidos en este estudio, verifican que la aplicación de la tecnología RBAM para el tratamiento de aguas residuales resulta ser una alternativa viable; sin embargo, es necesario controlar las variables que influyen en su operación, la cual debe mantenerse en valores recomendados para evitar la pérdida de lodos en el reactor e incrementar la eficiencia del sistema.

## RECOMENDACIONES

A la municipalidad distrital de Calca, la importancia de la instalación de una plata piloto, para tratar de manera integral las aguas residuales del Camal municipal de Calca, ya que mediante la presente investigación se ha demostrado la eficiencia de este sistema en la remoción de la carga orgánica presente en el agua residual, obtenido resultados favorables, contribuyendo de esta manera a la conservación del medio ambiente.

Realizar un estudio microbiológico de la biomasa para determinar las bacterias predominantes luego del tratamiento de aguas residuales y determinar qué grupo de bacterias son predominantes.

Para las próximas investigaciones, prolongar el tiempo de monitoreo a más de 3 meses, con el objetivo de ampliar la secuencia de muestreo y obtener muestras constantes para que los resultados puedan ser validados mediante pruebas estadísticas. De igual forma, se recomienda la instalación de un sistema de sedimentación o un tanque de equalización para lograr un afluente más uniforme que permitirá evaluar de mejor manera la eficiencia del RBAM.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Agramonte Ochoa, O. (2008). *Tratamiento de aguas residuales urbanas utilizando tecnología anaerobia UASB en clima templado - frio*. Valparaiso: Universidad Tecnica Federico Santa Maria.
2. Alianza por el agua, eawag, a., Gobierno de España, & Cooperación Suiza en América Central. (s.f.). *Alianza por el Agua*. Obtenido de Compendio de Sistemas y Tecnologías de Saneamiento: <http://alianzaporelagua.org/>
3. Antón, J. J. (2011). *Tratamiento de aguas residuales de matadero con elevado contenido en sangre mediante la combinación de procesos anaerobio de película fija (BAPF) y anaerobio de membrana (MBR)*. Tesis, Burgos.
4. Ayala, C. G. (2011). *Proyecto Reordenamiento y Rehabilitación del Valle del Vilcanota*. Cusco.
5. Bachmann, A., Beard, V. L., & McCarty, P. L. (1982). *Comparison of Fixed-Film Reactors with a Modified Sludge Blanket Reactor*. Estados Unidos: University of Pittsburgh.
6. Barber, W. P., & Stuckey, D. C. (1999). *Environmental Anaerobic Technology*. Hong Kong: Imperial College Press.
7. Barber, W., & Stuckey, D. (1998). *The Use Of The Anaerobic Baffled Reactor (ABR) For Wastewater Treatment: A Review*. Inglaterra: Imperial College of Science.
8. Benavides, L. d. (2006). *Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la central de sacrificio de Túquerres (Nariño)*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

9. Diaz , M. C., Espitia, S. E., & Molina, F. (2002). *Digestion Anaerobia una aproximacion a la tecnologia*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
10. Fannin, K. F., Srivastara, V. J., Conrad, J. R., & Chynoweth, D. P. (1982). *Marine Biomass Program: Anaerobic Digester System Development*. Chicago, IL, USA: Institute of Gas Technology.
11. Herbert H P Fang. (2010). Anaerobic Baffled Reactor (ABR) for Wastewater Treatment. En D. C. Stuckey, *Environmental Anaerobic Technology* (pág. 393). Inglaterra: Imperial College Press.
12. Hulshoff, L. (1987). *Arranque y operacion de reactores UASB. Arranque y operacion de sistemas de flujo ascendente con manto de lodo -UASB*. Holanda: Universidad Agricola de Wageningen.
13. Instituto Ecuatoriano de Normalizacion (INEN). (Junio de 2011). *Ingenieria y Servicios Ambientales*. Obtenido de [http://www.isa.ec/images/documentos/norma\\_inen/NORMA%20INEN%201108-%202011%20AGUA%20POTABLE.pdf](http://www.isa.ec/images/documentos/norma_inen/NORMA%20INEN%201108-%202011%20AGUA%20POTABLE.pdf)
14. Jewell, W. J. (1985). *The Development of Anaerobic Wastewater Treatment*. Univ. of Massachusetts: Switzenbaum.
15. Jimeno Blasco, E. (1998). *Analisi de Aguas y Desagues*. Lima: Banco de Libros U.N.I.
16. Kiely, G. (1999). *INGENIERIA AMBIENTAL. Fundamentos, entornos, tecnologias y sistemas de gestión* (Vol. II). (A. Garcia Brage, Ed., & J. Veza, Trad.) Madrid, Comunidad de Madrid, Madrid: McGraw-Hill.



17. Lara Villacis, L. E. (2011). *Las aguas residuales del camal municipal del Cantón Baños y su incidencia en la contaminación del Río Pastaza* . Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
18. Lema, J. M. (1986). *Los Procesos de Conversión en Digestión Anaerobia y sus Implicaciones Tecnológicas*. Valladolid, España: Seminario de Depuración Anaerobia de Aguas Residuales.
19. Lettinga, G., Van Valsen, A., & Hobma, S. W. (1980). Use of the Upflow Sludge Blanket (USB) Reactor Concept for Biological Wastewater Treatment, Especially for Anaerobic Treatment. *Biotechnology and Bioengineering*, 699-734.
20. Lizzie Karen Becerra Gutierrez, M. V. (2014). Nivel de contaminación en los efluentes provenientes de camales de la región la libertad. *Cuerpo médico*, 4.
21. Lopez Navajas, R. (2015). *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas en una industria cárnica*. Madrid: Repositorio institucional de la Universidad Carlos III de Madrid.
22. Lopez Vazquez, R., & Casp Vanaclocha, A. (2004). *Tecnología de Mataderos*. Madrid: Mundi-Prensa.
23. López, R. (16 de Mayo de 2015). *Universidad Carlos III de Madrid* . Obtenido de Repositorio institucional e- Archivo: <http://hdl.handle.net/10016/23473>
24. Mendez, F. V. (Enero de 2010). *propuesta de un modelo socio económico de decisión de uso de aguas residuales tratadas en sustitución de agua limpia para áreas verdes*. Lima, Peru: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/217/1/mendez\\_mf.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/217/1/mendez_mf.pdf)
25. MINAM. (2012). *Glosario de términos para la gestión ambiental peruana*. Lima - Peru.

26. Montalvo Martinez, S., & Guerrero Saldes, L. (2003). *Tratamiento anaerobio de residuos*. Chile: Universidad Tecnica Federico Santa Maria.
27. Muñoz, D. M. (2005). Sistema de tratamiento de aguas residuales de matadero: para una poblacion menor 2000 habitantes. *Universidad del Cauca, Popayán* , 1-12.
28. OEFA. (Abril de 2014). *Fiscalizacion Ambiental en Aguas Residuales*. Obtenido de <https://www.oefa.gob.pe>
29. Plan Nacional de Recursos Hidricos del Peru, P. (Diciembre de 2013). *Autoridad Nacional del Agua*. Obtenido de <http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/plannacionalrecursoshidricos2013.pdf>
30. Ramalho, R. (2003). *Tratamiento de aguas residuales*. España: Reverté, S.A.
31. Red Iberoamericana de Potabilizacion y Depuracion . (2011). *Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas*. Buenos Aires: 55-88.
32. Rodríguez, J. (2002). *Arranque y operacion de reactores anaerobios*. Cali: Universidad El Valle.
33. Romero Rojas, J. A. (2000). *Tratamiento de aguas residuales por lagunas de estabilizacion*. Colombia: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR.
34. Rongrong, L., Qing, T., & Jihua, C. (2010). Treatment of Piggery Wastewater by Anaerobic Baffled Reactor (ABR). *African Journal of Biotechnology*, 1535-1542.
35. Sampieri, R., Collado, C., & Lucio, P. (2014). *Metodologia de la investigacion*. Mexico D.F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A DE C.V.
36. Sandoval, B. H. (1991). *Arranque de un reactor anaerobio con lodos adaptados como inoculo y un afluente industrial de la industria agroalimenticia (levaduras)*. Mexico.

