



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“APLICACIÓN DEL SISTEMA DE ELECTROCOAGULACIÓN A NIVEL DE LABORATORIO CON ELECTRODOS DE ALUMINIO Y FIERRO PARA LA REDUCCIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CAMAL S.A.G.E.I.S.A. EN EL AÑO 2018”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Autor:

Brendy Lizet Vasquez Acuña

Asesor:

Mg. Elifio Gustavo Castillo Gomero

Lima - Perú

2019

DEDICATORIA

A Dios por brindarme la confianza y la fuerza de voluntad para concluir mi trabajo de investigación; asimismo, por guiar mis pasos hasta alcanzar la meta anhelada.

A mis padres y hermanos por su apoyo, consejos, por ser soporte ante los momentos de adversidad y por enseñarme que es posible convertir las debilidades en fortalezas.

A mi abuela María Prudencia Viterbo Apolinario quien hoy descansa en paz, por su amor de madre, por su respaldo y su infinito amor hacia mí.

AGRADECIMIENTO

A la Ing. Margarita Cateriano Calderón por la formación educativa, ética y moral brindada desde mi incorporación en la carrera de Ingeniería Ambiental, por su apoyo en diversas ocasiones que favorecieron a ampliar mis horizontes y a tener distintas perspectivas que me ayudaron a encaminarme y llegar hasta donde estoy.

A la Mg. Silvia Doris Agüero Aguilar por su apoyo constante, su amabilidad y capacidad para el direccionamiento del enfoque total de mi proyecto de investigación.

Al Ing, Denis Gabriel Hurtado por su disposición y conocimientos de especialidad brindados, que sirvieron como respaldo y validación de la metodología aplicada.

Al Mg, Elifio Gustavo Castillo Gomero por el aporte de sus conocimientos y experticia para la conclusión de la presente investigación.

Al Sr. Erick Juan Carlos García Pérez, Gerente General de Servicios Agropecuarios Ganaderos e Industriales S.A. (S.A.G.E.I.S.A.) que me permitió para hacer uso de las instalaciones de su empresa para la ejecución práctica de la investigación.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	vii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	24
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	42
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	68
REFERENCIAS	73
ANEXOS	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Intervalos de toma de muestra	26
Tabla 2 Técnica e instrumentos de recolección de datos	31
Tabla 3 Metodología aprobada por INACAL y utilizada por EQUAS.....	32
Tabla 4 Validación de Instrumentos	35
Tabla 5 Condiciones para la preservación o conservación de muestras	38
Tabla 6 Condiciones de operación.....	39
Tabla 7 Especificaciones de los tratamientos	40
Tabla 8 Caracterización Inicial del Efluente.....	42
Tabla 9 Análisis de los Parámetros Físicoquímicos tras el Tratamiento.....	43
Tabla 10 Prueba de comparación Tukey de los Tratamientos para el parámetro SST.....	47
Tabla 11 Eficacia de Remoción de SST (%).....	48
Tabla 12 Prueba de comparación Tukey de los tratamientos para el parámetro DQO	52
Tabla 13 Eficacia de Remoción de DQO (%).....	53
Tabla 14 Prueba de comparación Tukey de los Tratamientos para el parámetro DBO ₅	57
Tabla 15 Eficacia de Remoción de DBO ₅ (%)	57
Tabla 16 Resumen de resultados.....	59
Tabla 17 Consumo de E° por tratamiento	61
Tabla 18 Consumo de energía, consumo de electrodos, tiempo de retención y voltaje.....	62
Tabla 19 Consumo de energía, consumo de electrodos, tiempo de retención y voltaje.....	64
Tabla 20 Resumen de costos	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Caracterización inicial del Agua Residual.....	42
Figura 2. Normalidad de datos - SST.....	45
Figura 3. Prueba T Student de datos - SST	46
Figura 4. Eficacia de Remoción de SST (%).....	49
Figura 5. Normalidad de datos - DQO.....	50
Figura 6. Prueba T Student de datos - DQO	51
Figura 7. Eficacia de Remoción de DQO (%).....	54
Figura 8. Normalidad de datos – DBO ₅	55
Figura 9. Prueba T student de datos – DBO ₅	56
Figura 10. Eficacia de Remoción de DBO ₅ (%).....	58
Figura 11. Representación gráfica del consumo de energía, consumo de electrodos, tiempo de retención y voltaje.....	62
Figura 12. Comparación del efluente pre/post tratamiento para el parámetro SST	65
Figura 13. Comparación del efluente pre/post tratamiento para el parámetro DQO	66
Figura 14. Comparación del efluente pre/post tratamiento para el parámetro DBO ₅	67

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Reacciones en el ánodo	14
Ecuación 2 Reacciones en el cátodo	14
Ecuación 3 Fórmula para la determinación de volumen de muestra simple	25
Ecuación 4 Determinación del volumen de muestra simple del agua residual del camal S.A.GE.I.SA.	27
Ecuación 5 Formula de diseño factorial con tres factores.....	38
Ecuación 6 Formula para la determinación de consumo de energía eléctrica.	60
Ecuación 7 Formula simplificada para la determinación de consumo de electrodos.....	61
Ecuación 8 Formula simplificada para la determinación de consumo de electrodos.....	61
Ecuación 9 Formula para determinar el costo por tratamiento.	63

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el Sistema de Electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y fierro para la reducción de la concentración de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales del camal SAGEISA que permita su acondicionamiento antes de su disposición final. Se consideró una población de 1.36 m³/h y una muestra 3 litros por tratamiento. El diseño de la investigación fue cuasi experimental del tipo aplicada con un enfoque cuantitativo de alcance explicativo. El sistema empleó electrodos de aluminio y fierro para las reacciones de reducción (cátodo) y oxidación (ánodo) con un suministro de voltaje de 20 y 30 voltios (V), con una concentración de Cloruro de Sodio (NaCl) de 10 y 15 g/L y tiempo de retención de 15 y 30 minutos. Se determinó al T6 como el tratamiento óptimo con una reducción en demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) de 97.20%, sólidos suspendidos totales (SST) de 94.55% y un 97.00 % de demanda química de oxígeno (DQO) bajo el empleo de 30 V, 15 g/L de NaCl y un tiempo de 30 minutos. Tras la culminación del tratamiento se concluye que los valores obtenidos se encuentran dentro de los rangos expuestos en investigaciones sobre el tema en evaluación.

Palabras clave: Aguas residuales de camal, electrocoagulación, materia orgánica, electrodos de aluminio y fierro.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El agua es un recurso natural e indispensable para la vida, este permite mantener en equilibrio los sistemas y ciclos naturales (Contreras, Chang y Yupari, 2017); este recurso es empleado para la ejecución de diversas actividades humanas, generando la contaminación de las mismas, que luego son denominadas aguas residuales las cuales pueden presentar diversas características según su origen. En ese sentido, las aguas residuales son definidas como aquellas aguas que presentan características fisicoquímicas modificadas debido a las actividades domésticas o industriales según lo indica Torres y Gutiérrez (2017), Terán (2012) y Hernández (2017); por lo general, estas aguas suelen ser vertidas sin previo tratamiento a las redes de alcantarillado y por consecuencia a las fuentes hídricas. La Organización de las Naciones Unidas (2017), señala que a nivel mundial más del 80% de estas aguas se vierten sin tratamiento alguno, con una composición de 99% de agua, 1% de materia orgánica y sólidos entre otros contaminantes; asimismo, se presume que en el 2025 se tendrá una generación del 32%, representando así el doble de la generación actual de aguas residuales y, prevé que en el 2020 la demanda por tecnologías para el tratamiento de estas aguas se incremente en un 50%.

Cabe precisar que, en la actualidad los procesos de tratamiento de aguas residuales incluye procesos físicos, químicos y biológicos que hacen posible la eliminación de contaminantes o componentes, según lo descrito por Robles y López (2017), Hernández (2016) y Monsalvaje y Cardona (2014), señalan que existen cuatro niveles

de tratamiento: el preliminar que permite la separación o retención de sólidos de gran volumen mediante: desbastes, cribado, tamizado, trampa de grasa y aceites y pre aeración; el primario emplea tanques de sedimentación, fosa séptica y flotación; el secundario reduce sólidos en suspensión mediante el uso de microorganismos con: filtros percoladores, biodiscos, lagunas de estabilización, zanjas de estabilización, sistemas anaerobios y reactor ascendente y el terciario o avanzado para la eliminación de patógenos donde se emplea: intercambio iónico, micro filtración, ultrafiltración, adsorción y electrocoagulación.

Dichos métodos permiten alcanzar los valores necesarios para cumplir con normativas de regulación ambiental, tal es el caso de la norma NOM-001-SEMARNAT-1996, Norma oficial mexicana que establece los parámetros y concentraciones de contaminantes a evaluar justo en el punto de descarga de Aguas Residuales conocidos como Límites Máximos Permisibles.

De igual manera, en el Perú existen organismos encargados de gestionar el marco normativo para la regulación del tipo de aguas residuales que son vertidas a la red de alcantarillado. El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) es el organismo competente para realizar dicha función. Cabe indicar que, en el año 2011 se ha ejecutado un 30% de inversión en tratamiento de aguas residuales por parte del MVCS, además, dentro del marco legal se tiene el D.S. N° 001-2015-VIVIENDA, que modifica diversos artículos del D.S. N° 021-2009-VIVIENDA, que aprobó los Valores Máximos Admisibles (VMA) con su reglamento aprobado por el D.S. N° 003-2011-VIVIENDA, bajo este marco normativo es que se establecen los diversos parámetros fisicoquímicos a analizar para la evaluación del nivel de

contaminación presente en el agua residual, los cuales son los causantes de alterar la calidad del agua (Contreras et al., 2017), para ello, previamente se deberá realizar tratamientos que permitan el acondicionamiento del agua previo a su disposición final. En ese sentido, Larios, González y Morales (2015) precisan en su revista titulada las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú publicada por la Universidad San Ignacio de Loyola, que se requiere aproximadamente 1000 millones de dólares para la implementación de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales solo para Lima y Callao.

Por otro lado, según Paitan y Sifuentes (2018) señalan que la industria del sector cárnico es un aportante representativo que vierte sus aguas residuales sin previo tratamiento. La generación de estas aguas residuales es ocasionada por las actividades productivas como de recuperación de la carne y/o subproductos, que debido al rubro de alimentos para el cual es destinado dicho producto requiere de una limpieza a un 100%, requiriendo así grandes volúmenes de agua y produciendo a su vez líquidos con alto contenido en carga orgánica de contaminantes según lo precisa (Oré, 2017) y (Canales, 2005), dichas actividades se realizan en establecimientos denominados camales o centros de beneficio de animales donde estos son sacrificados para el proceso de industrialización de la carne, considerando a esta como producto final, esto según la (Organización Industrial, 2008) y (Gronerth, 2017).

Las aguas residuales provenientes de un camal poseen altas concentraciones de contaminantes como: demanda química de oxígeno, el cual se define como la cantidad de oxígeno requerido para oxidar completamente a través de medios químicos todos los compuestos orgánicos a CO_2 y H_2O , esto según (Agua en Centroamérica, 2008) y

(Cisterna y Peña, 2002); asimismo, es conocido como un indicador con respecto al nivel de contaminación que tiene el efluente y su posible impacto potencial en el ambiente (Chou et al., 2009). De igual manera, el parámetro de demanda bioquímica de oxígeno, representa la cantidad de oxígeno empleado para la metabolización de compuestos orgánicos que se degradaran biológicamente mediante los microorganismos fotosintéticos presentes en el agua residual a una temperatura ambiente de 20° C Santambrosio, Ortega y Garibaldi (2002), en el transcurso de los cinco días de duración del ensayo, en el cual se consume aproximadamente el 70% de las sustancias biodegradables presentes (Agua en Centroamérica., 2008).

De igual manera, el parámetro sólidos suspendidos totales, se denomina a la fracción de los sólidos totales que quedan retenidos por una membrana filtrante de un tamaño determinado (0,45 μm). Dentro de los sólidos en suspensión se encuentran los sólidos sedimentables y los no sedimentables (Agua en Centroamérica, 2008). Asimismo, Toasa (2012), define al parámetro de sólidos suspendidos totales como el material constituido por sólidos o partículas sedimentables, suspensión y coloidales.

Es así, que la necesidad por contemplar procesos o procedimientos que hagan posible el tratamiento para la reducción de concentración de contaminantes, toma protagonismo dentro de las preocupaciones en temática ambiental. En tanto, a lo largo de los años se han venido desarrollando diversos estudios enfocados al planteamiento y experimentación de métodos para el tratamiento de aguas residuales, es así que mediante la presente investigación se optó por elegir el método de electrocoagulación como metodología principal, dicho método obedece a la electroquímica, la cual

estudia las reacciones químicas que dan origen a la producción de una corriente eléctrica o que son producidas por el paso de una corriente eléctrica (Hepler,1968).

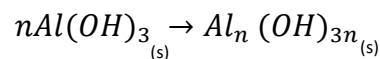
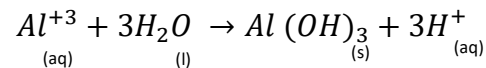
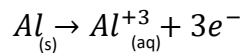
Arango (2011), señala que la corriente eléctrica es la encargada de proporcionar la fuerza electromotriz que genera una serie de reacciones químicas durante el proceso de electrocoagulación, cuyo resultado final es lograr la estabilidad de las moléculas contaminantes, es decir produce partículas sólidas menos coloidales y menos emulsionadas o solubles. Asimismo, Westres (2013) menciona que cuando se da la estabilización, los contaminantes forman componentes hidrofóbicos que precipitan o flotan, facilitando así su remoción.

La electrocoagulación es un proceso electrolítico según Ruiz (2017) y Kobya et al. (2014), que emplea electrodos, entre ellos el ánodo de sacrificio para las reacciones de oxidación y el cátodo donde se evidencia reacciones de reducción Poma y Quispe (2016). Este proceso, presenta desventajas entre ellas, es el requerimiento para la reposición de electrodos de sacrificio y el costo por el suministro de energía eléctrica Ruiz (2005). Sin embargo, presenta ventajas representativas como: producción mínima de lodos compuestos por óxidos e hidróxidos de metales que sometidos al secado pueden utilizarse como combustible para las incineradoras y calderas Aguilar (2015), Al Aji, Yavuz, y Koparal (2012) y su sistema de agitación constante hace posible acelerar el proceso (Wang, Chou & Kuo , 2009), (Hansen, Nuñez, Raboy, Schippacasse, & Grandon, 2007) y (Bermeo y Tinoco, 2016). Asimismo, permite la eliminación de gran porcentaje de partículas, posee bajos costos de operación, no requiere insumos adicionales y es un proceso automatizado Yavuz y Ögütveren (2018). Es por ello, que el método de electrocoagulación es considerado el

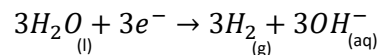
más efectivo y económico, tomando en consideración la alta concentración de electrolitos; es decir, la alta conductividad de las aguas residuales (Xu et al., 2018).

Los electrodos más utilizados son los de hierro y aluminio, ya que hacen posible la producción de hidróxidos Barişçi y Turkay (2016) y poseen la capacidad de dar o captar electrones, según Hurtado y Santiago (2008). La formación de coagulantes se debe básicamente a la aplicación de energía eléctrica que es suministrada de forma constante hacia los electrodos; para la generación de una variedad de especies coagulantes e hidróxidos que desestabilizan y coagulan las partículas en suspensión o emulsificado (Yavuz y Ögütveren, 2018). A continuación, se muestra las reacciones producidas cuando el aluminio actúa como ánodo:

Ecuación 1 *Reacciones en el ánodo*



Ecuación 2 *Reacciones en el cátodo*



Los iones Al^{+3} en combinación con los OH^{-} reaccionan para formar alguna especies monoméricas tales como: $Al(OH)_2^{+}$, $Al_2(OH)_2^{+}$, $Al(OH)_2^{+}$, y otras poliméricas, tales como: $Al_6(OH)_{15}^{3+}$, $Al_7(OH)_{17}^{4+}$, $Al_8(OH)_{20}^{4+}$, $Al_{13}O_4(OH)_{24}^{7+}$ y $Al_{13}(OH)_{34}^{5+}$ que por procesos de precipitación forman el $Al(OH)_3(s)$, como se muestra en la reacción anódica. El Hidróxido de Aluminio $Al(OH)_3(s)$ es una sustancia amorfa de carácter gelatinoso, que expone una gran área superficial con propiedades absorbentes y que

es esencial para los procesos de adsorción y atracción de las partículas contaminantes.

Los flocs de hidróxido de aluminio se encargan de capturar las moléculas presentes en la solución, aglomerándose con las partículas contaminantes.

En resumen, este proceso electroquímico emplea los compuestos generados por la disolución del ánodo, para efectos del presente proyecto, el hidróxido de aluminio que se encarga de agrupar la materia coloidal existente en el agua residual, permitiendo así su separación del agua mediante técnicas convencionales como sedimentación o flotación; cabe indicar que, a medida que se transcurre el tratamiento se da un desgaste de los electrodos, en tanto se hace necesario la reposición de los mismos. La reposición de estos está relacionado con la cantidad de corriente suministrada al sistema y el tiempo de retención u operación, debido a ello se establece que el remplazo de los electrodos sea como mínimo de 2 veces por año (Chávez, A; Cristancho, D y Ospina, E, 2009).

Asimismo, se da la generación de lodos como material residual de la aplicación del sistema de electrocoagulación, se estima que la cantidad de lodo generado es proporcional al nivel de contaminantes presentes en el agua residual, y del material de composición de los electrodos utilizados; estos lodos por lo general son compactos con un nivel de humedad entre el 97 a 99%, esto según Chávez, A; Cristancho, D y Ospina, E (2009; por otro lado, a través del tiempo se han evaluado alternativas para evitar la disposición final de los lodos, buscando así medidas o aplicaciones en la que se pueda dar el aprovechamiento de dicho material residual, en tanto una posible alternativa es que sea empleado como combustible en las calderas y/o incineradoras o también, ser utilizados para la producción de

briquetas de combustible, en la cual el lodo sea secado previamente (Kushwaha, J., Srivastava, V., & Mall, I, 2010).

Dicho proceso se lleva a cabo en un reactor de electrocoagulación, el cual posee en su interior componentes como el cátodo (reducción) y el ánodo (oxidación), y que a su vez se encuentran conectados a un suministro de energía eléctrica que favorece al proceso de reducción y oxidación, esto según (Gilpavas, 2008) y (Pedroza, 2016). Una vez aplicado el proceso se da la formación de floculo, que se le conoce como la porción de materia que se forma por la acumulación de las partículas en suspensión, la cual se puede dar de forma natural o inducida a través de procesos tecnológicos o por incorporación de aditivos con la finalidad de remover dichas partículas, esto según lo precisa (Pinzón, 2010). Cabe indicar que, para llevar a cabo el proceso se debe contemplar un tiempo de retención pertinente que haga posible la floculación de partículas en un sistema, esto según (Humpire, 2017).

Dicho método se ha aplicado a diversos tipos de muestras de agua proveniente de diversas actividades, entre ellos se destacan antecedentes internacionales y nacionales. Entre antecedentes internacionales tenemos a Wang, Chou, y Kuo (2009) que obtuvo una remoción de un 62% de la concentración inicial del parámetro de DQO de aguas residuales de lavandería por electrocoagulación, tomando en consideración un voltaje de 5 V y una agitación equivalente de 200 rpm; Zhao, Huang, Cheng, Wang, y Fu (2014) que logró la remoción del 66.64% de DQO producido por el pre tratamiento de electrocoagulación antes de las membranas de osmosis inversa empleando 6 electrodos de hierro, Chou, Wang, y Chang (2009) que eliminó el 90% de DQO de las aguas residuales de óxido real-CMP por

electrocoagulación empleando electrodos de hierro y aluminio; Solak, Kılıç, Hüseyin, y Şencan (2009) que eliminó el 99.86% sólidos suspendidos de aguas residuales de procesamiento de mármol por electrocoagulación utilizando electrodos de hierro (Fe) y aluminio (Al) con un área superficial de 162 cm², entre otros antecedentes representativos.

De igual manera, tenemos a Yazdanbakhsh, Massoudinegad, Eliasi, y Mohammadi (2015) que utilizó electrodos de hierro para la remoción de DQO hasta en un 95,6%, esto con una agitación constante de 200 rpm y un tiempo de retención de 60 min, Rincón y La Motta (2014) quienes emplearon electrodos de aluminio en un tiempo de retención de 46,8 segundos en aguas de sentina para la remoción de 99% de zinc y 70% para la remoción de níquel y cobre, Merzouk, Madani y Sekki (2010) que empleo dos electrodos de aluminio durante un periodo de 1 hora con un amperaje de 8 A y un voltaje mayor a 30 V para tratar el efluente de una industria textil logrando la remoción del 85 % de sólidos suspendidos, 76,2% de turbiedad, 88,9 % de demanda bioquímica de oxígeno, 79,7% de demanda química de oxígeno y 93% de color; Heidmann y Calmano (2008) utilizó 4 electrodos de aluminio los cuales fueron lijados previamente para evitar la pasivación de los mismos durante el proceso, cabe precisar que, una densidad de corriente alta contribuye a la aceleración del proceso de electrocoagulación, pero reduce la eficacia eliminación. Zn²⁺, Cu²⁺ y Ni²⁺.

Hernández (2016) empleo electrodos de cobre y 2 reactivos químicos en proceso de patente, las condiciones óptimas se tuvieron con 0.5 A, 5 g/L de NaCl como electrolito soporte, durante 6 min de tratamiento, con una remoción del 61% de DQO de aguas con alta cantidad de materia orgánica de un rastro municipal, Martínez (2007) en su

proyecto emplea electrodos de aluminio en el cátodo y el ánodo resaltando que el uso de aluminio para ambos evita la pasivación y la deposición de sólidos en la superficie. Asimismo, entre antecedentes nacionales tenemos a Florencio y Ciencifuegos (2013) aplicó un sistema de electrocoagulación mediante un sistema por lotes o un sistema continuo para el agua residual procedente del lodo de perforación del pozo petrolero, entre los resultados se evidenció una remoción de los contaminantes a medida que se incrementó la densidad de corriente, esto debido a una dosificación mayor del aluminio ya que el efluente se encontró mayor tiempo sometido al proceso de electrocoagulación; Westres (2013) empleó electrodos de aluminio para el tratamiento de aguas residuales procedentes de una planta productora de sulfatos para remoción de metales pesados, logrando disminuir la concentración de metales pesados tales como: boro, cromo, hierro, fósforo, molibdeno, níquel, plomo, talio y zinc.

Riccio (2010) empleo electrodos de aluminio y hierro (fierro) como ánodo y cátodo respectivamente en un volumen útil de 3.66 L para una celda electrolítica de material termoplástico, este obtuvo una reducción del 93.9 % de aceites y grasas, con una densidad de corriente de 20 A/m² en un tiempo de 60 minutos con voltaje de 20 V en aguas residuales de la Universidad Nacional del Centro del Perú, Riccio (2015) utilizó electrodos de aluminio y fierro con una separación de 1 cm con un volumen de 1.8 Litros para aguas residuales urbanas del colector agua de las vírgenes por electrocoagulación, el mejor resultado se obtuvo con una densidad de corriente de 32.72 A/m² en un tiempo de 20 minutos con un voltaje de 24 V, para una remoción de 86.33 % DBO₅, 78.89% de DQO, 92.94 % de turbiedad, 96.32 % de aceites y grasas, 50.44 % de conductividad eléctrica, 52.91 % de sólidos totales, 88.62 % de SST,

86.65 % de dureza total, 83.04 % de dureza cálcica, 99.92 % de coliformes totales y 99.98 % de escherichia coli.

Poma & Quispe (2016) utilizó electrodos de aluminio como ánodo y cátodo con 2.7 Amperios, y en un tiempo de 30 minutos para tratar agua residuales urbanas por el método de electrocoagulación para obtener una reducción de 85.9 % de DBO₅, 75.3 % de DQO, 93.8% de aceites y grasas, 89.5 % de conductividad eléctrica, 79.6 % de turbiedad, 95.3% de ST, 91.0% de SST, 91.3 % de SDT, 70.3% de dureza total, 91.3% dureza cálcica, 91.9 % cloruros, 100.0 % coliformes totales y 98.9 % escherichia coli, Carhuancho y Salazar (2015) utilizó electrodos de aluminio, zinc y hierro como ánodos y titanio como cátodo en un reactor tipo batch con volumen de 3 litros, empleó un voltaje de 2 a 5 voltios durante 60 minutos, alcanzando una reducción de 97.32 % de color, 96.48% de SST, 93.56% de turbidez, 90.95% de DQO, 58.24 % de DBO₅, Aguilar (2015) utilizó electrodos de aluminio y fierro para el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria de pintura alcanzando una remoción del 87% de DQO, con valores óptimos de intensidad de corriente de 5 A, un pH natural del efluente de 7.12 y un tiempo de tratamiento de 15 min.

Paitan y Sifuentes (2018) que empleo electrodos de aluminio como cátodo y ánodo con un volumen de 1.5 litros de muestra durante 20 y 30 minutos de operación para tratar aguas residuales de un matadero de equinos y alcanzó una remoción del 96.846 % de DBO₅, 94.538 % de DQO, 92.685% de SST, 98,646% de turbiedad, 96.729 % de aceites y grasas y 87.118 % de nitrógeno; Tamani (2017) utilizó electrodos de aluminio y acero galvanizado intensidad de 2 A y obteniendo una reducción de 86%

de DBO₅, 86% de ST, 86% de SST, 100% de coliformes totales y fecales a 30 minutos para efluentes del matadero municipal de Tingo María

Conforme a lo mencionado, el tratamiento de aguas residuales se presenta como una alternativa de solución ante la gran problemática que significa la generación de aguas residuales industriales de diversos sectores, en tanto, para la presente investigación se prevé analizar aguas provenientes del sector cárnico para lo cual, se requiere grandes volúmenes de agua para el desarrollo de sus actividades y por ende se da una generación de un gran volumen de aguas residuales que contienen altas concentraciones de contaminantes. A través de la información presentada se resalta que la metodología de electrocoagulación viene siendo probada como una alternativa para el tratamiento de aguas residuales sin perjuicio del origen de las mismas.

Por lo tanto, el propósito del presente trabajo de investigación está dirigido a la aplicación del método de electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales de un camal bovino. La aplicación de este sistema de tratamiento representa una técnica que contribuye a mantener una política ambiental que vele por las características de sus aguas residuales, las cuales no generen posibles afectaciones debido a las altas concentraciones de contaminantes. Para la aplicación de esta metodología se hace uso de electrodos que, en conjunto al suministro de energía eléctrica, contribuyen a la remoción de contaminantes.

Tomando en consideración lo mencionado, es que se tiene como iniciativa, llevar a cabo la ejecución del tratamiento de las aguas residuales de un camal de bovinos mediante una celda de electrocoagulación, con la iniciativa de presentar una alternativa adecuada y de bajo costo para la remoción de contaminantes

fisicoquímicos y con la trascendencia de que la empresa generadora de las aguas residuales cumpla con la normativa establecida para el vertimiento de sus efluentes. Dicha actividad favorecerá a fomentar la cultura ambiental y a promover la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales para el acondicionamiento de estas previo a su disposición final. Asimismo, se busca que, a través de la presente investigación, se fomente la realización de otros trabajos dedicados al estudio y la aplicación de tecnologías que permitan el tratamiento de las aguas residuales.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

¿En qué medida la aplicación del sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y fierro permite la reducción de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales del c S.A. en el año 2018?

¿De qué manera la aplicación del sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y fierro permitirá la reducción de la concentración de los Sólidos Suspendidos Totales (SST), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) en las aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018?

¿De qué manera la aplicación del sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y fierro permitirá obtener el porcentaje óptimo de remoción en las aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Aplicar el sistema de electrocoagulación nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y fierro a para la reducción de parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018.

1.3.2. Objetivos específicos

Analizar los parámetros fisicoquímicos para la caracterización del agua residual del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018.

Reducir la concentración de los sólidos suspendidos totales (SST), demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) mediante la aplicación del sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y fierro en las aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018.

Obtener el porcentaje óptimo de remoción mediante el sistema de electrocoagulación con electrodos de aluminio y fierro en las aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Si se aplica el sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con los electrodos de aluminio y fierro influenciará significativamente en la reducción de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018.

1.4.2. Hipótesis específicas

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos generados a partir de la caracterización inicial del efluente se verán influenciados significativamente por actividades propias del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018.

Si se aplica el sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con los electrodos de aluminio y fierro reducirá significativamente la concentración de los sólidos suspendidos totales (SST), demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) en las aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018.

