



1. Título del proyecto

CINETICA DE REMOCION DE LA MATERIA ORGANICA DE AGUAS RESIDUALES DE UNA PLANTA DE LACTEOS EN UN SISTEMA CONTINUO MEDIANTE EL PROCESO DE ELECTROCOAGULACION-FLOTACIÓN.

2. Área de Investigación

| Área de investigación | Línea de Investigación | Disciplina OCDE |
|-----------------------|-------------------------------------|--|
| Medio Ambiente | Recursos Naturales y medio ambiente | Tecnologías Ambientales y Recursos Naturales |

3. Duración del proyecto (meses)

9 MESES

4. Tipo de proyecto

| | |
|----------------------------|----------------------------------|
| Individual | <input type="radio"/> |
| Multidisciplinario | <input checked="" type="radio"/> |
| Director de tesis pregrado | <input type="radio"/> |

4. Datos de los integrantes del proyecto

| | |
|---------------------|--------------------------------|
| Apellidos y Nombres | Marleni Yovanna Valencia Pacho |
| Escuela Profesional | Ingeniería Química |
| Celular | 951862690 |
| Correo Electrónico | mvalencia@unap.edu.pe |

| | |
|---------------------|---------------------------|
| Apellidos y Nombres | Jose Nestor Mamani Quispe |
| Escuela Profesional | Ingeniería Química |
| Celular | 966152819 |
| Correo Electrónico | jomamani@unap.edu.pe |



I. Título

CINETICA DE REMOCION DE LA MATERIA ORGANICA DE AGUAS RESIDUALES DE UNA PLANTA DE LACTEOS EN UN SISTEMA CONTINUO MEDIANTE EL PROCESO DE ELECTROCOAGULACION-FLOTACIÓN.

II. Resumen del Proyecto de Tesis

El proceso de electrocoagulación – flotación en sistema continuo es una combinación eficaz y económica para el tratamiento de aguas residuales industriales. Por tanto, es particularmente importante desarrollar un reactor de electrocoagulación-electroflotación eficaz. Con este fin, se describe un reactor de electrocoagulación novedoso para remover eficazmente la materia orgánica en residuales lácteos. El presente proyecto tiene el objetivo de utilizar la combinación electrocoagulación electroflotación en el tratamiento de residuales lácteos de una planta quesera, mediante el proceso de electrocoagulación – electroflotación en sistema continuo, para ello se diseñará una celda de flujo continuo horizontal, con dos zonas; una zona de agitación donde se realizará el proceso de electrocoagulación-electroflotación y en la segunda zona será de sedimentación, para explicar la cinética de la reacción de eliminación de materia orgánica se aplicara el modelo cinético de orden variable derivada de la ecuación de Langmuir. Se utilizará un diseño experimental factorial 2K, donde, las variables dependientes serán, la remoción de la demanda química de oxígeno, remoción de la turbidez, remoción de las grasas y aceites. Y las variables independientes serán la densidad de corriente, el tiempo de residencia en el reactor y el pH. Los electrodos anódico y catódico serán de aluminio.

Se espera que la energía generada por los paneles solares permita remover la demanda química de oxígeno, turbidez, aceites y grasas de las aguas residuales queseras, mediante el proceso de electrocoagulación-flotación en un sistema continuo.

III. Palabras claves (Keywords)

Efluentes lácteos, DBO, cinética, electrocoagulación, sistema continuo.

IV. Justificación del proyecto

Hoy en día la actividad la industria láctea cobra mayor importancia por lo que, el incremento de los residuales lácteos es evidente. La región Puno se encuentra entre los 10 primeros productores de productos lácteos, a nivel nacional albergando a las principales queseras del sur del país, existiendo alrededor de 1500 plantas queseras en toda la región.

Donde, el proceso de fabricación del queso tiene los siguientes pasos: homogeneización de la leche, pasteurizado, cuajado de la leche, moldeado y prensado, salado y maduración, se produce aproximadamente 9 litros de agua residual por cada kilogramo de queso producido.

