

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA QUIMICA



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**Fotocatalisis para la Degradación de detergentes en aguas
residuales.**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUIMICO

Bach.: Mendoza Correa Wilson Alfredo

Dr. Pozo Suclupe Luis Antonio

ASESOR

Lambayeque - Perú

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA QUIMICA



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Fotocatalisis para la Degradación de detergentes en aguas residuales.

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUIMICO

APROBADO POR:

M.Sc. JUAN CARLOS DIAZ VISITACION

PRESIDENTE

M.Sc. JAMES JENNER GUERREO BRACO

SECRETARIO

Dr. IVAN PEDRO CORONADO ZULOETA

VOCAL

DR. LUIS ANTONIO POZO SUCLUPE

ASESOR

RESUMEN

La existencia de sustancias químicas tales en las aguas negras, ocasionan una problemática en las industrias de procesamiento de estas aguas residuales, no porque son degradables ya que impactan en el desgastes de distintos componentes. Además, para que su efectividad en poder emplear las aguas negras ya teniendo compuestos químicos se aplica en las fases de corrosión. En el interior de estas fases se resalta el proceso de fotodegradación, ya que se realizó la investigación en la fotocatalisis para la degradación catalítica de detergentes en aguas residuales.

En esta investigación se tomó como referencia dos estudios basados en la fotodegradación de sustancias químicas. La primera investigación se empleó la fotodegradación de detergentes comerciales y utilizando el sistema UV/TiO₂, ya que se obtuvo como resultado el 12% en materiales activos y un concentrado de DQO de 830 mg/L. La extensión de la iluminación Ultra Violeta tuvo como resultado 333 nm. El investigador realizó la variaron en las concentraciones de TiO₂ de 25 a 45 mg/L donde se demostró que la mejor densidad mejorada es de 35 mg/L.

El segundo estudio se constituye en la fotodegradación de detergentes aniónicos en las aguas residuales de las lavanderías. El investigador empleo los los métodos de fotocatalisis: UV/TiO₂/H₂O₂ y UV/Fe(II)/H₂O₂. Se evaluó los tiempos en los procesos de concentración de TiO₂, H₂O₂ y pH. Por último, se logró obtener resultados óptimos con el sistema UV/Fe(II)/H₂O₂, teniendo una eficiencia superior del 99.87% y 99.77%.

Por último, se concluye que la fotocatalisis se aplicó en degradar los detergentes en las aguas residuales ya que es eficaz y seguro, lo recomendable es ejecutar el sistema UV/Fe(II)/H₂O₂, en ambas fases continuas.

Palabras claves: detergentes, fotocatalisis

ABSTRACT

The existence of such chemical substances in sewage, cause a problem in the processing industries of this wastewater, not because they are degradable, but because they impact the wear of different components. In addition, for its effectiveness in being able to use sewage already having chemical compounds, it is applied in the corrosion phases. Within these phases, the photodegradation process stands out, since research was carried out on photocatalysis for the catalytic degradation of detergents in wastewater.

In this investigation, two studies based on the photodegradation of chemical substances were taken as reference. The first investigation used the photodegradation of commercial detergents and using the UV/TiO₂ system, since 12% of active materials and a COD concentrate of 830 mg/L were obtained as a result. The extension of the Ultra Violet illumination resulted in 333 nm. The researcher carried out the variation in TiO₂ concentrations from 25 to 45 mg/L where it was shown that the best improved density is 35 mg/L.

The second study is constituted in the photodegradation of anionic detergents in wastewater from laundries. The researcher used the photocatalysis methods: UV/TiO₂/H₂O₂ and UV/Fe(II)/H₂O₂. The times in the concentration processes of TiO₂, H₂O₂ and pH were evaluated. Finally, it was possible to obtain optimal results with the UV/Fe(II)/H₂O₂ system, having a higher efficiency of 99.87% and 99.77%.

Finally, it is concluded that photocatalysis was applied to degrade detergents in wastewater since it is effective and safe, it is advisable to run the UV/Fe(II)/H₂O₂ system, in both continuous phases.

Keywords: detergents, photocatalysis.

INTRODUCCION

Según (Eriksson, 2011) nos menciona que la carencia de agua es el factor en todo el mundo, donde se aborda a través de una serie de medidas diferentes en ofrecer una garantía en todos los accesos del agua para una localidad. El tratamiento del agua de consumo doméstico se ha convertido en una gestión integral para el consumo de los ciudadanos. Debido al consumo relativamente alto de agua doméstica y al crecimiento de la población, la reutilización de esta agua siendo en una opción atractiva. Estas aguas negras o grises se origina de fregaderos y lavadoras, excluidas las que provienen de (baños). Quizás se pueda reutilizar en diferentes sistemas. El descargue de los inodoros puede ser una alternativa solución para tener una calidad del agua es mucho menor que la del agua potable. También se barajan otras opciones, como regar el jardín o lavar el vehículo. Las aguas grises a menudo contienen tensioactivos (anfóteros, aniónicos y catiónicos) de acondicionadores, lavandas, etc. Por último, los artículos de aseo personal se ubican comúnmente en el desahogue de aguas negras de los hoteles y asimismo las lavazas de jabones y detergentes son componentes de lavado tales son aguas grises.

Según (Ogundiran et al., 2010) nos menciona que los detergentes comerciales son tensioactivos aniónicos o tensioactivos que se utilizan amplia e intensamente en las operaciones de lavandería y provocan una contaminación generalizada de los ríos y el suelo. Los tensioactivos que contaminan los ríos crean burbujas de aire que impiden la entrada de luz y oxígeno. La carencia de estos elementos provoca una disminución de la calidad del medio ambiente. Por otro lado, se realizó un diagnóstico que los tensioactivos impactan en la contaminación de riachuelos y ríos, ya que son tóxicos para los pescados y otros organismos acuáticos. Las aguas contaminadas que contiene surfactantes tiene la posibilidad de afectar el cuerpo como inflamaciones en la dermis y la condición visual, tan solo

con beber agua puede causar daños severos en el organismo humano, tales como el daño renal y la diarrea. Por último, se ha informado que los suelos contaminados con surfactante impide el desarrollo de la flora. Basado en el hecho de que los tensioactivos son dañinos para los humanos y el ecosistema global, es fundamental eliminar los tensioactivos de las aguas que provienen de las lavanderías.

Según (Diware, Husain y Wani 2015) nos hablan que las concentraciones de detergentes y diversos agentes de saneamientos empleados en el hogar no son degradables ya que son elementos químicos persistentes. Existen inconvenientes en tratar las aguas residuales de forma tradicional. Los métodos convencionales utilizados para separar la materia orgánica no biodegradable son ineficaces. Asimismo, la fotocátalisis surgió como un sistema efectivo para el desgaste de elementos orgánicos que no son biodegradable. Los detergentes son compuestos orgánicos no biodegradable ampliamente utilizado y provienen de las descargas de la red doméstica y de lavanderías.

Según (Taffarel y Rubio, 2010) evaluaron varios métodos para eliminar o reducir los tensioactivos detergentes, incluidos en los coágulos, la sucesión, la degradación y por último la fotodegradación. La coagulación y la floculación se utilizaron para eliminar los tensioactivos de las aguas servidas. Se ha estudiado el tratamiento de adsorción de tensioactivos y se activa la floculación, bálamo y zeolitas naturales modificadas con en el bromuro de cetiltrimetilamonio. Estas técnicas continuamente originan desechos resistentes que generan un peligro y contamina donde se acumule, sino que simplemente se transfiere el agua a los coagulantes y adsorbentes.

Según (Hakimi, Studnicki y Ghazali, 2003) mencionan que la fotocátalisis es una manifestación ya que bien conocido entre los científicos. El semiconductor tiene propiedades de radiar electrones e inciden sobre ellos ondas de iluminación en el sector adecuado. Algunos semiconductores comunes son el óxido de zinc, titanio, zinc y etc. Se considera el óxido de titanio es eficiente y cuando la radiación ultravioleta cae sobre el dióxido de titanio, emite electrones, que finalmente

conducen formar los radicales hidroxilo. Estos radicales se oxidan y se adecua en la mineralización de elementos como los detergentes.

Asimismo, consideró (Nan Chong et al., 2010) que existen muchas variables involucradas en el proceso de aplicación fotocatalítica, tales como: intensidad de iluminación, temperatura, pH, condensación de compuestos orgánicos, condensación de catalizadores, área de superficie del catalizadores, etc. Los procesos son complejos y aún se encuentra en las primeras etapas de modelado en la biodegradación. Algunos autores han utilizado este método con el fin de eliminar los COV. Hay informes de degradación UV de tolueno en la fase gaseosa utilizando reactores en cascada para la eliminación de ácido benzoico. Algunos han usado fotocatálisis para tratar aguas residuales industriales, especialmente cuando contienen desechos peligrosos.

En este estudio, se investigaron comparativamente tres métodos de fotólisis de detergentes: sistema UV/TiO₂, sistema UV/TiO₂/H₂O₂ y sistema UV/Fe(II)/H₂O₂. Estos métodos pertenecen y nominados etapas de oxidación avanzada - POA. Las emisiones emergen de forma contaminante y están muy extendidas en todo el mundo, y muchas organizaciones importantes reconocidas ya son conscientes de la problemática. Los EC pertenecen principalmente en la toxicidad que no es regulada ya que impactan de forma significativa en el ecosistema ambiental. Además, incluye medicamentos humanos y veterinarios, artículos de personal, tensioactivos y sus derivados. La fuente mayor son las aguas residuales municipales, que se encuentran en industrias que llevan estas tipo de aguas. Sus problemas están relacionados con que el tratamiento biológico no puede asegurar en eliminar los elementos que se encuentran estas aguas, además cuando ingresan en las áreas terrestres o acuáticas, pueden sufrir bioconcentración y fenómenos venenosos. Por otro lado, este proceso convencional serán suficientes con la finalidad de cumplir y se requieren métodos de tratamiento opcionales, tales son los etapas de corrosión avanzada, ya que tienen a generar sustancias de gran medida son los oxidantes radicales de hidroxilo, lo que lleva a la completa o eliminar

parcialmente de elementos solidos en los tratamientos usuales como el detergente (De la Cruz, 2014).

Los resultados sobre el sistema UV/TiO₂ provienen de Wani, Husain y Diware (2015), donde usaron iluminación ultravioleta y varios catalizadores de TiO₂ para la degradación un detergente disponible comercialmente en las aguas residuales del inodoro del campus, de una institución secundaria. proyecto. Además, los resultados para el método UV/TiO₂/H₂O₂ y el método UV/Fe(II)/H₂O₂ pertenecen al autor Wahyuni et al. (2016).