37. Seco Torrencillas, A., & Ferrer Polo, J. (2017). *Tratamiento biologico de aguas residuales*. Mexico: Alfaomega.
38. SEDACUSCO. (2017). *Evaluacion de peligrosidad en Lodos*. Cusco: SGS DEL PERU S.A.C SERVICIOS AMBIENTALES.
39. Servicio Nacional de Sanidad Agraria, S. (2014). *Ministerio de agricultura y riego*.  
Obtenido de [http://200.60.104.77/SIGIAWeb/ino\\_consultasmatadero.html](http://200.60.104.77/SIGIAWeb/ino_consultasmatadero.html)
40. Stuckey, D. (10 de Octubre de 2010). *ResearchGate*. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/300149723>
41. Switzenbaum. (1995). Obstacles in the implementation of anaerobic treatment technology. *Bior. Techn.*
42. Taipe Bolaños , M., & Cabrera Carranza, C. (2006). Identificacion y evaluacion de las principales fuentes de contaminacion del Rio Vilcanota en el sector Calca Urubamba. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG*, 10.
43. Tchobanoglous, G., & Cristes, R. (2000). *Tratamiento de Aguas Residuales en pequeñas poblaciones*. Estados Unidos: McGraw-Hill.
44. Valera, F., Valencia, R., Ramirez, G., Gonzalez, F., & Perez, A. (1998). *Acidity, Biodegradability and solids limitations in an anaerobic reactor feed with aromatic acids as cod source*. Viña del Mar, CHILE: V Taller y Seminario Latinoamericano Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales.
45. Vasquez Nuñez, G. E. (2013). *Panorama del tratamiento de aguas residuales con tecnologia anaerobia en la Costa Atlantica Colombiana*. Colombia: Facultad de Ingenieria, Departamento de Ingenieria Quimica y Ambiental.

46. Veecken, A., & Hamelers, B. (1999). Effect of Temperature on Hydrolysis Rates of Selected Biowaste Components. Nueva Jersey: Bioresource Technology.
47. Villacís, L. E. (2011). *Las aguas residuales del camal municipal del canton baños y su incidencia en la contaminación del Rios Pastaza en la provincia de Tungurahua*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
48. Viñas, M. (1994). Memorias III Taller y Seminario Latinoamericano sobre Tratamiento Anaerobio de aguas residuales. *Aplicación de la tecnología anaerobia en Uruguay*, 341-348.
49. Zurita, E. V. (2015). *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales del Camal Municipal de Pedro Vicente Maldonado*. Latacunga, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi.

# **ANEXOS**

**ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**Título** : “EVALUACION DE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS EN UN REACTOR BIOLÓGICO ANAEROBIO PARA LA OPTIMIZAR EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL MUNICIPAL DE CALCA, CUSCO 2017-2018

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	MÉTODOS	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
<p><b>Problema Principal</b></p> <p>¿Cómo evaluar y optimizar los parámetros fisicoquímicos de un reactor biológico anaerobio con mamparas para el tratamiento de aguas residuales del Camal Municipal de Calca – Cusco, 2017?</p> <p><b>Problema específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuáles serán las características que presentarán las aguas residuales crudas del Camal Municipal de Calca – Cusco, 2017-2018?</li> <li>• ¿Cómo determinar el caudal de entrada adecuado para</li> </ul>	<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Evaluar los parámetros fisicoquímicos en el reactor biológico anaerobio con mamparas para optimizar la concentración de materia orgánica en el tratamiento de aguas residuales del Camal Municipal de Calca – Cusco 2017-2018.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caracterizar las aguas residuales crudas del Camal Municipal de Calca – Cusco, 2017-2018</li> </ul>	<p><b>Hipótesis General</b></p> <p>Evalutando los parámetros fisicoquímicos para obtener concentraciones por debajo de los valores máximos admisibles utilizando el reactor RBAM, se logra optimizar la reducción de materia orgánica en el tratamiento de aguas residuales en el camal Municipal de Calca, Cusco, 2017.</p> <p><b>Hipótesis Especificas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caracterizando la materia orgánica de las aguas residuales del Camal municipal</li> </ul>	<p><b>VARIABLES Independientes:</b></p> <p>Caudal y TRH en el RBAM a escala piloto.</p>	(l/día)	<p><b>Tipo de Investigación:</b></p> <p>Cuantitativo y Experimental</p> <p><b>Nivel de Investigación:</b></p> <p>Investigación descriptiva, relacional y explicativo</p> <p><b>Diseño de la investigación:</b></p> <p>Pruebas Experimentales (causa – efecto)</p> <p><b>Universo:</b></p> <p>Volumen del agua residual que</p>	<p>Observación Experimentación, análisis, deducción y aplicación.</p> <p>Para la toma de muestras y análisis de cada uno de los parámetros.</p>	<p>Análisis Físico – Químico de las muestras extraídas del efluente directo del reactor anaerobio con mamparas.</p>
			<p><b>VARIABLES Dependientes:</b></p> <p>Tratamiento de las aguas residuales del Camal Municipal de Calca</p>	(Horas)			
				<p>Demanda Química de Oxígeno – DQO</p> <p>Solidos Suspendidos Totales –SST</p> <p>Demanda Bioquímica de oxígeno – DBO<sub>5</sub></p>			

<p>uniformizar la alimentación de las aguas residuales al reactor biológico anaerobio del Camal Municipal de Calca – Cusco, 2017-2018?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuáles serán los resultados de las pruebas experimentales al establecer un caudal de alimentación para los valores de los parámetros fisicoquímicos como la DBO<sub>5</sub>, DQO y SST y reducir la materia orgánica con el reactor biológico RBAM en el tratamiento de aguas residuales del Camal Municipal de Calca – Cusco, 2017-2018?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer el caudal de entrada al reactor biológico anaerobio con mamparas para uniformizar la alimentación de las aguas residuales del Camal Municipal de Calca - Cusco, 2017-2018.</li> <li>• Efectuar los resultados de las pruebas experimentales y establecer los valores de los parámetros fisicoquímicos como la DBO<sub>5</sub>,DQO y SST para reducir la materia orgánica con el reactor biológico RBAM en el tratamiento de aguas residuales del Camal Municipal de Calca – Cusco, 2017-2018.</li> </ul>	<p>de Calca, se logra un buen diagnóstico preliminar de evaluación.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Al establecer el caudal apropiado se garantiza la uniformidad de alimentación del reactor biológico anaerobio con mamparas para el tratamiento de las aguas residuales del Camal Municipal de Calca – Cusco, 2017-2018.</li> <li>• Al encontrar las concentraciones adecuadas de la DBO<sub>5</sub> DQO Y SST; se reduce la materia orgánica por debajo de los valores máximos admisibles en el tratamiento de las aguas residuales del Camal Municipal de Calca– Cusco, 2017-2018.</li> </ul>	<p><b>VARIABLES INTERVINIENTES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Temperatura (°C)</li> <li>•pH</li> </ul>		<p>ingresa al RBAM 1300 L.</p> <p><b>Muestra:</b>                  Agua residual para los parámetros físico-químicos de calidad de agua DBO<sub>5</sub>, DQO y SST</p>		
---	--	---	--	--	--	--	--

**ANEXO 02 (a): Valores Máximos Admisibles**

Anexo N° 2		
PARÁMETRO	VMA	UNIDAD
DBO <sub>5</sub>	500.00	mg/l
DQO	1,000.00	mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	500.00	mg/l
ACEITES Y GRASAS	100.00	mg/l

La aplicación de estos parámetros a cada actividad económica por procesos productivos, será precisada en el reglamento de la presente norma tomando como referencia el código CIU. Aquellas actividades que no estén incluidas en este código, deberán cumplir con los parámetros indicados en el presente Anexo. Los parámetros establecidos en el Anexo N°1 serán determinados a partir del análisis de muestras puntuales.