El porcentaje de remoción óptimo se verá influenciado significativamente tras la aplicación experimental con el prototipo de la celda de electroquímica en contraste con los resultados de la caracterización inicial de las aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El presente proyecto de investigación posee un propósito aplicado, debido a que hace uso o emplea el conocimiento para solucionar problemas o necesidades, para la presente tesis la problemática está relacionada al vertimiento de aguas residuales a la red alcantarillado sin previo tratamiento. Tiene un enfoque cuantitativo, el cual requiere de una secuencia de pasos que no pueden ser eludidos en ninguna circunstancia, además, hace uso de la recolección de datos numéricos con la finalidad de probar la hipótesis planteada a través de la aplicación y análisis de pruebas estadísticas, se resalta para efectos del proyecto, se analizarán los resultados antes y después de la aplicación del tratamiento a la Variable Dependiente (Efluente), ver Anexo n° 20. Asimismo, la investigación es de alcance explicativo por que busca dar a conocer porque ocurre un suceso y en qué condiciones se manifiesta, a través de la presente se busca dar a conocer las condiciones en las que se llevó a cabo el tratamiento del efluente y determinar bajo qué condiciones se obtuvo el mejor resultado o el tratamiento óptimo (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

La población está determinada por el caudal de las aguas residuales que equivale a $1.36 \text{ m}^3/\text{h}$ (0.38 L/s), provenientes del camal de bovinos S.A.G.E.I.S.A., ubicada en la Av. Santa María Mza. B Lote 1, Asoc. Pro. Viv. Sacristía Carabayllo, Lima, Perú.

2.2.2. Muestra

La determinación de la muestra se estableció en base a un muestreo compuesto, el cual asume un volumen de 3 litros por cada ensayo experimental, que corresponde al volumen de operación del prototipo. Este muestreo compuesto, tiene como finalidad establecer el volumen de la muestra simple considerando las horas de operación de la empresa; de tal manera que, se forme el volumen representativo del día de mayor generación de aguas residuales en función a la cantidad necesaria total de agua residual para llevar a cabo los tratamientos.

Para la determinación del tamaño de la muestra compuesta se aplicó la siguiente fórmula basada en (Norma Oficial Mexicana, 1996):

Ecuación 3 *Fórmula para la determinación de volumen de muestra simple*

$$VMSi = VMC \times \left(\frac{Qi}{Qt}\right)$$

Donde:

VMSi = Volumen de cada una de las muestras simples "i", litros.

VMC = Volumen de la muestra compuesta necesario para realizar la totalidad de los análisis

Qi = Representa al caudal medido en la descarga en el momento de la toma de la muestra simple, L/s

QT = Suma de Qi hasta Qn, L/s.

Tabla 1
Intervalos de toma de muestra

Horas del día de operación	N° de muestras simples	Intervalo entre toma de muestras simple -Horas	
		Mínimo	Máximo
Menor que 4	Mínimo 2	-	-
De 4 a 8	4	1	2
Mayor que 8 y hasta 12	4	2	3
Mayor que 12 y hasta 18	6	2	3
Mayor que 18 y hasta 24	6	3	4

Nota: Se menciona el número de muestras simples a tomar según rangos de operación de la empresa con la finalidad de obtener la muestra compuesta.

La muestra compuesta se conformó tomando en consideración el horario de operación de la empresa S.A.G.E.I.S.A., la cual opera 4 horas diarias. Estableciendo así cuatro muestras simples para obtener la muestra compuesta en intervalos mínimos de 1 hora. Para obtener el volumen de la muestra simple a colectar (VMSi), se utilizó la siguiente información: el volumen total requerido de la muestra fue de 27 L, que resulta de la utilización de 3 L de agua residual por cada tratamiento y 1 litro de agua adicional para la caracterización inicial del agua residual. El caudal promedio de 0.38 L/s otorgado por el personal propio de la empresa.

Ecuación 4 *Determinación del volumen de muestra simple del agua residual del camal S.A.G.E.I.S.A.*

$$VMSi = 27 \text{ L} \times (0.38 \text{ L} / 0.38 + 0.38 + 0.38 + 0.38)$$

$$VMSi = 6.75 \text{ L}$$

Por lo cual se realizó una toma de muestra simple de 6.75 L cada 1 hora hasta alcanzar un total de 4 muestras simples, para la formación de la muestra compuesta de 27 L.

2.2.2.1. Unidad de Análisis

Es definida como el que o el quien es objeto de investigación, para el caso del presente proyecto es el conjunto de aguas residuales generadas como producto de las actividades del camal de bovinos S.A.G.E.I.S.A. En función a esta unidad, se obtuvo información antes y después de la aplicación del tratamiento mediante una celda de electrocoagulación en la cual se plantea las dimensiones a analizar.

2.2.2.2. Tipo de Muestreo

El presente trabajo de investigación tuvo un tipo de muestreo no probabilístico, en la cual se selecciona el número de muestras acorde al criterio y necesidad del investigador. Por lo tanto, se empleó una muestra de 3 litros, que fue la cantidad necesaria para llevar a cabo cada ensayo experimental. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014b). Estas también son conocidas como muestras dirigidas, ya que están orientadas por las características de la investigación, esta no se busca la representatividad de la población, sino el cuidado y el control de las dimensiones específicas de la materia de estudio, que permitan la recolección y el análisis de datos. Debido a ello, el muestreo se realizó en una sola fecha, tomando en consideración el día de generación de mayor producción dentro de la semana y por ende mayor generación de aguas residuales.

2.2.2.2. Diseño de Investigación

El diseño de la investigación es cuasi experimental, debido a que se encarga de la manipulación intencional de al menos una variable (independiente) y la medición de los efectos sobre la variable (dependiente). Por lo cual, en el presente trabajo, se manipulo las dimensiones de la variable independiente que son: voltaje, tiempo de retención y concentración de NaCl. Según R. Hernández et al (2014a), este diseño requiere un grupo control al cual no se le aplica el estímulo o tratamiento, pero sus características deben ser lo más cercanas al grupo experimental con la finalidad de determinar si el tratamiento ha generado alguna diferencia entre los resultados del grupo control y experimental. Motivo por el cual se planteó 8 grupos de tratamientos y un grupo control, en donde este último no se le aplico el tratamiento, pero contuvo todas las características necesarias que requería.

2.3. Materiales, instrumentos y métodos

2.3.1. Materiales

Los materiales empleados para el presente proyecto son:

- Reactor (Envase cilíndrico transparente de 3.88 litros de capacidad)
- Combinación de electrodos de aluminio (2) y fierro (2) por cada repetición
- Fuente de poder
- Motor DC de 24 V
- 4 cables cocodrilo
- Base acrílica de 90 x 90 cm
- 2 bombas de 12 V c/u
- Papel filtro

- 1 Embudo
- 2 envases de capacidad de 3.88 litros

2.3.2. Instrumentos

- Ficha de identificación del punto de muestreo (ANEXO n° 4)

Este instrumento sirvió para el levantamiento de información del punto de muestreo; de manera que, se obtuvo información sobre las coordenadas, altitud, ubicación, evidencia fotográfica del momento de la toma de muestra y una descripción breve de características relevantes del punto de muestreo.

- Informe de Ensayo y Cadena de Custodia - Caracterización (ANEXO n° 5)

La cadena de custodia es un instrumento que permitió llevar acabo el control y vigilancia del muestreo, incluyendo los métodos de la toma de muestra, codificación, transporte y la definición de los parámetros a analizar, el informe de ensayo es un instrumento que evidencia el valor de la concentración de la muestra de caracterización analizada bajo los 3 parámetros en evaluación del efluente previo tratamiento.

- Informe de Ensayo y Cadena de Custodia – Post tratamiento (ANEXO n° 6)

La cadena de custodia es un instrumento que permitió llevar acabo el control y vigilancia del muestreo, incluyendo los métodos de la toma de muestra, codificación, transporte y la definición de los parámetros a analizar, el informe de ensayo es un instrumento que evidencia el valor de la concentración de la muestra de caracterización analizada bajo los 3 parámetros en evaluación del efluente posterior al tratamiento.

- Ficha técnica de equipo (ANEXO n° 7)

Aplicación del sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y fierro para el tratamiento de aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018

Con este Instrumento se organizó la información relevante del prototipo construido, lo cual incluye las características como el tipo de material, medidas, equipos representativos, descripción física de la celda e instrucciones puntuales de uso.

Tabla 2

Técnica e instrumentos de recolección de datos

Etapa	Fuente	Técnica	Instrumento	Resultado
Identificación del área de muestreo	Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales -2016	Observación directa	Instrumento n°2: Ficha de identificación del punto de muestreo	Identificación y caracterización del punto de muestreo
Análisis de la muestra del agua residual inicial (testigo)	Environmental Quality Analytical Services S.A. (EQUAS).	Análisis fisicoquímico	Instrumento n° 3: Cadena de Custodia e Informe de Ensayo - Caracterización	Concentración de DQO, DBO ₅ y SST Control y vigilancia del estado de la muestra
Análisis de la muestra del agua residual post tratamiento	Environmental Quality Analytical Services S.A. (EQUAS)	Análisis fisicoquímico	Instrumento n° 4: Cadena de Custodia e Informe de Ensayo – Post tratamiento	Concentración de DQO, DBO ₅ y SST Control y vigilancia del estado de la muestra
Construcción del prototipo	Modelo de ficha técnica	Observación directa	Instrumento n° 6: Ficha técnica de equipo	Descripción del prototipo

Nota: Se menciona la técnica empleada y los instrumentos de recolección aplicados para la ejecución del experimento.

Tabla 3
Metodología aprobada por INACAL y utilizada por EQUAS

Ensayo	Método	Año	Unidad
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. Chemical Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	2017	O ₂ mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22 nd Ed. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.	2017	mg/L
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23 rd Ed. Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	2017	mg/L

Nota: Se expone las metodologías aplicada por el laboratorio para la determinación de la concentración de los parámetros de DQO, DBO₅ y SST.

2.3.3. Métodos

Para llevar a cabo el análisis de los datos, se utilizó lo siguiente:

- Software Minitab Statistics: Se utilizó para el procesamiento de los resultados obtenidos a través de la aplicación y análisis de pruebas estadísticas como:

Prueba de Normalidad de los datos.

Prueba de Hipótesis con T Student: Se aplicó la prueba t student con la finalidad de aprobar o rechazar la hipótesis nula con un nivel de significancia de 0.05

Prueba de comparabilidad Tukey con la finalidad de agrupar las medias en diferentes familias y verificar si estas difieren entre sí, esta prueba se aplica cuando los tratamientos tienen la misma cantidad de repeticiones, además permite determinar que tratamientos obtuvieron mejores resultados, definiendo así sobre que rangos de condiciones operacionales fue más favorable para la reducción de la concentración de los parámetros evaluados.

- Programa de Microsoft Excel: Se utilizó para llevar a cabo la tabulación de los resultados obtenidos durante el tratamiento, para obtener el porcentaje de remoción.

2.3.4. Técnicas

Las técnicas de recolección de datos empleadas en la presente investigación fueron:

Observación directa: Con la finalidad de levantar información sobre la problemática de investigación, identificación de las condiciones reales de la población y las medidas que se tiene para atender necesidades durante la toma de muestra y la aplicación del tratamiento en general.

Revisiones Bibliográficas: Para lo cual se tuvo que profundizar la búsqueda de fuentes veraces para la definición de las características en las que se llevó a cabo el tratamiento. Se utilizó como fuente principal de buscador a la página de ScienceDirect, de donde se extrajo documentos como libros, artículos científicos, patentes y revistas. Así también, se realizó de la búsqueda de trabajos de investigación relacionadas al tema de estudio.

Análisis fisicoquímico: Con la finalidad de determinar la reducción de la concentración de los parámetros fisicoquímicos mediante el tratamiento en la celda de electrocoagulación, para lo cual se hace uso de instrumentos que permitan la organización de los resultados.

Estadística: Para ello se utilizó el programa Minitab Statistical Software, con la finalidad de aplicar la prueba de hipótesis Tstudent y prueba de comparabilidad Tukey, asimismo, el programa Microsoft Excel para la determinación del porcentaje de remoción.

2.3.5. Validez y Confiabilidad de datos

La validez y confiabilidad del proyecto de investigación está sujeta a la aprobación de los instrumentos de aplicación por el asesor, según el formato de solicitud de validación de instrumento de recojo de información (ANEXO n° 3).

Tabla 4
Validación de Instrumentos

Especialista	Especialidad	CIP	Promedio de valoración (%)
Ing. Denis Gabriel Hurtado	Ing Químico	157183	90

Nota: Se precisa el Especialista Ing Gabriel, el asesor a cargo de evaluar y brindar el promedio de valoración de validez y confiabilidad e los instrumentos de recolección de datos.

2.4. Procedimiento

2.4.1. Procedimiento para la construcción del prototipo

Para llevar a cabo la aplicación del método de electrocoagulación, entre los materiales que utilizan se tiene: una celda, electrodos de aluminio (Ánodo), electrodos de hierro (Cátodo), fuente de poder, motor, bombas y cables cocodrilo, los cuales favorecen a la construcción de la celda de electrocoagulación para la remoción de los parámetros fisicoquímicos (DBO₅, DQO y SST).

La construcción de la celda de electrocoagulación estuvo conformada por un reactor tipo batch a escala de laboratorio en forma cilíndrica con las siguientes medidas: altura (h)= 22 cm y radio (r)= 7.5 cm, logrando así un volumen total de 3.88 litros. El material de origen fue de plástico transparente con la finalidad de poder apreciar los cambios durante el proceso. Asimismo, se requirió de una combinación de electrodos, en este caso con una combinación híbrida entre electrodos de aluminio (ánodo) y electrodos de fierro (cátodo), para lo cual, según literatura, se determinó que existe una mayor eficacia del proceso cuando se tiene una combinación de electrodos de aluminio, fierro, fierro y aluminio haciendo un total de cuatro electrodos (2 electrodos de aluminio y 2 electrodos de fierro). Los electrodos de aluminio y fierro

poseían un área superficial equivalente a 5 cm x 13 cm con un espesor de 0.5 mm. Estos electrodos estaban conectados a una fuente de poder con regulador digital, mediante cuatro cables cocodrilos. Los electrodos de aluminio fueron adquiridos en vidrierías y las de fierro en herraderos, para luego ser cortadas según las dimensiones mencionadas. Para efectos de estabilidad de los electrodos, estos requerían estar colgados mediante los cables cocodrilos a una lámina acrílica en la parte superior de la celda de electrocoagulación. De igual manera, se utilizó un motor DC de 24 V que estaba conectado a los electrodos de fierro ubicado en el centro de la celda con la finalidad de generar movimiento a la solución a tratar, este poseía 200 rpm, permitiendo la producción de oxígeno disuelto durante el tratamiento. La fuente de energía utilizada poseía un regulador de voltaje entre 1.2-30 Voltios y 5 amperios. Asimismo, se usó 2 bombas pequeñas de 12 Voltios cada una y con un caudal aproximado de 1.2 L/min, las cuales estaban conectadas a los tanques de almacenamiento con la finalidad de suministrar y extraer el efluente a la celda de electrocoagulación. Se presenta diagrama de flujo del sistema (ANEXO nº 9). Evidencia fotográfica del prototipo se encuentra en el (ANEXO nº 14).

Cabe precisar que, posterior al tratamiento, la muestra fue filtrada para retirar la espuma y los sedimentos presentes, para se empleó papel filtro, un embudo y un recipiente.

2.4.2. Procedimiento para la recolección de la muestra

2.4.2.1. Ubicación del Camal S.A.G.E.I.S.A.

La empresa S.A.G.E.I.S.A., se encuentra ubicada en la Av. Santa María Mza. B Lote 1, Asoc. Pro. Viv. Sacristía Carabayllo, Lima, Perú, según el plano de ubicación (ver ANEXO n° 2). Esta empresa se dedica al desarrollo de actividades para el beneficio de animales, según su diagrama de flujo (ver ANEXO n° 8).

2.4.2.2. Toma de muestra del Camal S.A.G.E.I.S.A.

Para llevar a cabo la toma de muestra, se tomó en consideración el "Protocolo De Toma De Muestras De Agua Residual (2016)", establecido según el Instituto de Toxicología de la Defensa (ITOXDEF) de España , dicho documento hace referencia a los procedimientos y criterios técnicos para la toma de muestras del agua residual que ingresa a un tratamiento determinado (afluente), así también al agua residual posterior al tratamiento aplicado (efluente); de tal manera que, permitía realizar el contraste entre los resultados y por ende determinar la eficacia del tratamiento. Al llevar acabo la toma de muestra, se realizó el llenado respectivo de la ficha de identificación del punto de muestreo, la cadena de custodia (ANEXO n° 4) y el rotulado de la muestra. Después de esto, la muestra fue trasladada al laboratorio para la caracterización inicial, o al laboratorio para su tratamiento y posterior movilización hacia el laboratorio Environmental Quality Analytical Services S.A. (EQUAS). Cabe precisar que, para el traslado de muestras se realizó la preservación o conservación según corresponda al parámetro a evaluar.

A continuación, se muestra las condiciones sobre las cuales se realizó el traslado de las muestras:

Tabla 5
Condiciones para la preservación o conservación de muestras

Parámetros	Condiciones	
	Preservación	Conservación
Sólidos Suspendidos Totales	-	Refrigerar 4°C
Demanda Química de oxígeno	Agregar H ₂ SO ₄	Hasta pH menor a 2, refrigerar 4°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno	-	Refrigerar 4°C

Nota: Se precisa las condiciones de preservación o conservación ejecutadas para el traslado de muestras al laboratorio.

2.4.3. Proceso de experimentación

2.4.3.1. Determinación de tratamientos en función del diseño factorial con tres factores

Este diseño, permitió identificar las posibles combinaciones para el desarrollo experimental. Para lo cual se aplicó la siguiente formula basada en (Siqueiros,2004):

Ecuación 5 *Formula de diseño factorial con tres factores.*

$$N^{\circ} \text{ de pruebas} = m^n$$

Donde:

m: Indica los niveles (nivel (-)) y (nivel (+))

n: Indica la cantidad de variables independientes (parámetros operacionales)

Remplazando:

$$N^{\circ} \text{ de pruebas} = 2^3$$

$$N^{\circ} \text{ de experimentos o tratamientos} = 8$$

Durante el proceso de experimentación se tuvo en cuenta lo siguiente:

Tabla 6 *Condiciones de operación*

Condiciones de Operación		
Parámetros operacionales	Nivel (-)	Nivel (+)
Voltaje	20 V	30 V
Tiempo	15 min	30 min
Concentración de NaCl	10 g/L	15 g/L

Nota: Se muestra los dos niveles establecidos acorde al parámetro operacional que se evaluó: voltaje, tiempo y concentración de NaCl.

Experimentos totales

A través de la aplicación de un diseño factorial se determinó un total de 8 tratamientos, en donde las variables independientes consideradas fueron:

- Voltaje
- Tiempo de retención
- Concentración de NaCl

Para la determinación de los experimentos totales que abarcara el proceso de electrocoagulación se tiene:

- Número de experimentos o combinaciones = 8
- Número de repeticiones = 3
- Número de experimentos totales = $3 \times 2^3 = 24$

- Muestra Blanco = 1

Se contempló la siguiente tabla de distribución de muestras a analizar.

Tabla 7
Especificaciones de los tratamientos

Nº Combinaciones	Repeticiones	Voltaje (V)	Tiempo de retención (min)	Concentración de NaCl (g/L)
BLANCO	1	-	-	-
T1	Repetición nº 1	20	15	10
T2		20	15	15
T3		20	30	10
T4		20	30	15
T5		30	15	10
T6		30	30	15
T7		30	30	10
T8		30	15	15
T1	Repetición nº 2	20	15	10
T2		20	15	15
T3		20	30	10
T4		20	30	15
T5		30	15	10
T6		30	30	15
T7		30	30	10
T8		30	15	15
T1	Repetición nº 3	20	15	10
T2		20	15	15
T3		20	30	10
T4		20	30	15
T5		30	15	10
T6		30	30	15

Aplicación del sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y fierro para el tratamiento de aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018

T7	30	30	10
T8	30	15	15

Nota: Se expone de forma ordenada los criterios de operación aplicados por cada tratamiento en sus tres repeticiones.

2.4.3.2. Aplicación del tratamiento

Para dar inicio al experimento, se utilizó un volumen de 3 litros por tratamiento considerando las combinaciones que figuran en la tabla 07. Una vez ejecutado el proceso, se da el acondicionamiento de la muestra, la cual consistió en el filtrado de la misma, para retener espuma y los flocs generados en el proceso de electrocoagulación.

2.4.3.3. Análisis de muestras en laboratorio

El análisis de las muestras se llevó a cabo en el laboratorio Environmental Quality Analytical Services S.A. (EQUAS) para lo cual se obtuvo dos instrumentos de reporte, el Informe de Ensayo - Caracterización (ANEXO n° 5), Informe de Ensayo - Post tratamiento (ANEXO n° 6), cada uno con su cadena de custodia.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Caracterización del Efluente

Para llevar a cabo la caracterización inicial del efluente, la muestra fue trasladada a un laboratorio acreditado por INACAL, llamado Environmental Quality Analytical Services S.A. (EQUAS), donde se llevó a cabo el análisis de los parámetros fisicoquímicos de: Sólidos Suspendidos Totales o SST, Demanda Química de Oxígeno o DQO y Demanda Bioquímica de Oxígeno o DBO₅.

Tabla 8
Caracterización Inicial del Efluente

Agua residual del Camal de Bovinos

Parámetro	Unidad	Concentración Inicial
SST	mg/L	1 100
DBO ₅	mg/L	6 736
DQO	mg/L	16 156

Nota: Se presenta los resultados de la concentración inicial del agua residual del camal.

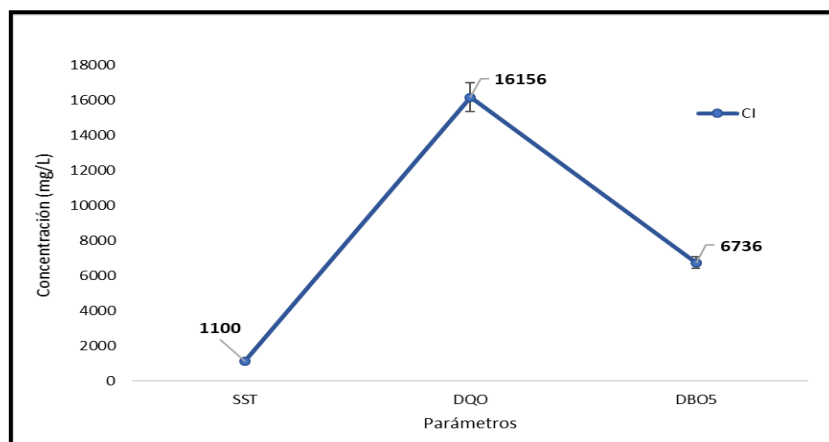


Figura 1. Caracterización inicial del Agua Residual

Anexo n° 5 Se adjunta informes de ensayo y cadenas de custodia.

3.1.Resultados Generales tras la Aplicación del Tratamiento

Seguidamente se muestra los resultados obtenidos tras la aplicación de los tratamientos, cabe indicar, que los análisis de los parámetros fisicoquímicos han sido evaluados por el laboratorio Environmental Quality Analytical Services S.A. (EQUAS).

Cabe resaltar que, al blanco no se le aplicó el tratamiento, en tanto los valores de concentración de los parámetros evaluados son los mismos a los valores de los análisis de caracterización mostrados en la tabla 8.

Tabla 9
Análisis de los Parámetros Fisicoquímicos tras el Tratamiento

Nº Combinaciones	Repeticiones	SST	DBO ₅	DQO
BLANCO	-	1 100	6 736	16 156
T1		284	211	503
T2		208	201	483
T3		176	203	486
T4	Repetición nº 1	116	201	483
T5		124	200	480
T6		54	206	496
T7		78	196	470
T8		108	197	473
T1	Repetición nº 2	268	204	490
T2		204	199	473
T3		172	201	483
T4		122	198	476
T5		104	198	473
T6		54	160	473

Aplicación del sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y fierro para el tratamiento de aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018

T7		62	191	460
T8		104	192	460
T1		248	207	496
T2		208	205	493
T3		156	204	490
T4	Repetición n° 3	118	192	460
T5		122	199	476
T6		72	200	483
T7		64	193	463
T8		70	189	453

Nota: Se presenta los resultados obtenidos tras la aplicación del proceso de electrocoagulación por cada tratamiento en sus tres repeticiones para los parámetros SST, DBO₅ y DQO.

Anexo n° 19 Se adjunta la cédula de acreditación del laboratorio, la cédula de notificación N° 729-2018-INACAL/DA y los certificados de calibración de los equipos utilizados para el análisis en laboratorio.

3.2.Resultados del parámetro Sólidos Suspendidos Totales

A continuación se muestran los resultados obtenidos a partir del análisis estadístico y los resultados de la determinación del porcentaje de remoción:

3.2.1. Análisis estadístico de Sólidos Suspendidos Totales

Contrastación de hipótesis:

Hipótesis:

H_a: Si se aplica el sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y fierro reducirá la concentración de sólidos suspendidos totales (SST) en las aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A en el año 2018.

$$H_a: \mu < 100$$

H₀: Si se aplica el sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y fierro NO reducirá la concentración de sólidos suspendidos totales (SST) en las aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A en el año 2018.

$$H_0: \mu = 1100$$

Prueba de normalidad de datos

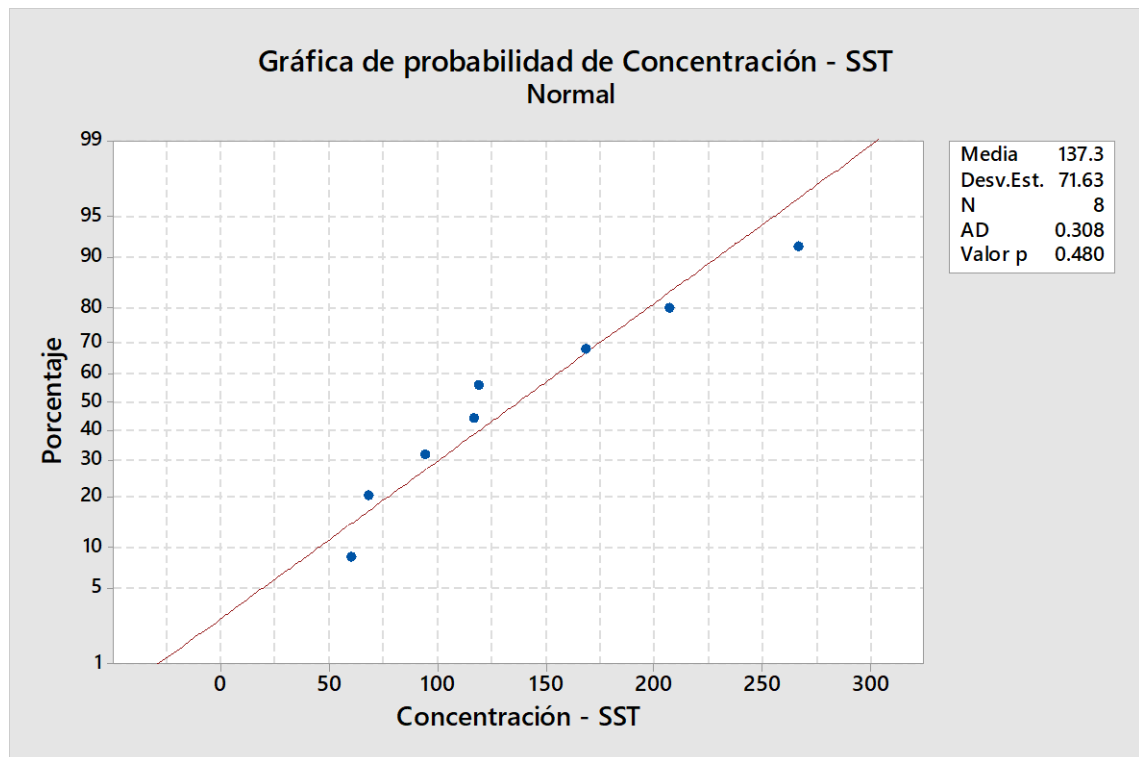


Figura 2. Normalidad de datos - SST

A partir de la figura se determina que los datos del parámetro SST presentan una distribución normal, ya que el valor p: 0.480 es > 0.05

Prueba de T student

Esta prueba consiste en rechazar o aceptar la H₀, para ello se debe determinar el valor P.