En esta investigación comparativa se determinará qué método se recomienda para el tratamiento de aguas residuales que implican grandes cantidades de detergente, en tintorerías en hostales, clínicas, escuelas y facultades de universidad. Cabe señalar que los procesos de fotocatalítico heterogéneo y tienen depuración de las aguas utilizando catalizadores como dióxido de titanio siendo uno de los métodos fotoquímicos que emplea las comunidades científicas en la actualidad.

CAPITULO I

I. MARCO TEORICO

1.1 ANTECEDENTES DE ESTUDIO

Se han realizado distintos trabajos internacionales y locales basado en la biodegradación fotocatalítico en los detergentes de las aguas residuales, principalmente acompañados de otros oxidantes como los peróxidos de hidrógeno. Hay poca información sobre el uso de la luz ultravioleta sola. Posteriormente, se muestra reseñas teóricas.

Gamboa y Visitación (2005) presentaron en su tesis titulada “Descomposición fotocatalítica de agentes de limpieza en aguas residuales domésticas”. Los investigadores mencionan desde el dodecibenceno sulfonato de sodio siendo el tensioactivo esencial del detergente comercial, siendo elegido como modelo de moléculas y evaluar los efectos del sistema $H_2O_2/TiO_2/UV$ se tomaron especímenes de la descarga de agua de tintorería industrial en reactores catalizados, informan los autores que la descomposición por oxidación progresiva. Los catalizadores se caracterizaron por la radiación y se analizaron los elementos químicos y fueron los bioensayos tales como, CO_2 , DQO disuelto, Cl^- , CO_3^{2-} , Fe^{3+} , SO_4^{2-} y NO_3^- .

Muñoz (2014), realizó su tesis titulada “Eliminación fotocatalítico heterogénea de tensioactivos aniónicos en aguas residuales”. El investigador menciona que la fotorreacción es heterogénea son procesos eficaces para el degrado en los tensioactivos aniónicos en aguas residuales de distintos tipos. Además, se ha utilizado junto con otros métodos convencionales para lograr una bioquímica mejorada y eficiente debe ser máximo para la eliminación de poluciones. En los proceso de marketing primario, se propone el tratamiento habitual de aguas residuales utilizando efectos biológicos. Sin embargo, otros tratamientos se han discutido como un proceso catalítico óptico. Este artículo revisa estudios clave relacionados y destaca algunas ventajas sobre otros procedimientos.

Perkowski et al. (2011) publicó en su artículo “Degradación oxidativa fotocatalítica de detergente en aguas residuales de lavado de autos catalizada por titanio”. Según los investigadores mencionan que las fases de oxidación son efectivos en la purificación del aire y el agua. La UV mostró la oxidación y fueron evaluadas en todos los agentes contaminantes. En esta investigación el sistema UV/TiO₂/O₂ se utilizó como procedimiento AOP en la degradación de tensioactivos y se aplicó a lavados de autos y artículos industriales. Se investigó las dosis de TiO₂ como catalizadores, UV utilizada tiene el fin de analizar las causas relacionadas con la fotocatálisis, también se hicieron investigaciones sobre el efecto de succión del tensioactivo de los catalizadores en la oxidación fotocatalítica de soluciones acuosas de Clentex se investigó utilizando como catalizadores TiO₂ y 10 % de TiO₂/SiO₂. Los procesos más eficaces parece darle soluciones ligeras en la alcalina, pH = 7,8 en tener una dosificación de catalizadores de TiO₂ de aprox. 1,4 g dm⁻². Debe comprobarse la eficacia de los rayos ultra violeta para conocer si tiene una pérdida excesiva óptica. La mayoría de detergentes tienen una mayor degradación fotocatalítica con reducciones de DQO finales que oscilaban entre el 35 y el 60 %, según los ingredientes del detergente.

Herrera (2014), realizó en su investigación titulada “Biodegradación de elementos tóxicos en agua por fotólisis solar”. El investigador empleó naproxeno como residuos tóxicos, probó la densidad de UV/Vis, un SolarBox es el origen de TiO₂ P-25 como catalizadores. SolarBox es el instrumento que tiene lámparas de UV que facilita conocer los niveles de radiación solar de 260 a 1010 W/m². A modo de comparación, también utilizaron colectores parabólicos compuestos y concentradores cilindroparabólico como fuentes de fotones. Los estudios han demostrado que se degrada el naproxeno. El incremento de los catalizadores de TiO₂ P-24 de 0 a 0,04 g/L dio como resultado porcentajes de degradación más altos y también valores de constante de velocidad más altos. Las pruebas se realizaron con catalizadores, ya que es recomendable la instalación de sistemas entre los catalizadores y el agua depurada.

Tolentino (2017), realizó en su investigación llamada “Tratamiento de residuos de agua de lavado del Instituto Nacional de Lavandería Salud Infantil mediante los procesos fotocatalíticos de dióxido de titanio (TiO_2) y la iluminación ultra violeta, Sanborja - 2017”. El investigador minimizó la concentración de componentes tóxicos en las aguas residuales de la ropa antes de que la ropa ingresara al sistema de alcantarillado. Al proyectar los resultados de este estudio en un diseño experimental que evaluó la concentración de TiO_2 , los tiempos actualizados, del pH, la DQO, la DBO y el surfactante, se demostró a partir de los datos recopilados que se podía lograr un máximo de 34,21 % en ausencia de eficiencia de DQO de H_2O_2 . La máxima degradación en la disposición de H_2O_2 fue del 34%.

1.2 BASE TEORICA CIENTIFICA

1.2.1 ELEMENTOS TOXICOS DE AGUAS POR DETERGENTES

La producción de aguas residuales con tensoactivos aniónicos provenientes de actividades industriales han aumentado en la última década. Las aguas residuales de este tipo de operación tienen proporciones variables de carga material y orgánica, y sus principales componentes son detergentes y fertilizantes. Los tensioactivos son los ingredientes activos de los detergentes. El grupo más común de tensioactivos es el aniónico. Las sustancias sintéticas más utilizadas en este grupo son los sulfonatos de alquilbenceno lineales (LAS), los sulfatos de etoxilato de alcohol (AES) y sulfato de alquilo (AS). El investigador Harkin y Langmuir descubrieron en 1918 que estas sustancias sintéticas similares al jabón tienen la propiedad de recolectar principalmente en la superficie. Los autores mencionaron que estas sustancias se comportaban en estructuras polares en el agua y no polares como la grasa. Por tanto, la concentración de tensioactivos, Sin embargo, con el tiempo se fueron conociendo como tensioactivos, tensoactivos o tensoactivos (Zamudio, 2010).

Sustancias de este tipo han causado especial preocupación de la problemática del tratamiento en las aguas residuales, debido a que su concentración suele ser alta y con características que causan el desenvolvimiento de fases tradicionales, así como afectan los procesos biológicos del agua. Por último, cuando se emplea surfactantes, ingresando en industrias de tratamiento de aguas residuales (WTP, por sus siglas en inglés). En algunas etapas, se filtran de forma directa a las aguas superficiales y en profundidad.

1.2.1.1 Tensoactivos aniónicos

Los tensoactivos aniónicos es sal de sodio y que se ionizan para formar iones positivos y iones negativos (tensoactivos). En este lado los más frecuentes es el alquilbenceno, el tripolifosfato de sodio (TPP) y el sulfonato de alquilo lineal (LAS) donde varían en características moleculares siendo tóxicos y degradables. Además, tiene una forma molecular extendida y una mínima degradabilidad; LAS es una estructura lineal, la mayoría de las cuales son biodegradables, pero altamente tóxicas. Además de ser un ingrediente en detergentes y jabones, TPP también se usa para endulzar el agua dura (también conocida como dura).

Los tensoactivos en solución acuosa se ionizan, haciendo que los grupos hidrofóbicos se carguen negativamente. Desde una perspectiva elemental, estas son formados por cadenas de clase alquílica, que pueden ser lineales o ramificadas (de 11 o 15 moléculas atómicas). Los aniones están en la parte extrema polar de los átomos. Lo fundamental de los tensoactivos son los sulfatos o derivados de sulfonato (p. gramo. lauril sulfato de sodio, dodecilbenceno). Los surfactantes son de particular beneficio hoy en día, asimismo degradan la calidad del agua de ríos o reservas. Por otro lado, estos elementos que impide la descomposición orgánicas que se encuentra en el agua, reducen la autopurificación y modifican la concentración de nitrógeno, azufre y fósforo lo que da como resultado, fases eutrofización. Este fase tiene una aceleración de desarrollo del ecosistema acuático y los organismos que se alimentan de oxígeno, bajando el nivel por debajo y es fundamental para la biodiversidad en plantas, organismos y animales. Debido a la reducción del oxígeno disuelto (OD), se desarrollan situaciones anaeróbicas que presentan sabor y olores

desagradables en los ríos y liberan CH₄ (metano), NH₃ (amoníaco), SH₂ (sulfuro de hidrógeno), y otros elementos sanitarios que a la vez perjudican en la biodiversidad tales como organismos y los humanos. Uno de las causas en humanos incluyen: irritación de la vista, pérdida del conocimiento, asfixia, pérdida de la función motora, dolores de cabeza prolongados (Ruiz, 2011).

1.2.1.2 Factores ambientales de los tensoactivos

La liberación de tensioactivos aniónicos en fuentes de agua y ecosistemas acuáticos tiene una variedad de impactos. Por ejemplo, un aumento del pH del agua a un valor superior a 12 unidades supone un cambio en el ciclo de organismos acuáticos, una reducción de asimilar diferentes elementos sustanciales y un aumento de la alcalinidad del agua. La crisis eutrífica que se manifiesta en los ríos provoca la proliferación de algas y olores desagradables debido a la exposición al fósforo (el principal agente quelante en las formulaciones de detergente). Las concentraciones de lavandina y elementos con cloro pueden aumentar, lo que representa una amenaza debido a su potencial cancerígeno y mutagénico. La descomposición normal de los ingredientes en los detergentes requiere aire del medio ambiente, lo que conduce a un consumo excesivo de productos químicos, lo que provoca hipoxia y el óbito de organismos tales como plantas y especies acuáticas. Por otro lado, los ingredientes de los detergentes son venenosos en la evolución y desarrollo de los organismos acuáticos. Las etapas de sedimentación, floculación y coagulación en las plantas de tratamiento de agua y son perjudicados por el grado de concentrado de estos químicos. Los surfactantes se consideran indicadores de contaminantes del agua subterránea. La formación de espuma en la masa de agua provoca alteraciones en el proceso de diluciones del aire y en el proceso termodinámico (Ruiz, 2011).