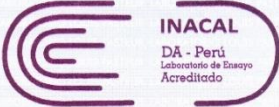
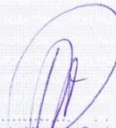

**ANEXO 02 (b): Valores Máximos Admisibles**

PARAMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLAD O
Aluminio	mg/L	Al	10
Arsénico	mg/L	As	0.5
Boro	mg/L	B	4
Cadmio	mg/L	Cd	0.2
Cianuro	mg/L	CN <sup>-</sup>	1
Cobre	mg/L	Cu	3
Cromo hexavalente	mg/L	Cr <sup>+6</sup>	0.5
Cromo total	mg/L	Cr	10
Manganeso	mg/L	Mn	4
Mercurio	mg/L	Hg	0.02
Níquel	mg/L	Ni	4
Plomo	mg/L	Pb	0.5
Sulfatos	mg/L	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	500
Sulfuros	mg/L	S <sup>-2</sup>	5
Zinc	mg/L	Zn	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	NH <sup>+4</sup>	80
pH (2)	unidad	pH	6-9
Solidos Sedimentables (2)	MI/L/h	S.S	8.5
Temperatura (2)	°C	T	<35

La aplicación de estos parámetros a cada actividad económica por procesos productivos, será precisada en el reglamento de la presente norma tomando como referencia el código CIU. Aquellas actividades que no estén incluidas en este código, deberán cumplir con los parámetros indicados en el presente Anexo.



## ANEXO 03: Resultados de caracterización del agua residual.

 <p><b>LABORATORIO LOUIS PASTEUR</b></p>	<p>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-042</p>	 <p><b>INACAL</b> DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado</p> <p>Registro N°LE - 042</p>																		
<h3>INFORME DE ENSAYO</h3> <h4>LLP-3965-2017</h4> <h4>SO-1532-2017</h4>																				
Pág. 1 de 1																				
<p><b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b> Solicitante: Lesly Sergiña Bocangel Beltran Dirección Legal: Kari Grande APV. Señor de Animas B-12 – San Sebastian</p>																				
<p><b>IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA</b> Nombre del Producto: Agua residual industrial Matriz química: Agua residual industrial Fecha de Ingreso de Muestra: 2017/07/19 Fecha de Ensayo: 2017/07/19</p>																				
<p><b>INFORMACIÓN DE LA MUESTRA Y REPORTE DE RESULTADOS</b> Toma de muestra realizada por: Personal de Laboratorio Louis Pasteur. Fecha de Toma de Muestra: 2017/07/19 Hora de toma de muestra: 10:45 Procedencia de la Muestra: Desague principal – Camal de calca Cantidad y Descripción de la Muestra: Frascos de polietileno de 250ml, 02 frascos 500ml, 01L, frasco de vidrio de 1L; transportado en cadena de frío. Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2017/07/26</p>																				
<p>Referencia: Nro. De Cotización: 24-12</p>																				
<p><b>RESULTADOS QUÍMICOS</b></p>																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Ensayo(s)</th> <th style="width: 20%;">Unidad</th> <th style="width: 40%;">Resultado(s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DBO<sub>5</sub></td> <td>mg/L</td> <td>2788,00</td> </tr> <tr> <td>DQO</td> <td>mg/L</td> <td>3975,95</td> </tr> <tr> <td>Sólidos totales en suspensión</td> <td>mg/L</td> <td>2720,00</td> </tr> <tr> <td>Aceites y grasas</td> <td>mg/L</td> <td>155,00</td> </tr> <tr> <td>Alcalinidad Total(*)</td> <td>ppmCaCO<sub>3</sub></td> <td>660</td> </tr> </tbody> </table>			Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)	DBO <sub>5</sub>	mg/L	2788,00	DQO	mg/L	3975,95	Sólidos totales en suspensión	mg/L	2720,00	Aceites y grasas	mg/L	155,00	Alcalinidad Total(*)	ppmCaCO <sub>3</sub>	660
Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)																		
DBO <sub>5</sub>	mg/L	2788,00																		
DQO	mg/L	3975,95																		
Sólidos totales en suspensión	mg/L	2720,00																		
Aceites y grasas	mg/L	155,00																		
Alcalinidad Total(*)	ppmCaCO <sub>3</sub>	660																		
<p>(*) El método indicado no esta acreditado por INACAL - DA.</p>																				
<p><b>Métodos de Referencia:</b></p> <table border="0" style="width: 100%; font-size: small;"> <tr> <td style="width: 33%;">Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)</td> <td style="width: 33%;">SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. (Incluye MUESTREO) (2012)</td> <td style="width: 33%;"></td> </tr> <tr> <td>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</td> <td>SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 22nd Ed. (Incluye MUESTREO) (2012)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sólidos Totales en Suspensión</td> <td>SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. (Incluye MUESTREO) (2012)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Aceites y Grasas</td> <td>SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3520 D, 22nd Ed. (Incluye MUESTREO) (2012)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ALCALINIDAD</td> <td>2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 22ND EDITION. Part. 2320 Alkalinity. B. Titration Method Pág. 2-34</td> <td></td> </tr> </table>			Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. (Incluye MUESTREO) (2012)		Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 22nd Ed. (Incluye MUESTREO) (2012)		Sólidos Totales en Suspensión	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. (Incluye MUESTREO) (2012)		Aceites y Grasas	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3520 D, 22nd Ed. (Incluye MUESTREO) (2012)		ALCALINIDAD	2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 22ND EDITION. Part. 2320 Alkalinity. B. Titration Method Pág. 2-34				
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. (Incluye MUESTREO) (2012)																			
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 22nd Ed. (Incluye MUESTREO) (2012)																			
Sólidos Totales en Suspensión	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. (Incluye MUESTREO) (2012)																			
Aceites y Grasas	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3520 D, 22nd Ed. (Incluye MUESTREO) (2012)																			
ALCALINIDAD	2012 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 22ND EDITION. Part. 2320 Alkalinity. B. Titration Method Pág. 2-34																			
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Biga, Patricia Miranda Pacheco COLBIOP N° 6556 DIRECTOR TÉCNICO</p> </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>																				
<p>Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.</p>																				
<p>LLP-MP17-F02VER 07 NOVIEMBRE 2017</p> <p>Av. Tullumayo N° 768 (2º Piso) Telefax: 084-234727 Mov. 975 713500 RPC: 974 787 151 RPM:# 713522</p> <p>www.lablouispasteur.pe - laboratoriolouispasteur@yahoo.es</p>																				

## ANEXO 04(a): Informe de ensayo



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL  
MA1713402

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA				LDC
FECHA DE MUESTREO				09/08/2017
HORA DE MUESTREO				15:00
MATRIZ				LODOS
PRODUCTO DESCRITO COMO				LODOS
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	Resultado
<b>Compuestos orgánicos volátiles en TCLP</b>				
1,2,4-Triclorobenceno	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<0.001 *
1,2,4-Trimetilbenceno	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<0.001 *
1,2-Dibromo-3-cloropropano	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<0.001 *
1,2-Dibromoetano	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<0.001 *
1,2-Diclorobenceno	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<0.001 *
1,2-Dicloroetano	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<0.001 *
1,2-Dicloropropano	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<0.001 *
1,3,5-Trimetilbenceno	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<0.001 *
1,3-Diclorobenceno	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<0.001 *
1,3-Dicloropropano	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<0.001 *
1,4-Diclorobenceno	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<0.001 *
2,2-Dicloropropano	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<0.001 *
2-Clorotolueno	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<0.001 *
4-Clorotolueno	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<0.001 *
4-Isopropiltolueno	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<0.001 *
Benceno	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.0005	<0.0005 *
Bromobenceno	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.0015	<0.0015 *
Bromoclorometano	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<0.001 *
Bromodichlorometano	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.0015	<0.0015 *
Bromoformo (Tribromometano)	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.0015	<0.0015 *
Cis-1,2-dicloroetano	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<0.001 *
Cis-1,3-dicloropropeno	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<0.001 *
Clorobenceno	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.0015	<0.0015 *
Clorodibromometano	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.0015	<0.0015 *
Cloroformo	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.0015	<0.0015 *
Dibromometano	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<0.001 *
Estireno	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<0.001 *
Etilbenceno	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.0005	<0.0005 *
Hexaclorobutadieno	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.0003	<0.0003 *
Isopropilbenceno (Cumeno)	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<0.001 *
m,p-Xileno	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.0005	<0.0005 *
Naftaleno	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<0.001 *
n-Butilbenceno	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<0.001 *
n-Propilbenceno	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<0.001 *
o-Xileno	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.0005	<0.0005 *
Sec-butilbenceno	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<0.001 *
Ter-butilbenceno	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<0.001 *
Tetracloroetileno (Tetracloroetano)	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<0.001 *
Tetracloruro de Carbono	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<0.001 *
Tolueno	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.0005	<0.0005 *
Trans-1,2-dicloroetano	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<0.001 *
Trans-1,3-dicloropropeno	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<0.001 *
Tricloroetano (Tricloroetileno)	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<0.001 *