Si el Valor P $>$ del Nivel de significancia = 0.05, entonces No se rechaza la (H₀)

Si el Valor $P <$ del Nivel de significancia = 0.05, entonces Se rechaza la (H_0)

Realizando la aplicación del programa Minitab se obtiene lo siguiente:

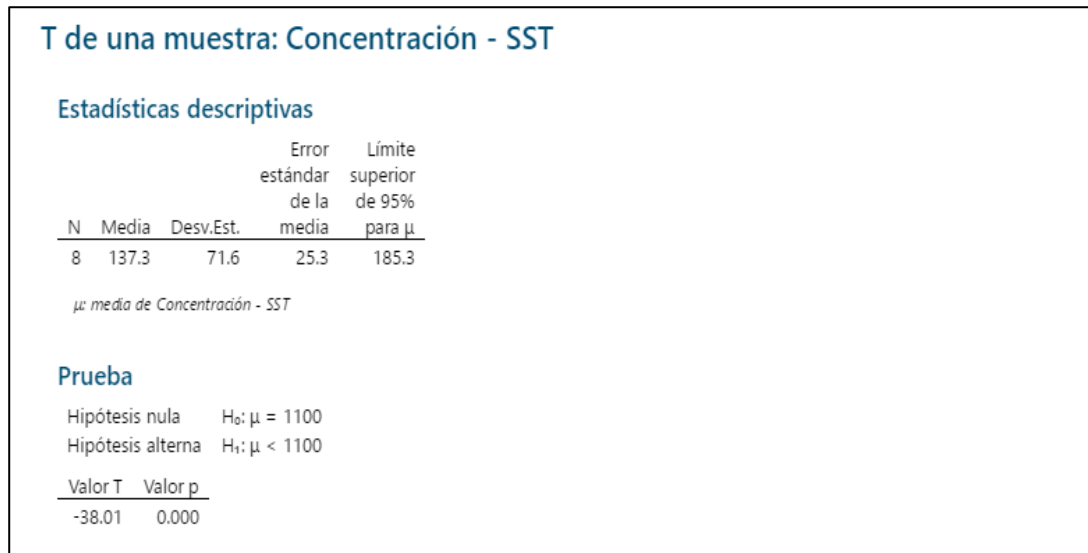


Figura 3. Prueba T Student de datos - SST

Cuando (H_0): $\mu = 1100$; (H_a): $\mu < 1100$, en tanto como el Valor de $P = 0.000$, lo que significa que se el Valor $P <$ del Nivel de significancia = 0.05, entonces Se rechaza la (H_0)

En tanto, se concluye por Rechazar la (H_0) y Aceptar la (H_a) que indica que los valores obtenidos tras la aplicación del experimento con el sistema de electrocoagulación son menores a la concentración inicial equivalente a 1100 mg/l de SST.

Prueba de estadística Tukey de Comparabilidad en el programa Minitab

Se realizó la prueba Tukey para agrupar las medias de los tratamientos en diferentes familias y poder compararlas entre sí para verificar si una de las muestras difiere mucho de las otras. Esta prueba se aplica cuando los tratamientos tienen la misma

cantidad de repeticiones y con el interés principal de conocer cómo se relacionan las medias de un grupo con otro.

Para ello se plantea:

Si las medias comparten agrupaciones o letras entre sí, significa que sus medias son bastante parecidas y que no hay diferencia significativa entre tratamiento.

Para dicha actividad se realizó el análisis de prueba de Tukey.

Tabla 10
Prueba de comparación Tukey de los Tratamientos para el parámetro SST

Factor	N	Media	Agrupación	
T1	3	266.7	A	
T2	3	206.67	B	
T3	3	168.00	C	
T4	3	118.67	D	
T5	3	116.67	D	
T8	3	94.0	D	E
T7	3	68.00	E	
T6	3	60.00	E	

Nota: Se muestra los resultados de la prueba de comparación Tukey para evaluar la similitud de las medias entre los tratamientos aplicados.

Según la figura anterior, se observa que:

Las medias del T1, T2 y T3 pertenecen a diferentes agrupaciones como A, B y C respectivamente, lo que representa que Existe diferencia significativa entre las medias, ya que estas no son iguales. En tanto, se entiende que las condiciones sobre las cuales se llevó a cabo el T1, T2 y T3 favorecieron a la obtención de medias diferentes entre sí.

Por otro lado, se tiene que las medias de T4, T5 y T8 pertenecen a la agrupación D así como T8, T7 y T6 pertenecen a la agrupación E, lo que representa que NO existe

diferencia significativa entre las medias, ya que estas son parecidas. En tanto, se entiende que las condiciones sobre las cuales se llevó a cabo el T4, T5 y T8 para la agrupación D y el T8, T7 y T6 en la agrupación E generaron medias similares según cada agrupación.

De lo mencionado se resalta que, las condiciones sobre las cuales se llevó a cabo el T8, T7 y T6 de la agrupación E permitieron obtener medias relativamente cercanas entre sí; además se destaca que estas medias o concentraciones son menores a las medias de los otros tratamientos, lo que significaría que las condiciones de experimentación de la agrupación E obtuvo mejores resultados de reducción de concentración del parámetro SST mediante la aplicación del sistema de electrocoagulación.

3.2.2. Determinación del Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendedos Totales

Seguidamente se muestra los resultados obtenidos del parámetro de sólidos suspendidos totales para los tratamientos planteados y sus respectivas repeticiones.

Tabla 11
Eficacia de Remoción de SST (%)

Tratamiento	Media	Remoción promedio de SST (%)
T1	266.7	75.76
T2	206.67	81.21
T3	168	84.73
T4	118.67	89.21
T5	116.67	89.39
T6	60	94.55

T7	68	93.82
T8	94	91.45

Nota: Se expone los resultados de remoción del parámetro SST por cada tratamiento.

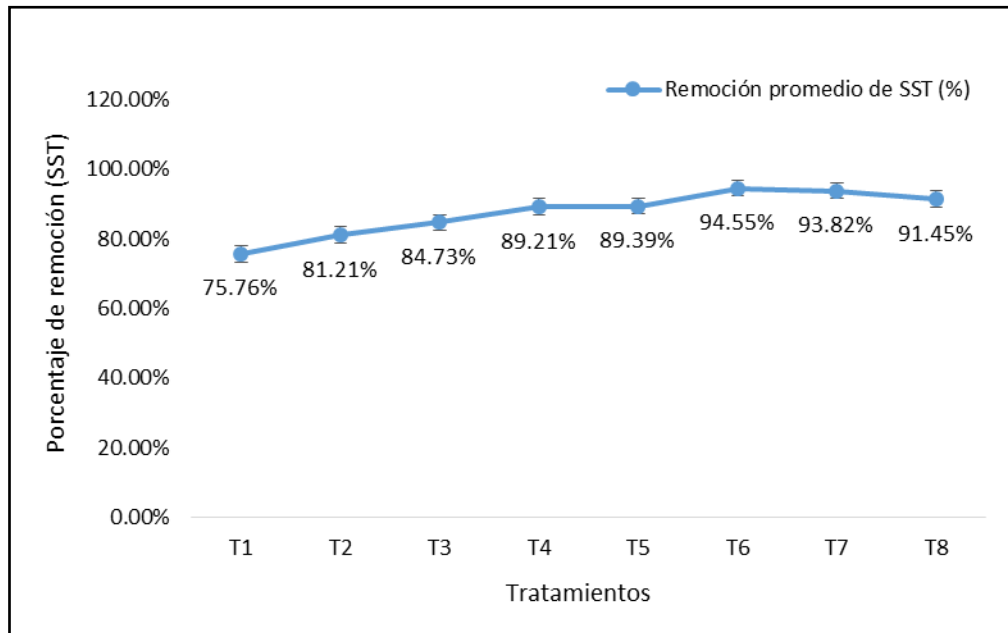


Figura 4. Eficacia de Remoción de SST (%)

A partir de la tabla y grafica mostrada, se evidencia que el T6 obtuvo el mejor porcentaje de remoción equivalente a 94.55% de en contraste a la concentración inicial de Sólidos Suspendidos Totales.

3.3.Resultados del parámetro Demanda Química de Oxígeno

A continuación se muestran los resultados obtenidos a partir del análisis estadístico y los resultados de la determinación del porcentaje de remoción:

3.3.1. Análisis estadístico de Demanda Química de Oxígeno

Contrastación de hipótesis:

Hipótesis b:

H_b : Si se aplica el sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y fierro reducirá la concentración de la demanda química de oxígeno (DQO) en las aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A en el año 2018.

$$H_b: \mu < 16\ 156$$

H_0 : Si se aplica el sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y fierro NO reducirá la concentración de la demanda química de oxígeno (DQO) en las aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A en el año 2018.

$$H_0: \mu = 16\ 156$$

Prueba de normalidad de datos

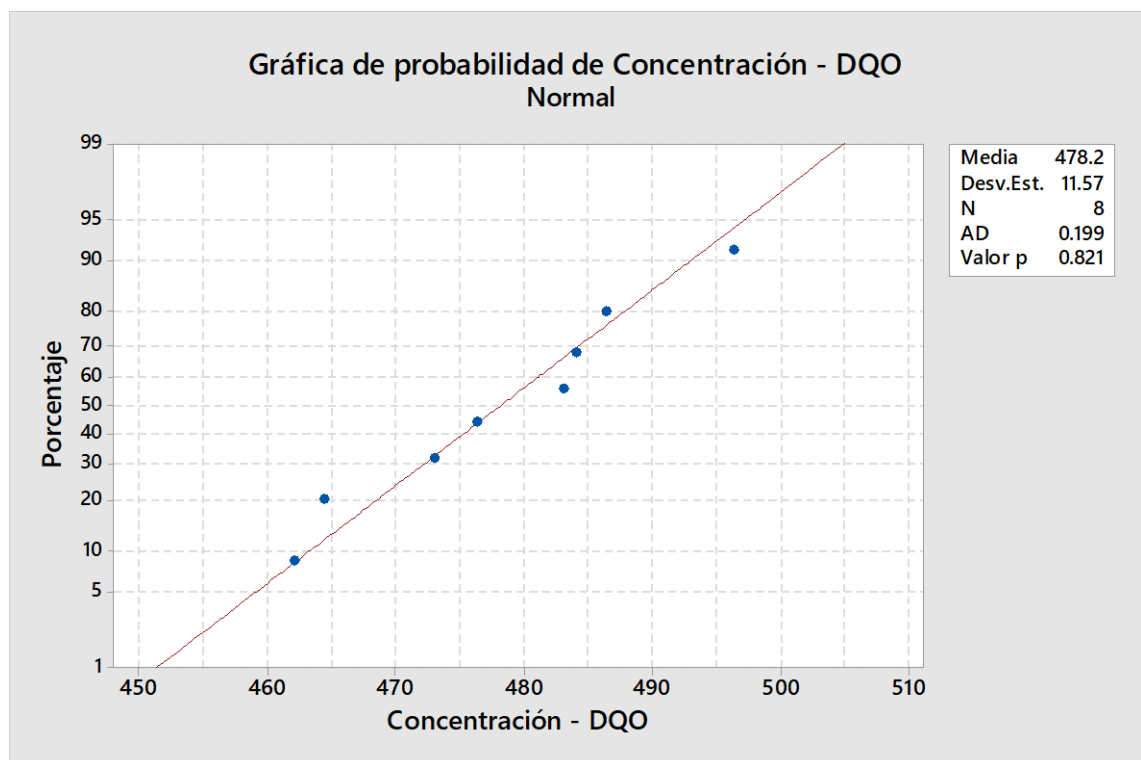


Figura 5. Normalidad de datos - DQO

A partir de la figura se determina que los datos del parámetro DQO presentan una distribución normal, ya que el valor p: 0.821 es > 0.05

Prueba de Hipótesis con T Student en el programa Minitab

Esta prueba consiste en rechazar o aceptar la H_0 , para ello se debe determinar el valor P.

Si el Valor $P >$ del Nivel de significancia = 0.05, entonces No se rechaza la (H_0)

Si el Valor $P <$ del Nivel de significancia = 0.05, entonces Se rechaza la (H_0)

Realizando la aplicación del programa Minitab se obtiene lo siguiente:

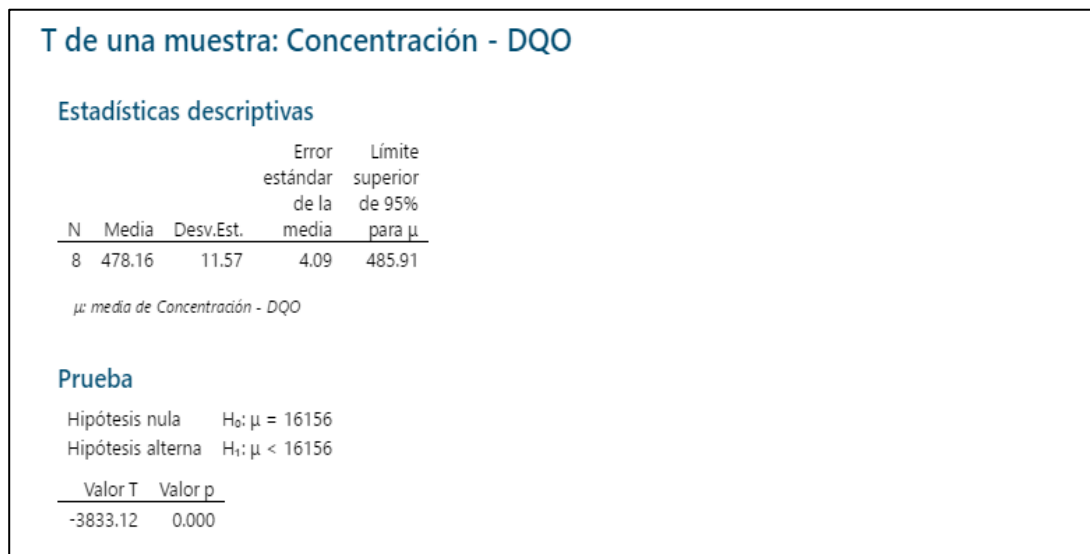


Figura 6. Prueba T Student de datos - DQO

Cuando (H_0): $\mu = 16156$; (H_b): $\mu < 16156$, en tanto como el Valor de $P = 0.000$, lo que significa que se el Valor $P <$ del Nivel de significancia = 0.05, entonces Se rechaza la (H_0)

En tanto, se concluye por Rechazar la (H_0) y Aceptar la (H_b) que indica que los valores obtenidos tras la aplicación del experimento con el sistema de electrocoagulación son menores a la concentración inicial equivalente a 16 156 mg/l de DQO.

Prueba de estadística Tukey de Comparabilidad en el programa Minitab

Se realizó la prueba Tukey para agrupar las medias de los tratamientos en diferentes familias y poder compararlas entre sí para verificar si una de las muestras difiere mucho de las otras. Esta prueba se aplica cuando los tratamientos tienen la misma cantidad de repeticiones y con el interés principal de conocer cómo se relacionan las medias de un grupo con otro.

Para ello se plantea:

Si las medias comparten agrupaciones o letras entre sí, significa que sus medias son bastante parecidas y que no hay diferencia significativa entre tratamiento.

Para dicha actividad se realizó el análisis de prueba de Tukey.

Tabla 12

Prueba de comparación Tukey de los tratamientos para el parámetro DQO

Factor	N	Media	Agrupación		
T1	3	496.33	A		
T3	3	486.33	A	B	
T6	3	484.00	A	B	C
T2	3	483.00	A	B	C
T5	3	476.33	A	B	C
T4	3	473.00	A	B	C
T7	3	464.33		B	C
T8	3	462.00			C

Nota: Se muestra los resultados de la prueba de comparación Tukey para evaluar la similitud de las medias entre los tratamientos aplicados.

Las medias de Las medias del T1 y T8 pertenecen a diferentes agrupaciones como A y C respectivamente, lo que representa que Existe diferencia significativa entre las medias, ya que estas no son iguales. En tanto, se entiende que las condiciones sobre las cuales se llevó a cabo el T1 y T8 favorecieron a la obtención de medias diferentes entre sí.

Por otro lado, se tiene que las medias de T1, T3, T6, T2, T5 y T4 pertenecen a la agrupación A; T3, T6, T2, T5, T4 y T7 pertenecen a la agrupación E, así como T6, T2, T5, T4, T7 y T8 que pertenece a la agrupación C, lo que representa que NO existe diferencia significativa entre las medias, ya que estas son parecidas. En tanto, se entiende que las condiciones sobre las cuales se llevó a cabo los tratamientos de la agrupación A, B y C de manera independiente generaron medias similares según cada agrupación.

De lo mencionado se resalta que, las condiciones sobre las cuales se llevó a el T2, T5, T4, T7 y T8 que pertenece a la agrupación C, permitieron obtener medias relativamente cercanas entre sí; además se destaca que estas medias o concentraciones son menores a las medias de los otros tratamientos, lo que significaría que las condiciones de experimentación de la agrupación C obtuvo mejores resultados de reducción de concentración del parámetro DQO mediante la aplicación del sistema de electrocoagulación

3.3.2. Determinación del Porcentaje de remoción de Demanda Química de Oxígeno

Tabla 13
Eficacia de Remoción de DQO (%)

Tratamiento	Media	Remoción promedio de DQO (%)
T1	496.33	96.93
T2	483.00	97.01
T3	486.33	96.99
T4	473.00	97.07
T5	476.33	97.05
T6	484.00	97.00

T7	464.33	97.13
T8	462.00	97.14

Nota: Se expone los resultados de remoción del parámetro DQO por cada tratamiento.

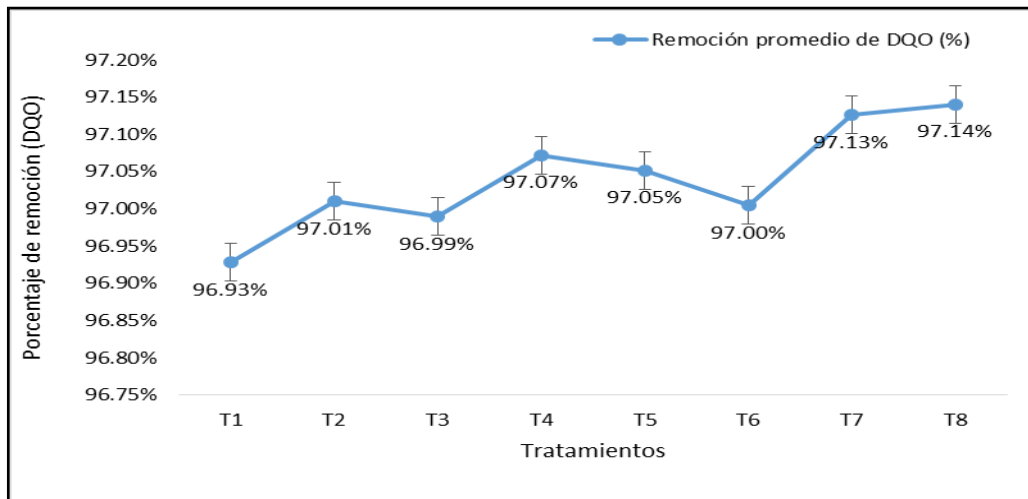


Figura 7. Eficacia de Remoción de DQO (%)

A partir de la tabla y grafica mostrada, se evidencia que el T8 obtuvo un porcentaje de remoción equivalente 97.14% de la concentración inicial de Demanda Química de Oxígeno.

3.4.Resultados del parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno

A continuación se muestran los resultados obtenidos a partir del análisis estadístico y los resultados de la determinación del porcentaje de remoción:

3.4.1. Análisis estadístico de Demanda Bioquímica de Oxígeno

Contrastación de hipótesis específicas:

Hipótesis c:

H_c: Si se aplica el sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y fierro reducirá la concentración de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) en las aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A en el año 2018.

$$H_c: \mu < 6736$$

H₀: Si se aplica el sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y fierro NO reducirá la concentración de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) en las aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A en el año 2018.

$$H_0: \mu = 6736$$

Prueba de normalidad de datos

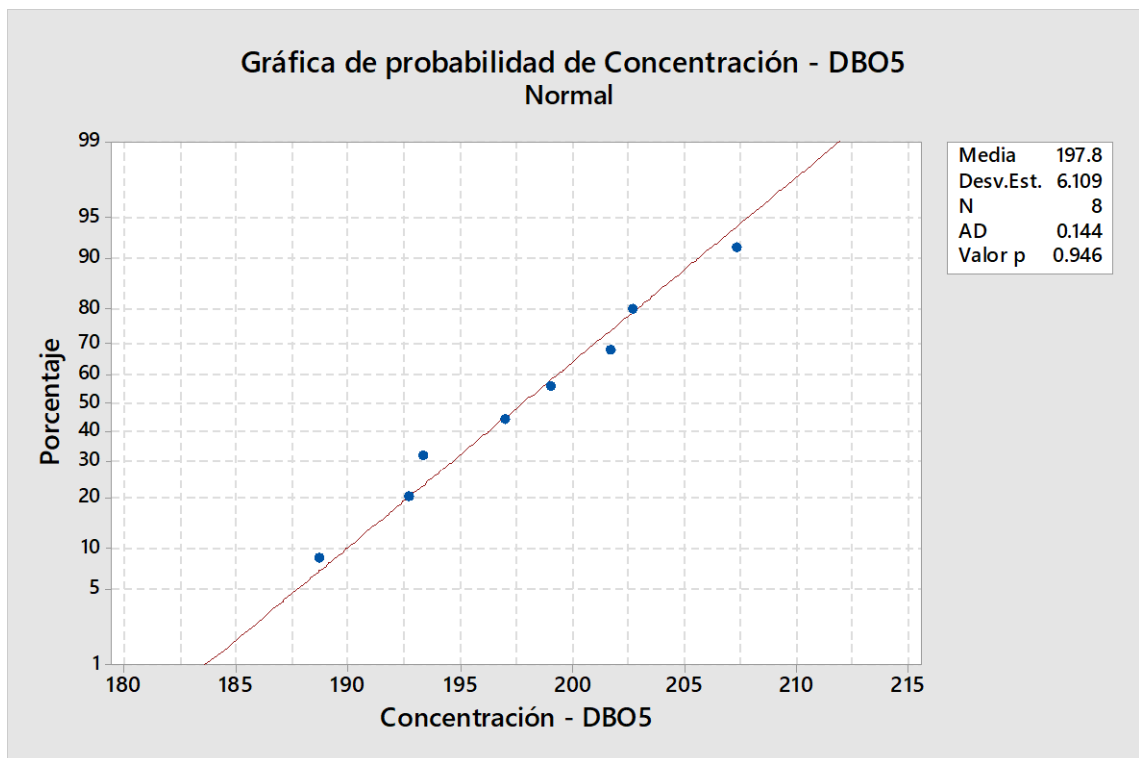


Figura 8. Normalidad de datos – DBO₅

A partir de la figura se determina que los datos del parámetro DBO₅ presentan una distribución normal, ya que el valor p: 0.946 es > 0.05

Prueba de Hipótesis con T Student en el programa Minitab

Esta prueba consiste en rechazar o aceptar la H₀, para ello se debe determinar el valor P.

Si el Valor P > del Nivel de significancia = 0.05, entonces No se rechaza la (H₀)

Si el Valor $P <$ del Nivel de significancia = 0.05, entonces Se rechaza la (H_0)

Realizando la aplicación del programa Minitab se obtiene lo siguiente:

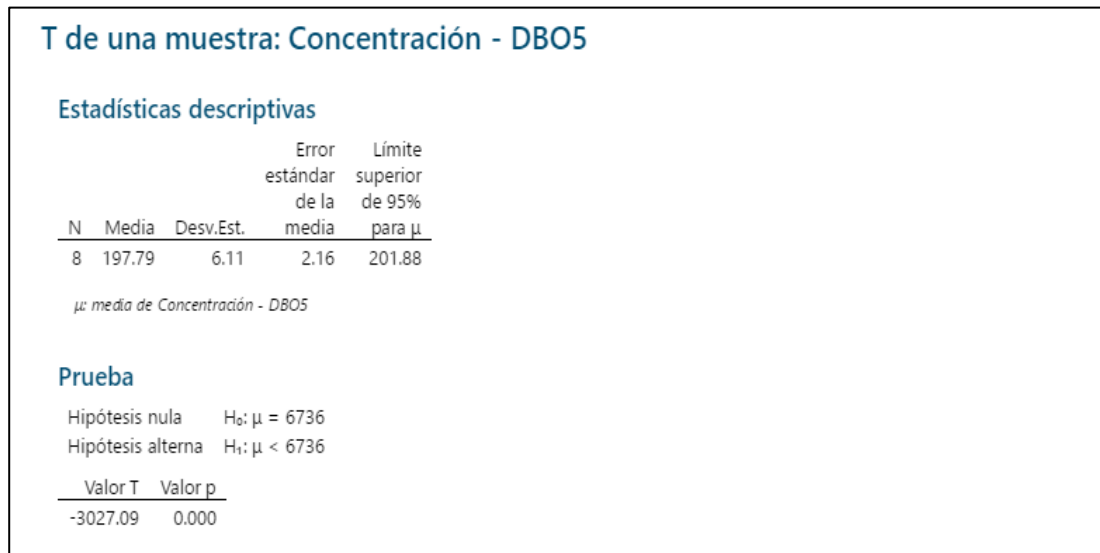


Figura 9. Prueba T student de datos – DBO₅

Cuando (H_0): $\mu = 6736$; (H_c): $\mu < 6736$, en tanto como el Valor de $P = 0.000$, lo que significa que se el Valor $P <$ del Nivel de significancia = 0.05, entonces Se rechaza la (H_0)

En tanto, se concluye por Rechazar la (H_0) y Aceptar la (H_c) que indica que los valores obtenidos tras la aplicación del experimento con el sistema de electrocoagulación son menores a la concentración inicial equivalente a 6736 mg/l de DBO₅.

Prueba de estadística Tukey de Comparabilidad en el programa Minitab

Se realizó la prueba Tukey para agrupar las medias de los tratamientos en diferentes familias y poder compararlas entre sí para verificar si una de las muestras difiere mucho de las otras. Esta prueba se aplica cuando los tratamientos tienen la misma cantidad de repeticiones y con el interés principal de conocer cómo se relacionan las medias de un grupo con otro.

Para ello se plantea:

Si las medias comparten agrupaciones o letras entre sí, significa que sus medias son bastante parecidas y que no hay diferencia significativa entre tratamiento.

Para dicha actividad se realizó el análisis de prueba de Tukey.

Tabla 14
Prueba de comparación Tukey de los Tratamientos para el parámetro DBO₅

Factor	N	Media	Agrupación
T1	3	207.33	A
T3	3	202.667	A
T2	3	201.67	A
T5	3	199.000	A
T4	3	197.00	A
T7	3	193.33	A
T8	3	192.67	A
T6	3	188.7	A

Nota: Se muestra los resultados de la prueba de comparación Tukey para evaluar la similitud de las medias entre los tratamientos aplicados.

Las medias de todos los tratamientos pertenecen a la agrupación A, lo que significa que todas las medias son relativamente parecidas entre sí, esto a su vez significaría que las condiciones operacionales entre los tratamientos no generaron diferencia significativa en las medias o concentraciones del parámetro de DBO₅ tras la aplicación del tratamiento de electrocoagulación.

3.5.2. Análisis estadístico de Demanda Bioquímica de Oxígeno

Tabla 15
Eficacia de Remoción de DBO₅ (%)

Tratamiento	Media	Remoción promedio de DBO ₅ (%)
T1	207.33	96.92
T2	202.667	97.01
T3	201.67	96.99

T4	199.000	97.08
T5	197.00	97.05
T6	193.33	97.20
T7	192.67	97.13
T8	188.7	97.14

Nota: Se expone los resultados de remoción del parámetro DBO₅ por cada tratamiento.

