



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“REDUCCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DISUELTA,
MEDIANTE EL PERÓXIDO DE HIDRÓGENO COMO
TRATAMIENTO INDEPENDIENTE, DESPUÉS DE CADA
PROCESO DEL TRATAMIENTO (FÍSICO - QUÍMICO) DE AGUAS
INDUSTRIALES PROVENIENTES DE LA ACTIVIDAD
PETROLERA HACIA LA EMPRESA PLUSAMBIENTE S.A.”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORA: NATACHA MIROSLAVA CARPIO MORENO

TUTOR: DR. FAUSTO MANOLO YAULEMA GARCÉS

ORELLANA – ECUADOR

2017

©2017, Natacha Miroslava Carpio Moreno

Se utiliza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: **“REDUCCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DISUELTA, MEDIANTE EL PERÓXIDO DE HIDRÓGENO COMO TRATAMIENTO INDEPENDIENTE, DESPUÉS DE CADA PROCESO DEL TRATAMIENTO (FÍSICO - QUÍMICO) DE AGUAS INDUSTRIALES PROVENIENTES DE LA ACTIVIDAD PETROLERA HACIA LA EMPRESA PLUSAMBIENTE S.A.”** de responsabilidad de la señorita Natacha Miroslava Carpio Moreno, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Dr. Fausto Manolo Yaulema Garcés
**DIRECTOR DE TRABAJO
DE TITULACIÓN**


.....

14/04/2019
.....

Dr. Gerardo José León Chimbolema
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**


.....

12/04/2019
.....

Yo, Natacha Miroslava Carpio Moreno, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación

Riobamba, 26 de junio de 2017



NATACHA MIROSLAVA CARPIO MORENO

C.I. 171440372-0

Yo, Natacha Miroslava Carpio Moreno soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el trabajo de titulación y el patrimonio intelectual del trabajo de titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo

Natacha Miroslava Carpio Moreno

C.I171440372-0

DEDICATORIA

Dedico mi Trabajo de Titulación primeramente a Dios por ser mi fortaleza y mi guía en cada paso que doy.

A mi madre querida, que ha sido el pilar fundamental en mi formación cómo persona y profesional, que gracias a sus valores y principios, han formado una mujer con visión de lucha y perseverancia ante la vida diaria.

A mi hermano Juan Carpio, por ser un ejemplo a seguir en cuánto a responsabilidad, constancia y grandes deseos de superación.

A mi esposo Luis Domínguez Sánchez, que ha sido mi apoyo constante para que pueda culminar mí carrera con mucho éxito, su gran amor y paciencia durante mi trayecto para poder cumplir mi objetivo.

A mis hijos Lalesska, Nicolás, Casstiel y mi pequeño Luckas que en algún momento de mi vida pensé rendirme, pero con sus palabras de aliento y su amor infinito, me han dado la fortaleza y los deseos de seguir preparándome y superándome día a día, y han sido la clave principal para que logre mi sueño de ser quién ahora soy una Ingeniera.

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), por abrirme las puertas de la enseñanza y sabiduría.

Al Dr Fausto Manolo Yaulema Garcés (Tutor), por brindarme sus conocimientos y haberme tenido paciencia para guiarme durante todo el desarrollo del Trabajo de Titulación. Mi agradecimiento también va dirigido al Ing Jenner Baquero por dirigirme y explicarme parte de su sabiduría, al Ing Roberto Chalacán por colaborarme con mi proyecto

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	xv
SUMMARY	xvi
CAPÍTULO I	
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Identificación del problema.....	1
1.2. Justificación de la investigación	2
1.3. Objetivos de la investigación	4
<i>1.3.1. Objetivo general</i>	<i>4</i>
<i>1.3.2. Objetivos específicos</i>	<i>4</i>
CAPÍTULO II	
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes de la investigación	5
2.2. Marco conceptual.....	6
2.3. Marco Legal	20
CAPÍTULO III	
3. METODOLOGÍA	23
3.1. Hipótesis y especificaciones de variables	23
3.1.1. Identificación de variables.....	23
3.1.2. Hipótesis	23
<i>3.1.1.1. Hipótesis General</i>	<i>23</i>
<i>3.1.1.2. Hipótesis Específicas</i>	<i>23</i>
3.2. Tipo y diseño de la investigación.....	23
<i>3.2.1. Esquema del proceso.....</i>	<i>24</i>
3.3. Unidad de análisis	27

3.4.	Población de estudio	27
3.5.	Tamaño de la muestra	27
3.6.	Selección y toma de la muestra.	27
3.7.	Técnicas de recolección de datos.....	27
3.7.7.	Lugar	44
3.7.8.	Ubicación.....	44
3.7.9.	Diseño multivariado.....	45
3.7.10.	Variables evaluadas	47
3.7.11.	Lugar de la investigación.....	47
3.8.	PROCESO EXPERIMENTAL.....	47
3.8.1.	Materiales y Métodos.....	47
	CONCLUSIONES.....	49
	RECOMENDACIONES.....	50
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Clasificación de los procesos avanzados de oxidación.....	18
Tabla 2-2: Potenciales Redox de algunos agentes oxidantes	19
Tabla 3-2: a) límites permisibles en el punto de descarga de efluentes (descargas líquidas)	22
Tabla 4-2: 4 b) límites permisibles en el punto de descarga de efluentes (descargas líquidas) ..	22
Tabla 1-3: Diseño experimental multivariado	26
Tabla 2-3: Manejo y conservación de muestras de agua según parámetros a ser analizados.	29
Tabla 3-3: Caracterización de Muestra en Blanco	33
Tabla 4-3: Caracterización de Muestra Línea Base	34
Tabla 5-3: Caracterización de Muestra 1 con 5ml de H ₂ O ₂ al 30%; tiempo de contacto 26 min rpm 300	35
Tabla 6-3: Caracterización de Muestra 2 con 5ml de H ₂ O ₂ al 30%	36
Tabla 7-3: Caracterización de Muestra 3 con 5ml de H ₂ O ₂ al 30%	37
Tabla 8-3: Caracterización CaO + H ₂ O ₂ al 30%	38
Tabla 9-3: Caracterización CaO+Al ₂ (SO ₄) ₃ + H ₂ O ₂ al 30%	40
Tabla 10-3: Concentración de H ₂ O ₂ y valores obtenidos	41
Tabla 11-3: Materiales y Métodos.....	48