Las aguas residuales generadas por la industria quesera, tiene alto contenido de materia orgánica, aceites, grasas y sales. Estas aguas son vertidas de manera inadecuada al sistema de alcantarillado público, generando incrustaciones en los canales que conducen el agua residual hasta las plantas de tratamiento. Así mismo, los aceites y grasas tienen la tendencia a oxidarse reduciendo el oxígeno disuelto en las aguas, así también, tienden a formar capas en la superficie dificultando la transferencia de oxígeno. Por otro lado, existe estudios del tratamiento de estos residuales genéricamente, sin la observación del fenómeno de modelo en la cinética de remoción, que incide en los resultados de simulación para otras condiciones de parámetros de trabajo.

Es así, que se tiene la necesidad de un proceso ecológico y económico que permita simular y tratar los residuales lácteos en la misma planta quesera. El proceso de electrocoagulación – flotación alimentada con energía generada por paneles solares, permitirá tener una pequeña planta de tratamiento de aguas residuales autosustentable suficiente para tratar el agua residual generado en la planta quesera. De este modo, disminuirémos el impacto al sistema de alcantarillado y al medio ambiente.



V. Antecedentes del proyecto

Wu et al., (2021), investigaron la electrocoagulación en flujos continuos de aguas residuales en un reactor promoviendo un crecimiento más rápido y estable de flóculos. Utilizando el naranja de metilo como objeto de estudio. La tasa de decoloración con naranja de metilo fue del 92,35% en las condiciones óptimas, mientras que la tasa de decoloración del electrodo plano en las mismas condiciones de naranja de metilo fue sólo del 58,9%. Los resultados significaron que el modelo cinético de segundo orden estaba más en línea con los resultados experimentales, que indicaron que el mecanismo de Quimi sorción que controla la adsorción de naranja de metilo. Además, los resultados mostraron que el modelo de isoterma de Langmuir estaba más en línea con los resultados experimentales, y mostró que el experimento era de adsorción de una sola capa en la superficie adsorbente.

Hu et al., (2007) aplicó un modelo cinético de orden variable (VOK) derivado de la ecuación de Langmuir para especificar la cinética de la reacción de eliminación de fluoruro para electrocoagulación (EC). empleando soluciones sintéticas para dilucidar los efectos de la concentración inicial de fluoruro, la corriente aplicada y la acidez inicial sobre los resultados de la simulación del modelo. El modelo propuesto describe con éxito la reacción de eliminación de fluoruro, excepto en un sistema en el que la concentración inicial del ácido es menor que la concentración inicial de fluoruro.

Villon & Reátegui, (2019) investigaron la electrocoagulación y electroflotación para reducir contenido orgánico y turbidez en aguas residuales urbanas simuladas, donde, la electrocoagulación es una propuesta que soluciona problemas de logística, reduce compra y almacenaje de reactivos químicos y se producirá cuando es necesario, los residuos ocasionados por la electrocoagulación son retirados en forma de espuma sobre la celda y tratados posteriormente mediante una filtración. Utilizó el sistema que opera como un reactor electrolítico tipo batch a escala laboratorio, con capacidad para tratar 11 litros de aguas residuales (simulada), en la cual están sumergidos los electrodos, 4 electrodos de aluminio (como ánodos) y 4 electrodos de acero comercial (como cátodo), hizo pruebas usando solamente aluminio (prueba 26) y sólo hierro (prueba 27), en el caso de sólo aluminio obtuvieron una turbidez de 4,88 NTU y 578 mg/L de DQO y con el hierro una turbidez de 21,2 NTU y 322 mg/L de DQO. Los resultados indicaron que al utilizar una corriente de 1,94 A para el Fe y 2,11 A para el Al, por 90 minutos, 30 minutos más sobre el estándar de las pruebas, lo que significa menos corriente con un tiempo más prolongado (producción lenta de iones), originó el otro caso exitoso, en términos de DQO final 452 mg/L reducción del 86,9% y de 98,7%% en turbidez, y un contenido residual de Fe 3,19 mg/L y de Al de 10;71 mg/L.