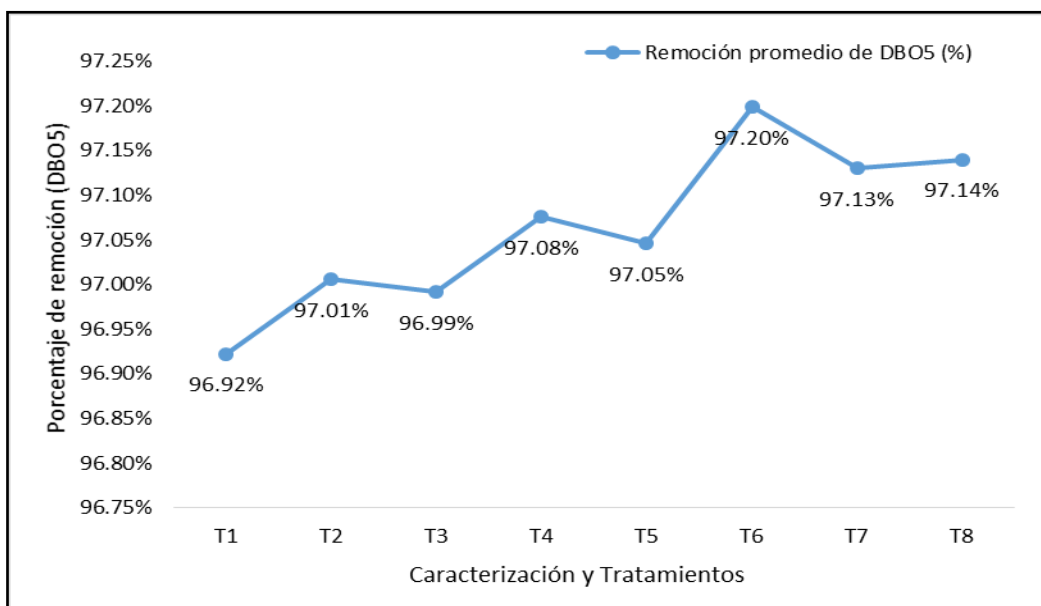


Figura 10. Eficacia de Remoción de DBO₅ (%)

A partir de la tabla y el grafico presentado anteriormente, se establece que el mejor resultado de porcentaje de remoción para el parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno se obtuvo en el T6 con la remoción equivalente a 97.20% de la concentración inicial.

3.5. Resumen de resultados

Tabla 16
Resumen de resultados

Parámetro	Tratamiento	F1: voltaje voltios	F2 : tiempo min	F3: NaCl g/l	Repetición 1 (mg/)	Repetición 2 (mg/)	Repetición 3 (mg/)	Promedio (mg/)	Remoción %
SST	T1	20	15	10	284	268	248	266.67	75.76
	T2	20	15	15	208	204	208	206.67	81.21
	T3	20	30	10	176	172	156	168.00	84.73
	T4	20	30	15	116	122	118	118.67	89.21
	T5	30	15	10	124	104	122	116.67	89.39
	T6	30	30	15	54	54	72	60.00	94.55
	T7	30	30	10	78	62	64	68.00	93.82
	T8	30	15	15	108	104	70	94.00	91.45
DQO	T1	20	15	10	503	490	496	496.33	96.93
	T2	20	15	15	483	473	493	483.00	97.01
	T3	20	30	10	486	483	490	486.33	96.99
	T4	20	30	15	483	476	460	473.00	97.07
	T5	30	15	10	480	473	476	476.33	97.05
	T6	30	30	15	496	473	483	484.00	97.00
	T7	30	30	10	470	460	463	464.33	97.13
	T8	30	15	15	473	460	453	462.00	97.14
DBO ₅	T1	20	15	10	211	204	207	207.33	96.92
	T2	20	15	15	201	199	205	201.67	97.01
	T3	20	30	10	203	201	204	202.67	96.99
	T4	20	30	15	201	198	192	197.00	97.08
	T5	30	15	10	200	198	199	199.00	97.05
	T6	30	30	15	206	160	200	188.67	97.20
	T7	30	30	10	196	191	193	193.33	97.13
	T8	30	15	15	197	192	189	192.67	97.14

Nota: Se expone el resumen de los resultados obtenidos.

3.6. Consumos de Energía y Electrodo

El análisis del consumo generado de energía eléctrica, se realizó a través de las fórmulas de Nasrullah, Singh, Krishnan, Sakinah, & Zularisam (2018):

Ecuación 6 *Formula para la determinación de consumo de energía eléctrica.*

$$\text{Consumo de } E^{\circ} \left(\frac{kWh}{m^3} \right) = \frac{Uit}{V}$$

Donde:

U= Voltaje (V)

i= Corriente (A)

t= Tiempo de Operación (h)

V= Volumen (m³)

El experimento involucro de T1 - T8 tratamientos, en los cuales se emplearon voltajes de 30 y 20 V y tiempo de retención variable de 15 y 30 min.

Cabe precisar que la fuente de poder suministra un amperaje = 5 A por lo que si se contempla que este fuera constante se tendría un consumo al que se le llamara como consumo teórico, sin embargo, el amperaje puede disminuir según los requerimientos del tratamiento, es decir se registrara el consumo específico por tratamiento.

Tabla 17
Consumo de E° por tratamiento

Tratamiento	Consumo experimental de Energía (kWh/m ³)
T1	283.33
T2	283.33
T3	566.66
T4	566.66
T5	425
T6	850
T7	850
T8	425

Nota: Se presenta los consumos experimentales de energía según cada tratamiento aplicado.

Para el Consumo de electrodos Teórico se aplicó la fórmula de Demirbas y Kobya (2017):

Ecuación 7 *Formula simplificada para la determinación de consumo de electrodos.*

$$\text{Consumo de Electrodos } \left(\frac{kg}{m^3} \right) = \frac{itMw}{zFV}$$

Donde:

Mw = Peso Molecular del Fe 55.85 g/mol y Al 26.98g/mol

z= Numero de Electrones involucrados en el proceso (2 para Fe y 3 para Al)

F= La constante de Faraday (96485 C/mol)

I= Intensidad de corriente aplicada

Ecuación 8 *Formula simplificada para la determinación de consumo de electrodos.*

$$\text{Consumo de Electrodos } \left(\frac{kg}{m^3} \right) = \frac{it}{FV} \left(\frac{Mw, Fe}{Z, Fe} + \frac{Mw, Al}{Z, Al} \right)$$

El consumo de energía y el consumo de electrodos, se determinó en función del tiempo de retención en el cual se obtuvieron mejores resultados de remoción para la mayoría de los parámetros evaluados.

Tabla 18
Consumo de energía, consumo de electrodos, tiempo de retención y voltaje

Consumo de Energía kWh/ m ³	Consumo de Electrodos kg/m ³	Tiempo de Retención (min)	Voltaje
283.33	8.1307x10 ⁻⁷	15	20
425	5.4205x10 ⁻⁷	15	30
566.66	1.6261x10 ⁻⁶	30	20
850	1.0841x10 ⁻⁶	30	30

Nota: Se expone los resultados de consumo de electrodos en función al consumo de energía requerido según criterios operacionales de tiempo de retención y voltaje.

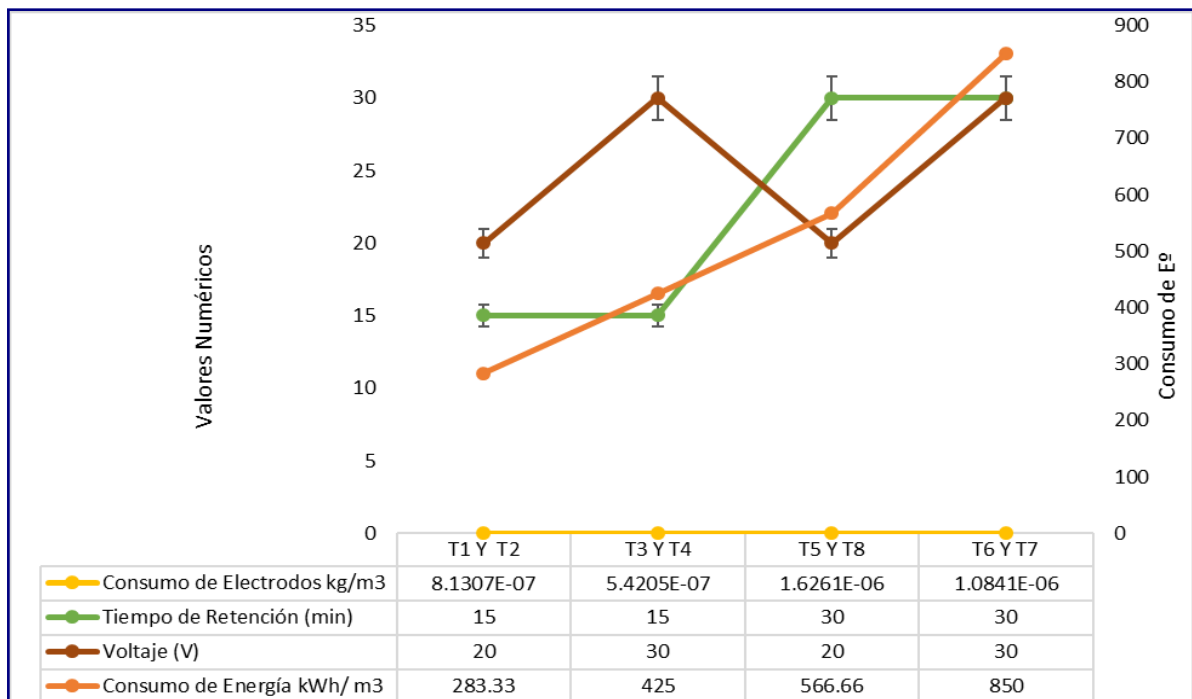


Figura 11. Representación gráfica del consumo de energía, consumo de electrodos, tiempo de retención y voltaje.

De la gráfica mostrada se determina que los tratamientos que obtuvieron mejores resultados para la reducción de concentración de los parámetros analizados fueron T6 y T8, los cuales a su vez generaron un mayor consumo de energía debido al tiempo prolongado que se dio para la ejecución de dichos tratamientos.

3.7. Costo del Tratamiento

Al realizar el proceso de electrocoagulación, también se contempla el análisis de costo operativo, en el cual se abarcaba el material (electrodos y energía eléctrica).

En tanto la fórmula planteada por Demirbas y Kobya (2017), se esquematiza a continuación:

Este costo se calculó de la siguiente manera:

Ecuación 9 *Formula para determinar el costo por tratamiento.*

$$\text{Costos Operacionales} = a \text{ Cenergia} + b \text{ Celectrodo} + D$$

Donde:

$$a = \text{Costo de energía} \left(\frac{\$/\cdot}{kWh} \right)$$

$$b = \text{Costo del Aluminio} \left(\frac{\$/\cdot}{kg} \right)$$

$$C \text{ electrodo} = \text{Consumo del Electrodo} \left(\frac{kg}{m^3} \right)$$

$$D = \text{Costo de los materiales e insumos químicos utilizados} \left(\frac{\$/\cdot}{m^3} \right)$$

$$C \text{ energia} = \text{Costo de Energía Eléctrica} \left(\frac{kWh}{m^3} \right)$$

Tabla 19

Consumo de energía, consumo de electrodos, tiempo de retención y voltaje

Consumo de Energía kWh/ m ³	Consumo de Electrodo kg/m ³	Tiempo de Retención (min)	Voltaje	Costo Operacional S./m ³
283.33	8.1307x10 ⁻⁷	15	20	1087.83
425	5.4205x10 ⁻⁷	15	30	1165.75
566.66	1.6261x10 ⁻⁶	30	20	1243.67
850	1.0841x10 ⁻⁶	30	30	1399.50

Nota: Se presenta el costo de operación que representa la ejecución del experimento según los criterios de operación de tiempo de retención y voltaje.

A continuación se presenta un cuadro resumen del caudal que se trataría mediante el proceso de electrocoagulación en a año y el costo promedio a requerir.

Tabla 20 *Resumen de costos*

Caudal (m ³ /año)	Costo promedio (\$/año)
1305.6	479 247

Nota: Se presenta el costo promedio para tratar el efluente del camal en un periodo de 1 año.

3.7. Análisis comparativo pre y post tratamiento

Seguidamente se muestra de forma gráfica los resultados obtenidos pre y post tratamiento, identificando así al T6 como el tratamiento más eficaz, que aplico un voltaje de 30V, con una concentración de NaCl de 15 g/L en un tiempo de retención de 30 min; cabe indicar que dicho tratamiento fue el que mejores resultados presento

para 2 de los parámetros evaluados que son SST Y DBO₅, por otro lado, se obtuvo mejores resultados de remoción con el tratamiento T8 para el parámetro de DQO, el cual aplico un voltaje de 30V, con una concentración de NaCl de 15 g/L en un tiempo de retención de 15 min.

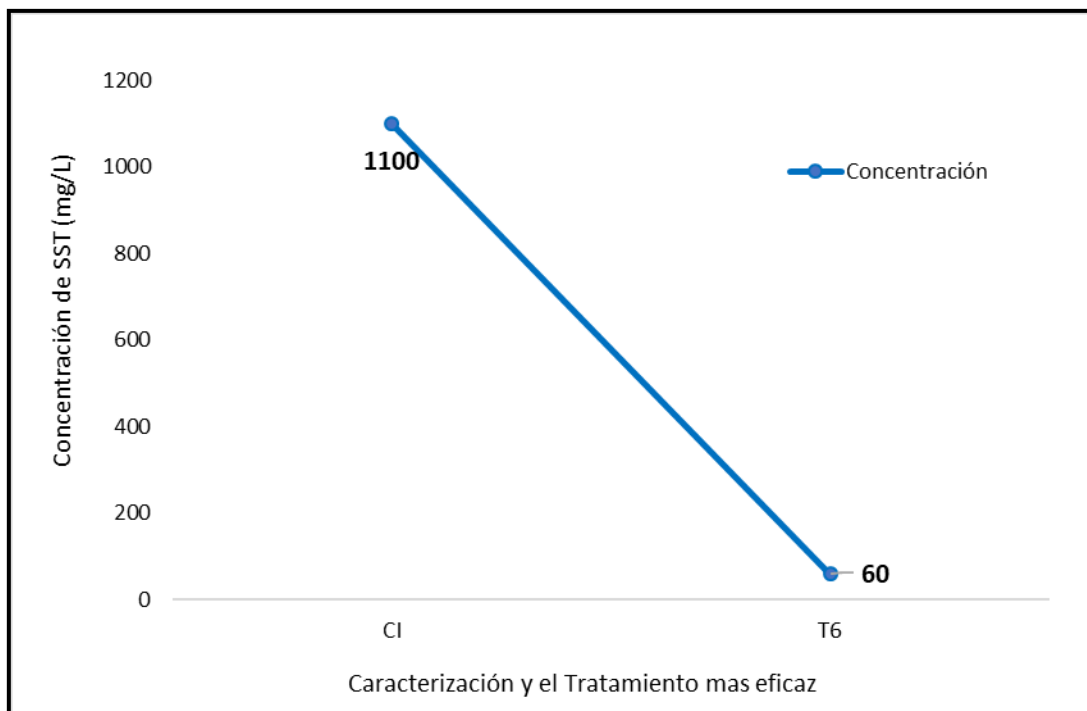


Figura 12. Comparación del efluente pre/post tratamiento para el parámetro SST

En la figura anterior se evidencio un análisis comparativo de las concentraciones antes y después de la aplicación del proceso de electrocoagulación, donde se obtuvo una concentración inicial (CI-01) de 1 100 mg/L de SST; posterior a la aplicación del tratamiento se determinó que el tratamiento T6 obtuvo una menor concentración del parámetro SST que equivalió a 60 mg/L representando el 94.55% de remoción del parámetro SST.

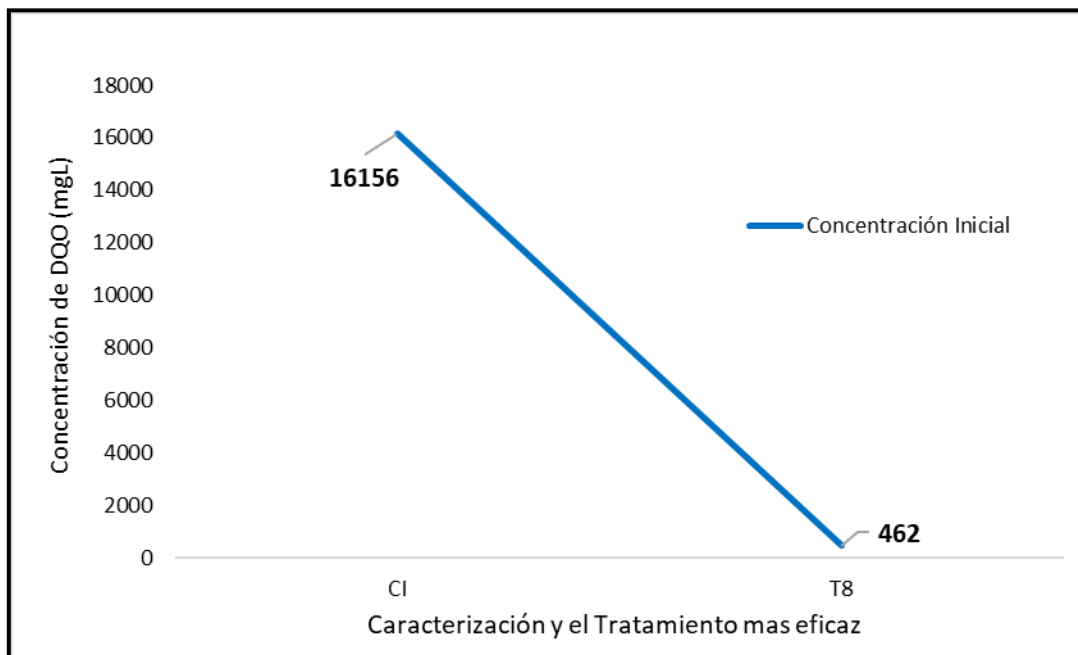


Figura 13. Comparación del efluente pre/post tratamiento para el parámetro DQO

En la figura anterior se evidencio un análisis comparativo de las concentraciones antes y después de la aplicación del proceso de electrocoagulación, donde se obtuvo una concentración inicial (CI-01) de 16 156 mg/L de DQO; posterior a la aplicación del tratamiento se determinó que el tratamiento T8 obtuvo una menor concentración del parámetro DQO que equivalió a 462 mg/L representando el 97.14% de remoción del parámetro DQO.

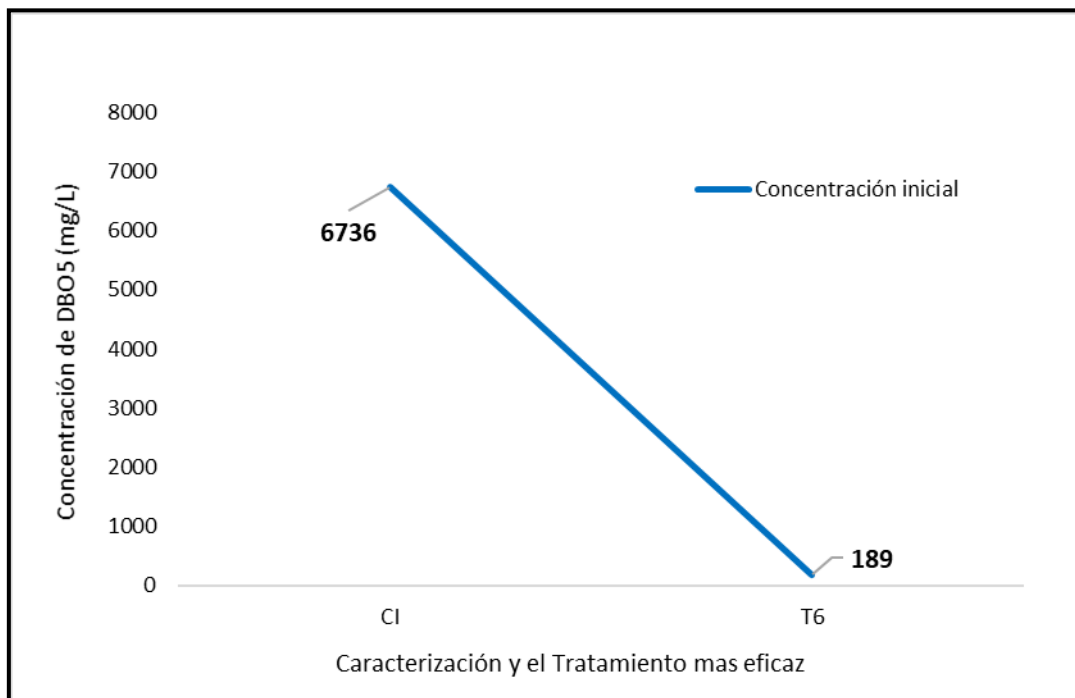


Figura 14. Comparación del efluente pre/post tratamiento para el parámetro DBO₅

En la figura anterior se evidencio un análisis comparativo de las concentraciones antes y después de la aplicación del proceso de electrocoagulación, donde se obtuvo una concentración inicial (CI-01) de 6 736 mg/L de DBO₅; posterior a la aplicación del tratamiento se determinó que el tratamiento T6 obtuvo una menor concentración del parámetro DBO₅ que equivalió a 189 mg/L representando el 97.20% de remoción del parámetro DBO₅.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

A partir del análisis de caracterización inicial del agua residual, se obtuvo concentraciones de 1 100 mg/L del parámetro de Sólidos Suspendidos Totales (SST), concentración que se encuentra dentro del rango obtenido por Tamani (2017), quien evaluó el agua residual generada en un matadero de aves y registró un rango de concentración de 1 023 -1 978 mg/L de SST y Sroka, Kamfliski &Bohdziewicz (2004) que obtuvo un rango de concentración de 112-1743 mg/l de SST provenientes de una planta de beneficio de porcinos, sin embargo, en contraste con Sena, Tambosi, Genena, Moreira, Schröder & José (2009) y Debik & Coskum (2009) registraron un rango superior al del presente proyecto que equivale a 2200-2500 y 1850-3750 mg/l de SST en aguas provenientes de beneficio de aves y porcinos, y aves respectivamente, cabe precisar que este incremento podría estar relacionado a una mayor producción por parte de dichos establecimientos en tanto se estaría generando el vertido de gran cantidad de sólidos en suspensión tales como: grasas, trozos de vísceras y contenido digestivo.

Correspondiente al parámetro de Demanda Química de Oxígeno (DQO) se obtuvo una concentración de 16156 mg/l de DQO, concentración que supera notablemente a autores como Paitan y Sifuentes (2018) con un rango de 851-1072 mg/l de DQO en aguas de matadero de aves, Sroka et al (2004) con un rango de 1780-6720 mg/l de DQO en aguas de matadero de porcinos, Sena et al (2009) con un rango de 2800-3000 mg/l de DQO en aguas de matadero de aves y porcinos, y Debik y Coskun (2009) con 1850-3750 mg/l de DQO en aguas de matadero de aves, dicha diferencia

representativa estaría relacionado a que la concentración del contaminante de DQO está relacionado a la cantidad de animales que se procesan, así como también al tipo y peso del ganado, de modo que, el agua residual del presente proyecto proveniente de un camal de bovinos beneficia especies de doscientas veces más grande y de mayor peso en contraste con camales que procesan aves y/o porcinos.

El parámetro de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) registró una concentración de 6 736 mg/l de DBO_5 , lo cual en contraste con otros autores supera la concentración de caracterización del agua residual, según lo precisa Tamani (2017), Sroka et al (2004) y Sena et al (2009) quienes registraron un rango de 1024-1008, 1200-3000 y 1400-1600 mg/l de DBO_5 respectivamente, en aguas de matadero de aves, porcinos, y la mezcla de aves y porcinos respectivamente, de igual manera, que el caso anterior, la cantidad de materia orgánica, es decir DBO_5 presente en el agua residual está relacionado al tipo, cantidad y peso de la especie a faenar, por tanto la concentración proveniente del camal de bovinos por ser una especie de mayor tamaño y peso genera mayores concentraciones de dicho contaminante en las aguas residuales. Asimismo, se realiza el análisis del índice de biodegradabilidad que deriva de la relación de DBO_5/DQO , el proyecto obtuvo un valor de 0.4 de DBO_5/DQO al igual que Sroka et al (2004), sin embargo dicho valor es menor al obtenido por lo cual en contraste con Sena et al (2009) quien obtuvo 0.5 de DBO_5/DQO , dicha diferencia estaría relacionada a que el valor de 0.4 indica que la materia orgánica presente es poco biodegradable por los propios microorganismos presentes en el medio y el valor de 0.5 representa que la materia orgánica es fácilmente de oxidar por métodos biodegradables, en tanto se entiende que el agua residual proveniente del camal de bovinos debido a la

naturaleza de origen la materia orgánica presente resulta tener menores índices de biodegradabilidad en contraste con aguas residuales provenientes de un matadero de aves.

Correspondiente a los resultados post tratamiento, se precisa que el T6 obtuvo el porcentaje óptimo de remoción para los parámetros evaluados, alcanzando una remoción de 97.55 % de SST, 97.00 % de DQO y 97.20 % de DBO₅, dichos resultados en contraste con autores como Barboza (2011) quien obtuvo una remoción de 64.08 % de DBO₅ y Riccio (2015) quien obtuvo una remoción de 88.62 % de SST, 78.89 % de DQO y 86.33 % de DBO₅, superan a lo obtenido por dichos autores; esto indicaría que un voltaje de 21-23 voltios y 25 minutos como tiempo de retención según Barboza (2011) y un voltaje de 24 Voltios y 20 minutos de proceso según Riccio (2015), son valores mínimos que no favorecen a obtener un porcentaje de remoción alto para los parámetros evaluados. Por otro lado, Merzouk Madani y Sakki (2010) y Bazrafshan, Mostafapour, Farzadkia, Ownagh, & Mahvi (2012) quienes emplearon un voltaje de 30-40 voltios y un tiempo de retención de 60 minutos obtuvieron porcentajes en un rango de 79.9 a 99 %, lo cual significaría que un voltaje superior a 30 voltios y un tiempo mayor a 30 minutos si permite obtener mejores resultados de remoción hasta casi alcanzar el 100% de remoción, dicha información la valida Cañizares, Jiménez, Martínez, Rodrigo, & Sáez (2009), Tamani (2017) y Paintan y Sifuentes (2018). Correspondiente a la concentración de NaCl empleado en g/l, Hernández (2016) alcanzó una remoción del 61 % de DQO, ello en contraste con el resultado obtenido de 97.00 % en DQO, se entiende que el incremento de la

concentración de NaCl suministrado al sistema favoreció a obtener un mayor porcentaje de remoción en dicho parámetro.

Finalmente, se precisa que el T6 que aplico los criterios operacionales de voltaje, tiempo de retención y concentración de NaCl de 30 V, 30 min y 15 g/L respectivamente, tuvo un consumo de energía de 850 kWh/m³, consumo de electrodos de 1.0841x10⁻⁶ kg/m³ y un costo operacional de 1 399 soles/m³, de la información mencionada, se sume que el criterio tiempo de operación favorece al incremento de consumo de energía por lo que es directamente proporcional al aumento por costos de operación según cada tratamiento.

4.2. Conclusiones

- Se obtuvo las concentraciones de la caracterización inicial de los parámetros fisicoquímicos: Sólidos Suspendidos Totales o SST, Demanda Química de Oxígeno o DQO y Demanda Bioquímica de Oxígeno o DBO₅ equivalente a 1 100 mg/l, 16 156 mg/l y 6 736 mg/l respectivamente.
- Se logró reducir la concentración de SST, DQO y DBO₅ obteniendo 60, 462 y 188.67 mg/l respectivamente considerando el T6 como tratamiento óptimo con un voltaje de 30 V, concentración de NaCl y 15 g/L y un tiempo de retención de 30 min.
- Se obtuvo el porcentaje de remoción óptimo T6 con una remoción de 94.55% de Sólidos Suspendidos Totales (SST), un 97.20% de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y un 97.00% de Demanda Química de Oxígeno (DQO), con

respecto a la concentración inicial del efluente, demostrando así la eficiencia del sistema de electrocoagulación para la remoción de estos parámetros.

4.1. Recomendaciones

- Evaluar diferentes concentraciones de NaCl y el efecto específico sobre el agua residual que genera mediante la aplicación del sistema de electrocoagulación.
- Evaluar la resistencia que genera el agua residual dentro del sistema.
- Evaluar las características de salida de la espuma generada durante el proceso de electrocoagulación.
- Realizar la comparación de los resultados con los Valores Máximos admisibles, siempre y cuando se trabaje mínimo con el Anexo N° 1 del D.S. N° 021-2009-VIVIENDA.