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Esquema del proceso actual	24
Gráfico 2-3: esquema del proceso con H ₂ O ₂	25
Gráfico 3-3: Agua tratada con PAC y 5ml de H ₂ O ₂ al 30%	35
Gráfico 4-3: Agua tratada con PAC y 10 ml de H ₂ O ₂ al 30%	36
Gráfico 5-3: Agua tratada con PAC y 10 ml de H ₂ O ₂ al 30%	37
Gráfico 6-3: Agua tratada con Al ₂ (SO ₄) ₃ y 10ml de H ₂ O ₂ al 30%	39
Gráfico 7-3: Agua tratada con Cal + Al ₂ (SO ₄) ₃ y 5ml de H ₂ O ₂ al 30%	40
Gráfico 8-3: Concentración de H ₂ O ₂ y valores obtenidos DBO ₅	41
Gráfico 9-3: Concentración de H ₂ O ₂ y valores obtenidos DQO	42
Gráfico 10-3: Concentración de H ₂ O ₂ y valores obtenidos ST	42
Gráfico 11-3: Concentración de H ₂ O ₂ y valores obtenidos pH.....	43
Gráfico 12-3: Concentración de H ₂ O ₂ y valores obtenidos CE	43
Gráfico 13-3: Componentes en espacio rotado.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Empresa PLUSAMBIENTE S.A.....	2
Figura 1-3: Análisis del Blanco (muestra) - medición de CE.....	33
Figura 2-3: Análisis línea base - medición de pH	34
Figura 3-3: Medición en laboratorio de pH.....	34
Figura 4-3: Medición en laboratorio de pH.....	38
Figura 5-3: Muestra 2 con 10ml de H ₂ O ₂ al 30%, medición de pH	39
Figura 6-3: Base Plusambiente	44

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. Ensayos De Laboratorio Prueba De Jarras.

ANEXO B. Resultados de las pruebas de Laboratorio en AqLab.

LISTA DE ABREVIATURAS

CaO: Oxido de Calcio

pH: Potencial Hidrogeno

CE: Conductividad Eléctrica

H₂O₂: Peróxido de Hidrogeno

ml: Mililitros

mg/l: Miligramos por litro

V: Voltios

%: Porcentaje

°C: Grados centígrados

DBO: Demanda Biológica de Oxigeno

DQO: Demanda Química de Oxigeno

SST: Solidos suspendidos totales

ST: Solidos Totales

KCL: Cloruro de Potasio

Cl: Cloro

H₂O: Agua

RAOHE: Reglamento Ambiental de Operaciones Hidocarbúricas

TULAS: Texto Unificado de Legislación Ambiental

ISO: Organización Internacional de Normalización

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico

(US-EPA): Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

ECB: Oficina Europea de Sustancias Químicas

Oxi: Oxidación

Redox: Reducción

AOX: Métodos de oxidación avanzada

TOA's: Tratamientos de oxidación avanzada

RESUMEN

El objetivo fue reducir la materia orgánica disuelta, mediante el peróxido de hidrógeno como tratamiento independiente, después de cada proceso del tratamiento (físico-químico) de aguas industriales provenientes de la actividad petrolera hacia la empresa Plusambiente S.A. Se realizó un estudio sobre el impacto del uso de los floculantes y coadyuvantes en aguas industriales, para lo cual se aplicó un diseño experimental de tipo multivariado. La lógica de la investigación fue la siguiente: se efectuó un relevamiento de los parámetros físico - químicos, siempre adecuados en el chequeo de controles ambientales y pautas para la recolección de muestras representativas, mediciones y operaciones de la descarga de las aguas residuales que lleve a resultados coherentes y comparables en todos los análisis de la calidad de agua en la Empresa Plusambiente S.A. Se colocó en cada jarra de 500 ml de agua industrial, así como 5, 10, 15, 20 y 25ml de óxido de calcio CaO respectivamente. Se añadió 10 ml a cada muestra de $Al_2(SO_4)_3$, se sustrajo el agua clarificada (físico y químicamente), se añadió 10 ml de agua a cada muestra, decantando por completo las muestras; se procedió a tomar la alícuota para análisis en laboratorio donde se midieron los parámetros de Conductividad eléctrica, pH, sólidos totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) y Demanda Química de oxígeno (DQO); los resultados de las concentraciones correspondientes fueron los siguientes: 60,87% de DBO5 y 62,34% de la DQO. Se concluye que, siguiendo la continuidad de CaO, $Al_2(SO_4)_3$ y agua como agente reductor y oxidante bajan las concentraciones de la materia orgánica, siendo éste método conveniente y aplicable por sus resultados. Se recomienda el uso adecuado de cada reactivo para su respectivo procedimiento en la verificación y control de aguas industriales.