## ANEXO 04(b): Informe de ensayo



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL  
MA1713402**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA				LDC
FECHA DE MUESTREO				09/08/2017
HORA DE MUESTREO				15:00
MATRIZ				LODOS
PRODUCTO DESCRITO COMO				LODOS
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	Resultado
<b>Análisis Generales</b>				
Cianuro Total	ES_EPA9013_ASTMD75 11	mg/kg	0.1	4.8
Sulfuro	ES_EPA9031	mg/kg	1	<1
Potencial de Hidrógeno	ES_EPA9045	pH	--	7.82
Reactividad HCN	ESW_EPA_SW846_901 4	mg/kg	0.125	<-0.125 *
Reactividad H2S	ESW_EPA_SW846_903 4	mg/kg	0.01	<-0.01 *
Inflamabilidad	ESW_EPA1030	mm/s	2.2	<2.2 *
Corrosividad	ESW_EPA1110	mmpy	6.35	<6.35 *
<b>Análisis Microbiológicos</b>				
Numeración Coliformes totales	ES_APHA9221B_CX	NMP/g	--	9,200 0 *
Numeración Coliformes fecales	ES_APHA9221E_CX	NMP/g	--	1,300 0 *
Ascaris Lumbricoides	ES_NOM004_HH_CX	Huevos/2gST	--	0 *
Cestodos	ES_NOM004_HH_CX	Huevos/2gST	--	0 *
Huevos de Helminto	ES_NOM004_HH_CX	Huevos viables/4 g	--	0 *
Huevos de Helminto	ES_NOM004_HH_CX	Huevos/2gST	--	0 *
Entamoeba coli	ES_SGS_MAC05_CX	N° Org/gST	--	0 *
Giardia duodenalis	ES_SGS_MAC05_CX	N° Org/gST	--	0 *
<b>Metales</b>				
Cobre	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.357	159.198
Aluminio	ES_EPA3051_6020	mg/kg	2.701	8,312.721
Antimonio	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.041	1.683
Arsénico	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.897	7.047
Bario	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.138	287.393
Berilio	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.054	0.353
Bismuto	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.032	12.803
Boro	ES_EPA3051_6020	mg/kg	5.399	10.012
Cadmio	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.045	1.174
Calcio	ES_EPA3051_6020	mg/kg	65.382	53,284.301
Circonio	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.046	0.284
Cobalto	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.040	4.404
Cromo	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.314	20.110
Escandio	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.099	1.466
Estaño	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.295	6.968
Estroncio	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.258	342.353
Fosforo	ES_EPA3051_6020	mg/kg	4.759	13,109.069
Hierro	ES_EPA3051_6020	mg/kg	9.201	13,707.007
Lantano	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.032	4.792
Magnesio	ES_EPA3051_6020	mg/kg	5.509	5,259.262
Manganeso	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.202	378.723
Mercurio	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.082	0.477
Molibdeno	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.057	3.802
Niquel	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.156	16.501
Plata	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.084	5.236
Plomo	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.109	25.772
Potasio	ES_EPA3051_6020	mg/kg	13.500	1,255.113
Selenio	ES_EPA3051_6020	mg/kg	1.132	1.630
Sodio	ES_EPA3051_6020	mg/kg	7.579	740.393
Talio	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.029	0.127
Thorio	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.035	0.477
Titanio	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.079	5.685
Uranio	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.032	0.646
Vanadio	ES_EPA3051_6020	mg/kg	1.488	23.629
Wolframio	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.072	0.253
Ytrio	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.030	3.374
Zinc	ES_EPA3051_6020	mg/kg	0.607	823.040
<b>Compuestos orgánicos volátiles en TCLP</b>				
1,1-Dicloroetano	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<-0.001 *
1,1,1,2-Tetracloroetano	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<-0.001 *
1,1,1-Tricloroetano	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<-0.001 *
1,1,2,2-Tetracloroetano	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<-0.001 *
1,1,2-Tricloroetano	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<-0.001 *
1,1-Dicloroetano	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<-0.001 *
1,1-Dicloroetano	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<-0.001 *
1,2,3-Triclorobenceno	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<-0.001 *
1,2,3-Tricloropropano	EW_EPA8260_TCLP	mg/L	0.001	<-0.001 *

## ANEXO 04(c): Informe de ensayo



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL  
MA1713402

## CONTROL DE CALIDAD

<b>LD:</b> Limite de detección
<b>MB:</b> Blanco del proceso.
<b>LCS %Recovery:</b> Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
<b>MS %Recovery:</b> Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
<b>MSD %RPD:</b> Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
<b>Dup %RPD:</b> Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LD	Fecha de Análisis	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Cobre	mg/kg	0.357	11/08/2017	<0.357	0 - 7%	NA - 95%	NA - 95%	NA - 0%
Aluminio	mg/kg	2.701	11/08/2017	<2.701	0 - 9%	93 - 106%	93 - 106%	0%
Antimonio	mg/kg	0.041	11/08/2017	<0.041	0 - 7%	NA - 104%	NA - 104%	NA - 0%
Arsénico	mg/kg	0.897	11/08/2017	<0.897	0 - 7%	NA - 107%	NA - 107%	NA - 0%
Bario	mg/kg	0.138	11/08/2017	<0.138	0 - 9%	NA - 100%	NA - 100%	NA - 0%
Berilio	mg/kg	0.054	11/08/2017	<0.054	0 - 7%	NA - 108%	NA - 108%	NA - 0%
Bismuto	mg/kg	0.032	11/08/2017	<0.032	0 - 8%	NA - 104%	NA - 104%	NA - 0%
Boro	mg/kg	5.399	11/08/2017	<5.399	0 - 9%	NA - 90%	NA - 90%	NA - 0%
Cadmio	mg/kg	0.045	11/08/2017	<0.045	0 - 8%	NA - 100%	NA - 100%	NA - 0%
Calcio	mg/kg	65.382	11/08/2017	<65.382	0 - 9%	NA - 99%	NA - 99%	NA - 0%
Circonio	mg/kg	0.046	11/08/2017	<0.046	0 - 8%	NA - 106%	NA - 106%	NA - 0%
Cobalto	mg/kg	0.040	11/08/2017	<0.040	0 - 7%	NA - 103%	NA - 103%	NA - 0%
Cromo	mg/kg	0.314	11/08/2017	<0.314	0 - 9%	NA - 93%	NA - 93%	NA - 0%
Escandio	mg/kg	0.099	11/08/2017	<0.099	0 - 7%	NA - 110%	NA - 110%	NA - 0%
Estaño	mg/kg	0.295	11/08/2017	<0.295	0 - 8%	NA - 95%	NA - 95%	NA - 0%
Estroncio	mg/kg	0.258	11/08/2017	<0.258	0 - 7%	NA - 90%	NA - 90%	NA - 0%
Fosforo	mg/kg	4.759	11/08/2017	<4.759	0 - 7%	NA - 97%	NA - 97%	NA - 0%
Hierro	mg/kg	9.201	11/08/2017	<9.201	0 - 9%	NA - 89%	NA - 90%	NA - 0%
Lantano	mg/kg	0.032	11/08/2017	<0.032	0 - 7%	NA - 105%	NA - 105%	NA - 0%
Magnesio	mg/kg	5.509	11/08/2017	<5.509	0 - 9%	NA - 105%	NA - 105%	NA - 0%
Manganeso	mg/kg	0.202	11/08/2017	<0.202	0 - 9%	NA - 94%	NA - 94%	NA - 0%
Mercurio	mg/kg	0.082	11/08/2017	<0.082	0 - 11%	NA - 93%	NA - 93%	NA - 0%
Molibdeno	mg/kg	0.057	11/08/2017	<0.057	0 - 9%	NA - 91%	NA - 92%	NA - 0%
Niquel	mg/kg	0.156	11/08/2017	<0.156	0 - 9%	NA - 100%	NA - 100%	NA - 0%
Plata	mg/kg	0.084	11/08/2017	<0.084	0 - 9%	NA - 96%	NA - 96%	NA - 0%
Plomo	mg/kg	0.109	11/08/2017	<0.109	0 - 9%	NA - 88%	NA - 88%	NA - 0%
Potasio	mg/kg	13.500	11/08/2017	<13.500	0 - 8%	NA - 100%	NA - 100%	NA - 0%
Selenio	mg/kg	1.132	11/08/2017	<1.132	0 - 7%	NA - 95%	NA - 95%	NA - 0%
Sodio	mg/kg	7.579	11/08/2017	<7.579	0 - 8%	NA - 88%	NA - 88%	NA - 0%
Talio	mg/kg	0.029	11/08/2017	<0.029	0 - 9%	NA - 95%	NA - 95%	NA - 0%
Thorio	mg/kg	0.035	11/08/2017	<0.035	0 - 4%	NA - 93%	NA - 93%	NA - 0%
Titanio	mg/kg	0.079	11/08/2017	<0.079	0 - 7%	NA - 94%	NA - 95%	NA - 0%
Uranio	mg/kg	0.032	11/08/2017	<0.032	0 - 9%	NA - 100%	NA - 100%	NA - 0%
Vanadio	mg/kg	1.488	11/08/2017	<1.488	0 - 8%	NA - 88%	NA - 88%	NA - 0%
Wolframio	mg/kg	0.072	11/08/2017	<0.072	0 - 8%	NA - 103%	NA - 103%	NA - 0%
Ytrio	mg/kg	0.030	11/08/2017	<0.030	0 - 8%	NA - 101%	NA - 102%	NA - 0%
Zinc	mg/kg	0.607	11/08/2017	<0.607	0 - 8%	NA - 95%	NA - 95%	NA - 0%
Cianuro Total	mg/kg	0.1	11/08/2017	<0.1		103 - 104%	102%	2%
Sulfuro	mg/kg	1	11/08/2017	<1	0%	97%	104%	
Potencial de Hidrógeno	pH	--	11/08/2017		0%	101%		
Reactividad HCN	mg/kg	0.125	11/08/2017	<0.125	0%			
Reactividad H2S	mg/kg	0.01	11/08/2017	<0.01	0%			
Inflamabilidad	mm/s	2.2	11/08/2017		0%			
Corrosividad	mmpy	6.35	11/08/2017		0%			