Liu et al., (2019) realizaron el tratamiento de aguas residuales contaminadas con petróleo mediante el proceso de electrocoagulación, analizaron el efecto de la densidad de corriente, pH inicial, concentración del petróleo, y el tipo de electrodo utilizado con el fin de optimizar la remoción del porcentaje de petróleo y turbidez en función del tiempo. Encontraron que el proceso es más eficiente al remover la turbidez y del petróleo a elevada densidad de corriente, por otro lado, el proceso de remoción de la turbidez y del petróleo cuando el pH es menor. Así mismo, obtuvieron mejores resultados cuando utilizaron al aluminio como electrodo catódico y anódico. Logrando una remoción del petróleo del 98,99% y de remoción de la turbidez del 99,74% cuando la densidad de corriente fue de 4 mA/m²

Nawarkar & Salkar, (2019) utilizaron paneles solares como fuente de energía en el tratamiento de aguas residuales de las municipales mediante el proceso de electrocoagulación en un sistema continuo. Los parámetros que analizaron, fueron: densidad de corriente (8-64 A/m²) y el tiempo de residencia en el reactor (4-24 min) para analizar la remoción de la demanda química de oxígeno (DQO), la turbidez y los sólidos disueltos totales (SDT). El reactor utilizado fue de un volumen de 1,6 L, con un total de 6 electrodos de aluminio los que fueron el cátodo y ánodo distribuidos alternativamente. Encontraron que la máxima eficiencia de remoción fue del 90% de la DQO, 56% de turbidez y 49,78% de sólidos disueltos totales (SDT) a una densidad de corriente de 48 A/m² y un tiempo de residencia de 16 minutos.

Marmanis et al., (2015) trataron aguas residuales con colorantes emitidos por la industria textil, utilizaron un reactor de 500 ml de volumen, los electrodos utilizados fueron de aluminio para el



cátodo y el ánodo, donde, el tamaño del electrodo fue de 49 cm². La fuente de energía fue alimentada por celdas fotovoltaicas de un área de 1,63 m². El proyecto investiga la eficiencia de las variables dependientes, tales como, el pH inicial, conductividad, tiempo de residencia, flujo de la solución, y la irradiación solar, teniendo como variables dependientes a la remoción de la turbidez y la demanda química de oxígeno (DQO). Resultado una remoción de la turbidez de 103 a 0,2 NTU que representa un 99%, la remoción del DQO fue del 65% para un pH de 5,6; densidad de corriente de 15 mA/cm², una conductividad de 1600 μ S y un tiempo de residencia de 40 min.

Ruíz et al., (2009) estudio la remoción de tartrazina en soluciones acuosas utilizando por electro coagulación con electrodos de hierro y aluminio. Utilizó una solución de agua residual sintética con una concentración de 100 ppm de tartrazina grado comercial para alimentos, las variables dependientes fueron el porcentaje de remoción de Demanda Química de Oxígeno (DQO) y el porcentaje del colorante. Por otro lado, las variables independientes fueron: el PH el cual varía de 4,6 y 8, la densidad de corriente de 32,43 y 43,23 A/m² y finalmente el tiempo de 4,8 y 12 minutos, para analizar los datos se utiliza el diseño experimental factorial 3x2x3. El resultado más óptimo se encontró en las siguientes condiciones: pH de 4, densidad de corriente de 43,23 A/m² y un tiempo de 12 minutos donde lograron una remoción del 95,5% de DQO y 99,4% de colorante.

Morales Posada & Acosta Niño, (2010) realizaron pruebas para el sistema de electrocoagulación como tratamiento de aguas galvánicas. Utilizaron el principio de un reactor batch, donde conectaron a una fuente de voltaje de (50 a 60 dc) de corriente directa (de 3 A), recolectaron 10 litros de las aguas descargadas en el alcantarillado de las instalaciones de la empresa Compañía Eléctrica Ltda. con esta muestra realizaron los ensayos y caracterizaciones, encontraron que el pH oscilado entre 0-1 con papel indicador y 1,40 con el pH metro Schott. Obtuvieron una remoción en Cr del 51,65% Pb del 50%, Zn del 47,37%, las cuales a pesar de la remoción producida tienen valores superiores a las normativas. Alcanzaron una remoción de Cr, Cr+6, Ni, Pb y Zn en un 51,65; 18,09; 50 y 47,37%, respectivamente.

Ruíz et al., (2009) realizaron pruebas de remoción del colorante azoico amaranto de soluciones acuosas mediante electrocoagulación. Utilizaron agua sintética con una concentración de 100 ppm de rojo amaranto grado comercial para alimentos, los parámetros que analizaron fueron: el PH en los niveles de 4,6 y 8 la densidad de corriente (J) de 32,26 y 40.86 A/m² y el tiempo de 5,10 y 15 minutos, donde mantuvieron constante la conductividad en 1025 μ S/cm. Los resultados mostraron que aun pH de 4, densidad de corriente de 40,86 A/m² y un tiempo de 15 minutos alcanzaron una remoción de 98,3%, en las mismas condiciones la remoción del color fue del 99,30%.