Palabras clave: <BIOTECNOLOGÍA>, <CALIDAD DE AGUA>, <MATERIA ORGÁNICA>, <FLOCULANTES>, <COADYUVANTES>, <ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO>, <PRUEBA DE JARRAS>, <PERÓXIDO DE HIDRÓGENO>



SUMMARY

The objective was to reduce the dissolved organic matter, using hydrogen peroxide as an independent treatment, after each treatment process (physical-chemical) of industrial waters from the oil activity towards the company Plusambiente SASE conducted a study on the impact of the use of flocculants and coadjuvants in industrial waters, for which an experimental multivariate design was applied. The logic of the investigation was as follows; A survey was made of the physical-chemical parameters, always adequate in the check of environmental controls and guidelines for the collection and representative samples, measurements and operations of the discharge of the wastewater that leads to coherent and comparable results in all the analyzes of the water quality in Empresa Plusambiente SA It was placed in each jar of 500 ml of industrial water, as well as 5,10,15,20 and 25 ml of CaO calcium oxide respectively. 10mñ was added to each sample of A12 (SO4) 3, the clarified water was removed (physically and chemically), 10 ml of water was added to each sample, decanting the samples completely; We proceeded to take the aliquot for the analysis in the laboratory where the parameters of electrical conductivity, pH, total solids, Biochemical Oxygen Demand (BOD5) and Chemical Oxygen Demand (COD) were measured; the results of the corresponding concentrations were the following: 60.87% of BOD5 and 62.34% of the COD. It is concluded that, following the continuity of CaO, A12 (SO4) 3 and water as reducing agent and oxidizer, the concentrations of organic matter decrease, this method being convenient and applicable for its results. It is recommended the adequate use of each reagent for its respective procedure in the verification and control of industrial waters.

Keywords: <BIOTECHNOLOGY>, <WATER QUALITY>, <ORGANIC MATTER>, <FLOCCULANTS>, <COADYUVANTS>, <PHYSICOCHEMICAL ANALYSIS>, <TRACT JUGS>, <HYDROGEN PEROXIDE>.



CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Identificación del problema

La industria hidrocarburífera, pese al cambio de tecnologías las compañías sigue aún contaminando los componentes ambientales agua, aire y suelo.

La materia orgánica, es uno de los contaminantes que se descargan tanto al suelo como los afluentes, los mismos que tienen su autodepuración, pero cuando existe una sobre carga hace que se sature el sistema de autodepuración natural. (Andalucía., 2011)

La materia orgánica, presente en un líquido residual consisten en una amplia variedad de compuestos orgánicos (Los compuestos orgánicos son sustancias químicas formados principalmente por combinaciones diferentes de carbono, hidrogeno, oxígeno y nitrógeno, tienen propiedades especiales que son útiles para el ser humano) , en especial en el sector petrolero, ésta materia orgánica tiende a permanecer en algunos casos por largos periodos de tiempo, porque, al ser productos fabricados por el hombre, tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos. (Echarri ., 2007).

La materia orgánica en exceso puede causar graves daños a la salud, tanto del hombre y de animales, con enfermedades como el cólera o la malaria que tienen su origen en el agua y las proliferaciones de bacterias agotan el oxígeno, impidiendo la vida acuática. (Echarri ., 2007).

Las contaminaciones de los cauces de los ríos provienen en parte de las descargas de las aguas residuales con un tratamiento incompleto que conllevan a un elevado consumo de oxígeno y pérdida de vida acuática. (García., 2010).

Dentro del sector hidrocarburífero, existe diversas actividades, pero la más importante es la de perforación, donde el consumo de agua es excesivo, llegando a utilizar más de 15000 barriles por pozo perforado. (Plusambiente., 2015).

Estas aguas llegan a PLUSAMBIENTE S.A., para ser tratadas y devueltas al ambiente.



Figura 1-1: Empresa PLUSAMBIENTE S.A
Realizado por: Natacha Carpio, 2017

PLUSAMBIENTE S.A., es una empresa de gestión de desechos entre ellos, transporte, manipulación, tratamiento, disposición final, que cuenta con una licencia ambiental que cubre sus actividades, la empresa fue creada para satisfacer las necesidades de las empresas petroleras en las cuales hay o se generan desechos peligrosos y no peligrosos, para los cuales se debe dar una disposición final adecuada sin afectar el ambiente y cumpliendo la ley.

1.2. Justificación de la investigación

La presente Investigación se basa en los tratamientos de Oxidación avanzado (TOAs'), que en los últimos años, ha sido uno de los más eficientes para descontaminación de aguas residuales, causados por las actividades hidrocarburíferas en nuestro país. (Alvarez., 1995).

El Impacto Ambiental de una determinada actividad industrial involucra las perturbaciones que ésta genera sobre el medio circundante. Las empresas deben tomar medidas que minimicen, que corrijan y que compensen posibles efectos negativos (mitigación). Una importante consideración de diseño y funcionamiento de las fábricas modernas es minimizar las pérdidas del proceso y tratar los efluentes para que su impacto en el ambiente sea mínimo. (Alvarez., 1995).

Los efluentes de la industria hidrocarburífera causan daños considerables a las aguas receptoras si se descargan sin tratamiento, ya que tienen una alta demanda bioquímica de oxígeno DBO₅, demanda química de oxígeno DQO. (Alvarez., 1995).

Los efectos de la materia orgánica son diferentes según se trate de materia orgánica biodegradable o no biodegradable. La primera provoca una disminución del oxígeno disuelto por consumo de éste en los procesos de degradación, reduciendo la capacidad de autodepuración de un río. Cuando se ha consumido todo el oxígeno disuelto, la degradación se torna anaeróbica, desapareciendo la vida animal y apareciendo compuestos típicos de la putrefacción, generalmente mal olor, como el sulfhídrico, la putrescina, etc. La segunda puede presentar efectos diferentes como son la acumulación en los tejidos animales y la toxicidad. (Alvarez., 1995).