REFERENCIAS

- Agua en Centroamérica. (2008). Manual de depuración de aguas residuales urbanas. Recuperado de <http://alianzaporelagua.org/documentos/MONOGRAFICO3.pdf>
- Aguilar, E. (2015). Evaluación de la eficiencia de una celda de electrocoagulación a escala laboratorio para el tratamiento de agua (Posgrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.
- Al Aji, B., Yavuz, Y., & Koparal, A. (2012). Electrocoagulation of heavy metals containing model wastewater using monopolar iron electrodes Separation and Purification Technology, 86, 248–254. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2011.11.011>
- Arango, A. (2011). Uso de electrocoagulación para la remoción de tartrazina en soluciones acuosas, Vol.6, No.2 - 58•77. Recuperado de <https://bit.ly/2KTIXyo>
- Barboza, G. (2011). Reducción de la carga de contaminantes de las aguas residuales de la Planta de Tratamiento de Totorá –Ayacucho Empleando la Técnica de Electrocoagulación. Universidad Nacional De Ingeniería, Perú. Recuperado de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/338/1/barboza_pg.pdf
- Barışçi, S., & Turkey, O. (2016). Domestic greywater treatment by electrocoagulation using hybrid electrode combinations. Journal of Water Process Engineering, 10, 56–66. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2016.01.015>
- Bazrafshan, E., Mostafapour, F., Farzadkia, M., Ownagh, K., & Mahvi, A. (2012). Slaughterhouse Wastewater Treatment by Combined Chemical Coagulation and Electrocoagulation Process. PLOS ONE, 7(6), e40108. Recuperado de <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0040108>

- Bermeo, M. y Tinoco, O. (2016). Remoción de colorantes de efluente sintético de industria textil aplicando tecnología avanzada de electrocoagulación, Vol. 19, N° 38, pp. 125 - 128. Recuperado de <https://bit.ly/2MDIBhe>
- Canales, C. (2005). Guía de mejores técnicas disponibles en España del sector cárnico. Recuperado de <https://bit.ly/30yQ6JR>
- Cañizares, P., Jiménez, C., Martínez, F., Rodrigo, M., & Sáez, C. (2009). The pH as a key parameter in the choice between coagulation and electrocoagulation for the treatment of wastewaters. *Journal of Hazardous Materials*, 163(1), 158–164. Recuperado de ta
- Carhuancho, H. y Salazar, J. (2015). Estudio del efecto de la electrocoagulación en el tratamiento de aguas residuales a nivel de laboratorio en la planta de tratamiento de aguas residuales Covicorti en la ciudad de Trujillo - La Libertad. Universidad Nacional de Trujillo, Perú. Recuperado de <https://bit.ly/2KTEH1S>
- Cisterna, P. y Peña, D. (2002). Determinación de la relación DQO/DBO5 en aguas residuales de comunas con población menor a 25.000 habitantes en la VIII región. Universidad Tecnica Federico Santa María, Chile. Recuperado de <https://bit.ly/2h755a0>
- Chávez, A., Cristancho, D. y Ospina, E. (2009). Una alternativa limpia para el tratamiento de las aguas residuales galvánicas: revisión bibliográfica. Universidad de Medellín, Colombia. Recuperado de <https://bit.ly/2WAJUQv>
- Chou, W., Wang, C., & Chang, S. (2009). Study of COD and turbidity removal from real oxide-CMP wastewater by iron electrocoagulation and the evaluation of specific energy consumption. *Journal of Hazardous Materials*, 168(2–3), 1200–1207. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.02.163>

- Contreras, E., Chang, M., & Yupari, G. (2017). Aprende a prevenir los efectos del mercurio módulo 3: agua y alimento, 44. Recuperado de <https://bit.ly/2Cvg2sY>
- Debik, E. and Coskum, T. 2009. Use of the Static Granular Bed Reactor (SGBR) with anaerobic sludge to treat poultry slaughterhouse wastewater and modeling. *Bioresource Technology* 100: 2777-2782.
- Demirbas, E., & Kobya, M. (2017). Operating cost and treatment of metalworking fluid wastewater by chemical coagulation and electrocoagulation processes. *Process Safety and Environmental Protection*, 105, 79–90. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.psep.2016.10.013>
- Franco, J. y Cárcamo, J. (2017). Evaluación de la eficiencia de un reactor de electrocoagulación a escala piloto para la remoción de algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos presentes en las aguas residuales. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Colombia. Recuperado de <https://bit.ly/2ZsWNvw>
- Florencio, K., y Ciencifuegos, H. (2013). Tratamiento de agua residual procedente del lodo de perforación del pozo petrolero “Bretaña norte 95-2-1xd” mediante el proceso electroquímico de electrocoagulación usando electrodos de aluminio (pregrado). Universidad Nacional De Ingeniería, Perú. Recuperado de <https://bit.ly/30AefzM>
- Gilpavas, E. (2008). Aplicación de la electroquímica en el tratamiento de aguas residuales, Medellín, Colombia. Recuperado de <https://bit.ly/2Zs052i>
- Gronerth, M. (2017). Tratamiento de aguas residuales en el camal Ahuashiyacu. Universidad Nacional de San Martín, Perú. Recuperado de <https://bit.ly/2ZrknNg>
- Hansen, H., Nuñez, P., Raboy, D., Schippacasse, I., & Grandon, R. (2007). Electrocoagulation in wastewater containing arsenic: Comparing different process

- designs. *Electrochimica Acta*, 52(10), 3464–3470. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2006.01.090>
- Heidmann, I., & Calmano, W. (2008). Removal of Zn(II), Cu(II), Ni(II), Ag(I) and Cr(VI) present in aqueous solutions by aluminium electrocoagulation. *Journal of Hazardous Materials*, 152(3), 934–941. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.07.068>
- Hernández, D. (2016). Tratamiento acoplado fisicoquímico-electrocoagulación para incrementar la remoción de la materia orgánica de un agua residual de rastro municipal (maestría). Universidad Autónoma del Estado de México, México. Recuperado de <https://bit.ly/31WonD4>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. del P. (2010). Metodología de la investigación 5ta Edición.pdf (5ta ed., p. 656). México : Mc Graw Hill / Interamericana Editores, S.A. DE C.V. Recuperado de https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. del P. (2014a). Metodología de la Investigación 6ª ed.pdf (6ta ed.). Mexico: Mc Graw Hill / Interamericana Editores, S.A. DE C.V. Recuperado de http://sined.uaem.mx:8080/bitstream/handle/123456789/2776/506_6.pdf?sequence=1
- Hernández, S., Fernández, C., & Baptista, L. (2014b). Selección de la muestra (Capítulo 8). Recuperado de

http://sined.uaem.mx:8080/bitstream/handle/123456789/2776/506_6.pdf?sequence=

1

Hurtado, J. y Santiago, E. Remoción del color en las aguas residuales de los procesos de teñido de la cooperativa industrial manufacturas del centro LTDA. A nivel laboratorio mediante electrocoagulación. Universidad Nacional del Centro del Perú. Recuperado de <https://bit.ly/2ZpvDtM>

Humpire, F. (2017). Efecto del Ph y tiempo en la depuración de lactosuero residual por electrocogulación. Universidad Nacional del Altiplano, Perú. Recuperado de <https://bit.ly/2HkkaRV>

Instituto de Toxicología de la Defensa. (2016). Protocolo de toma de muestra de agua residual de España. Recuperado de <https://bit.ly/2Nmi4Vs>

Koby, M., Oncel, M., Demirbas, E., Şık, E., Akyol, A., & Ince, M. (2014). The application of electrocoagulation process for treatment of the red mud dam wastewater from Bayer's process. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2(4), 2211–2220. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jece.2014.09.008>

Kushwaha, J., Srivastava, V., & Mall, I. (2010). Organics removal from dairy wastewater by electrochemical treatment and residue disposal. *Jornal of Separation and Purification Technology* . 76(2), 198-205. Recuperado de <https://bit.ly/2N948xs>

Larios, J., González, C. y Morales, Y. (2015). Las Aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. Recuperado de <https://bit.ly/2U4Nd16>

Martínez, F. (2007). Tratamiento de aguas residuales industriales mediante electrocoagulación y coagulación convencional (Doctorado). España. Recuperado de <https://bit.ly/2Hkbb39>

- Medina, J, y Peralta, M. (2015). Validación de un prototipo de electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales de alta carga orgánica presentes en la industria. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca. Recuperado de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10702>
- Merzouk, B., Madani, K., & Sekki, A. (2010). Using electrocoagulation–electroflotation technology to treat synthetic solution and textile wastewater, two case studies. *Desalination*, 250(2), 573–577. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.desal.2009.09.026>
- Ministerio del Ambiente. (2012). Límites Máximos Permisibles para efluentes de actividades Agroindustriales tales como Planta de Camales y Planta de Beneficio. Recuperado de <https://bit.ly/340ILoi>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2012). Reglamento Sanitario del Faenado de Animales de Abasto. Recuperado de <https://bit.ly/3258gmC>
- Ministerio de Vivienda y Saneamiento. (2011). Decreto Supremo N° 003-2011-VIVIENDA. Recuperado de <https://bit.ly/2KqwZJx>
- Ministerio de Vivienda y Saneamiento. (2011). Plan Nacional de Saneamiento 2066- 2015. Recuperado de <https://bit.ly/2ZioonU>
- Ministerio de Vivienda y Saneamiento. (2015). Decreto Supremo N° 001-2015-VIVIENDA. Recuperado de <https://bit.ly/2L5yoq1>
- Ministerio de Vivienda y Saneamiento. (2009). Decreto Supremo N° 001-2015-VIVIENDA. Recuperado de <https://bit.ly/2k1iMY9>

- Monsalve, J. y Cardona, S. (2014). Electrocoagulación para reúso de aguas residuales de procesos de impresión en la industria papelera. Universidad Pontificia Bolivariana, Bolivia. Recuperado de <https://bit.ly/2HEiWBh>
- Nasrullah, M., Singh, L., Krishnan, S., Sakinah, M., & Zularisam, A. W. (2018). Electrode design for electrochemical cell to treat palm oil mill effluent by electrocoagulation process. *Environmental Technology & Innovation*, 9, 323–341. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.eti.2017.10.001>
- Norma Oficial Mexicana. (1996). Norma Oficial Mexicana para Límites Máximos Permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, Pub. L. No. NOM-001-SEMARNAT-1996. Recuperado de <https://bit.ly/2znuNyM>
- Oré, A. (2017). Influencia del sulfato de aluminio y ph en la remoción de la materia orgánica para el tratamiento del agua residual del camal municipal de chupaca. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú. Recuperado de <https://bit.ly/30JJ1WI>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales. Recuperado de https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- Organización de las Naciones Unidas. (2017). Aguas Residuales - El Recurso Desaprovechado. Recuperado de <https://bit.ly/2o5XLM1>
- Organización Industrial. (2008). Vertidos de los mataderos e industrias cárnicas. Recuperado de <https://www.eoi.es/es/file/18141/download?token=alBsydFb>
- Paitan, M. y Sifuentes, G. (2018). Remoción de contaminantes de aguas residuales de un matadero de equinos por el método de electrocoagulación a nivel de laboratorio. Universidad Nacional del Centro del Perú. Recuperado de <https://bit.ly/30Al04C>

- Pedroza, A. (2016). Remoción de color en aguas residuales procedentes de la industria textil mediante electrocoagulación para su posible reutilización. Universidad Autónoma Guerrero, México. Recuperado de <https://bit.ly/2NxEFyu>
- Phalakornkule, C., Polgumhang, S., Tongdaung, W., Karakat, B., & Nuyut, T. (2010). Electrocoagulation of blue reactive, red disperse and mixed dyes, and application in treating textile effluent. *Journal of Environmental Management*, 91(4), 918–926. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.11.008>
- Pinzón, E. (2010). Propuesta técnica a escala piloto para la remoción de color de origen textil, por medio de electrocoagulación para favorecer el proceso de potabilización de agua, en una planta de tratamiento de aguas. Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de <https://bit.ly/2MDfj2i>
- Poma, J., & Quispe, P. (2016). Remoción de contaminantes de aguas residuales urbanas por el método de electrocoagulación (pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Perú. Recuperado de <https://bit.ly/2ZrYedQ>
- Riccio, L. (2015). Remoción de contaminantes de aguas residuales urbanas del colector agua de las vírgenes por electrocoagulación, a nivel de laboratorio, utilizando como fuente energética un panel fotovoltaico. Universidad Nacional del Centro del Perú. Recuperado de <https://bit.ly/30ttZo5>
- Riccio, L. (2010). Remoción de aceites y grasas de aguas residuales de la Universidad Nacional del Centro del Perú, por electrocoagulación, a nivel de laboratorio, Perú. Recuperado de <https://bit.ly/2MBtdCd>
- Rincón, G., & La Motta, E. (2014). Simultaneous removal of oil and grease, and heavy metals from artificial bilge water using electro-coagulation/flotation. *Journal of*

- Environmental Management, 144, 42–50. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.05.004>
- Ruiz, Á. (2005). La electrocoagulación: una alternativa para el tratamiento de aguas residuales, 2, 9. Recuperado de <https://bit.ly/2L70nqf>
- Ruiz, P. (2017) Prototipo de una celda de electrocoagulación abastecida con energía fotovoltaica para tratamiento de aguas residuales en la industria minera. Corporación Universitaria Minuto de Dios, Colombia. Recuperado de <https://bit.ly/2KVwiLh>
- Robles, L. y López, A. (2017). Diseño de un prototipo para el tratamiento de aguas residuales domésticas, basado en electrocoagulación. Universidad de la Salle, Colombia. Recuperado de <https://bit.ly/2Zs0p11>
- Santambrosio, E., Ortega, M. y Garibaldi, P. (2002). Demanda Bioquímica de Oxígeno. Universidad Tecnológica Nacional, Argentina. Recuperado de <https://bit.ly/2ZrrOQB>
- Sena, R., Tambosi, J., Genena, A., Moreira, R., H., Schröder and José, H. 2009. Treatment of meat industry wastewater using dissolved air flotation and advanced oxidation processes monitored by GC–MS and LC–MS. Chemical Engineering Journal 152: 151–157
- Siqueiros, A. (2004). Aplicación de la Metodología de Superficies de Respuesta para el Mejoramiento de la Calidad del Aceite de Soya. Universidad de Sonora, México. Recuperado de <https://bit.ly/2MDI7sP>
- Solak, M., Kılıç, M., Hüseyin, Y., & Şencan, A. (2009). Removal of suspended solids and turbidity from marble processing wastewaters by electrocoagulation: Comparison of electrode materials and electrode connection systems. Journal of Hazardous Materials, 172(1), 345–352. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.07.018>
- Sroka, E., Kamfliski, W. and Bohdziewicz, J. 2004. Biological treatment of meat industry wastewater. Desalination 162: 85-91.

- Tamani, Y. (2017). Electrocoagulación para la remoción de carga contaminante del efluente del matadero Municipal de Tingo María. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú. Recuperado de <https://bit.ly/2L8HQtC>
- Terán, J. (2012). Diseño y construcción de un reactor de electrocoagulación para el estudio de tratamiento de agua residual de tintura y acabado textil. Universidad Técnica del Norte, Ecuador. Recuperado de <https://bit.ly/2Zr2gmz>
- Toasa, F. (2012). Validación de los métodos de ensayo para fenoles, tenso activos, sólidos suspendidos y total de sólidos disueltos. Universidad Central del Ecuador. Recuperado de <https://bit.ly/2HmRGqr>
- Torres, K. y Guitierrez, M. Estado del arte de las tecnologías más utilizadas en las refinerías de américa para el tratamiento de aguas residuales. Universidad de San Buenaventura, Colombia. Recuperado de <https://bit.ly/2Hr4QTq>
- Wang, C., Chou, W., & Kuo, Y. (2009). Removal of COD from laundry wastewater by electrocoagulation/electroflotation. *Journal of Hazardous Materials*, 164(1), 81–86. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.07.122>
- Westres, S. (2013). Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales procedentes de una planta productora de sulfatos mediante el proceso electroquímico de electrocoagulación. Universidad Nacional de Ingeniería, Perú. Recuperado de <https://bit.ly/2Ucyu4h>
- Xu, L., Cao, G., Xu, X., He, C., Wang, Y., Huang, Q., & Yang, M. (2018). Sulfite assisted rotating disc electrocoagulation on cadmium removal: Parameter optimization and response surface methodology. *Separation and Purification Technology*, 195, 121–129. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2017.12.010>

- Yavuz, Y., & Ögütveren, ü. B. (2018). Treatment of industrial estate wastewater by the application of electrocoagulation process using iron electrodes. *Journal of Environmental Management*, 207, 151–158. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.11.034>
- Yazdanbakhsh, A., Massoudinegad, M., Eliasi, S., & Mohammadi, A. (2015). The influence of operational parameters on reduce of azithromycin COD from wastewater using the peroxi -electrocoagulation process. *Journal of Water Process Engineering*, 6, 51–57. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2015.03.005>
- Zhao, S., Huang, G., Cheng, G., Wang, Y., & Fu, H. (2014). Hardness, COD and turbidity removals from produced water by electrocoagulation pretreatment prior to Reverse Osmosis membranes. *Desalination*, 344, 454–462. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.desal.2014.04.014>

ANEXOS

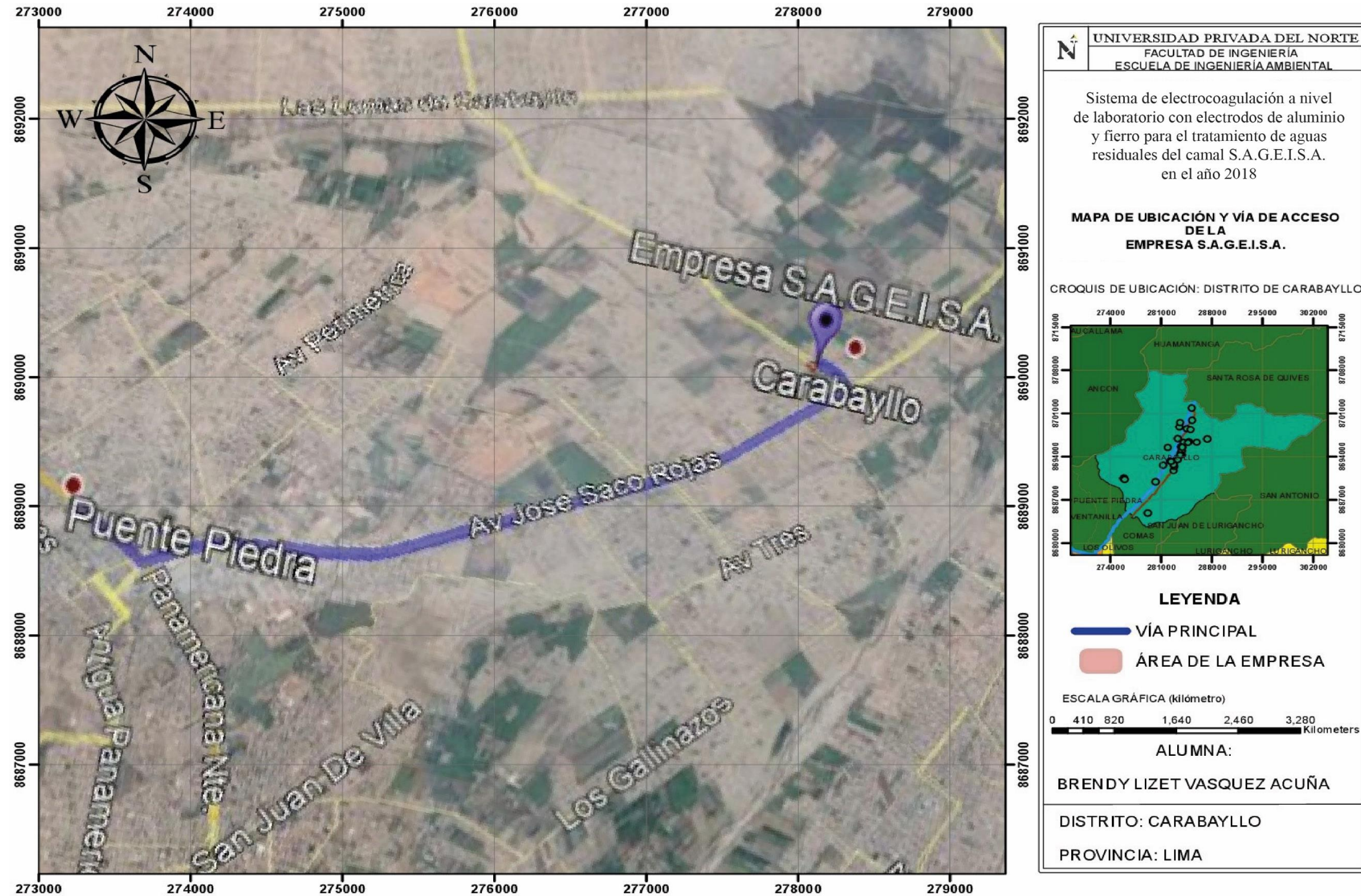
ANEXO n.º 1. Matriz de Consistencia

Matriz de Consistencia						
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables e Indicadores			
Problema General:	Objetivo General:	Hipótesis General:	Variable	Dimensiones	Indicadores	Items/ Niveles Y Rango
<p>¿En qué medida la aplicación del sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y fierro permite la reducción de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018?</p> <p>Problemas Específicos:</p> <p>¿Qué valores de parámetros fisicoquímicos se obtendrán al caracterizar el agua residual del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018?</p> <p>¿De qué manera la aplicación del sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y fierro permitirá la reducción de la concentración de los sólidos suspendidos totales (SST), demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) en las aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018?</p> <p>¿Cuál será el porcentaje óptimo de remoción mediante la aplicación del sistema de electrocoagulación con electrodos de aluminio y fierro en las aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Aplicar el sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y fierro para la reducción de parámetros fisicoquímicos de aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <p>Analizar los parámetros fisicoquímicos para la caracterización del agua residual de camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018.</p> <p>Reducir la concentración de los sólidos suspendidos totales (SST), demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) mediante la aplicación del sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y fierro en las aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018.</p> <p>Obtener el porcentaje óptimo de remoción mediante la aplicación del sistema de electrocoagulación con electrodos de aluminio y fierro en las aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>Si se aplica el sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de Aluminio y Fierro influenciará significativamente en la reducción de parámetros fisicoquímicos de aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018.</p> <p>Hipótesis Específicas:</p> <p>Los resultados de los parámetros fisicoquímicos generados a partir de la caracterización inicial del efluente se verán influenciados significativamente por actividades propias del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018.</p> <p>Si se aplica el sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con los electrodos de aluminio y fierro reducirá significativamente la concentración de los sólidos suspendidos totales (SST), demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) en las aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018.</p> <p>El porcentaje de remoción óptimo se verá influenciado significativamente tras la aplicación experimental con el prototipo de la celda de electroquímica en contraste con los resultados de la caracterización inicial de las aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018.</p>	<p>Aguas residuales del camal de bovinos/ Variable Dependiente (X)</p>	<p>Parámetros Fisicoquímicos</p>	<p>Demanda Química de Oxígeno o DQO (mg/L)</p> <hr/> <p>Demanda Bioquímica de Oxígeno o DBO₅ (mg/L)</p> <hr/> <p>Sólidos Suspendidos Totales o SST (mg/L)</p>	<p>Rango de Porcentaje de remoción:</p> <p>X > 90%</p>
					<p>Voltaje (V)</p>	<p>Condición de Efectividad:</p> <p>Efectivo</p> <p>No efectivo</p>
			<p>Sistema de Electrocoagulación / Variable Independiente (Y)</p>	<p>Criterios de Operación</p>	<p>Concentración de NaCl (g/L)</p>	<p>Condición de Efectividad:</p> <p>Efectivo</p> <p>No efectivo</p>
					<p>Tiempo de Retención (min)</p>	<p>Condición de Efectividad:</p> <p>Efectivo</p> <p>No efectivo</p>

Tipo y Diseño De Investigación	Población y Muestra	Técnicas e Instrumentos	Estadística a Utilizar
<p>Tipo:</p> <p>El presente proyecto de investigación posee un propósito aplicado, debido a que hace uso o emplea el conocimiento para solucionar problemas o necesidades, para la presente tesis la problemática está relacionada al vertimiento de aguas residuales a la red alcantarillado sin previo tratamiento. Tiene un enfoque cuantitativo, el cual requiere de una secuencia de pasos que no pueden ser eludidos en ninguna circunstancia, además, hace uso de la recolección de datos numéricos con la finalidad de probar la hipótesis planteada a través de la aplicación y análisis de pruebas estadísticas, se resalta que para efectos del proyecto, se analizarán los resultados antes y después de la aplicación del tratamiento a la Variable Dependiente (Efluente), ver Anexo n° 20. Asimismo, la investigación es de alcance explicativo por que busca dar a conocer porque ocurre un suceso y en qué condiciones se manifiesta, a través de la presente se busca dar a conocer las condiciones en las que se llevó a cabo el tratamiento del efluente y determinar bajo qué condiciones se obtuvo el mejor resultado o el tratamiento óptimo (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).</p> <p>Diseño:</p> <p>El diseño de la investigación es cuasi experimental, debido a que se encarga de la manipulación intencional de al menos una variable (independiente) y la medición de los efectos sobre la variable (dependiente). Por lo cual, en el presente trabajo, se manipulo las dimensiones de la variable independiente que son: voltaje, tiempo de retención y concentración de NaCl. Según R. Hernández et al (2014), este diseño requiere un grupo control al cual no se le aplica el estímulo o tratamiento, pero sus características deben ser lo más cercanas al grupo experimental con la finalidad de determinar si el tratamiento ha generado alguna diferencia entre los resultados del grupo control y experimental. Motivo por el cual se planteó 8 grupos de tratamientos y un grupo control, en donde este último no se le aplico el tratamiento,</p>	<p>Población:</p> <p>La población está determinada por el caudal de las aguas residuales que equivale a 1.36 m³/h, provenientes del camal de bovinos S.A.G.E.I.S.A., ubicada en la Av. Santa María Mza. B Lote 1, Asoc. Pro. Viv. Sacristía Carabayllo, Lima, Perú.</p> <p>Muestra:</p> <p>Se estableció un muestreo compuesto, tomando en consideración el volumen inicial definido y destinado para el análisis experimental, para ello se aplicó la siguiente formula basada en Norma Oficial Mexicana. (1996).</p> $VMSi = VMC \times \left(\frac{Qi}{Qt}\right)$ <p>Dónde:</p> <p>VMSi= Volumen de cada una de las muestras simples "i", litros.</p> <p>VMC= Volumen de la muestra compuesta necesario para realizar la totalidad de los análisis</p> <p>Qi= Representa al caudal medido en la descarga en el momento de la toma de la muestra simple, L/s</p> <p>QT= Suma de Qi hasta Qn, L/s.</p> <p>Tras la aplicación de la formula, se determinó un muestreo simple de 6.75 L cada 1 horas hasta alcanzar un total de 4 muestras simples, para la formación de la muestra compuesta equivalente a 27 L.</p> <p>Tipo de muestreo</p> <p>El presente trabajo de investigación tuvo un tipo de muestreo no probabilístico, en la cual se selecciona el número de muestras acorde al criterio y necesidad del investigador. Por lo tanto, se empleó una muestra de 3 litros, que fue la cantidad necesaria para llevar a cabo cada ensayo experimental. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014). Estas también son conocidas como muestras dirigidas, ya que están orientadas por las características de la investigación, esta no se busca la representatividad de la población, sino el cuidado y el control de las dimensiones específicas de la materia de estudio, que permitan la recolección y el análisis de datos. Debido a ello, el muestreo se realizó en una sola fecha, tomando en consideración el día de generación de mayor producción dentro de la semana y por ende mayor generación de aguas residuales</p>	<p>Las técnicas de empleadas en la presente investigación fueron:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Observación directa: Con la finalidad de levantar información sobre la problemática de investigación, identificación de las condiciones reales de la población y las medidas que se tiene para atender necesidades durante la toma de muestra y la aplicación del tratamiento en general. • Revisiones Bibliográficas: Para lo cual se tuvo que profundizar la búsqueda de fuentes veraces para la definición de las características en las que se llevó a cabo el tratamiento. Se utilizó como fuente principal de buscador a la página de ScienceDirect, de donde se extrajo documentos como libros, artículos científicos, patentes y revistas. Así también, se realizó de la búsqueda de trabajos de investigación relacionadas al tema de estudio. • Análisis fisicoquímico: Con la finalidad de determinar la eficacia de remoción de los parámetros fisicoquímicos mediante el tratamiento en la celda de electrocoagulación, para lo cual se hace uso de instrumentos que permitan la organización de los resultados. • Estadística: Para ello se utilizó el programa Microsoft Excel y el programa Minitab Statistical Software. <p>Entre los instrumentos aplicados se tiene:</p> <p>Para efectos de evidencia de validez:</p> <p>La validez y confiabilidad de los instrumentos depende de la aprobación de los mismo por el asesor o el especialista de la materia, para lo cual se utilizó el formato de solicitud de validación de instrumento para el recojo de información (ANEXO n° 3). Cabe indicar que, que la ción es de forma independiente por cada instrumento.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ficha de identificación del punto de muestreo (ANEXO n° 4) <p>Este instrumento sirvió para el levantamiento de información del punto de muestreo; de manera que, se obtuvo información sobre las coordenadas, altitud, ubicación, evidencia fotográfica del momento de la toma de muestra y una descripción breve de características relevantes del punto de muestreo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Informe de Ensayo y Cadena de Custodia - Caracterización (ANEXO n° 5) <p>Con este instrumento se organizó la información de la caracterización inicial del efluente previo tratamiento.</p> <p>Este instrumento permitió llevar acabo el control y vigilancia del muestreo, incluyendo los métodos de la toma de muestra, codificación, transporte y la definición de los parámetros a analizar</p> <ul style="list-style-type: none"> • Informe de Ensayo y Cadena de Custodia – Post tratamiento (ANEXO n° 6) <p>La finalidad de este instrumento fue organizar la información obtenida tras el análisis parámetros fisicoquímicos evaluados en el laboratorio.</p> <p>Este instrumento permitió llevar acabo el control y vigilancia del muestreo, incluyendo los métodos de la toma de muestra, codificación, transporte y la definición de los parámetros a analizar.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ficha técnica de equipo (ANEXO n° 7) <p>Con este Instrumento se organizó la información relevante del prototipo construido, lo cual incluye las características como el tipo de material, medidas, equipos representativos, descripción física de la celda e instrucciones puntuales de uso.</p>	<p>Estadística:</p> <p>Para llevar a cabo el análisis de los datos, se utilizó lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Software Minitab Statistics: Se utilizó para el procesamiento de los resultados obtenidos a través de la aplicación y análisis de pruebas estadísticas como: <ul style="list-style-type: none"> • Prueba de normalidad de los datos. • Prueba de Hipótesis con T Student: Se aplicó la prueba t student con la finalidad de aprobar o rechazar la hipótesis nula con un nivel de significancia de 0.05 • Prueba de comparabilidad Tukey con la finalidad de agrupar las medias en diferentes familias y verificar si estas difieren entre sí, esta prueba se aplica cuando los tratamientos tienen la misma cantidad de repeticiones, además permite determinar que tratamientos obtuvieron mejores resultados, definiendo así sobre que rangos de condiciones operacionales fue más favorable para la reducción de la concentración de los parámetros evaluados. - Programa de Microsoft Excel: Se utilizó para llevar a cabo la tabulación de los resultados obtenidos durante el tratamiento, para obtener el porcentaje de remoción.

pero contuvo todas las características necesarias
que requería.