Dimoglo et al., (2019) realizaron estudios de laboratorio y piloto sobre el tratamiento de aguas residuales utilizando método de electrocoagulación y electroflotación, usando electrodos de aluminio estudiando la función del tiempo de tratamiento, temperatura, pH y la densidad de corriente. Obteniendo resultado de los estudios de laboratorio, los valores óptimos de los parámetros operativos del reactor al 90% de eliminación de la contaminación fueron los siguientes: valor de densidad de corriente como 5,26 mA / cm², pH como 5,5 y tiempo de procesamiento de 5 min.

VI. Hipótesis del trabajo

La cinética de remoción de materia orgánica en sistemas continuos electrocoagulación -flotación en efluentes lácteos, permite simular el comportamiento de la reacción en la remoción de materia orgánica, turbidez, aceites y grasas de las aguas residuales queseras mediante el proceso de electrocoagulación-flotación en un sistema continuo, con paneles solares.

VII. Objetivo general

Determinar la cinética de remoción de la materia orgánica mediante un ajuste con las ecuaciones de Langmuir y Freundlich en un sistema continuo mediante el proceso de electrocoagulación -flotación en efluentes lácteos.

VIII. Objetivos específicos

- Caracterizar el residual lácteo de una planta quesera.
- Determinar los parámetros de diseño y construcción de la celda electrocoagulación – flotación en sistema continuo.
- Determinar el modelo cinético de remoción de materia orgánica, para describir la reacción de remoción.
- Determinar la eficiencia de remoción de los agentes contaminantes con el uso de energía solar.

IX. Metodología de investigación

Caracterizar el residual lácteo de una planta quesera.

El residual lácteo se obtendrá de una planta productora de quesos. El análisis del agua residual se analizará en demanda química de oxígeno, pH, turbidez, aceites y grasas, conductividad, y sales. Las muestras serán analizadas al inicio y durante el proceso de electrocoagulación y posteriormente en el líquido depurado (Callejas & Prieto-, 2012)

Determinar los parámetros de diseño y construcción de la celda electrocoagulación – flotación.

La celda de electrocoagulación estará conformada por dos secciones: la primera sección será la de agitación y la secundaria de sedimentación.

En la primera sección se distribuirá los electrodos anódicos y catódicos de aluminio de un espesor de 1 mm, separados por 10 mm (Ruiz & Giraldo, 2007). En la segunda sección, no se colocarán electrodos anódico ni catódico, permitiendo una zona donde sedimente el lodo generado. La celda estará construida por un armazón metálico (Largo 1 m, Ancho 0,5 m y Alto de 0,3 m), en su interior se diseñará la distribución de los electrodos de aluminio más óptimo de acuerdo a la Figura 1.



Figura 1. Diseño de la planta de tratamiento electrocoagulación -flotación sistema continuo

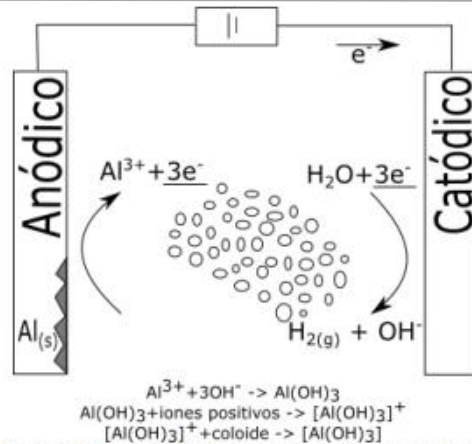


Figura 2. Sistema de tratamiento por electrocoagulación - flotación

En la figura 2 se detalla el proceso de electrocoagulación – flotación en dos electrodos anódico y catódico, donde el aluminio del electrodo es oxidado y reacciona con el hidróxido, formando trióxido de aluminio que es conocido como floculante, por otro lado, se tiene la generación del gas de hidrogeno que forma burbujas los que forman el proceso de electro flotación.

Determinar la cinética de reacción de oxidación.