La tendencia en los actuales momentos es disminuir la concentración de las sustancias contaminantes en los vertidos industriales.

La presente investigación tiene como finalidad devolver el agua residual con la mínima cantidad de materia orgánica medidas en DQO y DBO₅ a un cauce natural, que cumplan los límites permisibles y más que eso, que no contribuya a la contaminación de los ríos. (Alvarez., 1995).

Plusambiente S.A., recibe aguas de las industrias petroleras, de diferentes procesos, las cuáles son altamente contaminadas con una alta carga de Químicos y Materia Orgánica, estas aguas llegan a la base, mediante vacuums, y son depositadas en la planta de tratamiento, para realizar la respectiva prueba de jarras y verificar la dosificación para su uso.

Para Plusambiente S.A., el peróxido de hidrogeno H₂O₂, es un compuesto que nos ayudara eficiente y eficazmente al tratamiento de aguas industriales con altas cargas de materia orgánica, el peróxido es muy similar al agua (óxido de hidrógeno) y que tiene propiedades altamente oxidantes, ya que su poder de oxidación es mayor al del cloro.

También como el agente activo en la desinfección es el oxígeno generado en la reacción de descomposición del peróxido, este se pierde rápidamente y no tiene efecto residual, por lo que no es conveniente emplearlo si el agua no se consume inmediatamente y se almacena para su posterior consumo. Otra desventaja es el control de la dosis agregada, ya que la cuantificación de cloro libre residual es fácil de realizar, pero no la de peróxido. En la industria de alimentos, en la fabricación de papel y otros procesos, se emplea con frecuencia este desinfectante por las ventajas que ofrece sobre el cloro. (Oocities., 2013).

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Reducir la materia orgánica disuelta, mediante el peróxido de hidrógeno como tratamiento independiente, después de cada proceso del tratamiento (físico-químico) de aguas industriales provenientes de la actividad petrolera hacia la empresa PLUSAMBIENTE S.A.

1.3.2. Objetivos específicos

Caracterizar el agua proveniente del proceso de perforación de pozos petroleros que llegan a la Empresa PLUSAMBIENTE S.A, para ser tratadas.

Determinar las concentraciones y dosis óptimas de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, H_2O_2 , Cal y Polímero necesaria para la remoción de la materia orgánica disuelta, de aguas industriales de los procesos de perforación de pozos petroleros.

Determinar que ensayo presenta la mayor eficiencia para el tratamiento de las aguas industriales de los procesos de perforación de pozos petroleros.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Todas las industrias del país en especial la hidrocarburífera, se caracteriza por ser la industria con la tasa de consumo de agua para sus diferentes procesos en especial los de perforación de pozos ubicados en la zona Oriental del Ecuador. (Salas., 2008).

La perforación de pozos es un tema muy complejo de analizar, pues todos sus procesos necesitan del líquido vital, entre ellos tenemos (Perforación, fluidos de perforación, cementación de pozos, para uso per cápita, lavado de equipos, etc.). (Salas., 2008).

El tratamiento en área remotas es complicado, por el tema de Logística de equipos, y esto sumado al impacto que causa la movilización de equipos para este tipo de tratamiento, hay aguas que para cumplir la normativa ambiental solo necesitan de un proceso físico – químico, pero en su mayoría estas aguas necesitan de un tratamiento avanzado. (Salas., 2008).

Las aguas provenientes de este sector contienen una cantidad elevada de materia orgánica, expresada en DBO₅ y DQO, SST, este efluente es tratado, cumpliendo la normativa ambiental al límite, pero trayendo dificultad a la hora de decidir qué proceso utilizar para minimizar tiempos de tratamiento y espacio de disponibilidad de recepción. (Salas., 2008).

Actualmente en Ecuador, no tenemos estudios del uso de Peróxido de hidrógeno H₂O₂ como un método empleado para la reducción de la carga orgánica dentro del proceso de tratamiento de aguas industriales. (Salas., 2008).

Existe estudios realizados usando el reactivo Fenton (H₂O₂ / Fe²⁺) para el tratamiento de aguas residuales de una refinería de petróleo, en la facultad de Ingeniería Química, de la universidad Nacional de San Marcos, teniendo resultados positivos y una conclusión de que. La sosa gastada

que se estudió proviene de la refinería Conchan, la cual contuvo una alta concentración de DQO (20160 mg/L), fenoles totales (1800 mg/L), un pH elevado (12.2) y H₂ S (4mg/L). El tratamiento que se utilizó fue el reactivo Fenton en condiciones ácidas (pH = 4). En cuanto al reactivo Fenton se obtuvieron concentraciones residuales de fenoles totales de 25 mg/L (99% de remoción), la remoción de DQO alcanzó un 90% con una relación 1:10 (Fe²⁺ / H₂ O₂) y un tiempo de reacción de 15 min. (Salas., 2008).

México D.F., 2008, Electrocoagulación asistida con H₂O₂ de aguas residuales, bajo condiciones de laboratorio, los rendimientos del método resultaron ser efectivos para la reducción de todos los contaminantes del agua residual doméstica, los rendimientos del método electroquímico resultaron efectivos para la reducción de todos los contaminantes del agua residual doméstica. La turbidez se redujo hasta un 98 %, la DQO hasta en un 83 % y el OD hasta en un 79 %. (Guerra., 2008).