## ANEXO 04(d): Referencia de métodos de ensayo



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



### INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL MA1713402

#### REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parametro	Método de Ensayo
ES_APHA9221B_CX	Subcontratado	Numeración de Coliformes totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221B, 22nd Ed. 2012; Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
ES_APHA9221E_CX	Subcontratado	Numeración de Coliformes fecales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221E, 22nd Ed. 2012; Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.
ES_EPA3051_6020	Callao	Metales	EPA 3051A:2007. Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, Soils and Oils/EPA 6020A:2007. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry.
ES_EPA9013_ASTMD7511	Callao	Cianuro Total	EPA Method 9013A Rev 02, 2014. Cyanide extraction procedure for solids and oils/ASTM D7511- 12:2012. Standard Test Method for Total Cyanide by Segmented Flow Injection Analysis. In - Line Ultraviolet Digestion and Amperometric Detection (Validado). 2016
ES_EPA9031	Callao	Sulfuro	EPA 9031; Rev 00:1992. - Extractable Sulfides.
ES_EPA9045	Callao	Potencial de Hidrógeno	EPA 9045D; Rev 4; 2004. Soil and waste PH.
ES_NOM004_HH_CX	Subcontratado	Determinación de Huevos de Helminto	NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección Ambiental - Anexo V. Método para la Cuantificación de Huevos de Helmintos.
ES_SGS_MAC05_CX	Subcontratado	Detección y/o Cuantificación de Parasitos	NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección Ambiental -Lodos y Biosólidos.- Anexo V- Metodo para la Cuantificación de Huevos de helmintos. Item 2 / OPS-CEPIS.1983 Métodos simplificados de análisis microbiológicos de aguas residuales. (Validado)
ESW_EPA_SW846_9014	Callao	Reactividad al HCN	USEPA, SW-846: 1996 Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical Chemical Methods Cap. 7 Secc. 7.3.3.1 y 7.3.3.2 / EPA 9014: 1996 Titrimetric and Manual Spectrophotometric Determinative Methods for Cyanide
ESW_EPA_SW846_9034	Callao	Reactividad al H2S	USEPA SW-846: 1996 Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical Chemical Methods - Cap. 7 Secc. 7.3.4.1 y 7.3.4.2 / EPA 9034: 1996 Titrimetric Procedure for Acid-Soluble and Acid Insoluble Sulfides
ESW_EPA1030	Callao	Inflamabilidad en Residuos Sólidos	EPA 1030; Rev. 0 : 1996. Ignitability of solids,
ESW_EPA1110	Callao	Corrosividad	EPA 1110A: 2004, Corrosivity Toward Steel./ EPA 9045D:2004 Soil and Waste pH
EW_EPA8260_TCLP	Callao	Compuestos orgánicos volátiles en TCLP	EPA 8260C, Rev.3: 2006. Volatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)/ EPA 1311: Toxicity Characteristic Leaching Procedure

#### Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

(\*) El método indicado no ha sido acreditado por el INACAL - DA , para la matriz en mención.

Los resultados de las muestras expresados en mg/Kg se calculan sobre base seca.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio., su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regua por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la identidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

**ANEXO 05: Registro de monitoreo de pH y temperatura (°C). Etapa de arranque**

<b>Fecha</b>	<b>Afluente</b>		<b>Efluente</b>	
	<b>pH</b>	<b>(°C)</b>	<b>pH</b>	<b>(°C)</b>
<b>15/08/2017</b>	7	18.5	7.25	20
<b>18/08/2017</b>	6.97	22.5	7.5	21.1
<b>21/08/2017</b>	6.48	20.1	7.2	20.5
<b>23/08/2017</b>	7.24	20.5	7	21.3
<b>25/08/2017</b>	6.74	20	7.4	20
<b>28/08/2017</b>	6.56	20.9	7	21.5
<b>30/08/2017</b>	6.61	21	6.9	23.5
<b>1/09/2017</b>	6.65	22	6.8	24
<b>4/09/2017</b>	6.45	23.6	7.4	23.6
<b>6/09/2017</b>	7.55	20.1	7.9	24.1
<b>8/09/2017</b>	7.71	20	7.5	21.6
<b>11/09/2017</b>	7.68	20.8	7.8	21.8
<b>13/09/2017</b>	7.64	22	7.7	22
<b>15/09/2017</b>	6.96	21.6	7	23
<b>18/09/2017</b>	7.56	19	7.65	18
<b>20/09/2017</b>	6.55	17	6.5	18.5
<b>22/09/2017</b>	7	22	6.84	19
<b>25/09/2017</b>	7.95	21.5	6.39	22
<b>27/09/2017</b>	6.95	20.5	6.5	21
<b>29/09/2017</b>	7.7	20	6.95	21
<b>2/10/2017</b>	7.68	18	6.01	19
<b>4/10/2017</b>	7.5	17.6	6.3	20
<b>6/10/2017</b>	7.51	18.5	7.6	21
<b>9/10/2017</b>	7.42	19	6.82	21
<b>11/10/2017</b>	7	20	7.25	20
<b>13/10/2017</b>	7.03	21	7.1	19.5
<b>16/10/2017</b>	7.22	20	6.5	21
<b>18/10/2017</b>	7.5	19	7.55	19.6
<b>20/10/2017</b>	7.89	19	8	20
<b>23/10/2017</b>	7.96	21	8.19	19.5
<b>25/10/2017</b>	7.39	20	7.25	20
<b>27/10/2017</b>	7.88	19.5	8.48	19
<b>30/10/2017</b>	7.01	21	7.96	20
<b>1/11/2017</b>	7.66	19.5	8.4	18