La cinética de la reacción de remoción de la materia orgánica (oxidación de la materia orgánica) en electrocoagulación será examinada para estimar el tiempo remoción, lo cuál puede estar representada por una ecuación de primer orden o segundo orden (Hu et al., 2007)

Isoterma de adsorción

La cinética de adsorción se determinará por el ajuste de las curvas experimentales con el isoterma de Langmuir que está representado por el siguiente modelo.

$$q_e = \frac{K_L C_e}{1 + a_L C_e}$$

Donde, q_e es la cantidad adsorbida de iones de DBO por el absorbente en el equilibrio (mg/g); C_e es la concentración de DBO remanente en la solución (mg/L); K_L es la constante relacionada con la afinidad de los de los sitios de unión con los iones metálicos (capacidad máxima de adsorción en mg/g).

Así mismo, se ajustará al isoterma de Freundlich, que está dado por:

$$q_e = K_F C_e^{\frac{1}{n}}$$

donde, q_e es la cantidad adsorbida de iones de DBO por el absorbente en el equilibrio (mg/g); C_e es la concentración de DBO remanente en la solución (mg/L); K_F (es la constante de capacidad de adsorción; y n es la constante relacionada con la afinidad de los sitios de unión con los iones metálicos.

Ajuste a un modelo de equilibrio:

Los datos experimentales serán evaluados según las isotermas de adsorción de Langmuir, Freundlich que se muestran en la siguiente tabla:

| Isoterma | Modelo matemático | Linealizada |
|------------|-------------------------------------|---|
| Langmuir | $q_e = \frac{K_L C_e}{1 + K_L C_e}$ | $\frac{C_e}{q_e} = \frac{a_L}{K_L} C_e + \frac{1}{K_L}$ |
| Freundlich | $q_e = K_F C_e^{\frac{1}{n}}$ | $\log q_e = \frac{1}{n} \log C_e + \log K_L$ |

Ajuste a un modelo cinético:

Los datos que se obtendrán se ajustarán a los siguientes modelos cinéticos.

| Modelo Cinético | Diferencial | Integrada |
|----------------------|--------------------------------------|---|
| Pseudo primer orden | $\frac{dq_t}{dt} = K_1(q_e - q_t)$ | $\log(q_e - q_t) = \frac{-K_1}{2.303} t + \log q_e$ |
| Pseudo segundo orden | $\frac{dq_t}{dt} = K_2(q_e - q_t)^2$ | $\frac{t}{q_t} = \frac{1}{K_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t$ |

La cantidad de adsorbente en los experimentos de equilibrio y cinética se determinarán en relación al electrodo consumido (Koby et al., 2020)

$$ELC(kg / m^3) = \frac{i \times t_{EC} \times M_w}{z \times F \times v}$$

Donde: i = corriente, t_{EC} tiempo de electrocoagulación, v es el volumen de la solución (m3), M_w es masa molar del electrodo (Al: 26,98g/mol), z es número de electrones transferidos y F es la constante de Faraday (96487c/mol e-).

Diseño experimental

El diseño experimental será una factorial 2K con tres variables de proceso o factores (k=3). Los factores serán la densidad de corriente (X1), tiempo de residencia en el reactor (X2) y el pH (X3). Por lo que este diseño estadístico será utilizado en las dos etapas de la investigación por adecuarse a los ensayos a realizar (Montgomery, 2009)

Diseño factorial 2k

$$y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \delta_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\delta)_{ik} + (\beta\delta)_{jk} + (\alpha\beta\delta)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

donde:

α_i = efecto del i-esimo de la densidad de corriente.

β_j = efecto del j-esimo tiempo de la residencia en el reactor.

δ_k = efecto del k-esimo pH

$(\alpha\beta)_{ij}; (\alpha\delta)_{ik}; (\beta\delta)_{jk}; (\alpha\beta\delta)_{ijk}$ = interacciones de las variables

ε_{ijkl} = error aleatorio $e \sim \text{DNI}(0, \delta)^2$

Tabla factores de estudio y sus respectivos niveles en el diseño experimental.



| Símbolo | Nombre de los factores | niveles | | | Unidad |
|---------|------------------------|---------|----|----|--------------------|
| | | B | M | A | |
| X1 | Densidad de corriente | 4 | 2 | 15 | mA/cm ² |
| X2 | Tiempo de residencia | 4 | 15 | 24 | minutos |
| X3 | pH de la solución | 4 | 6 | 8 | |

* Para fijar los niveles (alto, medio y bajo) se realizó una revisión bibliográfica de los proyectos realizados en el tratamiento de aguas residuales por electrocoagulación por Liu et al. (2019), Marmanis et al. (2014), Nawarkar & Salkar (2018), Garcia-Garcia et al. (2015) y Arango (2011). La significancia de los efectos de cada factor se analizará por un análisis de varianza (ANOVA) usando la F-test.