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Características de las aguas residuales industriales

Las características de las aguas residuales industriales dependen principalmente del tipo de industria, del uso final en la misma, igualmente del proceso productivo instalado, por tal motivo dos industrias con productos similares suelen presentar aguas residuales con niveles de contaminantes diferentes. Los compuestos orgánicos e inorgánicos se encuentran en aguas residuales procedentes de instalaciones industriales diversas. A diferencia de las aguas residuales domésticas. Los efluentes industriales contienen con frecuencia sustancias que no se eliminan por un tratamiento convencional, bien por estar en concentraciones elevadas, o bien por su naturaleza química. (Guerra., 2008).

2.2.2. Perforación de pozos petroleros

Durante la perforación básicamente se tritura la roca, produciendo un tipo de desechos llamados cortes de perforación. En este proceso se utilizan lubricantes o lodos de perforación. Estos sirven de lubricantes y refrigerantes de la broca, extraen los ripios o cortes de producción resultantes, cubren las paredes del hoyo para que no se derrumben, crean un peso adicional sobre la broca que le ayuda a avanzar en el corte y balancean la presión hidrostática del pozo mediante la circulación de los lodos a lo largo de la broca y su retorno a la superficie con el objetivo de evitar que los flujos del subsuelo fluyan sin control a la superficie. El lodo de perforación es un fluido en base a agua o aceite (principalmente diesel). La composición química precisa puede variar mucho de un pozo a otro. (Moñino., 2008).

2.2.3. Tratamiento de aguas residuales

Química del Agua

La molécula de agua se forma de dos átomos de hidrogeno unidos a un átomo de oxigeno formando un ángulo de 105° , tomando una forma asimétrica, dipolar por la irregular distribución de las cargas eléctricas, determinan la formación de enlaces de hidrogeno. Como resultado de los enlaces de hidrogeno la atracción intermolecular es muy fuerte y la energía de liberación para forma vapor es alta. (Moñino., 2008).

Esta estructura particular de la molécula de agua produce alta tensión superficial y constante dieléctrica. La constante dieléctrica representa el factor por el cual hay que dividir las fuerzas entre dos partículas próximas, por ejemplos, dos iones del signo opuesto al hallarse dentro del agua, de allí se deriva su capacidad de dilución y el carácter particularmente ionizante de los medios acuosos para sales. (Moñino., 2008).

La molécula de agua en contacto con una estructura cristalizada iónica se orienta alrededor de los iones exteriores neutralizando la fuerza de atracción de los iones interiores y liberaciones del cristal, al mismo tiempo que los hidrata evitando su retorno a la red cristalina. En el agua los iones se mantienen como tales con sus cargas eléctricas dotándola de un poder conductor de disolución no solo para sólidos iónicos sino para sustancias gaseosas y sólidos no iónicos convirtiéndose en el disolvente más universal que existe. (Moñino., 2008).

(Andalucia, 2011).

2.2.4. Tratamientos físicos aplicables a los residuos efluentes industriales

Dentro del amplio abanico de posibilidades que hoy en día nos ofrece la ingeniería química, se incluyen una serie de operaciones o transformaciones de orden físico que se sustentan en las llamadas “operaciones básicas”, entre ellas, la separación de líquido con sólido (materia orgánica). Este proceso lleva a apartados como:

2.2.4.1. *Sedimentación*

Es un proceso de separación que se da en sistema de dos fases, normalmente sólido-líquido, aunque también puede aplicarse en separaciones líquido-líquido, como es el caso de mezcla de agua-aceite y grasas.

El mecanismo de sedimentación o decantación de partículas en el seno de un líquido transportador es complejo, con la intervención de múltiples factores, como sin forma y tamaño de la partícula, viscosidad del líquido, densidad de la partícula y frotamiento (número de reynolds). (Andalucía, 2011).

2.2.4.2. *Coagulación y Floculación*

Son procesos cuya misión es aumentar la eficacia de un tratamiento de sedimentación o decantación de fluidos residuales en los que las partículas sólidas en suspensión son de muy pequeño tamaño que impiden su sedimentación natural o se trata de disoluciones coloidales que habrá que inestabilizar para que sea efectiva la separación de fases.

Es sabido que la estabilidad de las partículas coloidales se debe a que se encuentran dotadas de carga eléctrica. Su estructura consiste en una doble capa iónica en la interfase sólido-líquido, la primera fija y la segunda móvil.

Generalmente, los coloides presentes en aguas residuales se encuentran cargados negativamente, como resultado de una acción en tres etapas.

- a) La partícula adsorbe iones de un signo, en este caso negativos, por ejemplo, OH^- , Cl^- , etc.
- b) Iones de signo contrario, de carga positiva, son atraídos por la capa anterior, aunque en menos cantidad, por ejemplo, H^+ , Na^+ , etc., dando como resultado un conjunto eléctricamente negativo, con carácter fijo.
- c) Finalmente, el resto de los iones de signo contrario en este caso, positivos, y totalmente móviles, se dispersan en la solución con una concentración mayor en las proximidades de las partículas. A medida que nos alejamos de la capa negativa fija, decrece la

concentración de cargas positivas y restablece la dispersión por igual, de positivas y negativas, dejando de ser perceptible la carga del coloide. (Andalucía, 2011).

Sustancias coagulantes y reacciones de coagulación

Las sustancias que se añaden en el proceso de coagulación se llaman “coagulantes”, siendo los más utilizados para el tratamiento de flujos residuales acuosos. (Andalucía, 2011).

a) Sulfato de Aluminio

Es el coagulante más empleado. La coagulación resulta de su reacción con los bicarbonatos del agua.



Al igual que las demás sustancias coagulantes producen precipitados voluminosos por la unión de partículas neutralizadas de origen coloidal. (Andalucía, 2011).

Factores que afectan a la coagulación

b) Naturaleza de la materia en suspensión

La composición del flujo residual puede ser de origen inorgánico, tales como carbonato cálcico, sílice, hidróxido férrico, azufre, manganeso, etc., o bien de naturaleza orgánica.