1.2.2 TRATAMIENTO TRADICIONAL DE TENSOACTIVOS EN AGUAS RESIDUALES

La fabricación de deterativos y diferentes artículos de limpieza, se obtuvo un incremento significativamente en los últimos tiempos para satisfacer la demanda de mejores índices de esterilidad en los hogares, industrial, el sector sanitario y otros sectores. Algunos productos se fabrican a partir de materias primas de baja toxicidad y altamente biodegradables de acuerdo con las normas y reglamentos internacionales que rigen su producción.

Diversos métodos físico-químicos (es decir, adsorción, adsorción, presión inversa, combustión, floculación, sedimentación, flotación, oxidación). Por ende, los métodos electroquímicos son utilizados con la finalidad de reducir estos elementos en los líquidos residuales doméstica e industrial. Se pensaba que el desarrollo microbiano degradaba los tensioactivos aniónicos en el entorno acuático. En algunos casos, el proceso se realiza a través de bancos microbianos, aumentando así la actividad de degradación de la población bacteriana y la velocidad de reacción frente a sustancias químicas. Los métodos de tratamiento convencionales pueden eliminar grandes cantidades de tensioactivos existentes que se encuentra en esta agua, mejorar la biodegradabilidad y reducir el porcentaje de color y DQO (es decir, Bacalao). Sin embargo, las dificultades surgen por los precios elevados para invertir, las demoras de procesamiento, personal experto en el sector y la distribución de planta (Yaacoubi, 2007).

1.2.3 MÉTODOS AVANZADOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Las propiedades de varios tensioactivos producen que estos elementos sean peligrosos y afecten a determinadas especies animales. Varias de estos materiales utilizados en la elaboración de detergentes se conoce en absoluto que son biodegradables, lo que requiere un tratamiento no convencional de las aguas residuales que contienen estas materias primas. Como resultado, las comunidades científica planteo métodos de procesamiento avanzados que dejan que estas sustancias se degraden y mineralicen en un tiempo relativamente corto y a un costo menor que el que requieren otros procesos. Se ha dedicado un esfuerzo

considerable al estudio y progresivo en el tratamiento avanzado de aguas residuales. En algunas ciudades como Londres y Buenos Aires han avanzado significativamente en el desarrollo de nuevos métodos de controlar las aguas residuales con alta carga orgánica y reducir la degradabilidad. Por otro lado, aparecieron nuevas tecnologías como la oxidación química avanzada. Actualmente, el conjunto de estos métodos se denomina AOP - Advanced Oxidation Process (Wang et al., 2007).

El tratamiento de oxidación avanzada es un proceso destructivo con fuertes propiedades oxidativas. Este método se basa en la formación de radicales $\bullet\text{OH}$ y en diferentes organismos que actúan como corrosión no selectiva durante los elementos orgánicos tóxicos. Los principales procesos de corrosión avanzada son la fotólisis $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$, la fotocátalisis TiO_2/UV , la fotocátalisis heterogénea $\text{H}_2\text{O}_2/\text{TiO}_2/\text{UV}$, el proceso de foto-fenton $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{3+}/\text{UV}$, la oxidación mixta UV/O_3 o $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}/\text{O}_3$, el bombardeo de electrones, radiación gamma y la oxidación con agua supercrítica (Wang et al., 2007).

1.2.4 FOTOCATALISIS HETEROGENEA CON DIOXIDO DE TITANIO

La fotocátalisis heterogénea es una fase de oxidaciones avanzadas que emplea las capacidades catalítica con la iluminación ultravioleta (artificial o natural) e inicia materiales semiconductores, p. TiO_2 , dióxido de titanio) impulsa reacciones redox a través de pares de agujeros de electrones en la superficie. Con reactivos de alto poder oxidante (se forman radicales libres de peróxido de hidrógeno (H_2O_2), ozono (O_3)), que oxidan los contaminantes ya sea directamente en contacto o indirectamente a través del hidroxilo (OH^\bullet), que se libera como resultado de los procesos de disociación característicos de estos reactivos. Normalmente, esta técnica se utiliza para reducir sustancias con baja o nula biodegradabilidad, volátiles, xenobióticas y de toxicidad variable. Los catalizadores utilizados en la fotocátalisis pueden ser suspensiones sólidas, acuosas o gaseosas; en los procesos de corrosión, como el peróxido de hidrógeno H_2O_2 . Generalmente se utilizan como catalizadores Al_2O_3 , ZnO , Fe_2O_3 y TiO_2 es mayormente utilizado es el dióxido de titanio TiO_2 (Mera, 2009).

Además, los puntos más fundamentales la fotocatalisis medio-ambiental se dispone de TiO_2 , que los catalizadores ideales debido a su relativo bajo costo, buena estabilidad química y gran capacidad para fotogenerar fuertes agujeros de corrosión. Asimismo, los iones elevados son eliminados por el oxígeno molecular para la producción del superóxido. Se evita de la ionización con cargas positivas y las moléculas generadas se mezclen, por lo tanto, pierdan actividad catalítica. Los más comunes de catalizadores de TiO_2 son anatasa, rutilo y brookita. Asimismo, a su superficie química y enorme potencial de conductividad, la especie anatasa es la de mayor actividad fotocatalítica. La semejanza entre la anatasa y el rutilo ya que debido en las bandas de conducción (corrección del rutilo) y la tasa alta de recombinar las moléculas fotogenerados en el rutilo. La superficie de la anatasa TiO_2 suele estar muy hidroxilada y pierde humedad e hidroxilo durante el tratamiento térmico. Una disminución en la densidad del grupo hidroxilo se ha asociado recientemente con una disminución en la actividad fotocatalítica. Presenta baja rehidroxilación incluso en presencia de solución acuosa. La excelente fotoactividad y se debe a su capacidad para el intercambio molecular. (Gamboa y Visitación, 2005).

La fotocatalisis heterogénea puede degradar e incluso mineralizar varios elementos orgánicos conforme la fase observada en la Figura 1.

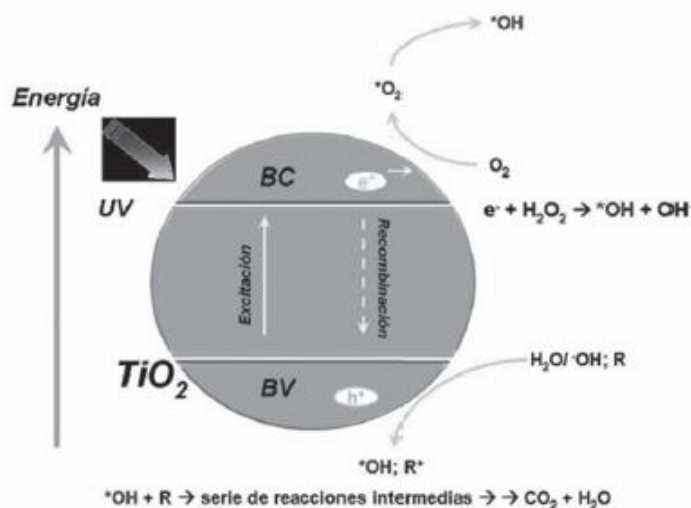


Figura 1. Gráfico de los procesos fotocatalítico heterogéneas con TiO_2
Fuente: Aldana, 2010

Los fotocatalizadores tienen propiedades super-hidrofílicas, y absorbe partículas de agua. Apenas un fotón de UV ingresa al FC, se debe que existe una liberación de un ion (e^-) conducción (BC); lo convierte en un superanión (O_2^*). El espacio de cualquier molécula redox producen foto-química de alta energía favorable para la degradación química según (Muñoz, 2014).

1.2.4.1 Variables de la fotocatálisis heterogénea

Estas variables fundamentales son cualitativamente al proceso foto-catalítico heterogéneo son:

Concentración inicial de contaminantes: afecta directamente a la elección del método en la concentración.

Tipo de catalizador y su concentración: dependiendo de las estructuras cristalinas, características físicas y químicas, existen diversos elementos y que pueden acelerar el proceso de degradación.

Cantidad de oxígeno: El oxígeno reacciona con la descomposición química y el ambiente.

Calidad del agua tratada: Las propiedades microbiológicas y físico-químicas del agua ayudan a elegir un método de tratamiento adecuado.

Tipo de Reactor: Dependiendo de que condición experimental se dispone y los suministros que operen, se utilizan reactores discontinuos o parabólicos.

Temperatura: Las temperaturas mínimas reaccionan en la descomposición en los productos químicos. Las elevadas temperaturas provocan sustancias nocivas y un cambio del ecosistema.

Potencial de hidrógeno (pH): Estas potenciales son más inspeccionada en las fases de corrosión química. Interfiere con la reacción química entre el catalizador, el sustrato de agua y el material a procesar.

Longitudes de intensidades de luz: La onda de iluminación es beneficioso para la degradación de ciertos productos químicos.

1.2.4.2 Ventajas de la fotocatalisis heterogénea

La superioridad sobre estos sistemas tradicionales incluyen: la facilidad química para degradar y eliminar completamente las sustancias tóxicas, ya que algunas sustancias son persistentes y es difícil eliminarlo con diferentes métodos de tratamiento; se opta en usar con el fin de tratar micro contaminantes al nivel de partes por billón (ppb); mejora es significativamente menor que el requerido por otros procesos; los sistemas de tratamiento foto catalítico tienen una vida útil más larga que otros sistemas; y desde un punto de vista en este método de tratamiento viable con efectos negativos mínimos, los costes son inferiores (Muñoz, 2014).

1.2.5 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Fotocatalisis: Se basa en la degradación de la etapa normal ya que se usa la iluminación del sol ya que así se eliminan los organismos orgánicos que forma CO₂, se eliminan por los residuos tóxicos que se localizan en la atmósfera COV, SO_x y NO_x y por medio de los procesos de corrosiones activadas de la iluminación del sol, que catalicen los sustratos que consisten en las materias que ingresan con una velocidad para la fusión. Además, este tipo de reducciones que ocurre simultáneamente. De esta forma, se elimina que la totalidad que se localizan en las localidades.

Fotocalizador: Los fotocatalizadores son elementos que aprovechan sus propiedades semiconductoras, es decir, su capacidad para transportar electrones mientras son reanimados por el poder energético de luz UV o la iluminación del sol. Estos compuestos han sido analizados durante mucho tiempo, especialmente el (TiO₂) dióxido de titanio. Estos compuestos son activos frente a la luz UV y son capaces de hacer estructuras reactivas, como de interaccionar con los elementos de interés, de forma que se degradan por transferencia de electrones entre las bandas donde se conduce el oxígeno e interacciones del agua.