ANEXO n.º 2. Plano de ubicación del Camal de Bovinos SAGEISA



ANEXO n.º 3. Validación de Instrumentos



SOLICITUD: Validación de instrumento de recojo de información.

Sr. Ing.: Denis Gabriel Huicho

Yo Brendy Lizet Vasquez Acuña con DNI N° 75178031 alumno de la Universidad Privada del Norte de la carrera de Ingeniería Ambiental, me dirijo a usted con el debido respeto para presentarme y manifestarle lo siguiente:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para el desarrollo de investigación que vengo elaborando titulada: "Sistema de Electrocoagulación a escala de laboratorio con componentes de Aluminio y Fierro aplicado en la Remoción de Parámetros Físicoquímicos de las aguas residuales de un Camal de Bovinos", solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Ficha de identificación de punto de muestreo
- Informe de Ensayo y Cadena de Custodia - caracterización
- Informes de Ensayo y Cadenas de Custodia – post tratamiento
- Ficha técnica de equipo
- Ficha de lista de materiales

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima, 30 de enero del 2018


Brendy Lizet Vasquez Acuña

Aplicación del sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y hierro para el tratamiento de aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018


UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Gabriel Huilado, Denis

1.2. Cargo e institución donde labora: Docente T.C.I. Universidad Privada del Norte

Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de identificación de punto de muestreo, Informe de Ensayo y Cadena de Custodia – caracterización, Informes de Ensayo y Cadenas de Custodia – post tratamiento, Ficha técnica de equipo y Ficha de lista de materiales.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													<	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													x	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													x	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													>	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													x	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													x	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													x	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													x	
9. METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													x	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													x	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90 %

Lima, 30 NOVIEMBRE del 2018


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE


DNI N°. 10386380.....

ANEXO n.º 4. Ficha de identificación punto de muestreo

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO			
Origen de la muestra:	Camal de Avinos SAGEISA.		
Nombre de la muestra:	Muestra Completa.		
IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO			
Código del punto de monitoreo:	278227-8689157 / 278234-8689159		
Descripción:	- Canchales del tanque de filtración de 500gts - Canchales del tanque de membranas		
Accesibilidad:	Av. Pinarvenencia Norte, P.O. José Saco Pazos, Av. Santa María, primera entrada.		
Finalidad de la muestra:	Investigación		
Reconocimiento del entorno:	Zona residencial		
UBICACIÓN			
Distrito:	Provincia:	Departamento:	
Carabaylla	Lima	Lima.	
Localidad:	Asoc. Ro. Vir. Sanida Carabaylla		
Coordenadas (WGS84):	Sistema de coordenadas:	<input checked="" type="checkbox"/> Proyección UTM <input type="checkbox"/> Geográficas	
	Norte/Latitud:	278227 / 278234	
	Este/Longitud:	8689157 / 8689159	
Fotografía:			
			
Elaborado por: <u>Brady Vazquez Acuña</u>			Fecha: <u>21/11/18</u>


Aplicación del sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y hierro para el tratamiento de aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018

ANEXO n.º 5. Informe de -Ensayo y Cadena de Custodia/Pretratamiento



Environmental Quality Analytical Services S.A.
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE - 030



INACAL
DA - Perú
Organismo de Acreditación

INFORME DE ENSAYO N° A1284/18

Solicitante : BRENDY VASQUEZ ACUÑA
Dirección : Nueva Canadá Mz. A – Lote 2A – Puente Piedra
Procedencia : SERVICIOS AGROPECUARIOS, GANADEROS E INDUSTRIALES
 SOCIEDAD ANONIMA – S.A.G.E.I.S.A.
 Av. Santa Maria Mz. B, Lote 1, Asoc. Pro. Viv. Sacristia (Av. San Juan y Cementerio de San Pedro)
 Distrito: Carabayllo – Provincia: Lima - Departamento: Lima
Matriz de la Muestra : Agua Residual Industrial
Fecha de Muestreo : 21 - Noviembre - 2 018
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante
Fecha y Hora de Recepción : 21 - Noviembre - 2 018 / 12:54 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 21 al 29 – Noviembre - 2 018

Código Interno: L1284/18

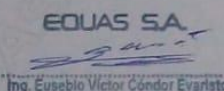
PARÁMETROS	1284 – 1 ^(*)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	Cl - 01 ^(**) (12:00 h)		
Demanda Química de Oxígeno	16 156	mg DQO/L	APHA 5220 D
Demanda Bioquímica de Oxígeno	6 736	mg DBO/L	APHA 5210 B
Sólidos Suspendedos Totales	1 100	mg/L	APHA 2540 D

(*) Código de Laboratorio (**) Código del Solicitante y hora de muestreo


REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.
 STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 22nd, Edic. APHA AWWA, WEF 2012.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.
 La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizada.

Lima, 29 de Noviembre de 2 018.



Ing. Eusebio Victor Condor Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.
 Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.
 Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificación del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra firmemente para los ensayos de metales, la solicitud de devolución ante la comisión debe realizarse diez días hábiles antes de su vencimiento.

Código: F76-F.LAB.02
Revisión: 01
Fecha: 30/04/2012

Dirección de Laboratorio: Mz. 1 Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, sit. del Km 28,3 de la Pan. Norte
Teléfonos: 348-4976 / 349-4050 e-mail: info@equas.com.pe

Página: 1 de 1

Aplicación del sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y hierro para el tratamiento de aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018




CADENA DE CUSTODIA DE MUESTRAS DE AGUA, SEDIMENTOS, SUELOS Y OTROS

Lab. Agua: M.S. I. L. 74. Lf. No. Nazariño - Puente Piedra
C/1. Plaza de Bernal 334. Ute. Huanca - Pisco
Información: (011)499-4993 - atencion@elarte@equas.com.pe

Cliente: Brendy Vaquez Acuña P.T.E. N°: 739/18(1)
 Procedencia: SAGEISA - PLANTA DE BENEFICIO DE ANIMALES ORDEN DE TRABAJO N°: ---
 Distrito: CAABAYLLO Provincia: LIMA Departamento: LIMA CÓDIGO INTERNO: L284718
 Contacto: Brendy Vaquez Acuña Teléfono: 989962123 Correo: brendy16@gmail.com

Código de Laboratorio	Código de campo	Fecha	Hora	Matriz (*)	Tipo de muestra	N° de Envases		MUESTRAS SOLICITADAS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
						P	NP	As	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄	Si	TP	Ag	Al	Be	B	Br	C	Ca	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	NH ₄	NH ₃	NO ₂	NO ₃	PO ₄	SO ₄

ANEXO n.º 6. Informe de -Ensayo y Cadena de Custodia /Postratamiento



**Environmental Quality
Analytical Services S.A.**
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE - 030



INACAL
DA - Perú
Organismo de
Acreditación

INFORME DE ENSAYO N° A1287/18

Solicitante : BRENDY VASQUEZ ACUÑA
Dirección : Nueva Canadá Mz. A – Lote 2A – Puente Piedra

Procedencia : SERVICIOS AGROPECUARIOS, GANADEROS E INDUSTRIALES
 SOCIEDAD ANONIMA – S.A.G.E.I.S.A.
 Av. Santa Maria Mz. B, Lote 1, Asoc. Pro. Viv. Sacristia (Av. San Juan y Cementerio de San Pedro)
 Distrito: Carabayllo – Provincia: Lima - Departamento: Lima

Matriz de la Muestra : Agua Residual Industrial

Fecha de Muestreo : 21 - Noviembre - 2 018
 Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante
 Fecha y Hora de Recepción : 22 - Noviembre - 2 018 / 08:30 h
 Fecha de Ejecución del Ensayo : 22 al 30 – Noviembre - 2 018

Código Interno: L1287/18

PARÁMETROS	1287 – 1 ^(*)	1287 – 2 ^(*)	1287 – 3 ^(*)	Expresado en:	METODOS DE ENSAYO
	T1 - R1 ^(b) (12:30 h)	T1 - R2 ^(b) (12:30 h)	T1 - R3 ^(b) (12:30 h)		
Demanda Química de Oxígeno	503	490	496	mg DQO/L	APHA 5220 D
Demanda Bioquímica de Oxígeno	211	204	207	mg DBO/L	APHA 5210 B
Sólidos Suspendedos Totales	284	268	248	mg/L	APHA 2540 D

(*) Código de Laboratorio (b) Código del Solicitante y hora de muestreo


REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS:
 STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 22nd, Edic. APHA AWWA, WEF 2012.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA:
 Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 30 de Noviembre de 2 018.



Ing. Eusebio Victor Condor Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.
 Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.
 Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimiendo para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse dos días útiles antes de su vencimiento.

Código: F78-P.LAB.02
 Revisión: 01
 Fecha: 16-04-2 018

Dirección de Laboratorio: Mz. 1 Lote 74 Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km. 28.5 de la Pan. Norte
 Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e-mail: info@equas.com.pe

Página 1 de 1

Aplicación del sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y hierro para el tratamiento de aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018



**Environmental Quality
Analytical Services S.A.**
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE - 030



INACAL
(S.A. - Perú)
Organismo de Acreditación

INFORME DE ENSAYO N° A1288/18

Solicitante : BRENDY VASQUEZ ACUÑA
Dirección : Nueva Canadá Mz. A – Lote 2A – Puente Piedra

Procedencia : SERVICIOS AGROPECUARIOS, GANADEROS E INDUSTRIALES
 SOCIEDAD ANONIMA – S.A.G.E.I.S.A.
 Av. Santa María Mz. B, Lote 1, Asoc. Pro. Viv. Sacristia (Av. San Juan y Cementerio de San Pedro)
 Distrito: Carabayllo – Provincia: Lima - Departamento: Lima

Matriz de la Muestra : Agua Residual Industrial

Fecha de Muestreo : 21 - Noviembre - 2 018
 Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante
 Fecha y Hora de Recepción : 22 - Noviembre - 2 018 / 08:30 h
 Fecha de Ejecución del Ensayo : 22 al 30 – Noviembre - 2 018

Código Interno: L1288/18

PARÁMETROS	1288 – 1 ^(A)	1288 – 2 ^(A)	1288 – 3 ^(A)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	T2 – R1 ^(B) (12:50 h)	T2 – R2 ^(B) (12:50 h)	T2 – R3 ^(B) (12:50 h)		
Demanda Química de Oxígeno	483	473	493	mg DQO/L	APHA 5220 D
Demanda Bioquímica de Oxígeno	201	199	205	mg DBO/L	APHA 5210 B
Sólidos Suspendidos Totales	208	204	208	mg/L	APHA 2540 D

(*) Código de Laboratorio (**) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS -
 STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 22^{ed}, Edic. APHA AWWA, WEF 2012.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA -
 Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 30 de Noviembre de 2 018.

EQUAS S.A.



Ing. Eusebio Víctor Condor Evaristo
Gerente General




Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.
 Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.
 Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimiendo para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F79-P.LAR 02
Revisión: 01
Fecha: 16-06-2 018

Dirección de Laboratorio: Mz. 1 Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, ult. del Km 28.5 de la Pan Norte
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe


Página: 4 de 4

Aplicación del sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y hierro para el tratamiento de aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018



**Environmental Quality
Analytical Services S.A.**
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACION INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE - 030



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado
Registro N° LE - 030

INFORME DE ENSAYO N° A1289/18

Solicitante : BRENDY VASQUEZ ACUÑA
Dirección : Nueva Canadá Mz. A – Lote 2A – Puente Piedra
Procedencia : SERVICIOS AGROPECUARIOS, GANADEROS E INDUSTRIALES
 SOCIEDAD ANONIMA – S.A.G.E.I.S.A.
 Av. Santa María Mz. B, Lote 1, Asoc. Pro. Viv. Sacristia (Av. San Juan y Cementerio de San Pedro)
 Distrito: Carabayllo – Provincia: Lima - Departamento: Lima
Matriz de la Muestra : Agua Residual Industrial
Fecha de Muestreo : 21 - Noviembre - 2 018
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante
Fecha y Hora de Recepción : 22 - Noviembre - 2 018 / 08:30 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 22 al 30 – Noviembre - 2 018

Código Interno: L1289/18

PARÁMETROS	1289 – 1 ^(a)	1289 – 2 ^(a)	1289 – 3 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	T3 – R1 ^(b) (13:10 h)	T3 – R2 ^(b) (13:10 h)	T3 – R3 ^(b) (13:10 h)		
Demanda Química de Oxígeno	486	483	490	mg DQO/L	APHA 5220 D
Demanda Bioquímica de Oxígeno	203	201	204	mg DBO/L	APHA 5210 B
Sólidos Suspendidos Totales	176	172	156	mg/L	APHA 2540 D

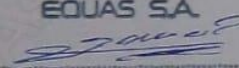
(a) Código de Laboratorio (b) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.
 STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 22^a, Edic. APHA AWWA, WEF 2012.


ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA:
 Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 30 de Noviembre de 2 018.

EQUAS S.A.



Ing. Eusebio Víctor Córdor Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.
 Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.
 Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra únicamente para los ensayos de metales, la solicitud de devolución ante la comisión debe realizarse diez días hábiles antes de su vencimiento.

Código: F79-PLAB-02
Revisión: 01
Fecha: 30-04-2 018

Dirección de Laboratorio: Mz. 1 Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km. 28.5 de la Pan. Norte.
Teléfonos: 348-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

Página 1 de 1

Aplicación del sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y hierro para el tratamiento de aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018



Environmental Quality Analytical Services S.A.
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACION INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE - 030



INFORME DE ENSAYO N° A1290/18

Solicitante : BRENDY VASQUEZ ACUÑA
Dirección : Nueva Canadá Mz. A – Lote 2A – Puente Piedra
Procedencia : SERVICIOS AGROPECUARIOS, GANADEROS E INDUSTRIALES
SOCIEDAD ANONIMA – S.A.G.E.I.S.A.
Av. Santa María Mz. B, Lote 1, Asoc. Pro. Viv. Sacristia (Av. San Juan y Cementerio de San Pedro)
Distrito: Carabayllo – Provincia: Lima - Departamento: Lima
Matriz de la Muestra : Agua Residual Industrial
Fecha de Muestreo : 21 - Noviembre - 2 018
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante
Fecha y Hora de Recepción : 22 - Noviembre - 2 018 / 08:30 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 22 al 30 – Noviembre - 2 018

Código Interno: L1290/18

PARÁMETROS	1290 – 1 ^(A)	1290 – 2 ^(A)	1290 – 3 ^(A)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	T4 – R1 ^(B) (13:45 h)	T4 – R2 ^(B) (13:45 h)	T4 – R3 ^(B) (13:45 h)		
Demanda Química de Oxígeno	483	476	460	mg DQO/L	APHA 5220 D
Demanda Bioquímica de Oxígeno	201	198	192	mg DBO/L	APHA 5210 B
Sólidos Suspendidos Totales	116	122	118	mg/L	APHA 2540 D

^(A) Código de Laboratorio

^(B) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS:

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 22nd, Edic. APHA AWWA, WEF 2012.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA:

Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 30 de Noviembre de 2 018.

EQUAS S.A.

Ing. Eusebio Víctor Córdor Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F78-P.LAB.02
Revisión: 01
Fecha: 30-06-2 018

Dirección de Laboratorio: Mz. I Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

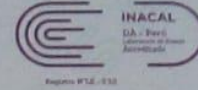
Página: 1 de 1

Aplicación del sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y hierro para el tratamiento de aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018



Environmental Quality Analytical Services S.A.
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE - 030



INFORME DE ENSAYO N° A1291/18

Solicitante : BRENDY VASQUEZ ACUÑA
Dirección : Nueva Canadá Mz. A – Lote 2A – Puente Piedra
Procedencia : SERVICIOS AGROPECUARIOS, GANADEROS E INDUSTRIALES
SOCIEDAD ANONIMA – S.A.G.E.I.S.A.
Av. Santa María Mz. B, Lote 1, Asoc. Pro. Viv. Sacristia (Av. San Juan y Cementerio de San Pedro)
Distrito: Carabayllo – Provincia: Lima - Departamento: Lima
Matriz de la Muestra : Agua Residual Industrial
Fecha de Muestreo : 21 - Noviembre - 2 018
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante
Fecha y Hora de Recepción : 22 - Noviembre - 2 018 / 08:30 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 22 al 30 – Noviembre - 2 018

Código Interno: L1291/18

PARÁMETROS	1291 – 1 ^(a)	1291 – 2 ^(a)	1291 – 3 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	T5 – R1 ^(b) (14:20 h)	T5 – R2 ^(b) (14:20 h)	T5 – R3 ^(b) (14:20 h)		
Demanda Química de Oxígeno	480	473	476	mg DQO/L	APHA 5220 D
Demanda Bioquímica de Oxígeno	200	198	199	mg DBO/L	APHA 5210 B
Sólidos Suspendidos Totales	124	104	122	mg/L	APHA 2540 D

^(a) Código de Laboratorio

^(b) Código del Solicitante y hora de muestreo

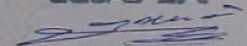
REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 22nd, Edic. APHA AWWA, WEF 2012.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 30 de Noviembre de 2 018.

EQUAS S.A.

Ing. Eusebio Víctor Córdor Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días antes de su vencimiento.

Código: F78-PL-18-02
Revisión: 01
Fecha: 10-04-2 018

Dirección de Laboratorio: Mz. 1 Lote 74, Urb. Naranjito - Puente Piedra, alt. del Km.28.5 de la Pan. Norte
Teléfonos: 348-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

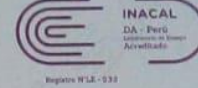
Página 1 de 1

Aplicación del sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y hierro para el tratamiento de aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018



Environmental Quality Analytical Services S.A.
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE - 030



INFORME DE ENSAYO N° A1294/18

Solicitante : BRENDY VASQUEZ ACUÑA
Dirección : Nueva Canadá Mz. A – Lote 2A – Puente Piedra
Procedencia : SERVICIOS AGROPECUARIOS, GANADEROS E INDUSTRIALES SOCIEDAD ANONIMA – S.A.G.E.I.S.A.
Av. Santa María Mz. B, Lote 1, Asoc. Pro. Viv. Sacristia (Av. San Juan y Cementerio de San Pedro)
Distrito: Carabaylo – Provincia: Lima - Departamento: Lima

Matriz de la Muestra : Agua Residual Industrial

Fecha de Muestreo : 21 - Noviembre - 2 018
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante
Fecha y Hora de Recepción : 22 - Noviembre - 2 018 / 08:30 h
Fecha de Ejecución del Ensayo: 22 al 30 – Noviembre - 2 018

Código Interno: L1294/18

PARÁMETROS	1294 – 1 ^(a)	1294 – 2 ^(a)	1294 – 3 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	T8 – R1 ^(b) (15:45 h)	T8 – R2 ^(b) (15:45 h)	T8 – R3 ^(b) (15:45 h)		
Demanda Química de Oxígeno	473	460	453	mg DQO/L	APHA 5220 D
Demanda Bioquímica de Oxígeno	197	192	189	mg DBO/L	APHA 5210 B
Sólidos Suspendidos Totales	108	104	70	mg/L	APHA 2540 D

^(a) Código de Laboratorio

^(b) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 22nd, Edic. APHA AWWA, WEF 2012.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 30 de Noviembre de 2 018.

EQUAS S.A.

Ing. Eusebio Víctor Córdor Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.


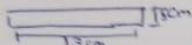
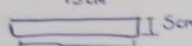



El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F79-P.LAB.02
Revisión: 01
Fecha: 30-04-2 018

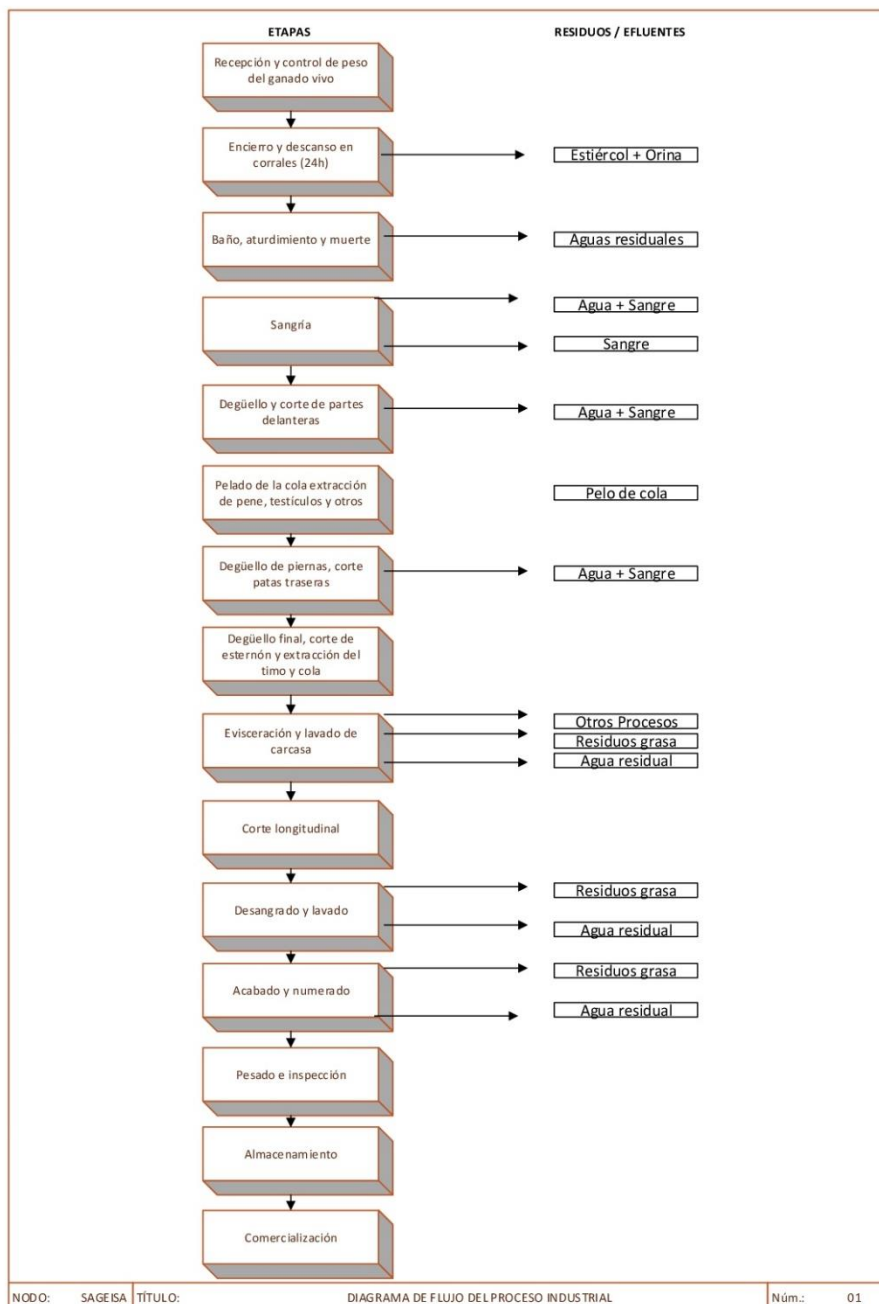
Dirección de Laboratorio: Mz. 1 Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28.5 de la Pan. Norte
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e-mail: info@equas.com.pe

Página: 1 de 1

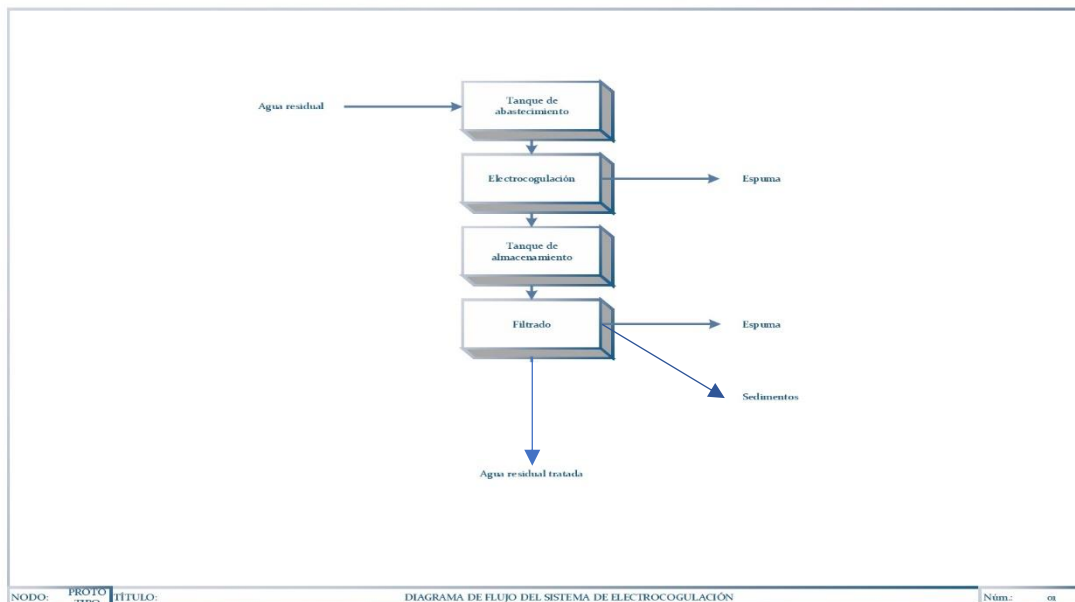
ANEXO n.º 7. Ficha técnica de equipo

FICHA TÉCNICA DE EQUIPO			
Nombre del Operador: <u>Brendy Vasquez Acuña</u>			
Descripción física:		El Sistema consistieron la utilización de una base acrílica para su soporte, 3 recipientes, electrodos de aluminio y Hierro, 2 bombas de agua y una hélice para la generación de rpm.	
Material de la Celda	Plástico acrílico	Características de la Fuente de Energía	
Material del Electrodo	Aluminio y Hierro	Voltaje:	1.2V a 30V
Fuente de alimentación	Fuente Cº de 1.2V a 30V	Amperaje	5A
Especificaciones técnicas:			
Aluminio		Motor DC de 24V para generar el sistema de agitación en la celda.	
Hierro			
Evidencia fotográfica:			
  			
Instrucciones de uso:			
① Inyectar el efluente a tratar en el tanque 1. ② A través del Sistema de bombeo hacer el trasporte del efluente al tanque reactor, suministrar la cantidad de voltaje y NaCl en un tiempo determinado. ③ Al finalizar el tratamiento, con la ayuda de una bomba retirar el efluente tratado al tanque 3.			
Fecha: <u>29/11/18</u>			