Al encontrarse en estado coloidal y tener igual carga, se produce un efecto de repulsión que impide un acercamiento y, por tanto, unión. Será necesario utilizar una sustancia coagulante de carga eléctrica opuesta para que se produzca la neutralización y facilite la floculación.

Los flujos más difíciles de tratar son los que presentan un grado alto de coloración, carácter de turbidez y bajo contenido de materia inorgánica disuelta. (Andalucía, 2011).

c) Temperatura

El aumento de temperatura favorece la coagulación, de manera que a menor temperatura se requiere mayor dosis de coagulante. (Andalucía, 2011)

El efecto de la temperatura se ve reflejado en la constante de rapidez de reacción y en la variación de la solubilidad del peróxido. La temperatura es inversamente proporcional a la solubilidad del peróxido, de tal modo que la cantidad de ozono disponible para la reacción

disminuye con un incremento en la temperatura, lo cual puede dar lugar a una disminución en la degradación del contaminante.

d) pH

Ya se ha indicado al tratar las sustancias coagulantes, que su efectividad se ajusta a distintas bandas de PH, por lo que su control es fundamental para la buena marcha del proceso.

e) Orden de adición de reactivos

Si el flujo residual presenta cantidades importantes de materia orgánica, que perjudica la coagulación, habrá de eliminarse en primer lugar, añadiendo, para ello, un oxidante. A continuación, se agregará el coagulante, con el corrector de pH, si fuese necesario.

Aspectos generales sobre la biodegradación

Biodegradación

La biodegradación es el proceso mediante el cual los microorganismos transforman los compuestos orgánicos, la mayoría de las veces en productos menos tóxicos que los compuestos originales. La biodegradación puede ser “primaria” y conducir a simples alteraciones estructurales del compuesto, o bien implicar su conversión a productos inorgánicos de bajo peso molecular y constituyentes celulares, en cuyo caso se denomina “biodegradación última” o “mineralización” (Albarran, 2010)



Biodegradabilidad

La biodegradabilidad ha sido definida como la capacidad intrínseca de una sustancia a ser transformada en una estructura química más simple por vía microbiana, dicha transformación implica un proceso mediante el cual el microorganismo modifica dicha sustancia que ha absorbido previamente, para dar posteriormente productos que pueden ser excretados o reabsorbidos (Ottensmeyer y Albertsson, 1992; Lazcano et al., 2003). Para su evaluación se han diseñado una serie de pruebas, las cuales buscan cuantificar el grado de persistencia de estructuras químicas en ambientes naturales o industriales. En general consiste en la incubación de la sustancia problema en un medio mineral con los microorganismos más convenientes bajo condiciones ambientales controladas, durante un lapso determinado de tiempo (generalmente 28

días) y mantener el seguimiento de la biodegradación usando la técnica analítica más adecuada. (Albarran, 2010)

Las pruebas de biodegradabilidad más utilizadas a nivel internacional son las publicadas expedidas por parte de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). De ellas se deriva la mayoría de los métodos estandarizados por la Organización Internacional de Normalización (ISO), por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA) y por la Oficina Europea de Sustancias Químicas (ECB). (Albarran, 2010)

En el esquema establecido por el Programa de Evaluación de Productos Químicos de la OCDE, la biodegradabilidad de una sustancia se determina utilizando tres niveles sucesivos de ensayo: las pruebas de biodegradabilidad inmediata, de biodegradabilidad intrínseca y desimulación (OCDE, 1992). En la Tabla 1.7 se muestran las pruebas que la OCDE ha propuesto para cada nivel de evaluación, así como las pruebas ISO, US-EPA y ECB correspondientes. (Albarran, 2010)

Floculantes o coadyuvantes de la floculación

Una vez producida la desestabilización del coloide por la acción del coagulante, la segunda fase consistirá en aglomerar las partículas mediante colisiones sucesivas que se verán favorecidas con agitación magnética

Esta segunda fase es la floculación y al igual que en la coagulación, una serie de sustancias puede añadirse al flujo residual para favorecer este proceso, son las llamadas “floculantes o coadyuvantes de la floculación”, cuya acción se ve reflejada en mejorar la velocidad de interacción entre partículas y la calidad de los floculos (más pesados, más voluminosos y coherentes).

Los floculantes se pueden clasificar según su naturaleza en minerales u orgánicos. Según su origen, en naturales o sintéticos y por signo de su carga eléctrica en aniónicos, catiónicos y no iónicos.

Entre las sustancias floculantes de origen mineral se encuentran, la sílice activada, la bentonita, ciertas arcillas, etc.

El desarrollo de la química orgánica ha permitido obtener floculantes más activos que los de origen mineral. Así, a partir de productos naturales como los alginatos (extractos de algas) y de los almidones, se han fabricado sustancias floculantes, aunque no tan efectivas como los

obtenidos de forma sintética. Estos son polímeros de alto peso molecular y solubles en agua, entre ellos, la poliacrilamida (polímero no iónico) de peso molecular ente 1 y 30 millones. (Andalucía, 2011)

Tratamientos químicos aplicables a los residuos acuosos.