Tensoactivo: Los surfactantes, o tensoactivos (conocidos como tensoactivos), estos elementos afectan los líquidos solubles. La palabra surfactante es una palabra británica derivada de la palabra surfactante, que a su vez es un término derivado de surfactante activo. Según sea más o menos la dispensabilidad del agua y la estabilidad frente a los detergivos.

Detergente: Son partículas con propiedades físico-químicas peptizantes, es decir, una sustancia que es una fina dispersión en agua u otro líquido como sustancia sólida. Elimina la suciedad o la mugre de los objetos solo frotando la prenda. Mayormente estos detergivos tienen partículas de bencenosulfonato de sodio sustituidos conocidos como alquilbenceno sulfonatos.

Proceso de corrosión avanzada: Se definen las etapas que involucran el desarrollo de grupos hidroxilo, con una corrosión ($E = 3,7 \text{ V}$) muy superior al de otras correcciones comunes (ozono, 2,08V; peróxido de hidrógeno, 1,77 V; dióxido de cloro, 1,58 V). V y cloro, 1,37 V). Estos radicales libres oxidan principalmente elementos orgánicos por extracción de hidrógeno o adición de electrófilos, produciendo radicales libres orgánicos (R°), y los radicales libres reaccionan con las moléculas de oxígeno para formar radicales libres de peroxilo, desencadenando un conjunto de descomposición.

CAPITULO II

2. MATERIALES Y METODOS

Para un estudio comparativo, entre los estudios actuales que utilizan la biodegradación fotocatalítica de deterativos en aguas residuales, ya que tomaron como referencia dos estudios. Estudios basados únicamente en el sistema UV/TiO₂ y otros basados en dos sistemas, UV/TiO₂/H₂O₂ y UV/Fe(II)/H₂O₂.

2.1 SISTEMA UV/TiO₂

2.1.1 Población y Muestra

Población: En la investigación, el investigador observó los deterativos domésticos presentes de los inodoros y en las áreas residenciales de las escuelas de ingeniería.

Muestra: Las soluciones sintéticas se prepararon utilizando el detergente comercial Nirma disponible en el país. Los deterativos se disolvió en agua destilada con la finalidad de alcanzar la densidad del disolvente 830 mg/L.

2.1.2 Materiales y Procedimiento

El fotocatalizador empleado fue TiO₂ grado Qualigen. La luz ultra violeta utilizada en los reactores fue el Narva modelo UVK-125 W (Alemania) con una dimensión de 332. Inicialmente se observa en las ilustraciones 2 y 3. Los reactores es de tipo discontinuo diseñado para lodos porque el catalizadores siempre está suspendido.

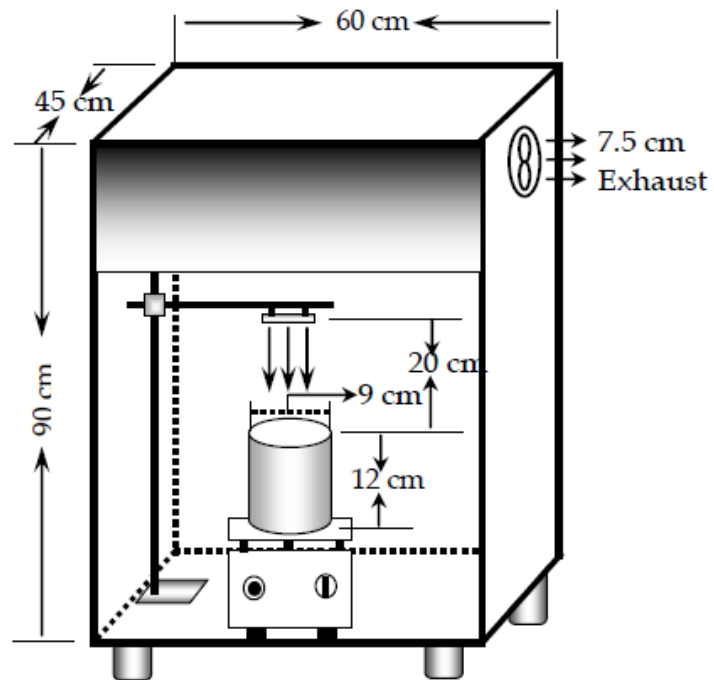


Figura 2. Esquema del reactor batch para lodos

Fuente: Wani, Husain y Diware (2014)

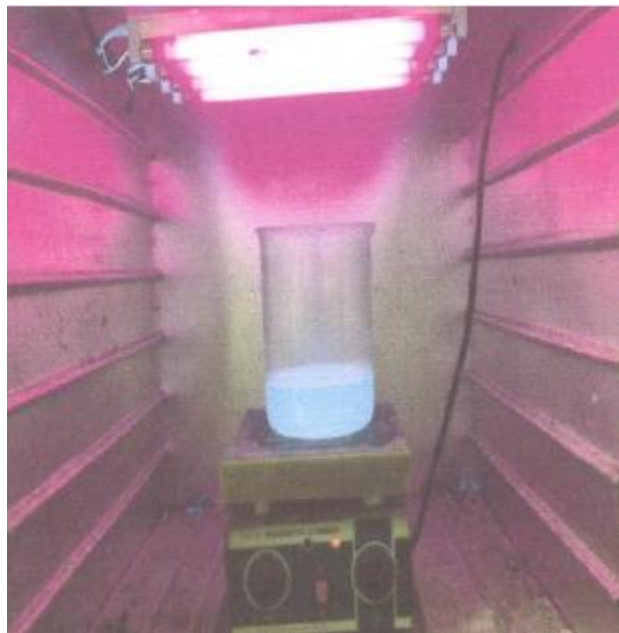


Figura 3. Vista interior del reactor batch para lodos

Fuente: Wani, Husain y Diware (2014)

2.2 SISTEMAS UV/TiO₂/H₂O₂ Y UV/Fe(II)/H₂O₂.

2.2.1 Población y Muestra

Población: En la investigación, el autor analizó los detergentes domésticos presentes en las aguas residuales de las lavanderías.

Muestra: En las pruebas, emplearon 100 ml de agua residual de las lavanderías de los residuos de los detergentes aniónicos. La densidad de disolvente aniónico y donde fue de 200,17 mg/l.

2.2.2 Materiales y Procedimiento

El investigador empleó reactivos TiO₂, H₂O₂, Fe(NH₄)₂(SO₄)₂, surfactante aniónico dodecilo benceno y sulfonato teniendo diferentes valores de pH.

2.2.2.1 Diagnóstico del surfactante aniónico en las aguas residuales de las lavanderías

La concentración de tensioactivos aniónicos en aguas residuales de las lavanderías se determinó mediante la luz ultravioleta empleándola como acoplador. Para ello, retire 5 ml de agua de la ropa y reaccione con el azul de metileno de 100 mg para formar un líquido transparente. Se disolvió y se extrajo con 5 ml de cloroformo para obtener un líquido color azul. Luego se midió el líquido azul en solvente de cloroformo empleado rallo UV y siendo observable a una longitud de onda de 650 nm. El tensioactivo en las aguas residuales se calculó trazando la absorbancia de las muestras en una curva estándar que mostraba la vinculación entre absorber y concentrar el nivel adecuado de la densidad líquida.

2.2.2.2 Tratamiento de fotodegradación del surfactante aniónico

Los procesos de fotodegradación del sistema UV/TiO₂/H₂O₂ se llevó a cabo de acuerdo se procede a continuación: a 100 mL de agua de lavado residual se agregaron 45 mg de TiO₂ y se colocó elementos de H₂O₂ 30 mL en el matraz de fotodegradación. A continuación, los matraces se colocaron en un aparato de fotodegradación (Figura 4) y se expusieron a la luz ultravioleta durante todo el día. Para los procesos de fotodegradación del sistema UV/Fe(II)/H₂O₂, proceda de la a continuación: agregue 100 ml de agua de lavado residual, solución de Fe(II) 5 mM y solución de 200 mM al matraz de fotodegradación. El matraz se coloca en un fotodisipador y se expone a la luz ultravioleta durante 3 horas.

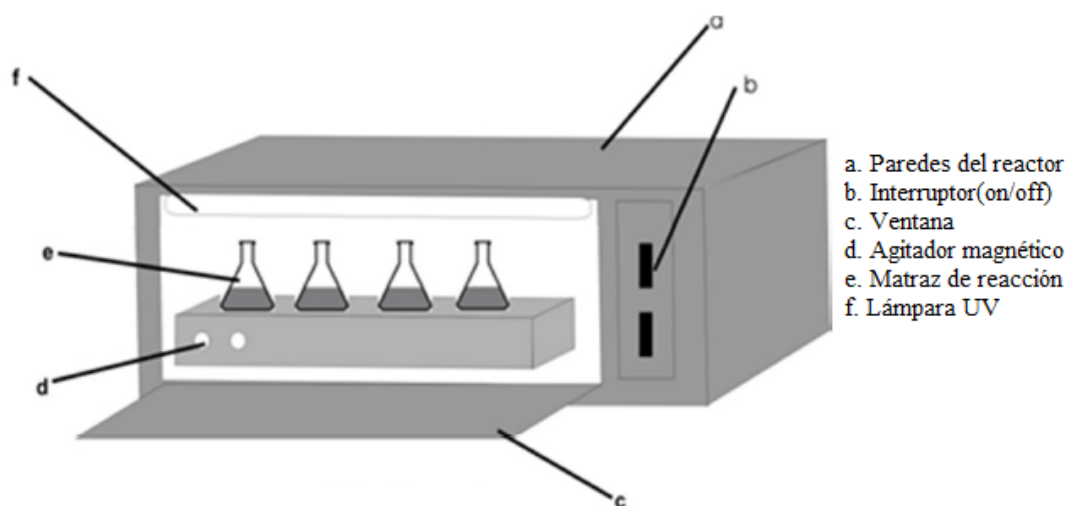


Figura 4. Vista esquemática del aparato de fotodegradación.

Los elementos que se procesaran en la fotodegradación fue centrifugada y filtrada para tener un resultado claro. Tomar 5 ml de la solución transparente completa para que reaccionen con 5 ml de solución de azul de metileno con una concentración de 100 mg/l, extrayendo con 5 ml de

cloroformo y agitar por un tiempo de 10 min. La solución azul resultante se analizó mediante espectrofotometría visible.

CAPITULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSION

Los datos registrados, así como una discusión de dos estudios acerca del degrado fotocatalítico de detergentes en aguas residuales. Algunos resultados corresponden al sistema UV/TiO₂ y otros a los sistemas UV/Fe(II)/H₂O₂.y UV/TiO₂/H₂O₂.

3.1 RESULTADOS Y DISCUSION DEL SISTEMA UV/TiO₂

Los datos recogidos usando el sistema UV/TiO₂ con una concentración de catalizadores de 25 a 45 mg/L se muestran a continuación y se registra la eliminación de DQO a lo largo del tiempo. Los datos se observan desde la Figura 5 hasta la 9.

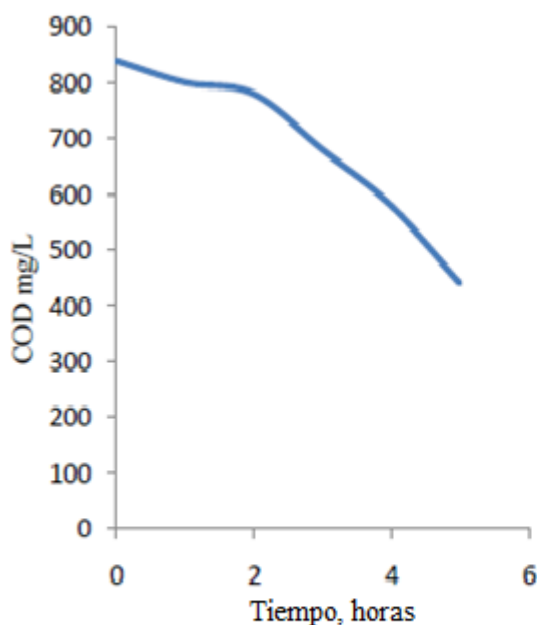


Figura 5. Remocion de DQO con el tiempo, concentración de catalizador 25 mg/L
Fuente: Wani, Husain y Diware, 2014.

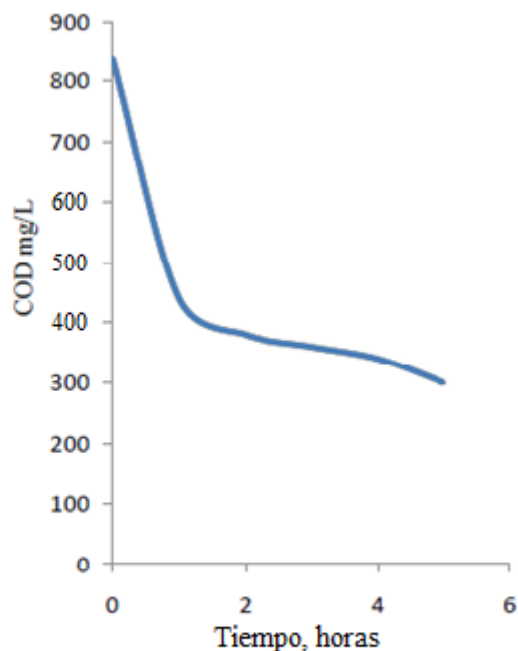


Figura 6. Remocion de DQO con el tiempo, concentración de catalizador 30 mg/L
Fuente: Wani, Husain y Diware, 2014.

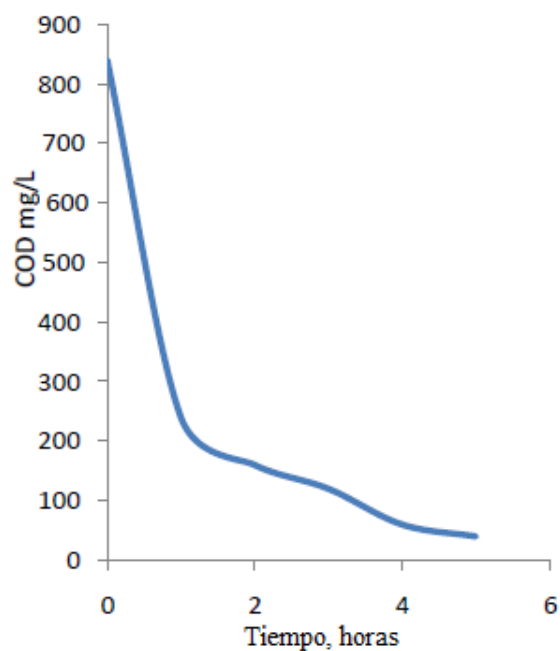


Figura 7. Remoción de DQO con el tiempo, concentración de catalizador 35 mg/L
Fuente: Wani, Husain, Diware, 2014

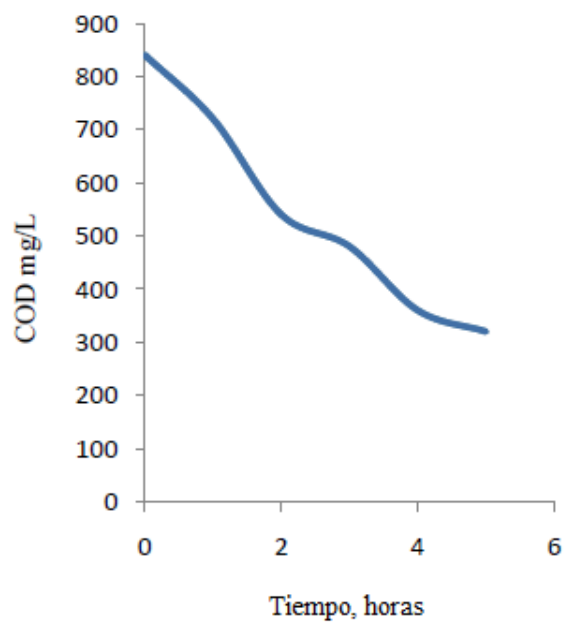


Figura 8. Remoción de DQO con el tiempo, concentración de catalizador 40 mg/L
Fuente: Wani, Husain, Diware, 2014

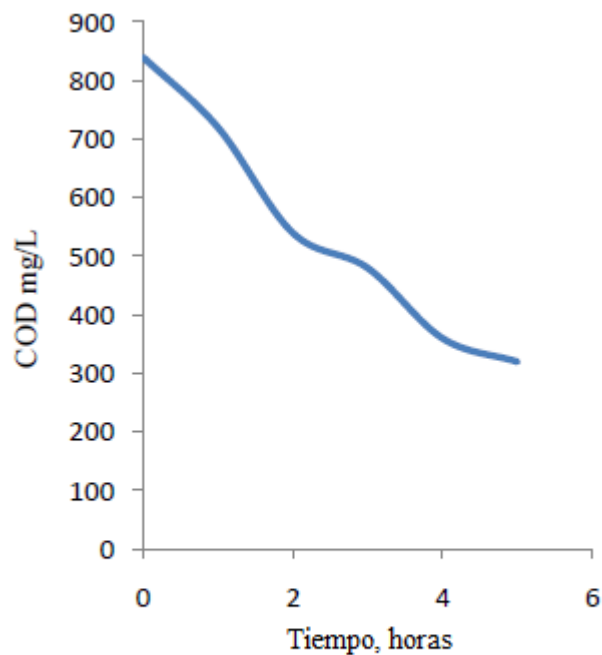


Figura 9. Remoción de DQO con el tiempo, concentración de catalizador 45 mg/L.
Fuente: Wani, Husain y Diware, 2014

Se visualiza en las Figuras 5 a 9 muestra claramente que el TiO_2 es un fotocatalizador poderoso para la degradación de los detergentes. Recuerde que los detergentes empleados son domésticos y por lo tanto no 100% puro. Según la ficha técnica que proporciona el fabricante de los detergentes Nirma, este contiene solo un 12% de detergente, siendo el resto materiales de construcción, adhesivos, enzimas y algunos materiales base, incluidas las fragancias. La DQO (Demanda Química de Oxígeno) son parámetros combinados tienen en cuenta los elementos somáticos. Los datos muestran en los catalizadores tienen un gran impacto sobre el índice de biodegradación. Se encontró que una concentración de catalizador de 35 mg/L era óptima ya que producía la DQO más baja. Por lo tanto, es igualmente importante para la penetración de suspensiones líquidas. Las concentraciones más altas del catalizador dificultan las radiaciones, lo que da como resultado una aceleración de reacciones. Por otro lado, se optimizó necesariamente para esta investigación ya que las concentraciones fueron optimizadas para los catalizadores fue de 35 mg/l. Se conoce que la dosificación optimizada está influenciada por una combinación de otras variables como el pH, la iluminación y etc.

3.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS SISTEMAS UV/TiO₂/H₂O₂ y UV/Fe(II)/H₂O₂.

La discusión y resultados se presentan por separado, primero para el sistema UV/Fe(II)/H₂O₂ denominados procesos de Fenton.

3.2.1 Fotodegradación de surfactante de agua residual de lavandería usando UV/TiO₂/H₂O₂

3.2.1.1 Influencia de la concentración de TiO₂

El efecto de fotodegradación del tensioactivo no tuvo efecto. La figura 10 muestra la fotodegradación de los tensioactivos en los procesos UV/TiO₂/H₂O₂ con diferentes concentración de TiO₂. Los datos que se muestran en la figura muestran que el grado de fotodegradación de los tensioactivos en las aguas residuales de lavanderías tuvo una mejora significativamente al aumentar la concentración de fotocatalizadores de TiO₂. Sin embargo, el aumento adicional de la concentración de catalizador no afectó el efecto de fotodegradación del tensioactivo.

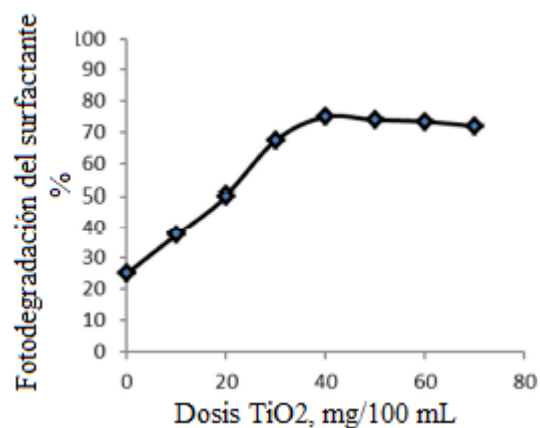
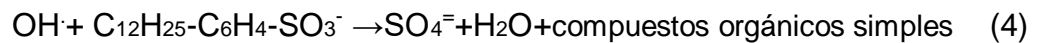
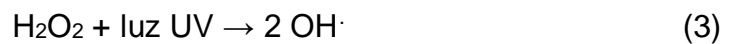
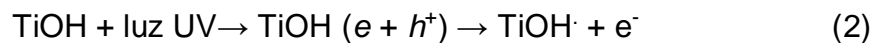
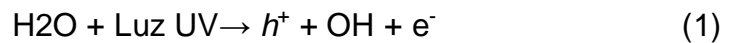


Figura 10. Influencia de la dosificación de TiO₂

Fuente: Wahyuni et al. (2016)

La figura 10 muestra la fotodegradación de los tensioactivos son los procesos UV/TiO₂/H₂O₂ con diferente concentración de TiO₂. Los datos que se muestran en la imagen muestran que el aumento de la dosificación del fotocatalizador de TiO₂ tensioactivo aumenta significativamente el grado de fotodegradación de los tensioactivos en las aguas residuales de las lavanderías. Sin embargo, el incremento adicional de la concentración de catalizador no afectó los efectos de fotodegradación del tensioactivo.