ANEXO n.º 8. Diagrama de flujo del Camal de Bovinos



ANEXO n.º 9. Diagrama de flujo del tratamiento en la Celda de Electrocoagulación






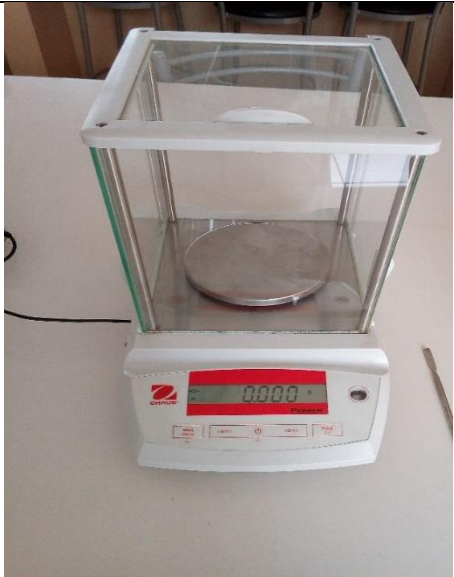
ANEXO nº 10. Coordinaciones con la técnica de laboratorio



ANEXO n° 11. Materiales otorgados por el laboratorio EQUAS para el muestreo

	
<p>Cooler para muestras de DBO₅</p>	<p>Cooler para muestras de SST</p>
	
<p>Cooler para muestras de DQO</p>	<p>Cooler para para el transporte de hielo</p>

ANEXO n° 12. Materiales y equipos complementarios

	
<p>Probeta de 1000 ml</p>	<p>Agua destilada</p>
	
<p>Espátula</p>	<p>Balanza analítica</p>

ANEXO n° 13 Construcción del prototipo

	
<p>Circuito para movimiento de la hélice y funcionamiento de las bombas</p>	<p>Colocación de una base soporte para los tanques</p>
	
<p>Ubicación del motor para el movimiento de la hélice</p>	<p>Bomba abastecedora de afluente al reactor</p>

Aplicación del sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y fierro para el tratamiento de aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018

	
<p>Bomba para extraer el fluido del reactor</p>	<p>Electrodos de hierro</p>
	
<p>Electrodos de aluminio</p>	<p>Fuente de poder</p>

ANEXO n.º 14. Prototipo del Sistema de Electrocoagulación



ANEXO nº 15. Pesado de NaCl

	
<p>Tareo de la balanza</p>	<p>Pesado de NaCl</p>
	
<p>Tesista realizando el pesado</p>	<p>Muestras de NaCl</p>

Aplicación del sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y hierro para el tratamiento de aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018



Ingreso al camal





Colecta de efluente de sangrado



Colecta del efluente de lavado de menudencias

Aplicación del sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y hierro para el tratamiento de aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018

	
<p>Muestra del efluente</p>	<p>Preservación de la muestra para DQO</p>
	
<p>Muestreo para DBO₅</p>	<p>Muestras de DBO₅, SST y DQO</p>

Aplicación del sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y fierro para el tratamiento de aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018



Medición de volumen de efluente



Abastecimiento al tanque

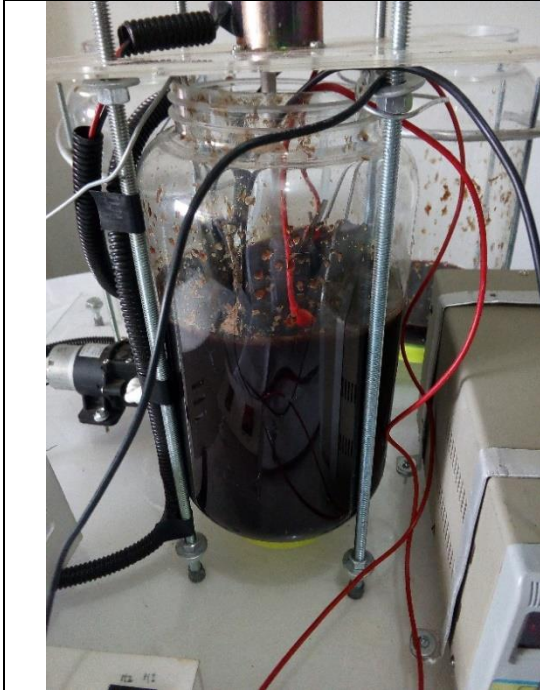


Llenado del tanque reactor por bombeo

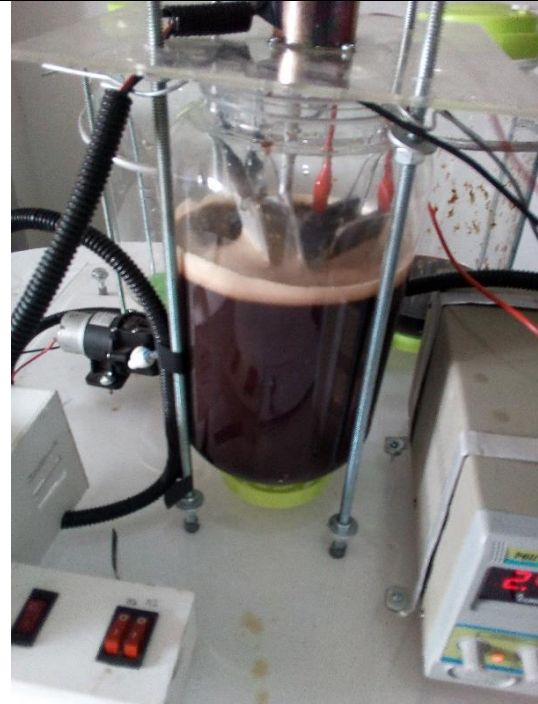


Adición de NaCl

Aplicación del sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y hierro para el tratamiento de aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018



Inicio del proceso



Generación de espuma para voltaje=20



Generación de espuma para voltaje=30



Inicio del cambio de tonalidad del efluente

ANEXO n° 16. Post tratamiento







Muestra inicial



Post tratamiento

ANEXO nº 17. Tratamientos

	
<p>T6</p>	<p>T7</p>
	
<p>T8</p>	<p>T5</p>

Aplicación del sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y hierro para el tratamiento de aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018



T4



T3



T2



T1

ANEXO n° 18. Electrodos pre y post tratamiento

	
<p>Electrodos de aluminio pre tratamiento</p>	<p>Electrodos de aluminio post tratamiento</p>
	
<p>Electrodos de hierro pre tratamiento</p>	<p>Electrodos de hierro post tratamiento</p>


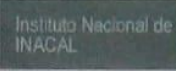
Aplicación del sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y fierro para el tratamiento de aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018

Anexo nº 19. Cédula de acreditación del laboratorio EQUAS y los certificados de calibración de los equipos utilizados para el análisis en laboratorio.

Cédula de Acreditación del Laboratorio EQUAS



Aplicación del sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y hierro para el tratamiento de aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018

 PERÚ  Ministerio de la Producción  Instituto Nacional de Calidad INACAL  Dirección de Acreditación

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

San Isidro, 19 de octubre de 2018

CÉDULA DE NOTIFICACIÓN N° 729 -2018-INACAL/DA

Señor
Euseblo V. Córdor Evaristo
Gerente General
Environmental Quality Analytical Services S.A. - EQUAS S.A.
Calle los Agrónomos N°110-Urb. Los Ingenieros
La Molina.-

Asunto : Vencimiento de Vigencia de Acreditación – Environmental Quality Analytical Services S.A. - EQUAS S.A.

Referencia : Expediente N° 0110-2018-DA
Correo electrónico del 18 de octubre de 2018

Estimado Señor:

Cumplo con notificar lo siguiente: **VISTO:**

1. La vigencia de la acreditación de Environmental Quality Analytical Services S.A., como laboratorio de ensayo, la cual culmina el 27 de octubre del presente.
2. La solicitud de extensión de la vigencia presentada por Environmental Quality Analytical Services S.A., mediante su comunicación de la referencia.

Y **CONSIDERANDO** que:


1. La solicitud de renovación fue presentada con fecha 2018-04-18¹, dentro del plazo establecido en el Procedimiento General de Acreditación².
2. Por motivos no imputables al laboratorio, el proceso de renovación superaría los plazos establecidos.


COMUNIQUESE a Environmental Quality Analytical Services S.A. que: se otorga la extensión de la vigencia de la acreditación hasta la culminación del proceso de renovación, no excediendo este periodo el plazo máximo de 90 días calendarios.

Lo que notifico a usted conforme a Ley.

Atentamente,


MARÍA DEL ROSARIO URÍA T.
Directora (e)
Dirección de Acreditación
VGO



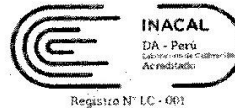


¹ Mediante Carta N°EQ-GG N°044-18.
² Procedimiento DA-acr-01P versión02, numeral 7.1, el cual indica:
(...) Si el OEC Acreditado desea renovar su acreditación sin sufrir una interrupción entre la vigencia de su contrato actual y la vigencia del siguiente, debe iniciar el procedimiento de renovación por lo menos 180 (ciento ochenta) días calendario antes de la caducidad de su acreditación vigente. (...)

Calle Las Camélias N° 817 - San Isidro, Lima 27 - Perú / Teléfono (511) 640 8820
www.inacal.gob.pe



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 001



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° MC-1453-2018

Fecha de emisión: 2018-11-26

EXP: 80459
Pág. 1 de 3

1. **Solicitante** : ENVIRONMENTAL QUALITY ANALYTICAL SERVICES S.A.
2. **Dirección** : Mz. 1 Lote 74 - Urb. Naranjito - Puente Piedra - Lima
3. **Instrumento calibrado** : BALANZA
 - **Clasificación** : No automática
 - **Marca / Fabricante** : PRECISA INSTRUMENTS
 - **Modelo** : 92SM-202A-DR
 - **Número de serie** : 92468
 - **Procedencia** : SUIZA
 - **Tipo** : Electrónica
 - **Identificación** : EQ-BAL-02
 - **Capacidad máxima** : 200 g
 - **Capacidad mínima** : No indica
 - **Div. de escala (d)** : 0,0001 g
 - **Div. de verificación (e)** : 0,001 g (*)
 - **Clase de exactitud** : No indica
 - **Ubic. del instrumento** : Sala de balanza
4. **Lugar de calibración** : Instalaciones de ENVIRONMENTAL QUALITY ANALYTICAL SERVICES S.A.
5. **Fecha de calibración** : 2018-09-25
6. **Método de calibración**

Comparación directa de las indicaciones de la balanza contra cargas aplicadas de valor conocido según el PC-011: 4ª Ed., "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y Clase II" del INDECOP- SNM.

7. **Trazabilidad**

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM. Se utilizaron pesas patrones de códigos:

M-862 con Certificado de Calibración N° M-1004-2017 de METROIL S.A.C.

(*) El valor de división de verificación (e) se escogió de acuerdo a la consideración del PC-011: 4ª Ed.; ítem 10.2

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

METROIL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de METROIL S.A.C.



CESAR GUIZA VILLANUEVA
Jefe del Laboratorio de Mesa



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 001



Registro N° LC - 001

Certificado N° MC-1453-2018
Pag. 2 de 3

8. Resultados

Inspección Visual

AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO APLICA
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

Ensayo de Repetibilidad

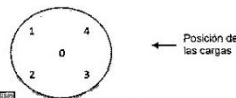
Temperatura (°C)	Inicial	Final
20,5		20,4

Humedad Relativa (%)	Inicial	Final
68,0		65,0

Carga (g)	99,99993 g	
	AL (mg)	E (g)
100,0000	0	0,00007
99,9999	0	-0,00003
99,9999	0	-0,00003
100,0000	0	0,00007
100,0001	0	0,00017
100,0000	0	0,00007
100,0001	0	0,00017
100,0000	0	0,00007
100,0001	0	0,00017
99,9999	0	-0,00003
Diferencia Máxima	0,00029	
Error Máximo Permisible (g)	0,0002	

Carga (g)	200,00007 g	
	AL (mg)	E (g)
199,9999	0	-0,00017
199,9998	0	-0,00027
199,9999	0	-0,00017
200,0000	0	-0,00007
199,9998	0	-0,00027
199,9998	0	-0,00027
199,9997	0	-0,00037
199,9998	0	-0,00027
199,9999	0	-0,00017
199,9997	0	-0,00037
Diferencia Máxima	0,00030	
Error Máximo Permisible (g)	0,0002	

Ensayo de Excentricidad de la Carga



Temperatura (°C)	Inicial	Final
20,4		20,3

Humedad Relativa (%)	Inicial	Final
65,0		63,0

Posición de la carga	Carga Min. (g)	Determinación de E ₁			Determinación del error corregido E ₂			
		L (g)	AL (mg)	E ₁ (g)	L (g)	AL (mg)	E ₂ (g)	
0		0,0008	0	-0,00020	59,9999	0	-0,00013	0,00007
1	0,00100	0,0008	0	-0,00020	60,0001	0	0,00007	0,00027
2		0,0009	0	-0,00010	60,0000	0	-0,00003	0,00007
3		0,0008	0	-0,00020	60,0005	0	0,00017	0,00067
4		0,0008	0	-0,00020	60,0002	0	0,00017	0,00037
					Error Máximo Permisible (g)		0,0002	



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 001



Registro N° LC - 001

Certificado N° : MC-1453-2018
Pág. 3 de 3

Ensayo de Pesaje

Temperatura (°C)		Inicial	Final	Humedad Relativa (%)		Inicial	Final
		20,3	20,3			66,0	66,0

Carga L (g)	L ₁ (g)	CARGA CRECIENTE			CARGA DECRECIENTE			Error Máximo Permitible (g)
		AL (mg)	E (g)	Ec (g)	AL (mg)	E (g)	Ec (g)	
E ₀ 0,00100	0,0009	0	-0,00010					
0,01000	0,0100	0	0,00000	0,00010	0,0100	0	0,00000	0,00010
19,99995	20,0002	0	0,00025	0,00036	20,0002	0	0,00025	0,00036
39,99992	40,0002	0	0,00028	0,00038	40,0002	0	0,00028	0,00038
50,00000	50,0002	0	0,00020	0,00039	50,0001	0	0,00010	0,00020
50,00003	60,0001	0	0,00007	0,00017	60,0002	0	0,00017	0,00027
79,99998	80,0000	0	0,00002	0,00012	80,0002	0	0,00022	0,00033
99,99993	100,0000	0	0,00007	0,00017	99,9998	0	-0,00013	-0,00003
119,99988	119,9996	0	-0,00008	0,00002	119,9997	0	-0,00018	-0,00007
159,99986	159,9997	0	-0,00026	-0,00016	159,9995	0	-0,00046	-0,00036
200,00007	199,9999	0	-0,00017	-0,00007	199,9999	0	-0,00017	-0,00007

L : Carga puesta sobre la balanza
L₁ : Lectura de la balanza
E : Error encontrado
E₀ : Error en cero
E : Error corregido
ΔL : Carga incrementada

LECTURA CORREGIDA DE LA BALANZA E INCERTIDUMBRE DE LA PESADA

Alcance de indicación (0 g a 200 g)

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DE MEDICIÓN	U	U _{95%}	5 RE-10 x R
LECTURA CORREGIDA DE LA BALANZA (g)	R	R corregida	10E-06 x R

R = Lectura de la balanza después de la calibración (g)
La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k = 2 que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

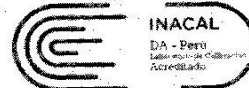
9. Observaciones:
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO", identificada con el N° A-07909
 - Antes del ajuste la balanza indicaba 200,0015 g para una carga de 200 g
 - El intervalo de variación de temperatura (ΔT) en el lugar de ubicación de la balanza es de 15 °C a 25 °C
 - Se recomienda al cliente tener pesas patrones de clase E2 para el ajuste de su balanza.
 - En el caso de ser necesario, ajustar el nivel de la balanza y la indicación en cero antes de cada medición.
 - La balanza corresponde a la clase de exactitud I
 - La capacidad mínima para esta clase de balanza, según la norma NMP-003-2009 es de 0,01 g
 - El presente certificado reemplaza al certificado MC-1190-2018 emitido el 2018-09-28

FIN DEL DOCUMENTO

Certificado de Calibración de la Estufa



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 001



Registro N° LC - 001

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° TC-0192-2018

Fecha de emisión : 2018-04-04

EXP. 74712
Pág. 1 de 21

1. Solicitante : ENVIRONMENTAL QUALITY ANALYTICAL SERVICES S.A.
2. Dirección : Mz. I Lote 74 Urb. El Naranjito - Puente Piedra - Lima
3. Equipo calibrado : ESTUFA
 - Marca / Fabricante : MEMMERT
 - Modelo : UF 280
 - N° de serie : B614.1086
 - Identificación : EQ-EST-05
 - Procedencia : Alemania
 - Tipo de ventilación : Turbulencia de Aire
 - Ubicación : Laboratorio Físicoquímico
4. Temperatura de trabajo : (100 °C ; 103 °C ; 104 °C ; 105 °C) ± 1 °C y (110 °C ; 120 °C ; 140 °C ; 150 °C ; 180 °C) ± 2 °C
5. Lugar de calibración : Instalaciones de ENVIRONMENTAL QUALITY ANALYTICAL SERVICES S.A.
6. Fecha de calibración : Del 2018-03-26 al 2017-04-02

7. Metodo de calibración
La calibración se realizó por comparación directa según el PC-018: 2° Ed.
"Procedimiento para la calibración o caracterización de medios isotermos con aire como medio termostático" (modificado) del INDECOPI-SNM.

8. Trazabilidad
Los resultados de calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades (SI) y el Sistema de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

Código	Instrumento Patrón	Certificado de Calibración
IT-396	Termómetro digital con 10 sensores tipo K (K396-36 a K396-50) con incertidumbre (U) de 0,13 °C a 0,14 °C	T-0717-2018 METROIL S.A.C.
IT-936	Cronómetro digital con incertidumbre (U) de 0,02 s a 0,04 s	CTs-0047-2017 METROIL S.A.C.
IT-504	Termohigrómetro digital con incertidumbre (U) = 0,3 °C y 2,8 % H.R.	T-0005-2018 METROIL S.A.C.
IL-243	Cinta métrica con incertidumbre (U) = 1,1 mm	L-1018-2017 METROIL S.A.C.

9. Condiciones ambientales
Temperatura ambiental Inic.: 23,2 °C Fin.: 24,3 °C
Humedad relativa Inic.: 42 % H.R. Fin.: 48 % H.R.
Volumen interior (carga) 40 % (*)

10. Instrumento de medición del equipo

Nombre	Intervalo de indicación	División mínima	Tipo
Termómetro controlador	20 °C a 300 °C	0,1 °C	Digital

Los resultados del certificado son válidos solo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el equipo a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del equipo y del instrumento de medición.

METROIL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este equipo, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de METROIL S.A.C.

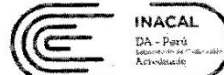


CHRISTIAN ASTUVILCA VALENTÍN
Jefe del Laboratorio de Temperatura y Humedad

Aplicación del sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y hierro para el tratamiento de aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 001



Registro N° LC - 001

Certificado de Calibración N° TC-0192-2018
Pag. 4 de 21

CALIBRACIÓN 104 °C ± 1 °C

Tiempo (min)	Temperatura (°C)	TEMPERATURA EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T.prom	Desv. Est. (°C)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	104.1	103.29	103.27	103.49	103.45	103.43	103.49	103.48	103.82	103.58	103.72	103.62	0.65
2	104.0	103.24	103.17	103.49	103.38	103.39	103.29	103.43	103.81	103.48	103.67	103.43	0.70
4	104.0	103.24	103.32	103.54	103.38	103.38	103.44	103.48	103.87	103.53	103.67	103.49	0.63
6	104.0	103.19	103.27	103.49	103.35	103.33	103.34	103.43	103.77	103.48	103.62	103.43	0.58
8	104.0	103.19	103.22	103.44	103.33	103.33	103.34	103.38	103.82	103.53	103.62	103.43	0.62
10	104.1	103.29	103.27	103.54	103.38	103.43	103.44	103.43	103.87	103.58	103.67	103.48	0.60
12	104.0	103.19	103.22	103.54	103.43	103.38	103.34	103.43	103.87	103.53	103.72	103.48	0.60
14	104.1	103.19	103.17	103.49	103.38	103.33	103.39	103.43	103.77	103.58	103.67	103.44	0.60
16	104.0	103.24	103.27	103.48	103.38	103.38	103.39	103.43	103.87	103.48	103.67	103.46	0.65
18	104.1	103.29	103.17	103.44	103.39	103.38	103.44	103.38	103.82	103.53	103.72	103.44	0.65
20	104.0	103.19	103.22	103.49	103.33	103.33	103.34	103.48	103.77	103.59	103.62	103.44	0.58
22	104.0	103.24	103.27	103.54	103.38	103.43	103.44	103.43	103.87	103.53	103.67	103.46	0.63
24	104.0	103.24	103.22	103.54	103.38	103.43	103.39	103.43	103.82	103.58	103.67	103.48	0.63
26	104.0	103.24	103.17	103.49	103.38	103.38	103.39	103.43	103.82	103.53	103.72	103.46	0.63
28	104.0	103.24	103.17	103.49	103.38	103.38	103.39	103.43	103.82	103.53	103.72	103.46	0.63
30	104.0	103.24	103.17	103.49	103.38	103.38	103.39	103.43	103.82	103.53	103.72	103.46	0.63
32	104.0	103.19	103.22	103.44	103.33	103.33	103.44	103.43	103.77	103.53	103.67	103.43	0.58
34	104.0	103.19	103.22	103.44	103.33	103.33	103.34	103.43	103.82	103.48	103.67	103.43	0.63
36	104.0	103.24	103.22	103.49	103.33	103.33	103.34	103.38	103.82	103.53	103.72	103.44	0.55
38	104.1	103.29	103.22	103.49	103.43	103.38	103.44	103.43	103.87	103.53	103.67	103.46	0.58
40	104.0	103.24	103.27	103.48	103.38	103.43	103.39	103.48	103.82	103.53	103.72	103.46	0.68
42	104.0	103.19	103.27	103.49	103.38	103.38	103.39	103.43	103.82	103.53	103.72	103.46	0.58
44	104.0	103.19	103.22	103.54	103.38	103.38	103.34	103.48	103.77	103.48	103.62	103.42	0.58
46	104.0	103.24	103.27	103.44	103.43	103.43	103.39	103.43	103.87	103.48	103.67	103.47	0.63
48	104.0	103.24	103.27	103.59	103.43	103.38	103.44	103.38	103.87	103.58	103.72	103.48	0.63
50	104.1	103.26	103.27	103.59	103.38	103.43	103.44	103.48	103.87	103.53	103.72	103.51	0.60
52	104.1	103.26	103.27	103.59	103.38	103.43	103.44	103.48	103.87	103.53	103.72	103.51	0.60
54	104.1	103.26	103.27	103.59	103.38	103.43	103.44	103.48	103.87	103.53	103.72	103.51	0.60
56	104.0	103.19	103.22	103.49	103.33	103.38	103.34	103.43	103.82	103.53	103.72	103.46	0.63
58	104.0	103.24	103.27	103.54	103.43	103.38	103.44	103.43	103.87	103.53	103.72	103.46	0.63
60	104.0	103.19	103.17	103.49	103.38	103.38	103.34	103.43	103.87	103.53	103.72	103.46	0.63
62	104.0	103.19	103.22	103.49	103.38	103.38	103.34	103.43	103.87	103.53	103.72	103.46	0.63
64	104.0	103.19	103.22	103.49	103.38	103.38	103.34	103.43	103.87	103.53	103.72	103.46	0.63
66	104.0	103.24	103.22	103.49	103.33	103.33	103.34	103.38	103.82	103.53	103.72	103.44	0.58
68	104.0	103.24	103.22	103.49	103.33	103.33	103.34	103.38	103.82	103.53	103.72	103.44	0.58
70	104.1	103.29	103.27	103.49	103.43	103.43	103.39	103.43	103.87	103.53	103.67	103.46	0.63
72	104.0	103.24	103.22	103.54	103.38	103.38	103.39	103.43	103.82	103.53	103.72	103.46	0.63
74	104.0	103.19	103.17	103.49	103.38	103.38	103.34	103.43	103.87	103.53	103.72	103.46	0.63
76	104.0	103.24	103.22	103.49	103.38	103.38	103.39	103.43	103.82	103.53	103.72	103.46	0.63
78	104.0	103.24	103.22	103.54	103.38	103.38	103.34	103.43	103.87	103.53	103.72	103.46	0.63
80	104.0	103.24	103.27	103.54	103.43	103.43	103.39	103.43	103.87	103.48	103.67	103.47	0.63
82	104.0	103.24	103.17	103.49	103.38	103.38	103.44	103.43	103.87	103.53	103.72	103.46	0.70
T.PROM	104.0	103.24	103.23	103.52	103.38	103.38	103.40	103.44	103.84	103.54	103.69	103.46	
T.MAX	104.0	103.29	103.27	103.59	103.43	103.43	103.49	103.53	103.92	103.63	103.77		
T.MIN	104.0	103.19	103.17	103.44	103.33	103.33	103.34	103.38	103.77	103.48	103.62		
DTT	0.1	0.10	0.15	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	

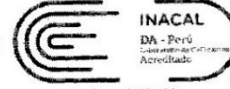
Parámetro	Valor [°C]	Incertidumbre Supuesta (°C)
Máxima Temperatura Medida	103.92	0.05
Mínima Temperatura Medida	103.17	0.05
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0.15	0.08
Desviación de Temperatura en el Espacio	0.61	0.16
Error Inicial Medida ± 1	0.05	0.04
Uniformidad Medida	0.70	0.21

T. PROM: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración
T.prom: Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición para un instante dado.
T. MAX: Temperatura máxima
T. MIN: Temperatura mínima
DTT: Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registrada en dicha posición.
Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperatura registrados en ambas posiciones.
Incertidumbre expandida de las 11 direcciones del termómetro propio del medio licuado: 0.08 °C



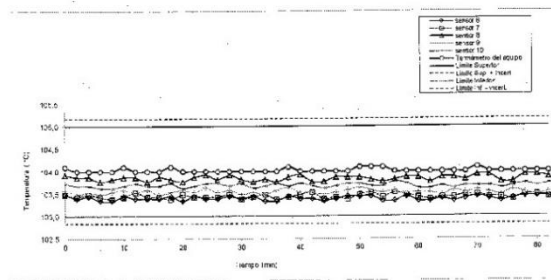
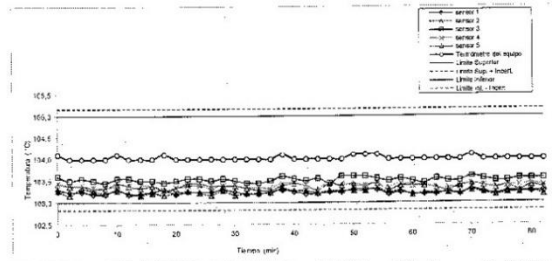
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 001



Registro N° LC - 001

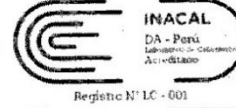
Certificado de Calibración N° TC-0192-0018
Pág. 13 de 27

TEMPERATURA DE TRABAJO 104 °C ± 1 °C



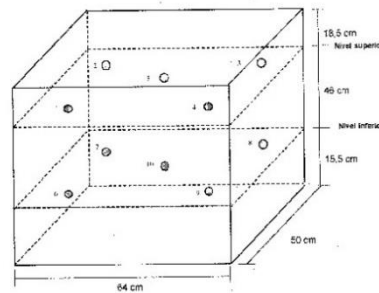


LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 001



Certificado de Calibración N° TC-0193-2018
Pág. 20 de 21

12. Distribución de sensores en el equipo



- Los sensores 5 y 10 se ubicaron sobre el centro de sus respectivos niveles.
- Los sensores del 8 al 10 se ubicaron a 1.5 cm por debajo de la pantalla más baja que emplea el usuario.
- Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se ubicaron a 10 cm de las paredes laterales y a 8 cm del frente y fondo del medio isotermo.

13. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".
- Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
- La calibración se efectuó 2 horas después que se cerró a puerta y se encendió el equipo.
- El controlador del equipo se programó en 100,0 °C ; 133,0 °C ; 134,0 °C ; 105,0 °C ; 110,0 °C ; 120,0 °C ; 40,0 °C ; 150,0 °C y 180,0 °C para las temperaturas de trabajo indicadas en el ítem 4.
- La incertidumbre de medición reportada es la incertidumbre de medic. en estándar multiplicada por el factor de cobertura k = 2 de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza de 95 %.
- Durante la calibración y bajo las condiciones en que está ha sido hecha el medio isotermo CUMPLI con los límites especificados de temperatura.
- Posición de termia: 20%
- Posición ventilador: 70%
- (*) La carga estaba constituida por 4 placas de plata y 4 crisoles.