Existe un elevado número de reacciones químicas que podrían ser aprovechadas para des-toxificar flujos residuales de distinto origen industrial, sin embargo, y dadas las características que, en general, presentan estos residuos, los procesos químicos más utilizados por su eficacia para alcanzar la finalidad pretendida, son, reacciones de neutralización reacciones de precipitaciones oxidación-reducción, para determinados tipos de residuos, también habrá que considerar otros procesos, unos a nivel de laboratorio y otros a nivel industrial para determinados tipos de residuos, como de cloración, fotólisis y clorólisis entre otros. (Andalucía, 2011)

Métodos de oxidación avanzada (TAO_x)

Para los contaminantes orgánicos refractarios, los procedimientos generalmente usados, resultan inadecuados para alcanzar el grado de pureza requerido por ley o por el uso ulterior del efluente tratado. En estos casos y cada vez más crecientemente, se está recurriendo en los países industrializados al uso de las llamadas Tecnologías o Procesos de Oxidación Avanzados (TAO_x), muy poco aplicados y, peor aún, menos difundidos en los países de economías emergentes como los de América Latina.

Las TAO_x son especialmente útiles como pretratamiento antes de un tratamiento biológico para contaminantes resistentes a la biodegradación o como proceso de postratamiento para efectuar un pulido de las aguas antes de la descarga a los cuerpos receptores. Los procesos involucrados poseen una mayor factibilidad termodinámica y una velocidad de oxidación muy incrementada por la participación de radicales, principalmente el radical hidroxilo, •OH. Esta especie posee propiedades adecuadas para atacar virtualmente a todos los compuestos orgánicos y reaccionar 10⁶ -10¹² veces más rápido que oxidantes alternativos como el O₃. (Salas., 2010)

Precipitación

Consiste en la eliminación de una sustancia indeseable, por adición de un reactivo que forme un compuesto insoluble con el mismo, facilitando así su eliminación por cualquiera de los métodos descritos en la eliminación de la materia en suspensión

Un reactivo de muy frecuente uso en este tipo de operaciones es el Ca^{2+} , dada la gran cantidad de sales insolubles que forma, por ejemplo, es el método utilizado para la eliminación de fosfatos (nutrientes). Además, posee cierta capacidad coagulante, lo que lo hace su uso masivo en aguas residuales urbanas y muchas industriales de características parecidas. (Handle, 2010)

Neutralización

Según la teoría de Arrhenius, se define la “neutralización” como el proceso por el cual, y mediante una reacción química, un ácido entre en contacto con una base o álcali, para formar una sal y agua, según la ecuación:



Cabría preguntarse, ¿en qué casos sería aconsejable utilizar esta reacción química en el tratamiento de residuos peligrosos?

La decisión requiere un conocimiento previo de las características del flujo residual, en la mayor parte de los casos provenientes de procesos extractivos en los que utilizan agentes químicos de gran agresividad que provocan la aparición de residuos con valores de pH que condicionan sus posibles tratamientos por procesos físicos, así como la utilización de determinados materiales con los que han de entrar en contacto en los procesos de detoxificación química (reactores, conducciones, etc.). Por tanto, la finalidad que se concede a estos tratamientos químicos, pasa, por una parte, de disminuir o anular la toxicidad, posibilitando, así, su vertido a un cauce. (Andalucía, 2011)

Agentes Neutralizantes

Los reactivos que mayor utilización presentan, para la neutralización de flujos residuales de origen industrial son los siguientes:

- ***Lechada de cal o hidróxido cálcico***

Se trata de un producto químico muy utilizado en reacciones de neutralización debido a su bajo precio, aunque presenta los inconvenientes de su baja solubilidad en agua, su lenta velocidad de reacción y la formación de precipitados, como es el caso de los residuos contenido ácido

sulfúrico, al originarse sulfato cálcico, lo que obligaría a utilizar un decantador posteriormente. (Andalucía, 2011)

- ***Carbonato de calcio***

Presenta los mismos inconvenientes que el reactivo anterior en cuanto a la cinética de la reacción, además de ser muy insoluble en agua. Al tratarse de reactivos de origen natural, llevan formando parte de su composición, otros elementos que provocan la aparición de gran cantidad de lodos, su utilización está recomendada para neutralizar flujos residuales muy ácidos a través de lechos filtrantes de este material, aprovechando, también su bajo precio en el mercado. Suele producir CO₂ como resultado de la neutralización. (Andalucía, 2011)

Oxidación Química

Es un proceso químico de tratamiento de flujos residuales industriales, por el cual, mediante una reacción entre reactivo y contaminante, se produce una transferencia electrónica, que origina un cambio sustancial en el comportamiento químico de ambos. Así, un elemento no peligroso como es el caso de ciertos compuestos nitrogenados, sulfurados o los cianurados. (Andalucía, 2011)



El contaminante Red₂ es oxidado por un agente oxidante Ox₁, que a su vez es residuo pasando por la forma Red₁.

La posibilidad de que se produzca ésta interacción se determina por medición eléctrica y se caracteriza por lo que conocemos como potencial de oxidación-reducción o potenciación redox, que es una función de la actividad de las formas oxidada y reducida de un determinado compuesto químico.

Agentes Oxidantes

Los reactivos que son mayoritariamente utilizados en un proceso de oxidación química de flujos residuales de origen industrial son los siguientes:

- **Cloro(Cl_2)**

Es uno de los reactivos más utilizados debido a su alto poder oxidante y bactericida de flujos residuales orgánicos, al destruir determinadas enzimas indispensables para el desarrollo de microorganismos patógenos.

Encuentra su principal aplicación de aguas residuales acuosos y en depuración de aguas para el consumo humano; sin embargo, en flujos residuales de origen industrial, es importante su aportación en la detoxificación de residuos cianurados.