Cuanto mayor sea las concentraciones de TiO₂, se mucho más las concentraciones de radicales OH, ya que puede conducir a una fotodegradación más eficiente.

Las grandes cantidades de dióxido de titanio aumentará la turbidez de las aguas residuales y protegerá contra la penetrar los rayos ultravioleta. La fotoinhibición debería prevenir la formación de radicales OH y, por lo tanto, hacer que más radicales OH no estén disponibles (Saqib et al., 2009).

3.2.1.2 La influencia de la concentración de H₂O₂

La finalidad del H₂O₂ en los sistemas UV/TiO₂/H₂O₂ y se transportan los radicales OH. Además, depende del degradable tensioactivo en las concentraciones de H₂O₂ se muestra en la imagen 11 puede verse en la que la fotodegradación de los tensioactivos aumenta rápidamente con el aumento de la concentración de H₂O₂. Se incremento las concentraciones de H₂O₂ y aumenta el oxígeno radical, por lo tanto, promover una fotodegradación más eficiente. La eficiencia de fotodegradación de los tensioactivos parece disminuir con el aumento de la concentración de H₂O₂. Según las reacciones (5) y (6), el exceso de H₂O₂ puede tener una reacción radical en los OH existentes.

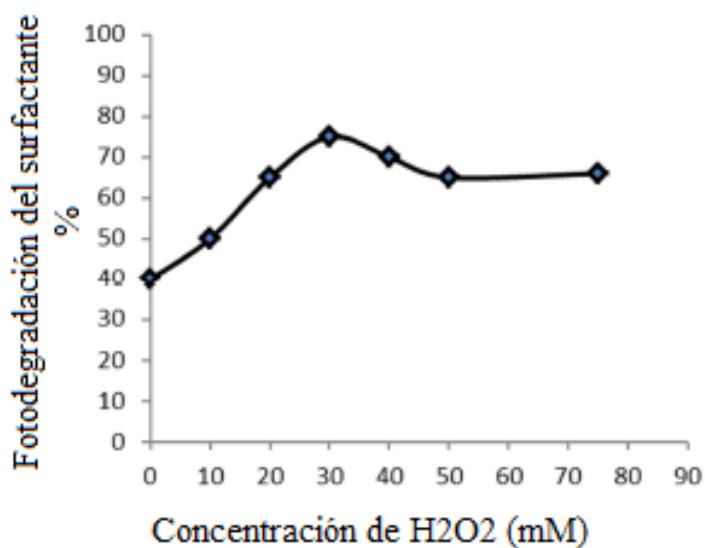


Figura 11. La influencia de la concentración de H₂O₂

Fuente: Wahyuni et al. (2016)

La disociación de H_2O_2 conduce a la reducción radical de OH , lo que conduce a la fotodegradación del tensioactivo. (Mehrvar y Tabrizi 2017).

3.2.1.3 La influencia del pH del proceso

Los efectos del pH sobre la fotodegradación de los tensioactivos se muestra en la imagen 12. Ya que logró aumentar el pH a 5 mejora la fotodegradación. Se sabe que el pH es mínimo y hay disponible una grandes cantidades de moléculas de hidrógeno, reaccionan con H_2O_2 y formar el ion peroxicetona (H_3O_2^+). Los electrones de peroxicetona es menos reactivo en la liberación de radicales OH y, por lo tanto, absorbe menos radicales OH .



Asimismo, a pH se redujo, el TiO_2 existe como TiOH , puede ser ionizado por un exceso de hidrogeno, tal como se muestra en la reacción (8), al mismo modo se reduce el desarrollo del OH . La condición hacen que la fotodegradación se vuelva bastante ineficiente.

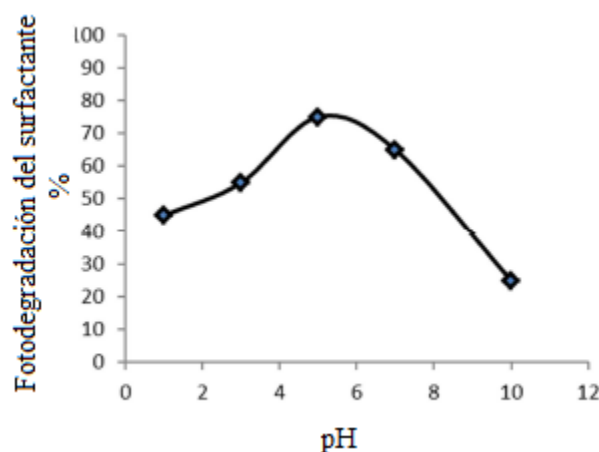


Figura 12. Influencia del pH del proceso

Fuente: Wahyuni et al. (2016)

El incremento del pH a 5, se pueden usar menos iones de hidrógeno, evitando la ionización de TiO_2 y H_2O_2 sin reducir su carga. Además, se promueve una fotodegradación más acelerado. A medida que aumenta el pH, el H_2O_2 puede desligarse en el oxígeno y el agua, como se observa en la reacción (9), reduciendo la cantidad de radicales OH en formación. Asimismo, el TiO_2 se convierte en TiO^- como se observa en la reacción (10), lo que dificulta la formación de radicales OH.



3.2.1.4 La influencia del tiempo del proceso

La imagen 13 muestra el efecto de los periodos de tratamiento de la fotodegradación de los tensioactivos. Se muestra un progreso positivo en la fotodegradación al aumentar el tiempo de tratamiento. Un tiempo prolongado promueve el contacto más eficiente entre el lumen y el TiO_2 y H_2O_2 , generando más radicales OH, así como el contacto entre los radicales y el surfactante.

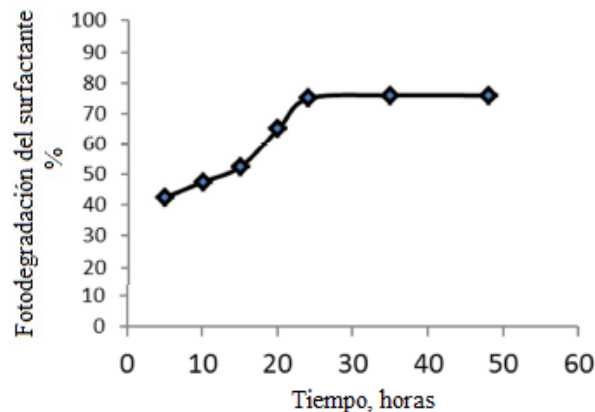


Figura 13. El efecto del tiempo de proceso

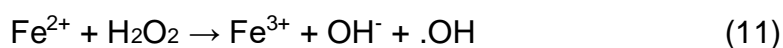
Fuente: Wahyuni et al. (2016)

Durante la operación de 24 h, las superficies de TiO₂ y H₂O₂, que no pueden librar los elementos radicales OH, ya que se agotaron para lograr la máxima interacción. Por lo tanto, la fotodegradación fue independiente del tiempo durante 24 h.

3.2.2 Fotodegradación de surfactante de agua residual de lavandería usando UV/Fe(II)/H₂O₂

3.2.2.1 Influencia de la concentración de Fe(II)

En los sistemas foto-Fenton (UV/Fe(II)/H₂O₂), el H₂O₂ reacciona con la iluminación ultravioleta y el Fe(II) reacciona con el H₂O₂ para formar radicales OH según las ecuaciones (11) y (12). Este radical libre se utiliza en la fotodegradación de los tensioactivos.



Está claro que el Fe(II) toma un rol fundamental en la fotodegradación de los tensioactivos. Por lo tanto, se evaluó el efecto de la concentración de Fe(II) y los resultados se observan en la Figura 14.

Como podemos ver en la imagen, el incremento de las concentraciones de Fe(II) aumentó significativamente la fotodegradación de los tensioactivos en las aguas residuales de lavandería. Mayores cantidades de radicales OH proporcionadas por mayores concentraciones de Fe(II) condujeron a una fotodegradación eficiente. Sin embargo, el efecto de fotodegradación del surfactante no cambió cuando las concentraciones de Fe(II) incrementando

de forma positiva. En este caso, el H_2O_2 tuvo una reacción con el Fe(II) . Por tanto, a pesar del exceso de Fe(II) y el H_2O_2 (Dincer et al., 2008).