METROLOGIA E INGENIERÍA LINO S.A.C.

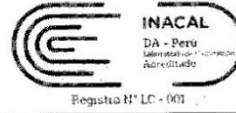
Av. Venezuela N° 2040 Lima 01 - Perú Central Telef.: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 / 999 072 424

Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / RPM #958 436 704 E-mail: ventas@metroll.com.pe / Web: www.metroll.com.pe

Aplicación del sistema de electrocoagulación a nivel de laboratorio con electrodos de aluminio y hierro para el tratamiento de aguas residuales del camal S.A.G.E.I.S.A. en el año 2018



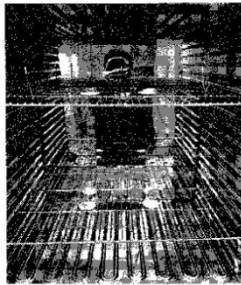
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 001



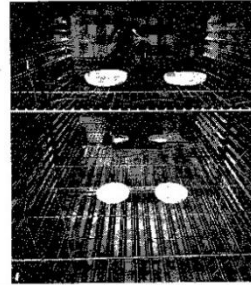
Certificado de Calibración N° TC-0152-2018
Pag 21 de 21

Fotografía mostrando la ubicación de los sensores de temperatura y de las cargas en el medio isotermo

(100 °C, 108 °C, 104 °C y 105 °C)



(110 °C, 120 °C, 140 °C, 150 °C y 180 °C)



(FIN DEL DOCUMENTO)

METROLOGIA E INGENIERIA LINO S.A.C.

Av. Venezuela N° 2040 Lima 01 - Perú Central Telef.: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 / 999 072 424

Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / RPM #958 436 704 E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe

Certificado de Calibración de la Incubadora



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 001



Registro N° LC - 001

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° TC-0898-2018

Fecha de emisión : 2018-11-09

EXP.:80459
Pág. 1 de 5

1. **Solicitante** : ENVIRONMENTAL QUALITY ANALYTICAL SERVICES S.A.
2. **Dirección** : Mz. I Lote 74 - Urb. Naranjito - Puente Piedra - Lima
3. **Equipo calibrado** : INCUBADORA
- **Marca / Fabricante** : VELP SCIENTIFICA
 - **Modelo** : FOC 225E
 - **N° de serie** : 41416
 - **Identificación** : EQ-INC-01
 - **Procedencia** : Europa
 - **Tipo de ventilación** : Forzada
 - **Ubicación** : Físico químico
4. **Temperatura de trabajo** : 20 °C ± 1 °C
5. **Lugar de calibración** : Instalaciones de ENVIRONMENTAL QUALITY ANALYTICAL SERVICES S.A.
6. **Fecha de calibración** : 2018-09-26

7. **Metodo de calibración**

La calibración se realizó por comparación directa según el PC-018: 2° Ed.
"Procedimiento para la calibración o caracterización de medios isotermos con aire como medio termostático" (VALIDADO) del INDECOPI-SNM.

8. **Trazabilidad**

Los resultados de calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades (SI) y el Sistema de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

Código	Instrumento Patrón	Certificado de Calibración
IT-442	Termómetro digital con 10 sensores tipo K (K442-25 al K442-34) con incertidumbre (U) de 0,07 °C a 0,08 °C	T-3242-2018 METROIL S.A.C.
IT's 068	Cronómetro digital con incertidumbre (U) de 0,02 s a 0,04 s	CT's-0069-2018 METROIL S.A.C.
IT-521	Termohigrómetro digital con incertidumbre (U) = 0,3 °C y ± 3,1 % H.R.	T-1985-2018 METROIL S.A.C.
IL-243	Cinta métrica con incertidumbre (U) = 1,1 mm	L-1019-2017 METROIL S.A.C.

9. **Condiciones ambientales**

Temperatura ambiental Inic.: 21,5 °C Fin.: 22,2 °C
 Humedad relativa Inic.: 60 % H.R. Fin.: 63 % H.R.
 Volumen interior (carga) 40 % (*)

10. **Instrumento de medición del equipo**

Nombre	Intervalo de indicación	División mínima	Tipo
Termómetro controlador	3,0 °C a 50,0 °C	0,1 °C	Digital

Los resultados del certificado son válidos solo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el equipo a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del equipo y del instrumento de medición.

METROIL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este equipo, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de METROIL S.A.C.



CHRISTIAN ASTUVILCA VALENTIN
Jefe del Laboratorio de Temperatura y Humedad

METROLOGIA E INGENIERIA LINO S.A.C.

Av. Venezuela N° 2040 Lima 01 - Perú Central Telef.: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 / 999 072 424
 Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / RPIA #958 436 704 E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 001



Registro N° LC - 001

Certificado de Calibración N° TC-0698-2018

Pág. 2 de 5

11. Resultados

CALIBRACIÓN 20 °C ± 1 °C

TIEMPO (min.)	T _{ind} (°C) (termómetro del equipo)	TEMPERATURA EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T _{prom} (°C)	T _{max} -T _{min} (°C)
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	21.0	20.10	20.24	20.83	20.37	20.40	20.20	20.48	20.59	20.40	20.47	20.41	0.73
2	21.0	20.20	20.39	20.88	20.47	20.40	20.30	20.48	20.84	20.45	20.57	20.48	0.68
4	20.9	20.05	20.14	20.78	20.32	20.30	20.05	20.33	20.59	20.29	20.37	20.32	0.73
6	20.9	20.20	20.44	20.58	20.42	20.40	20.25	20.53	20.54	20.40	20.42	20.45	0.68
8	21.0	20.05	20.04	20.83	20.37	20.30	19.95	20.28	20.54	20.15	20.32	20.28	0.87
10	21.0	20.10	20.29	20.83	20.32	20.30	20.15	20.43	20.49	20.30	20.42	20.36	0.73
12	21.0	20.05	20.19	20.83	20.42	20.30	19.95	20.18	20.54	20.15	20.32	20.29	0.87
14	20.9	20.10	20.19	20.83	20.37	20.30	20.10	20.38	20.54	20.25	20.37	20.34	0.73
16	21.0	20.25	20.49	20.98	20.47	20.45	20.35	20.53	20.52	20.45	20.52	20.51	0.73
18	20.9	20.05	20.09	20.78	20.32	20.25	20.00	20.28	20.54	20.20	20.37	20.25	0.77
20	21.1	20.25	20.49	20.93	20.47	20.35	20.30	20.48	20.59	20.40	20.47	20.47	0.68
22	21.0	20.10	20.14	20.88	20.42	20.35	19.90	20.18	20.54	20.10	20.32	20.29	0.87
24	21.1	20.25	20.49	20.98	20.52	20.45	20.25	20.53	20.69	20.45	20.52	20.51	0.73
26	21.0	20.10	20.19	20.93	20.47	20.35	19.95	20.23	20.84	20.20	20.37	20.34	0.87
28	21.0	20.15	20.29	20.88	20.47	20.35	20.15	20.38	20.69	20.30	20.47	20.40	0.73
30	20.9	20.30	20.44	20.58	20.57	20.45	20.30	20.53	20.69	20.50	20.57	20.55	0.68
32	20.9	20.05	20.14	20.83	20.42	20.25	20.00	20.28	20.59	20.20	20.37	20.31	0.82
34	21.0	20.35	20.59	20.98	20.57	20.45	20.35	20.63	20.69	20.55	20.62	20.58	0.63
36	21.0	20.05	20.14	20.88	20.47	20.30	20.00	20.33	20.64	20.25	20.42	20.35	0.87
38	20.9	20.25	20.49	20.98	20.52	20.45	20.30	20.53	20.69	20.45	20.52	20.52	0.73
40	21.0	20.15	20.14	20.93	20.47	20.35	19.90	20.18	20.59	20.15	20.32	20.32	1.02
42	21.1	20.25	20.44	20.98	20.52	20.45	20.30	20.53	20.74	20.45	20.57	20.52	0.73
44	21.1	20.00	20.09	20.93	20.47	20.30	19.90	20.23	20.64	20.15	20.37	20.31	1.02
46	21.0	20.15	20.34	20.93	20.47	20.35	20.15	20.43	20.69	20.35	20.47	20.43	0.78
48	21.0	20.15	20.24	20.98	20.52	20.40	19.95	20.18	20.84	20.15	20.37	20.36	1.02
50	21.0	20.20	20.39	20.98	20.52	20.40	20.20	20.43	20.69	20.40	20.52	20.47	0.78
52	20.9	20.10	20.14	20.93	20.47	20.35	19.95	20.23	20.64	20.15	20.42	20.34	0.97
54	20.9	20.25	20.39	20.98	20.57	20.45	20.15	20.43	20.69	20.35	20.47	20.47	0.82
56	21.0	20.10	20.14	20.93	20.52	20.35	19.95	20.23	20.74	20.20	20.42	20.36	0.97
58	21.0	20.20	20.34	20.98	20.47	20.40	20.20	20.48	20.74	20.40	20.52	20.47	0.78
60	21.0	20.00	20.04	20.98	20.37	20.25	19.95	20.28	20.84	20.20	20.37	20.30	0.82
62	21.0	20.10	20.14	20.93	20.52	20.30	19.95	20.28	20.69	20.20	20.37	20.35	0.97
64	21.0	20.15	20.29	20.98	20.47	20.35	20.15	20.43	20.69	20.35	20.52	20.44	0.83
66	20.9	20.00	20.04	20.83	20.37	20.25	19.95	20.23	20.64	20.20	20.32	20.28	0.87
68	20.9	20.00	20.14	20.93	20.47	20.30	19.95	20.23	20.69	20.15	20.37	20.32	0.97
70	21.0	20.10	20.29	20.98	20.42	20.35	20.15	20.43	20.69	20.35	20.47	20.42	0.88
72	20.9	20.05	19.99	20.93	20.42	20.30	19.95	20.23	20.64	20.15	20.32	20.30	0.97
T.PROM	21.0	20.13	20.28	20.91	20.45	20.39	20.10	20.39	20.63	20.29	20.43	20.39	
T.MAX	21.1	20.35	20.59	20.98	20.57	20.45	20.35	20.63	20.74	20.55	20.62		
T.MIN	20.9	20.00	19.99	20.78	20.32	20.25	19.90	20.18	20.49	20.10	20.32		
DTT	0.2	0.35	0.60	0.20	0.25	0.23	0.45	0.45	0.25	0.45	0.30		

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	20.99	0.22
Mínima Temperatura Medida	19.90	0.20
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0.60	0.08
Desviación de Temperatura en el Espacio	0.81	0.16
Estabilidad Medida (±)	0.30	0.04
Uniformidad Medida	1.02	0.11

T. PROM: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T. prom: Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición para un instante dado.
T. MAX: Temperatura máxima.
T. MIN: Temperatura mínima.
DTT: Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición.
Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.
Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del medio isotermo: 0,06 °C

METROLOGIA E INGENIERIA LINO S.A.C.

Av. Venezuela N° 2040 Lima 01 - Perú Central Telef.: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 / 999 072 424

Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / RPM #958 436 704 E-mail: ventas@metrologia.com.pe / Web: www.metrologia.com.pe



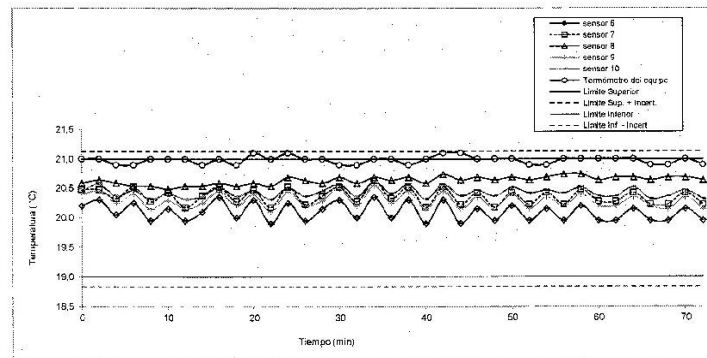
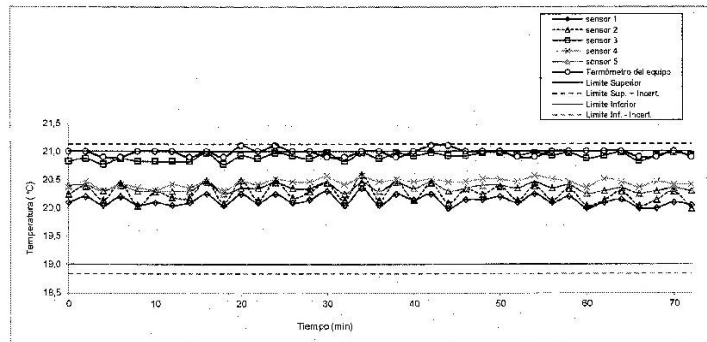
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
 POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION
 INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 001



Registro N° LC - 001

Certificado de Calibración N° TC-0898-2018
 Pág. 3 de 5

TEMPERATURA DE TRABAJO 20 °C ± 1 °C





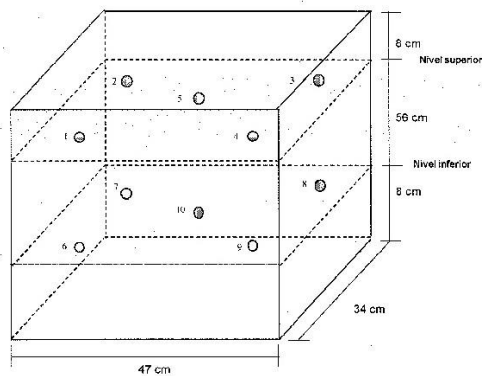
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 001



Registro N° LC - 001

Certificado de Calibración N° TC-0899-2018
Pag. 4 de 5

12. Distribución de sensores en el equipo



- Los sensores 5 y 10 se ubicaron sobre el centro de sus respectivas niveles.
- Los sensores del 1 al 5 se ubicaron a 1,5 cm por encima de la altura más alta que emplea el usuario.
- Los sensores del 6 al 10 se ubicaron a 1,5 cm por debajo de la parrilla más baja que emplea el usuario.
- Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se ubicaron a 5 cm de las paredes laterales y a 5 cm del frente y fondo del medio isotermo.

13. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva en el equipo con la indicación "CALIBRADO" y con identificación N° B-02016
- Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
- La calibración se efectuó 2 horas después que se cerró la puerta y se encendió el equipo.
- El controlador del equipo se programó en 20,0 °C para las temperaturas de trabajo indicadas en el ítem 4.
- La incertidumbre de medición reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura $k = 2$ de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95 %.
- Durante la calibración y bajo las condiciones en que está ha sido hecho el medio isotermo CUMPLE con los límites especificados de temperatura.
- El presente documento reemplaza al Certificado de Calibración TC-0791-2016, emitido el 2018-10-04.
- (*) La carga estaba constituida por 8 winker de vidrio con agua desionizada.

METROLOGIA E INGENIERIA LINO S.A.C.

Av. Venezuela N° 2040 Lima 01 - Perú Central Telef.: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 / 999 072 424

Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / RPM #958 436 704 E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe



METROLOGIA E INGENIERIA LINO S.A.C.

Av. Venezuela N° 2040 Lima 01 - Lima - Perú Central Telet.: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 / 999 072 424
 Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / RPM #958 436 704
 E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CTC-0189-2018

EXP.: 81310
 Fecha de emisión: 2018-11-02
 Pag 1 de 4

1. SOLICITANTE : ENVIRONMENTAL QUALITY ANALYTICAL SERVICES S.A.
 DIRECCIÓN : Mz. I Lote 74 - Urb Naranjito - Puente Piedra - Lima
2. EQUIPO : TERMOREACTOR
 Marca : SPECTROQUANT Modelo : TR420
 N° de Serie : 14050361 Procedencia : Alemania
 Código de Identif. : EQ-TMR-01
 Temp de trabajo : 150 °C ± 2 °C
 Ubicación : Área Físicoquímica.

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

Nombre	Alcance de Indicación	División	Tipo
Termómetro controlador	No indica	1 °C	Digital

3. FECHA Y LUGAR DE LA CALIBRACIÓN
 Calibrado el 2018 - 10 - 27 ENVIRONMENTAL QUALITY ANALYTICAL SERVICES S.A.
4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN
 La calibración se realizó por comparación directa del termómetro del equipo con las indicaciones de sensores calibrados, determinando las desviaciones de temperatura en el tiempo y en el espacio.
5. TRAZABILIDAD
 Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

Código	Instrumento Patrón	Certificado de Calibración
IT-420	Termómetro digital con 10 termopares tipo K (K420-01 al K420-10) con incertidumbre (U) desde 0,08 °C hasta 0,1 °C	T-2783-2018 METROIL S.A.C.

6. RESULTADOS
 Los resultados de la calibración se muestran en las siguientes páginas del presente documento.
- CONDICIONES DE CALIBRACIÓN
 Temperatura ambiental : Inicial : 21,5 °C : Final : 21,6 °C
 Humedad relativa : Inicial : 62,7 % H.R. : Final : 64,2 % H.R.

7. OBSERVACIONES
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva en el equipo con la indicación "CALIBRADO" y con identificación N° B-02131.
 - La calibración se efectuó 1 hora después que se encendió el equipo.
 - Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
 - Durante el tiempo de calibración la temperatura de trabajo en el equipo se ha encontrado dentro de la tolerancia especificada por el solicitante en el ítem 2.
 - La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k = 2$ que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95 %.
 - La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del equipo y del instrumento de medición.



CHRISTIAN ASTUVILCA VALENTIN
 Jefe del Laboratorio de Temperatura y Humedad

Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA
 PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE METROIL S.A.C.



METROLOGIA E INGENIERIA LINO S.A.C.

Av. Venezuela N° 2040 Lima 01- Lima - Perú Central Telef.: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 / 999 072 424
 Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / RPM #958 436 704
 E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe

Certificado de Calibración N° CTC-0189-2018

Pág. 2 de 4

08. Resultado:

CALIBRACION PARA 150 °C ± 2 °C

TIEMPO min.	T ind. (°C) Termómetro del equipo	TEMPERATURA EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T prom. (°C)	T max-T min (°C)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	150	150,00	149,85	150,25	149,95	150,25	149,95	150,30	149,80	150,25	150,15	150,08	0,50
02	150	150,10	149,95	150,35	150,10	150,35	149,80	150,20	149,70	150,25	150,15	150,11	0,55
04	150	150,10	149,95	150,30	150,05	150,35	149,95	150,30	149,80	150,30	150,15	150,13	0,55
06	150	149,95	149,80	150,20	149,95	150,20	150,10	150,45	149,95	150,30	150,20	150,11	0,65
08	150	150,00	149,85	150,20	149,95	150,20	150,10	150,40	149,95	150,40	150,30	150,14	0,55
10	150	149,90	149,75	150,10	149,85	150,10	150,00	150,35	149,85	150,35	150,25	150,05	0,60
12	150	150,05	149,90	150,25	150,00	150,30	149,95	150,30	149,80	150,30	150,20	150,11	0,50
14	150	150,15	149,95	150,30	150,10	150,35	149,80	150,20	149,75	150,20	150,10	150,10	0,60
16	150	149,95	149,80	150,15	149,90	150,15	149,95	150,25	149,80	150,25	150,15	150,04	0,45
18	150	150,10	149,90	150,25	150,00	150,30	149,80	150,25	149,75	150,25	150,10	150,08	0,55
20	150	150,15	150,00	150,30	150,05	150,40	150,10	150,45	149,95	150,40	150,30	150,21	0,50
22	150	149,90	149,75	150,15	149,90	150,15	150,00	150,30	149,85	150,30	150,20	150,05	0,55
24	150	150,10	149,90	150,25	150,00	150,30	149,95	150,25	149,75	150,25	150,15	150,09	0,55
26	150	149,95	149,80	150,20	149,95	150,20	149,85	150,25	149,80	150,25	150,15	150,05	0,45
28	150	149,85	149,90	150,15	149,90	150,15	149,95	150,30	149,80	150,30	150,20	150,05	0,50
30	150	149,90	149,75	150,10	149,85	150,15	149,95	150,30	149,85	150,30	150,20	150,04	0,55
32	150	150,10	149,95	150,30	150,25	150,30	150,00	150,35	149,80	150,25	150,10	150,13	0,45
34	150	149,95	149,85	150,20	149,90	150,15	149,80	150,25	149,75	150,25	150,10	150,03	0,50
36	150	149,85	149,70	150,10	149,85	150,10	150,00	150,35	149,85	150,35	150,25	150,04	0,55
38	150	149,85	149,70	150,10	149,85	150,10	150,05	150,35	149,85	150,35	150,25	150,05	0,65
40	150	149,95	149,80	150,15	149,90	150,20	149,95	150,30	149,80	150,30	150,15	150,05	0,50
42	150	149,90	149,75	150,10	149,85	150,10	149,95	150,30	149,80	150,25	150,20	150,02	0,55
44	150	150,00	149,85	150,20	150,00	150,25	149,80	150,20	149,70	150,20	150,10	150,04	0,55
46	150	150,00	149,80	150,15	149,90	150,15	149,90	150,25	149,80	150,30	150,15	150,04	0,50
48	150	149,90	149,75	150,10	149,90	150,15	150,00	150,35	149,80	150,35	150,20	150,06	0,60
50	150	150,00	149,85	150,20	150,00	150,20	149,85	150,25	149,80	150,25	150,20	150,07	0,45
52	150	149,90	149,75	150,15	149,90	150,10	149,80	150,25	149,75	150,20	150,15	150,01	0,50
54	150	149,90	149,75	150,10	149,85	150,10	149,95	150,30	149,80	150,25	150,20	150,02	0,55
56	150	150,15	149,95	150,25	150,05	150,35	150,00	149,95	149,85	150,30	150,20	150,15	0,50
58	150	149,90	149,80	150,10	149,90	150,15	149,80	150,15	149,70	150,15	150,05	149,97	0,45
60	150	149,90	149,75	150,10	149,85	150,10	149,95	150,30	149,80	150,30	150,15	150,02	0,55
T.PROM	150	149,98	149,83	150,19	149,84	150,21	149,96	150,30	149,81	150,28	150,17	150,07	
T.MAX	150	150,15	150,00	150,35	150,10	150,40	150,10	150,45	149,95	150,40	150,30		
T.MIN	150	149,85	149,70	150,10	149,85	150,10	149,80	150,15	149,70	150,15	150,05		
T.MAX+INC	---	150,30	150,15	150,50	150,25	150,55	150,25	150,80	150,10	150,55	150,45		
T.MIN-INC	---	149,70	149,55	149,95	149,70	149,95	149,55	150,00	149,55	150,00	149,90		
DTT	0	0,30	0,30	0,25	0,25	0,30	0,30	0,30	0,25	0,25	0,25		

DESVIACION DE TEMPERATURA EN EL EQUIPO (°C)		INCERTIDUMBRE (°C)
EN EL TIEMPO	EN EL ESPACIO	
0,30	0,49	0,16

- T. PROM: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
- T. prom: Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición para un instante dado.
- T. MAX: Temperatura máxima
- T. MIN: Temperatura mínima
- T. MAX+INC: Temperatura máxima considerando la incertidumbre de los patrones indicada en su certificado de calibración.
- T. MIN-INC: Temperatura mínima considerando la incertidumbre de los patrones indicada en su certificado de calibración.
- DTT: Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición.
 Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Este documento no se emite sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA

PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE METROIL S.A.C.

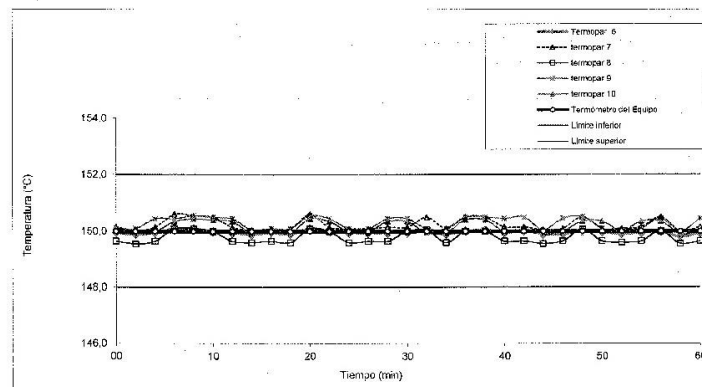
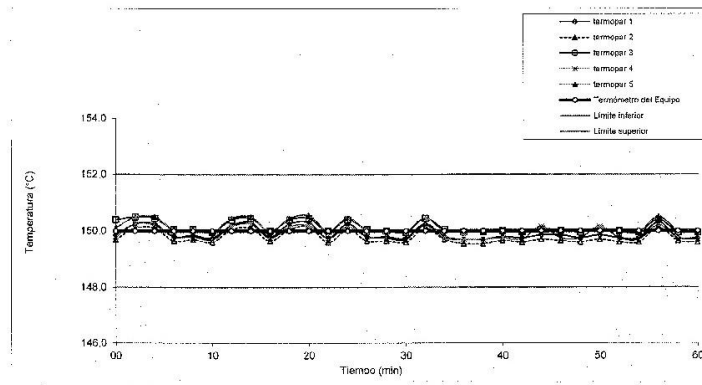


METROLOGIA E INGENIERIA LINO S.A.C.

Av. Venezuela N° 2040 Lima 01 - Lima - Perú Central Telef.: (511) 713-9090 / (511) 713-5656 / 989 072 424
 Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / RPM #958 436 704
 E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe

Certificado de Calibración N° CTC-0189-2018
 Pág. 3 de 4

TEMPERATURA DE TRABAJO 150 °C ± 2 °C



Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA
 PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROIL S.A.C.

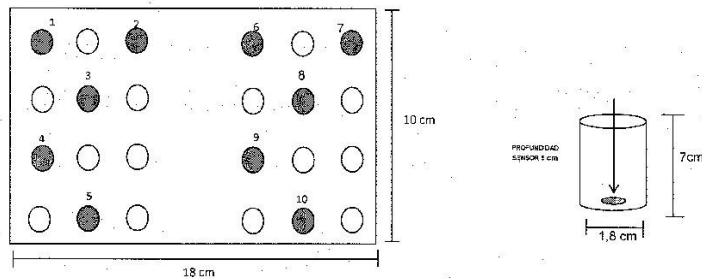


METROLOGIA E INGENIERIA LINO S.A.C.

Av. Venezuela N° 2040 Lima 01- Lima - Perú Central Telet.: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 / 999 072 424
Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 973 432 445 / RPM #558 436 704
E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe

Certificado de Calibración N° CTC-0189-2018
Pág. 4 de 4

GRÁFICO DEL EQUIPO



- Los termopares se colocaron en la base de cada orificio.
- Profundidad del sensor: 0,5 cm de la base

(FIN DEL DOCUMENTO)

Anexo nº 20 Matriz de Operacionalización de Variables

Matriz de Operacionalización de Variable						
Variable	Definición Concepto	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Items	Índice
Aguas Residuales del camal de bovinos/ Variable Dependiente (X)	Se define como aquellas aguas que han sido modificadas o impurificadas por actividades del hombre, que representan un peligro y deben ser desechadas contemplando un tratamiento previo a fin de evitar el deterioro de los cursos de agua a los cuales es vertido o a la red de alcantarillado Espigares & Pérez. (2010).	Los efluentes líquidos son aguas residuales que poseen características modificadas según la actividad para la cual fue utilizada previamente, sin embargo, en su estado actual ya no posee utilidad y por ende debe ser tratada y desechada.	Parámetros fisicoquímicos	Demanda Química de Oxígeno o DQO (mg/L)	1,2,3,	Rango de Porcentaje de remoción:
				Demanda Bioquímica de Oxígeno o DBO ₅ (mg/L)		Muy bajo (<20 %)
				Sólidos Suspendidos Totales o SST (mg/L)		Bajo (20 % – 40 %) Medio (40 % - 60 %) Alto (60 % - 80 %) Muy Alto (80 % - 100 %)
Sistema de Electrocoagulación / Variable Independiente (Y)	Según Ruiz. (2005), El método de electrocoagulación es conocido como un proceso que requiere la utilización de energía eléctrica para la remoción de contaminantes. La característica principal de este método radica en los electrodos de sacrificio (aluminio y hierro), los cuales permiten la formación de agregados, produciendo partículas sólidas que luego precipitan.	El método de electrocoagulación es entendido como el proceso que permite el tratamiento de aguas residuales mediante la aplicación de energía eléctrica y la utilización de electrodos, los cuales hacen posible la aglomeración de las partículas y por ende la precipitación de estas.	Criterios Operacionales	Voltaje (V)	5, 6,7	Condición de Efectividad: Efectivo No efectivo
				Tiempo de Retención (min)		Condición de Efectividad: Efectivo No efectivo
				Concentración de NaCl (g/L)		Condición de Efectividad: Efectivo No efectivo