**ANEXO 06: Registro de Caudal para la etapa de arranque del RBAM**

<b>DIA</b>	<b>Caudal L/día</b>	<b>Caudal m<sup>3</sup>/día</b>	<b>Volumen del Reactor (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen del Reactor (L)</b>	<b>TRH (Dias)</b>	<b>TRH (Horas)</b>
16/08/2017	864.0	0.9	1.3	1300.0	1.5	36.1
18/08/2017	864.0	0.9	1.3	1300.0	1.5	36.1
21/08/2017	864.0	0.9	1.3	1300.0	1.5	36.1
23/08/2017	864.0	0.9	1.3	1300.0	1.5	36.1
25/08/2017	864.0	0.9	1.3	1300.0	1.5	36.1
28/08/2017	864.0	0.9	1.3	1300.0	1.5	36.1
30/08/2017	864.0	0.9	1.3	1300.0	1.5	36.1
1/09/2017	959.0	1.0	1.3	1300.0	1.4	32.5
4/09/2017	959.0	1.0	1.3	1300.0	1.4	32.5
6/09/2017	959.0	1.0	1.3	1300.0	1.4	32.5
8/09/2017	959.0	1.0	1.3	1300.0	1.4	32.5
11/09/2017	959.0	1.0	1.3	1300.0	1.4	32.5
13/09/2017	959.0	1.0	1.3	1300.0	1.4	32.5
15/09/2017	959.0	1.0	1.3	1300.0	1.4	32.5
18/09/2017	959.0	1.0	1.3	1300.0	1.4	32.5
20/09/2017	959.0	1.0	1.3	1300.0	1.4	32.5
22/09/2017	959.0	1.0	1.3	1300.0	1.4	32.5
25/09/2017	959.0	1.0	1.3	1300.0	1.4	32.5
27/09/2017	959.0	1.0	1.3	1300.0	1.4	32.5
29/09/2017	959.0	1.0	1.3	1300.0	1.4	32.5
2/10/2017	1036.8	1.0	1.3	1300.0	1.3	30.1
4/10/2017	1036.8	1.0	1.3	1300.0	1.3	30.1
6/10/2017	1036.8	1.0	1.3	1300.0	1.3	30.1
9/10/2017	1036.8	1.0	1.3	1300.0	1.3	30.1
11/10/2017	1036.8	1.0	1.3	1300.0	1.3	30.1
13/10/2017	1036.8	1.0	1.3	1300.0	1.3	30.1
16/10/2017	1151.7	1.2	1.3	1300.0	1.1	27.1
18/10/2017	1151.7	1.2	1.3	1300.0	1.1	27.1
20/10/2017	1151.7	1.2	1.3	1300.0	1.1	27.1
23/10/2017	1151.7	1.2	1.3	1300.0	1.1	27.1
25/10/2017	1151.7	1.2	1.3	1300.0	1.1	27.1
27/10/2017	1151.7	1.2	1.3	1300.0	1.1	27.1
30/10/2017	1151.7	1.2	1.3	1300.0	1.1	27.1
1/11/2017	1234.3	1.2	1.3	1300.0	1.1	25.3

**ANEXO 07: Registro de Caudal para la etapa de arranque del RBAM**

<b>DIA</b>	<b>Caudal L/día</b>	<b>Caudal m<sup>3</sup>/día</b>	<b>Volumen del Reactor (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen del Reactor (L)</b>	<b>TRH (DIAS)</b>	<b>TRH (HORAS)</b>
3/11/2017	1234.3	1.2	1.3	1300.0	1.1	25.3
6/11/2017	1234.3	1.2	1.3	1300.0	1.1	25.3
8/11/2017	1234.3	1.2	1.3	1300.0	1.1	25.3
10/11/2017	1234.3	1.2	1.3	1300.0	1.1	25.3
13/11/2017	1234.3	1.2	1.3	1300.0	1.1	25.3
15/11/2017	1234.3	1.2	1.3	1300.0	1.1	25.3
17/11/2017	1393.5	1.4	1.3	1300.0	0.9	22.4
20/11/2017	1393.5	1.4	1.3	1300.0	0.9	22.4
22/11/2017	1393.5	1.4	1.3	1300.0	0.9	22.4
24/11/2017	1393.5	1.4	1.3	1300.0	0.9	22.4
27/11/2017	1393.5	1.4	1.3	1300.0	0.9	22.4
29/11/2017	1393.5	1.4	1.3	1300.0	0.9	22.4
1/12/2017	1489.6	1.5	1.3	1300.0	0.9	20.9
4/12/2017	1489.6	1.5	1.3	1300.0	0.9	20.9
6/12/2017	1489.6	1.5	1.3	1300.0	0.9	20.9
8/12/2017	1489.6	1.5	1.3	1300.0	0.9	20.9
11/12/2017	1489.6	1.5	1.3	1300.0	0.9	20.9
13/12/2017	1489.6	1.5	1.3	1300.0	0.9	20.9
15/12/2017	1641.6	1.6	1.3	1300.0	0.8	19.0
18/12/2017	1641.6	1.6	1.3	1300.0	0.8	19.0
20/12/2017	1641.6	1.6	1.3	1300.0	0.8	19.0
22/12/2017	1641.6	1.6	1.3	1300.0	0.8	19.0
27/12/2017	1641.6	1.6	1.3	1300.0	0.8	19.0
29/12/2017	1641.6	1.6	1.3	1300.0	0.8	19.0
3/01/2018	1641.6	1.6	1.3	1300.0	0.8	19.0
5/01/2018	1641.6	1.6	1.3	1300.0	0.8	19.0
8/01/2018	1728.0	1.7	1.3	1300.0	0.8	18.1
10/01/2018	1728.0	1.7	1.3	1300.0	0.8	18.1
12/01/2018	1728.0	1.7	1.3	1300.0	0.8	18.1
15/01/2018	1728.0	1.7	1.3	1300.0	0.8	18.1
17/01/2018	1728.0	1.7	1.3	1300.0	0.8	18.1
19/01/2018	1728.0	1.7	1.3	1300.0	0.8	18.1



**ANEXO 08: Registro de monitoreo de pH y temperatura (°C). Etapa de operación**


FECHA	Afluente		Efluente	
	pH	(°C)	pH	(°C)
3/11/2017	7.5	17	7.1	17.1
6/11/2017	7.69	17.5	6.54	17
8/11/2017	7.45	16.8	6.68	17.55
10/11/2017	6.9	17	7.2	17
13/11/2017	6.75	17.5	7.05	17.9
15/11/2017	7.02	17.69	6.8	18
17/11/2017	7.23	17	7.45	17
20/11/2017	7.9	17.01	7.5	17.6
22/11/2017	6.9	18	7	16.9
24/11/2017	7.9	15	7.1	18.3
27/11/2017	8.01	18	7.15	18
29/11/2017	7.59	18.9	7.54	16
1/12/2017	7.5	16.5	7.6	16.5
4/12/2017	6.9	18	7.3	17
6/12/2017	7.1	21	6.8	18
8/12/2017	7.5	20.1	6.9	18.9
11/12/2017	7.4	21.6	6.45	18.5
13/12/2017	7.3	20.5	7.8	19.2
15/12/2017	6.7	21	7.5	19.6
18/12/2017	6.54	21.3	7.2	20
20/12/2017	7.66	22	6.9	21
22/12/2017	7	23	6.45	21.6
27/12/2017	7.21	22.1	6.22	22
29/12/2017	6.96	18.2	6.58	21.7
3/01/2018	6.88	19.5	7.12	23
5/01/2018	6.21	19.9	7.1	21
8/01/2018	6.4	21.0	7.18	22
10/01/2018	6.1	20.0	7.48	22.6
12/01/2018	6.8	22.0	7	23
15/01/2018	6.7	18.0	6.65	22.4
17/01/2018	6.48	17.5	7	21
19/01/2018	7.2	18.4	7.3	23.5

## ANEXO 09: Informe de ensayo



**LABORATORIO LOUIS PASTEUR**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



**INACAL**  
DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado

Registro N°LE - 042

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-0091-2018**  
**SO-0039-2018**

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**  
Solicitante: Lesly Sergiña Bocangel Beltran  
Dirección Legal: Kari Grande APV. Señor de Animas B-12 – San Sebastian


**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**  
Nombre del Producto: Agua residual industrial  
Matriz química: Agua residual industrial  
Fecha de Ingreso de Muestra: 2018/01/19  
Fecha de Ensayo: 2018/01/19

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA Y REPORTE DE RESULTADOS**  
Toma de muestra realizada por: Sr. Aliss Tito Escalante  
Fecha de Toma de Muestra: 2018/01/19  
Hora de toma de muestra: 10.41  
Procedencia de la Muestra: Salida de reactor – Camal de calca.  
Cantidad y Descripción de la Muestra: Frascos de polietileno de 250ml, 500ml, 1L, transportado en cadena de frío.  
Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2018/01/26  
Referencia: Nro. De Cotización: 07-01


**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	mg/L	624,48
DQO	mg/L	1209,60
Sólidos totales en suspensión	mg/L	81,43

**Métodos de Referencia:**  
 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)      SWEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. (Incluye MUESTREO) (2012)  
 Demanda Química de Oxígeno (DQO)      SWEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 22nd Ed. (Incluye MUESTREO) (2012)  
 Sólidos Totales en Suspensión      SWEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. (Incluye MUESTREO) (2012)




**Patricia Miranda Pacheco**  
COLBIOF N° 6556  
DIRECTOR TÉCNICO



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.