X. Referencias

- Callejas, J., & Prieto-, F. (2012). Depuración por electrocoagulación en un lactosuero: Cinética del proceso. *Tecnología Química*, 32(2), 246–260. <https://doi.org/10.1590/2224-6185.2012.2>.
- Dimiglo, A., Sevim-Elibol, P., Dinç, Gökmen, K., & Erdoğan, H. (2019). Electrocoagulation/electroflotation as a combined process for the laundry wastewater purification and reuse. *Journal of Water Process Engineering*, 31(April). <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.100877>
- Hu, C. Y., Lo, S. L., & Kuan, W. H. (2007). Simulation the kinetics of fluoride removal by electrocoagulation (EC) process using aluminum electrodes. *Journal of Hazardous Materials*, 145(1–2), 180–185. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.11.010>
- Koby, M., Omwene, P. I., & Ukundimana, Z. (2020). Treatment and operating cost analysis of metalworking wastewaters by a continuous electrocoagulation reactor. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(2), 103526. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103526>
- Liu, F., Sun, L., Wan, J., Tang, A., Deng, M., & Wu, R. (2019). Organic matter and ammonia removal by a novel integrated process of constructed wetland and microbial fuel cells. *RSC Advances*, 9(10), 5384–5393. <https://doi.org/10.1039/c8ra10625h>
- Marmanis, D., Dermentzis, K., Christoforidis, A., Ouzounis, K., & Moutzakis, A. (2015). Electrochemical treatment of actual dye house effluents using electrocoagulation process directly powered by photovoltaic energy. *Desalination and Water Treatment*, 56(11), 2988–2993. <https://doi.org/10.1080/19443994.2014.966330>
- Montgomery, D. (2009). Diseño y análisis de experimentos. In S. A. LIMUSA (Ed.), *Limusa wiley* (segunda, Vol. 65, Issue 3). [https://doi.org/10.1016/S0141-3910\(01\)00005-2](https://doi.org/10.1016/S0141-3910(01)00005-2)
- Morales Posada, N. B., & Acosta Niño, G. E. (2010). Sistema de electrocoagulación como tratamiento de aguas residuales galvánicas. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 20(1), 33. <https://doi.org/10.18359/rcin.282>
- Nawarkar, C. J., & Salkar, V. D. (2019). Solar powered Electrocoagulation system for municipal wastewater treatment. *Fuel*, 237(August 2018), 222–226. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.09.140>
- Ruíz, A., Giraldo, G., Fernando, L., Ruíz, Á. A., Fernando, L., & Giraldo, G. (2009). *Remocion_Colorante_Azul_Remazol_Carbon_Activo*.
- Villon, A. E., & Reátegui, W. (2019). Electrocoagulación y electroflotación para reducir contenido orgánico y turbidez en aguas residuales urbanas simuladas. *Tecnia*, 29(1), 19–26. <https://doi.org/10.21754/tecnica.v29i1.346>
- Wu, Z., Dong, J., Yao, Y., Yang, Y., & Wei, F. (2021). Continuous flowing electrocoagulation reactor for efficient removal of azo dyes: Kinetic and isotherm studies of adsorption. *Environmental Technology & Innovation*, 101448. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101448>



XI. Uso de los resultados y contribuciones del proyecto

El presente proyecto pretende instalar un sistema autosustentable de tratamiento de aguas residuales en una planta quesera, como proyecto piloto, posteriormente ampliar al resto de las plantas queseras. De este modo, mediante el proceso de electrocoagulación – flotación alimentada por cerdas fotovoltaicas, permitirá remover la demanda química de oxígeno, turbidez, aceites y grasas de una manera autosustentable, sin la necesidad del uso de reactivos químicos.