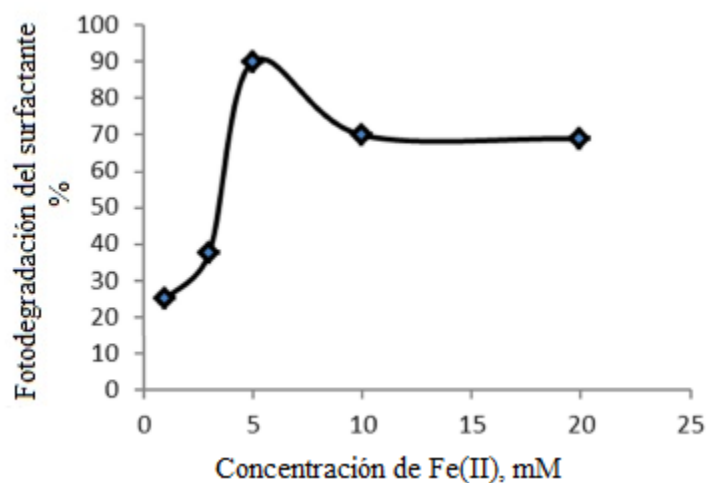


Figura 14. La influencia de la concentración de Fe(II)

Fuente: Wahyuni et al. (2016)

3.2.2.2 La influencia de la concentración de H_2O_2

Por otro lado, se mencionó que el H_2O_2 formará radicales OH cuando se exponga a la luz ultravioleta, que se utilizará para la fotodegradación del tensioactivo. Asimismo, es útil investigar los efectos en las concentraciones de H_2O_2 . En la figura 15 muestra que concentraciones crecientes de H_2O_2 conducen a una fotodegradación mayor de los tensioactivos, Aunque las concentraciones de H_2O_2 incremento más, pareció disminuir la fotodegradación drásticamente. La razón es la misma que la explicada anteriormente

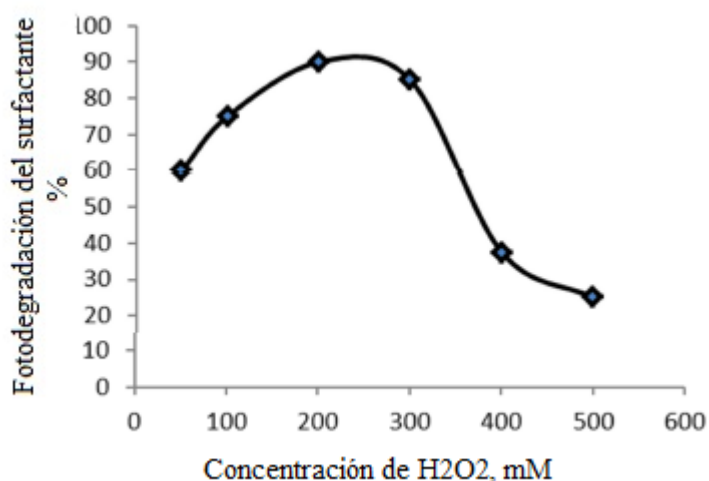


Figura 15. La influencia de la concentración de H₂O₂

Fuente: Wahyuni et al. (2016)

3.2.2.3 La influencia del pH del proceso

La figura 16 se observa la fotodegradación de los tensioactivos en función del pH durante los procesos de fotofenton. El pH es mínimo ya que el Fe(II) existe como Fe²⁺, teniendo una reacción rápidamente con H₂O₂ para obtener grandes cantidades de radicales OH. Sin embargo, debido a que el exceso de moléculas de hidrógeno en el H₂O₂ para formar iones de peroxiacetona (H₃O₂⁺), reacciona menos con el Fe²⁺, lo que da como resultado menos radicales OH. Por lo tanto, la eficiencia de la fotodegradación es baja.

El aumento del pH a 3 dio como resultado una mayor fotodegradación del tensioactivo. La protonación de H₂O₂ se puede evitar elevando el pH o reduciendo la cifra de moléculas de hidrógeno. Por lo tanto, debería haber más H₂O₂ para que la fotodegradación tenga un progreso eficaz.

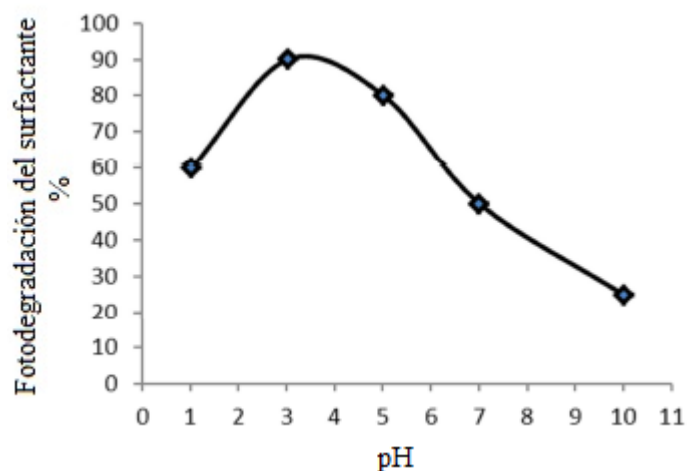


Figura 16. La influencia del pH del proceso

Fuente: Wahyuni et al. (2016)

Se incremento de manera adicional en el pH da como resultado una fotodegradación menos eficiente de los tensioactivos. Como se mencionó anteriormente, a un pH más alto, el H_2O_2 puede desligarse en oxígeno y el agua. Cuando el Fe^{2+} convirtiéndose en Fe^{3+} en las reacciones (11), tienen una reacción con el OH^- para precipitar como $Fe(OH)_2$ y $Fe(OH)_3$. Estas condiciones inhiben significativamente la foto-degradación.

3.2.2.4 La influencia de los tiempos de los procesos

El efecto de los tiempos de tratamiento sobre la fotodegradación de los tensioactivos se muestra en la imagen 17 Se puede ver en la figura que a medida que aumentaba el tiempo de tratamiento, la fotodegradación se enriquecía y se alcanzaba la fotodegradación sea dentro de las 3 horas de tratamiento. Por último, las 3 horas de tratamiento, la generación de radicales OH se saturó y continuó la fotodegradación.

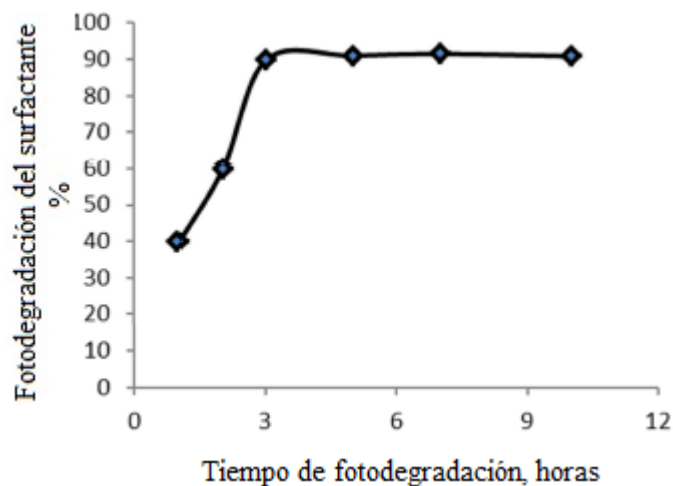


Figura 17. La influencia del tiempo de fotodegradación del surfactante

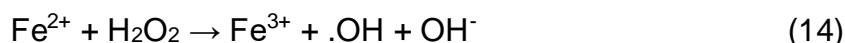
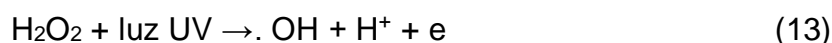
Fuente: Wahyuni et al. (2016)

3.2.3 Comparación de la efectividad de la fotodegradación del surfactante por UV/TiO₂/H₂O₂ y UV/Fe(II)/H₂O₂

Las condiciones óptimas se obtuvieron estudiando las causas que interfieren en la eficiencia de los tensioactivos durante el proceso UV/TiO₂/H₂O₂ y UV/Fe(II)/H₂O₂. La Tabla 1 resume estas condiciones asimismo también muestra los procesos de UV/Fe(II)/H₂O₂ es eficiente y más corto en términos de fotodegradación del tensioactivo que la siguiente fase UV/TiO₂/H₂O₂. Los radicales OH surgen de la fotólisis de H₂O₂ bajo luz ultravioleta y la reacción de Fe²⁺ con H₂O₂ para formar Fe³⁺. Inmediatamente se minimiza a Fe²⁺, y siguientemente tenga otra reacción de H₂O₂ en la formación radical OH. Estas reacciones repetidas produjeron más radicales OH en comparativa con UV/TiO₂/H₂O₂. Las reacciones sucesivas se representan como reacciones (13) a (15).

Tabla 1. Condiciones óptimas en la fotodegradación de surfactante de 100 mL de agua residual de lavandería (Wahyuni et al., 2016).

Variables del proceso	Valor óptimo	
	UV/TiO ₂ /H ₂ O ₂	UV/Fe/H ₂ O ₂
Masa de TiO ₂	40	-
Concentración de H ₂ O ₂ (mM)	30	200
Concentración de Fe(II) (mM)	-	5
pH del proceso	5	3
Tiempo de reacción (h)	24	3
Grado de fotodegradación	75.24	90.15
Concentración del surfactante después de la fotodegradación (mg/L)	50.8	20.36



Las reacciones rápidas en el fotofenton son el resultado de un sistema homogéneo que promueve un contacto eficiente entre los reactivos. Por otro lado, las dosis que tienen polvo de TiO₂ en UV/TiO₂/H₂O₂. Asimismo, las concentraciones son más altas de TiO₂ dan como resultado una mayor turbidez, lo que inhibe la penetración de la luz. Esta inhibición da como resultado una baja fotodegradación. En cuanto a la velocidad de reacción, el TiO₂ también tarda más en liberar radicales OH en un sistema heterogéneo.

Además, la concentración final de tensioactivo en ambas fases no cumplió con el estándar de calidad de 0,50 mg/l establecido por el gobierno de Indonesia. Esto puede deberse a los tensioactivos en las muestras de aguas residuales.

Para poder ejecutar los estándares y protocolos de calidad , se realizó una segunda parte de las dos etapas de fotodegradación y los resultados se visualizan en la imagen 1. 18. Como se puede ver en la figura, la concentración de surfactante en las dos etapas UV/TiO₂/H₂O₂ y UV/Fe(II)/H₂O₂ se puede reducir de 50,08 mg/L a 0,48 mg/L y 20,36 mg/L. alcanzó 0,26 mg/L según los estándares de calidad del gobierno de Indonesia, re

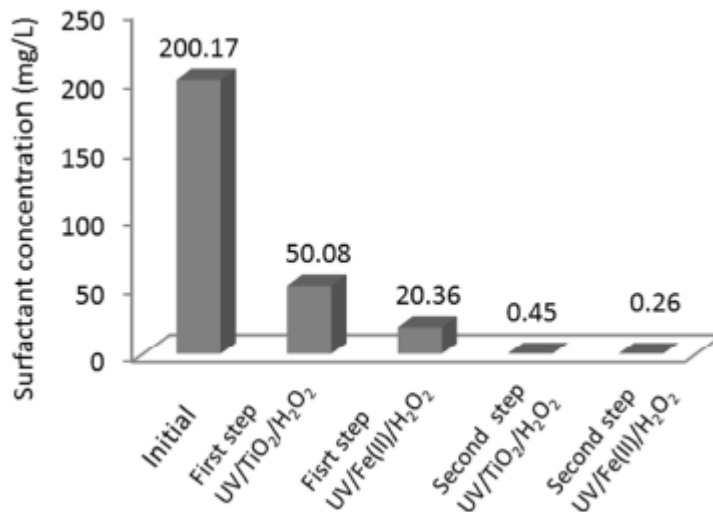


Figura 18. Disminución de la concentración de surfactante en el agua residual por los procesos UV/TiO₂/H₂O₂ y UV/Fe(II)/H₂O₂

Fuente: Wahyuni et al. (2016)

Los resultados muestran que, al aplicar el segundo paso ya que disponen grandes cantidades radicales OH, siendo que el tensioactivo residual en el agua residual después de la primera fotodegradación es mínima.