LLP-MP17-F02VER 07 NOVIEMBRE 2017  
 Av. Tullumayo N° 768 (2° Piso) Telefax: 084-234727 Mov. 975 713500 RPC: 974 787 151 RPM:# 713522  
 www.lablouispasteur.pe - laboratoriolouispasteur@yahoo.es

## ANEXO 10: Informe de ensayo



**LABORATORIO LOUIS PASTEUR**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



**INACAL**  
DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado

Registro N°LE - 042

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-0030-2018**  
**SO-0013-2018**

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**  
Solicitante: Diego Angel Linares Gallardo  
Dirección Legal: Calle Ccascaparo Chico N°164 - Cusco

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**  
Nombre del Producto: Agua residual industrial  
Matriz química: Agua residual industrial  
Fecha de Ingreso de Muestra: 2018/01/10  
Fecha de Ensayo: 2018/01/10

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA Y REPORTE DE RESULTADOS**  
Toma de muestra realizada por: Srta. Aliss Tito Escalante  
Fecha de Toma de Muestra: 2018/01/10  
Hora de toma de muestra: 10:55  
Procedencia de la Muestra: Salida – Camal de calca.  
Cantidad y Descripción de la Muestra: Frascos de polietileno de 250ml, 500ml, 1L; transportado en cadena de frío  
Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2018/01/17  
Referencia: Nro. De Cotización: 07-01


**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	mg/L	983,40
DQO	mg/L	1913,60
Sólidos totales en suspensión	mg/L	439,17

**Métodos de Referencia:**  
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)  
Demanda Química de Oxígeno (DQO)  
Sólidos Totales en Suspensión

SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed (Incluye MUESTREO) (2012)  
SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 22nd Ed (Incluye MUESTREO) (2012)  
SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed (Incluye MUESTREO) (2012)


Elija Patricia Mercedes Pacheco  
C. de Ingeniería  
DIRECTORA TÉCNICA



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.


**LLP-MP17-F02VER 07 NOVIEMBRE 2017**  
Av. Tullumayo N° 768 (2º Piso) Telefax: 084-234727 Mov. 975 713500 RPC: 974 787 151 RPM:# 713522  
www.lablouispasteur.pe - laboratoriolouispasteur@yahoo.es

## ANEXO 11: Informe de ensayo



**LABORATORIO LOUIS PASTEUR**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



**INACAL**  
DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado

Registro N° LE - 042

**INFORME DE ENSAYO**  
**LLP-0026-2018**  
**SO-0009-2018**

Pág. 1 de 1

**INFORMACIÓN DEL CLIENTE**  
Solicitante: Lesly Sergiña Bocangel Beltran  
Dirección Legal: Kari Grande APV, Señor de Animas B-12 – San Sebastian

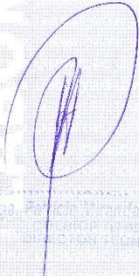

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**  
Nombre del Producto: Agua residual industrial  
Matriz química: Agua residual industrial  
Fecha de Ingreso de Muestra: 2018/01/08  
Fecha de Ensayo: 2018/01/08

**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA Y REPORTE DE RESULTADOS**  
Toma de muestra realizada por: Srta. Abigail Cardena Pilares.  
Fecha de Toma de Muestra: 2018/01/08  
Hora de toma de muestra: 10:56  
Procedencia de la Muestra: Salida – Camal de calca  
Cantidad y Descripción de la Muestra: Frascos de polietileno de 250ml, 500ml, 1L; transportado en cadena de frío.  
Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2018/01/15  
Referencia: Nro. De Cotización: 07-01

**RESULTADOS QUÍMICOS**

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	mg/L	139,46
DQO	mg/L	288,00
Sólidos totales en suspensión	mg/L	26,36

**Métodos de Referencia:**  
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>): SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5213 B, 22nd Ed. (incluye MUESTREO) (2012);  
Demanda Química de Oxígeno (DQO): SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 22nd Ed. (incluye MUESTREO) (2012);  
Sólidos Totales en Suspensión: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. (incluye MUESTREO) (2012)



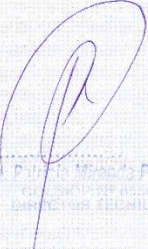




Biólogo Polixén Virentes Pacheco  
LABORATORIO LOUIS PASTEUR  
CUSCO

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02VER 07 NOVIEMBRE 2017  
Av. Tullumayo N° 768 (2° Piso) Telefax: 084-234727 Mov. 975 713500 RPC: 974 787 151 RPM:# 713522  
www.lablouispasteur.pe - laboratoriolouispasteur@yahoo.es

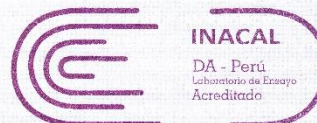
## ANEXO 12: Informe de ensayo

 <b>LABORATORIO LOUIS PASTEUR</b>	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-042	 <b>INACAL</b> DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado												
Registro N°LE - 042														
<b>INFORME DE ENSAYO</b> <b>LLP-0082-2018</b> <b>SO-0034-2018</b>														
Pág. 1 de 1														
<b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b> <b>Solicitante:</b> Lesly Serghiña Bocangel Beltran <b>Dirección Legal:</b> Kari Grande APV. Señor de Animas B-12 – San Sebastian														
<b>IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA</b> <b>Nombre del Producto:</b> Agua residual industrial <b>Matriz química:</b> Agua residual industrial <b>Fecha de Ingreso de Muestra:</b> 2018/01/17 <b>Fecha de Ensayo:</b> 2018/01/17														
<b>INFORMACIÓN DE LA MUESTRA Y REPORTE DE RESULTADOS</b> <b>Toma de muestra realizada por:</b> Sr. Arliss Tanner Tito Escalante. <b>Fecha de Toma de Muestra:</b> 2018/01/17 <b>Hora de toma de muestra:</b> 10:40 <b>Procedencia de la Muestra:</b> Salida de reactor – Camal de calca. <b>Cantidad y Descripción de la Muestra:</b> Frascos de polietileno de 250ml, 500ml, 1L. transportado en cadena de frío. <b>Fecha de Emisión de Informe de Ensayo:</b> 2018/01/24 <b>Referencia:</b> Nro. De Cotización: 07-01														
<b>RESULTADOS QUÍMICOS</b>														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ensayo(s)</th> <th>Unidad</th> <th>Resultado(s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DBO<sub>5</sub></td> <td>mg/L</td> <td>566,20</td> </tr> <tr> <td>DQO</td> <td>mg/L</td> <td>1091,20</td> </tr> <tr> <td>Sólidos totales en suspensión</td> <td>mg/L</td> <td>90,00</td> </tr> </tbody> </table>			Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)	DBO <sub>5</sub>	mg/L	566,20	DQO	mg/L	1091,20	Sólidos totales en suspensión	mg/L	90,00
Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)												
DBO <sub>5</sub>	mg/L	566,20												
DQO	mg/L	1091,20												
Sólidos totales en suspensión	mg/L	90,00												
<b>Métodos de Referencia:</b> Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )      SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. (incluye MUESTREO); (2012) Demanda Química de Oxígeno (DQO)          SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 22nd Ed. (incluye MUESTREO); (2012) Sólidos Totales en Suspensión                SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. (incluye MUESTREO); (2012)														
 														
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.														
<b>LLP-MP17-F02VER 07 NOVIEMBRE 2017</b> Av. Tullumayo N° 768 (2º Piso) Telefax: 084-234727 Mov. 975 713500 RPC: 974 787 151 RPM:# 713522 <a href="http://www.lablouispasteur.pe">www.lablouispasteur.pe</a> - <a href="mailto:laboratoriolouispasteur@yahoo.es">laboratoriolouispasteur@yahoo.es</a>														