XII. Impactos esperados

i. Impactos en Ciencia y Tecnología

En el presente proyecto se desarrollará en una planta pequeña de tratamiento de aguas residuales de una planta quesera, por medio del proceso de electrocoagulación – flotación que será alimentado por energía renovable de los paneles solares. Esta nueva tecnología permitirá replicar este sistema en todas las plantas queseras de la región sur, que no cuenta con el tratamiento adecuado de esta agua residuales.

ii. Impactos económicos

El sistema de tratamiento por electrocoagulación – flotación no requiere de la fuente energética de la red pública, pues se alimenta de la energía generada por los paneles solares, por otro lado, el floculante se obtiene de las láminas de aluminio para el proceso de electrocoagulación, por otro lado, la descomposición del agua genera burbujas de hidrogeno que son la fuente de electro flotación. Por lo que, este sistema es autosustentable en el tiempo, y no requiere de personal permanente, ya que los electrodos de aluminio tienen largos tiempos de vida.

iii. Impactos sociales

Actualmente las aguas residuales de las plantas queseras, descargan sus aguas al sistema de alcantarillado, generando atoros de las tuberías, así mismo, estas grasas al llegar a la planta de tratamiento de aguas domesticas de la municipalidad, saturan los filtros e impidiendo el adecuado funcionamiento de las plantas de biooxidación debido que forman una capa superficial, de este modo generan paradas de planta y/o el incremento del tratamiento del agua residual. Con el desarrollo del proyecto se logrará una disminución de estas paradas, con lo que, se optimizará el proceso.

iv. Impactos ambientales

Las aguas residuales contienen elevadas concentraciones de materia orgánica, turbidez, sales, aceites y grasas, que son vertidos al ambiente, los suelos se vuelven infértiles, impidiendo el desarrollo de la agricultura, así mismo los aceites y grasas contaminan las aguas subterráneas. Por lo que, el proyecto será relevante en solución a esta problemática.

XIII. Recursos necesarios

Infraestructura

La experimentación se realizará en el en el Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarios (LOPU) de la facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

Materiales

- Vaso precipitados 500 ml
- Probeta graduada de 100 ml
- Tubos de ensayo.
- Termómetro digital.
- pH metro portátil.
- Conductímetro
- Matraces Erlenmeyer de 250 ml



- Pipetas de 5 ml.

Equipos

- Celda fotovoltaica.
- Batería.
- Reactor de análisis de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).
- Celda de electrocoagulación – flotación en sistema continuo.
- Turbidímetro.

Reactivos

Las muestras serán enviadas al laboratorio de calidad de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, para su análisis por DBO, turbidez, aceites y grasas.

XIV. Localización del proyecto (indicar donde se llevará a cabo el proyecto)

El presente trabajo de investigación se desarrollará en el laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarios (LOPU) de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno y los análisis se realizarán en los laboratorios de calidad de la Facultad de Ingeniería Química.

XV. Cronograma de actividades

| Actividad | Trimestres | | | | | | | | | | | | |
|--|------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| Revisión de información y redacción del proyecto | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | |
| Diseño y construcción de la celda | | | | ■ | ■ | | | | | | | | |
| Pruebas preliminares | | | | | | ■ | ■ | | | | | | |
| Pruebas experimentales | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | |
| Análisis de los agentes contaminantes | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | |
| Optimización del proceso | | | | | | | | | | ■ | ■ | | |
| Redacción proyecto final | | | | | | | | | | | ■ | ■ | |

XVI. Presupuesto

| Descripción | Unidad medida | de | Costo Unitario (S/.) | Cantidad | Costo total (S/.) |
|------------------------------|---------------|----|----------------------|----------|-------------------|
| Agua residual Litros | 0 | | 50 | 0 | 0 |
| Investigadores | Pago | | 1000 | 4 | 4000 |
| Uso de laboratorio | Pago único | | 1000 | 1 | 1000 |
| Análisis de Demanda | unidad | | 60 | 20 | 1200 |
| Análisis de grasas y aceites | unidad | | 60 | 20 | 1200 |
| Turbidez | Unidad | | 60 | 20 | 1200 |
| Panel solar | Unidad | | 6000 | 1 | 6000 |
| Material de escritorio | Unidad | | 500 | 1 | 500 |
| Batería | Unidad | | 300 | 2 | 600 |
| Reactivos varios | Unidad | | 1000 | 1 | 1000 |
| Otros 10 % | Unidad | | | | 1670 |
| Total | | | | | 18 370 |