CAPITULO IV

4. CONCLUSIONES

- La fotocatálisis son métodos eficientes y controlados con el fin de eliminar los deteritivos de las aguas residuales.
- Los parámetros del agua alcanzada es utilizable para el riego de zonas verdes. Siendo eficiente en tener un degrado fotocatalítica de los deteritivos y detergentes en las aguas residuales se controló mediante las concentraciones de TiO_2 , el pH, y la del H_2O_2 en los tiempos de tratamiento.
- Para la degradación los deteritivos comerciales son de materiales puros del 12%, las concentraciones optimas de los catalizadores fue de 35 mg TiO_2/L . Los sistemas de fotodegradación UV/Fe(II)/ H_2O_2 fue superior al sistema UV/ TiO_2 / H_2O_2 , que fue superior al sistema UV/ TiO_2 .
- Se demostró un mejor progreso de la fotodegradación de los detergentes en las aguas residuales empleando estos dos pasos (sistema UV/ TiO_2 / H_2O_2 y sistema UV/Fe(II)/ H_2O_2). Las tasas de interés efectivas son 99.77% y 99.87% respectivamente.

CAPITULO V

5. RECOMENDACIONES

- Distribuir el detergente en la fuente y antes de que ingrese al sistema de alcantarillado.
- Utiliza el proceso más maduro: UV/Fe(II)/H₂O₂, denominado proceso Fenton. Los procesos UV/Fe(II)/H₂O₂ se utiliza preferentemente en dos pasos consecutivos.
- En lugar de H₂O₂ u otros tipos de fotocatalizadores (p. ej., SiO₂), pruebe con otros oxidantes.

CAPITULO VI

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Muñoz, C. (2014). Fotocatálisis heterogénea para el abatimiento de tensoactivos aniónicos en aguas residuales. *Producción + Limpia*, 6(2), 92-107.
- De la Cruz, G. (2014). Estudio de la eliminación de Contaminantes Emergentes en aguas mediante Procesos de Oxidación Avanzados. (Tesis de doctorado). Universidad de Barcelona. Programa de Doctorado: Ingeniería y Tecnologías Avanzadas.
- Dincer, A., Karakay, N., Gunes, E, y Gunes, Y. (2008). Removal of COD from oil recovery Industry Wastewater by Advanced Oxydation Processes (AOP) based on H₂O₂. *J. Global Nest*, 10 (1), 31-38.
- Eriksson, E., Auffarth, K, Henze, M., Ledin, A. (2011). Characteristics of grey wastewater. *Urban Water*; 4, 85–104.
- Hakimi, G., Studnicki, H., y Ghazali, M. (2003). Photocatalytic destruction of potassium hydrogen phthalate using TiO₂ and sunlight: application for the treatment of industrial wastewater. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 154, 219–228.
- Herrera, O. (2014). Degradación de contaminantes presentes en el agua mediante fotólisis solar. (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México. Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería.
- Mera, A. (2009). Fotocatálisis heterogénea para el tratamiento de desechos líquidos, utilizando dióxido de titanio E-171 y Degussa P-25. *Re'Takvn*, 1(1), 54-67.
- Nan Chong, M., Bo Jin, C., Chow, C., Chris, S. (2010). Recent developments in photocatalytic water treatment, technology: A review. *Water Research*, 44, 2997- 3027.
- Ogundiran, M. A., Fawole, O. O, Adewoye, S. O., y Ayandiran, T. A. (2010). Toxicological Impact of Detergent Effluent on Juvenile of African Catfish. *Agr. Bio. J. N. Am.*, 1 (3), 330-342.

- Ruiz, F. (2011). Comportamiento ambiental de tensoactivos comerciales aniónicos y no iónicos. (Tesis maestría). Universidad de Granada, Departamento de Ingeniería Química, España.
- Saquib, M., Tariq, M. A., Haque, M. M., and Muneer, M. (2009). Photocatalytic Degradation, Disperse Blue I Using UV/TiO₂/H₂O₂ Process. *J. Environ. Manage*, 88, 300-306.
- Tabrizi, G., y Mehrvar M., (2017). Pilot-Plant Study for The Photochemical Treatment of Aqueous Linear Alkylbenzena sulfonate, *Sep. Purif. Technol.*, 49, 115-121.
- Taffarel, S. R., and Rubio, J., 2010, Adsorption of Sodium Dodecyl Benzene Sulfonate form Aqueous Solution Using a Modified Natural Zeolite with CTAB, *J. Min. Eng.*, 23, 771-779.
- Tolentino, C. (2017). Proceso de oxidación fotocatalítica mediante dióxido de Titanio (TiO₂) y luz Ultravioleta (UV) para el tratamiento del agua residual de la lavandería del Instituto Nacional de Salud del Niño, San Borja – 2017. (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Lima, Perú.
- Visitación, L., y Gamboa, N. (2005). Degradación fotocatalítica de detergentes en efluentes domésticos. *Revista de Química*, 12, 3-11. Departamento de Ciencias, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Wang, B., Kong, W., Ma, H., Gu, L. (2007). Electrochemical treatment of anionic surfactants in synthetic wastewater with three dimensional electrodes. *Journal of Hazardous Materials*, 137, 1532-1573.
- Wani, S., Husain, M., y Diware, R. (2015). Detergent Removal from Sullage by Photo-catalytic Process.
- Wahyuni, T., Roto, R., Sabrina, M., Anggraini, V., Leswana, N., Vionita, A. (2016). Photodegradation of Detergent Anionic Surfactant in Wastewater Using UV/TiO₂/H₂O₂ and UV/Fe²⁺/H₂O₂ Processes. *American Journal of Applied Chemistry*; 4 (56): 174-180.
- Yaacoubi, A., Baudu, M., Souabi, M., Aboulhassan, M. (2007). Removal of surfactant from industrial wastewaters by coagulation flocculation process. *International Journal of Environmental Science and Technology*; 3(4), p. 327-332.

Zamudio, E. (2010). Tratamiento biológico de las aguas residuales generadas en el lavado de 3. suelos contaminados con hidrocarburos del petróleo. (Tesis Maestría en Bioprocesos). México D.F: Instituto Politécnico Nacional. Unidad profesional interdisciplinaria de biotecnología.



ACTA DE SUSTENTACIÓN

Siendo las 14:30 horas del 09 de Agosto del 2019, se reunió en la Sala de sustentaciones de la FIOIA, los miembros del Jurado, integrado:

- Msc. Juan Carlos Díaz Vistación : Presidente
- Msc. James Jenner Guerrero Braco : Secretario
- Dr. Iván Coronado Zuloaga : Vocal

designado por Decreto N° 378-2016-D-FIOIA, del 12 de Junio del 2016, para evaluar el Trabajo de Suficiencia Profesional denominada: "Fotocatalisis para la degradación de detergente en aguas residuales", presentado por el Bachiller Wilson Alfredo Mendoza Correa, egresado de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, sustentación autorizada por Decreto 108-2019-D-FIOIA del 06 de agosto de 2019, participante del XXVI Programa de Titulación Actualización Profesional de Ingeniería Química, este acto se desarrolla en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos, para la obtención del título de Ingeniero Químico, el trabajo fue presentado por el Dr. Luis Antonio Pozo Sudepe, oficializando por Decreto N° 313-2014-D-FIOIA y su modificación por Decreto N° 355-2015-D-FIOIA, del 23 de mayo del 2015. Después de la sustentación del trabajo, el Bachiller a sustentado las preguntas planteadas por el Jurado. Después el Jurado deliberó, obteniéndose el siguiente resultado: Wilson Alfredo Mendoza Correa, aprobado por UNANIMIDAD, con mención de BUENO.

El Presidente del Jurado comunicó el resultado y dio por finalizado el acto académico a las 15:45 horas, y se firmó el acta.

Msc. Juan Carlos Díaz Vistación

Presidente

Msc. James Jenner Guerrero Braco

Secretario

Dr. Iván Coronado Zuloaga

Vocal

Dr. Luis Pozo Sudepe

ASESOR

CONSTANCIA DE APROBACION DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Dr. LUIS ANTONIO POZO SUCLUPE, Docente/ Asesor de tesis/Revisor del trabajo de investigación, del (los) estudiante (s).

WILSON ALFREDO MENDOZA CORREA

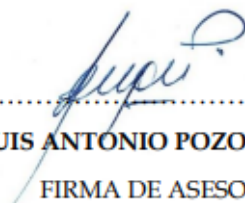
Titulada:

**FOTOCATALISIS PARA LA DEGRADACION DE DETERGENTES EN AGUAS
RESIDUALES**

Luego de la revisión exhaustiva del documento constato que la misma tiene un índice de similitud de 13% verificable en el reporte de similitud en el programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Lambayeque, 20 de Marzo del 2023.


.....
Dr. LUIS ANTONIO POZO SUCLUPE
FIRMA DE ASESOR

Tesis14-02-23 Cuarta Pasada

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%	14%	1%	1%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unprg.edu.pe	11%
	Fuente de Internet	
2	1library.co	2%
	Fuente de Internet	
3	hdl.handle.net	<1%
	Fuente de Internet	
4	article.sciencepublishinggroup.com	<1%
	Fuente de Internet	
5	agualatinoamerica.com	<1%
	Fuente de Internet	
6	chl.sika.com	<1%
	Fuente de Internet	
7	ambiental.unam.mx	<1%
	Fuente de Internet	
8	es.conveyorbearing.com	<1%
	Fuente de Internet	
9	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
	Fuente de Internet	



10	revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe	<1 %
Fuente de Internet		

11	www.millenniumassessment.org	<1 %
Fuente de Internet		

12	www.scielo.org.co	<1 %
Fuente de Internet		

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

fup



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Trabajo Suficiencia Profesional - Mendoza Correa Mendoza ...
Título del ejercicio:	Trabajo suficiencia profesional - Mendoza Correa Wilson Al...
Título de la entrega:	Trabajo suficiencia profesional - Mendoza Correa Wilson Alfr...
Nombre del archivo:	INFORME_FINAL_FOTOCALISIS_PARA_SUSTENTAR.docx
Tamaño del archivo:	837.05K
Total páginas:	50
Total de palabras:	8,170
Total de caracteres:	45,993
Fecha de entrega:	20-mar.-2023 11:15a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega...	2041801688