## ANEXO 13: Informe de ensayo



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-042



Registro N°LE - 042

### INFORME DE ENSAYO LLP-0048-2018 SO-0022-2018

Pág. 1 de 1

#### INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Solicitante: Lesly Sergiña Bocangel Beltran  
Dirección Legal: Kari Grande APV. Señor de Animas B-12 – San Sebastian

#### IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Nombre del Producto: Agua residual industrial  
Matriz química: Agua residual industrial  
Fecha de Ingreso de Muestra: 2018/01/12  
Fecha de Ensayo: 2018/01/12

#### INFORMACIÓN DE LA MUESTRA Y REPORTE DE RESULTADOS

Toma de muestra realizada por: Srta. Lesly Bocangel Beltran.  
Fecha de Toma de Muestra: 2018/01/12  
Hora de toma de muestra: 10:36  
Procedencia de la Muestra: Salida – Camal municipal de calca.  
Cantidad y Descripción de la Muestra: Frascos de polietileno de 250ml, 500ml, 1L; transportado en cadena de frío.  
Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2018/01/19  
Referencia: Nro. De Cotización: 07-01

#### RESULTADOS QUÍMICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	mg/L	756,92
DQO	mg/L	1632,00
Sólidos totales en suspensión	mg/L	104,00

#### Métodos de Referencia:

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. (Incluye MUESTREO) (2012)  
Demanda Química de Oxígeno (DQO) SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 22nd Ed. (Incluye MUESTREO) (2012)  
Sólidos Totales en Suspensión SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. (Incluye MUESTREO) (2012)

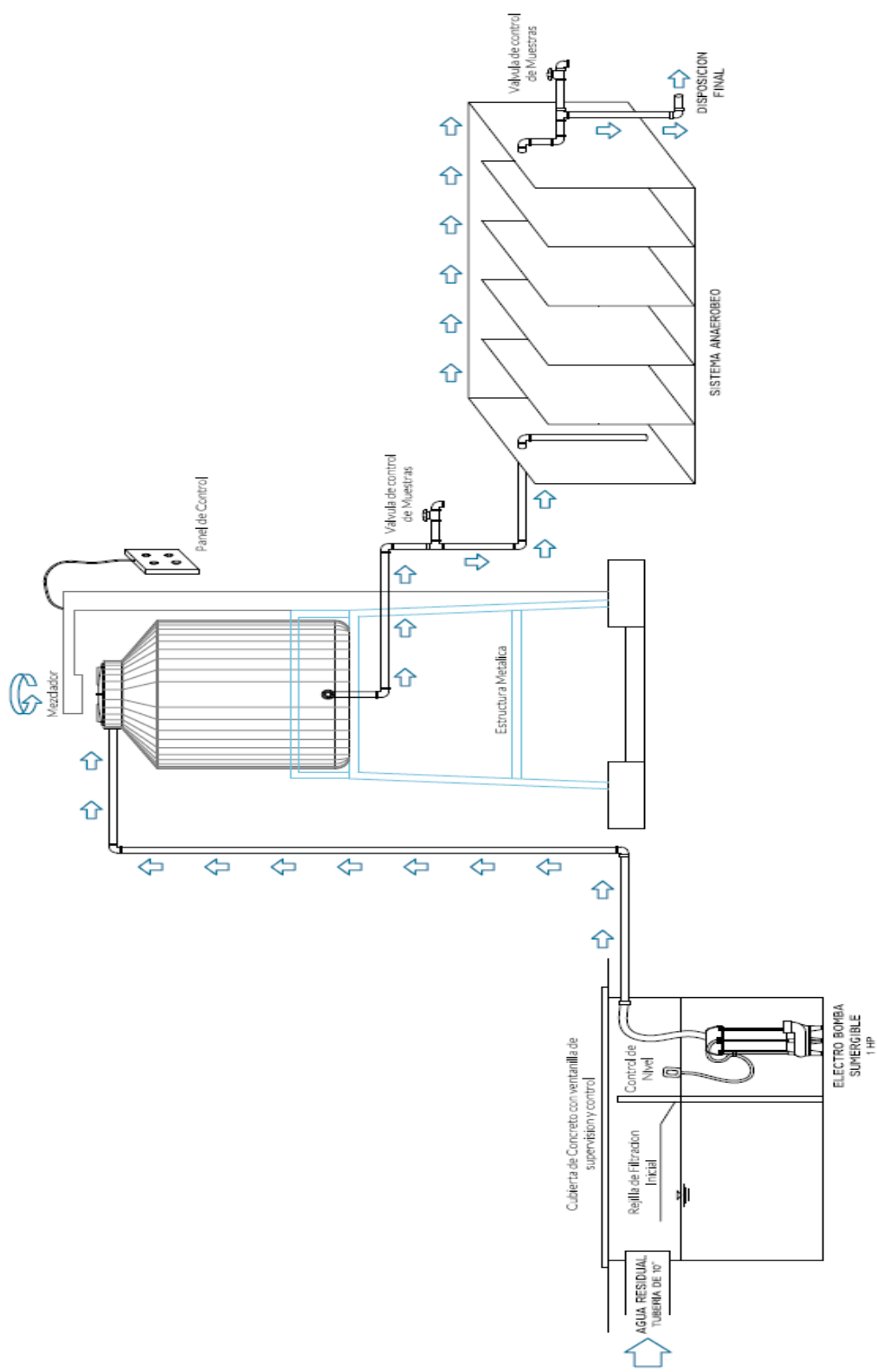
Blga. Patricia Miranda Pacheco  
C.O.L.P. N° 9536  
DIRECTOR TÉCNICO



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02VER 07 NOVIEMBRE 2017

Av. Tullumayo N° 768 (2° Piso) Telefax: 084-234727 Mov. 975 713500 RPC: 974 787 151 RPM:# 713522  
www.lablouispasteur.pe - laboratoriolouispasteur@yahoo.es

**ANEXO 14: Proceso completo del tratamiento de aguas residuales.**

**ANEXO 15: Proceso de tratamiento de aguas residuales****Foto 01: Recepción y ayuno del ganado vacuno.****Foto 02: sacrificio del ganado vacuno, lavado de vísceras y corte de piezas.**



**ANEXO 16: Medición de pH y temperatura**

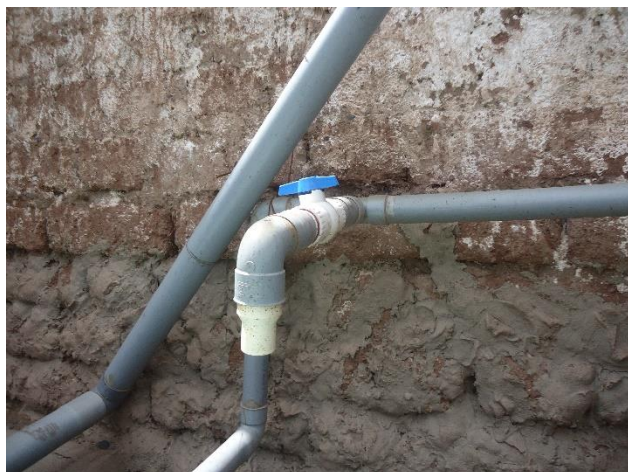
**Foto 01: Medición del pH y temperatura**

**del agua residual del Camal Municipal de Calca.**

**ANEXO 17: Toma de muestras**

**Foto 03: Proceso de toma de muestras para DBO<sub>5</sub>, DQO y SST, rotulado y acondicionamiento en caja couller para ser enviada a laboratorio.**

**ANEXO 18: Proceso del tratamiento de aguas residuales****Foto 04: proceso de pre-tratamiento y tratamiento secundario**

**ANEXO 19: Puertos de muestreo**

**Foto 05: puertos para la toma de muestras de entrada y salida de agua residual al  
RBAM**



**Foto 06: Bomba sumergible 1HP para  
agua residual con manguera para el mejor manejo y circulación del agua residual  
proveniente del Camal Municipal de Calca.**

**ANEXO 20: Estado actual del tratamiento de aguas residuales**



**Foto 07: Vista panorámica del tratamiento de aguas residuales con el RBAM**