El mecanismo de reacción de cloro con el agua, en flujos residuales acuosos es el siguiente:

a) Reacción primaria



b) Reacción secundaria



Estas reacciones están controladas por el pH, ya que su variación afecta el sentido del equilibrio. Así, a $pH < 2$, la reacción a) está desplazada a la izquierda, estando todo el cloro en forma molecular como Cl_2 . Si el $pH = 5$. El cloro molecular ha desaparecido, encontrándose, totalmente, como ácido hipocloroso ($HClO$). Por último, a $pH > 10$, el cloro estará en forma de ion hipoclorito (ClO^-). (Andalucía, 2011)

- **Hipoclorito sódico ($NaClO$)**

Este reactivo oxidante es conocido como agua de javel o lejía y su utilización está bastante por su efectividad y bajo costo, ya que presenta un alto contenido en cloro activo que se valora en grados clorométricos (cantidad de cloro libre en litros, en condiciones normales, que tienen el mismo poder oxidante que 1kg., de producto).

$$1 \text{ grado clorométrico} = 3,17 \text{ gr., de } Cl_2 \text{ por kg}$$

Al igual que los dos reactivos anteriores, es utilizado en la detoxificación de flujos residuales cianurados. Debe utilizarse en ausencia de metales como Cobre, Níquel, Manganeso, Cobalto y

sus elecciones, así como el acero, ya que actúan como catalizadores descomponiendo en reactivo. (Andalucía, 2011)

- ***Oxígeno(O₂)***

La molécula de oxígeno se obtiene por destilación del aire en instalaciones criogénicas o mediante la absorción selectiva, del aire, sobre tamices moleculares. Presenta un potencial de oxidación de 1,23 V, el más bajo de los reactivos oxidantes frecuentes, aunque, por activación catalítica y radiación ultravioletas, puede alcanzar buenos resultados en la detoxificación de efluentes residuales orgánicos. (Andalucía, 2011)

- ***Ozono(O₃)***

Es un gas en estado natural, como el oxígeno siendo una variedad alotrópica de este. Su estabilidad es baja, por lo que debe producirse en el lugar en el que vaya a ser utilizado, haciendo pasar una corriente de aire o de oxígeno entre dos electrodos sometidos a una diferencia de potencial comprendida entre 10.000 y 20.000 V

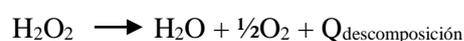
Se utiliza para la oxidación de compuestos de hierro y manganeso, reacción que se tiene lugar en las llamadas “torres de contacto”, en las que se hace pasar una corriente de aire ozonizado a contracorriente con el flujo residual. (Andalucía, 2011)

- ***Peróxido de Hidrogeno (H₂O₂)***

Conocido como agua oxigenada, es un reactivo oxidante que se obtiene por oxidación, con aire, con un derivado de la antraquinona. Se utiliza en procesos de oxidación química de flujos residuales ricos en compuestos tales como sulfuros, nitritos y sulfitos.

Presenta ventajas sobre los agentes oxidantes clorados, problemáticos en determinadas condiciones, tampoco produce precipitados, como le ocurre al permanganato potásico.

En su reacción, el peróxido de hidrogeno se descompone en H₂O y O₂ que aumenta la biodegradabilidad del efluente, sin embargo, al no ser biocida, su acción al residual no distorsiona el posterior tratamiento biológico. La labor de detoxificación del peróxido se ve forzada por la utilización de sales metálicas como catalizadores. La utilización de este agente oxidante es recomendable para el tratamiento de flujos residuales con DQO elevada. (Andalucía, 2011)



- *Ozono / Peróxido de Hidrógeno*

La adición de peróxido de hidrógeno a los sistemas de ozonizaciones es una de las formas más inmediatas de acelerar la descomposición de ozono a la formación de radicales hidroxilos (OH). El H₂O₂ es un ácido débil, un poderoso oxidante y un compuesto inestable. Los usos de estos dos oxidantes combinados permiten aprovechar los efectos sinérgicos entre ellos, lo que produce una destrucción adicional a la carga orgánica. Entre las posibles mezclas de agentes oxidantes, la combinación peróxido de hidrógeno y ozono es sin duda la más usada. (Andalucía, 2011)

- *Cantidad de peróxido de hidrógeno*

En cuanto al peróxido, generalmente el porcentaje de degradación del contaminante es proporcional a la dosis de peróxido de hidrógeno (Kng., 2000).

Sin embargo, se debe cuidar la cantidad del oxidante debido a que el peróxido de hidrógeno residual contribuye a la DQO, por tanto, no se recomienda un exceso en la cantidad adicional. Además, la presencia de peróxido de hidrógeno daña a muchos de los microorganismos, esto afectaría la eficiencia total de la degradación, donde la oxidación de Fenton se utiliza como tratamiento previo a la oxidación biológica. (Kng., 2000).

Ventajas de los procesos de oxidación

Entre las ventajas de los procesos de oxidación podemos mencionar.

- No cambia de fase al contaminante (como ocurre en el arrastre con aire o en el tratamiento con carbón activado), sino que lo transforman químicamente.
- Generalmente se consigue la mineralización total o parcial del contaminante.
- Usualmente no genera lodos que a su vez requieren de un proceso de tratamiento y/o disposición.
- Son muy útiles para contaminantes refractarios que resisten otros métodos de tratamiento, principalmente el biológico.
- Sirven para tratar contaminantes a muy baja concentración

- Son ideales para disminuir la concentración de compuestos formados por pretratamientos alternativos, como la desinfección.
- Generalmente, mejoran las propiedades organolépticas del agua tratada.
- En muchos casos, consumen mucha menos energía que otros métodos (por ejemplo, la incineración).
- Permiten transformar contaminantes refractarios en productos tratables luego por métodos más económicos como los procesos biológicos.
- Eliminan efectos sobre la salud de desinfectantes y oxidantes residuales como el cloro. (Kng., 2000).

Tabla 1-2: Clasificación de los procesos avanzados de oxidación.

Procesos no fotoquímicos	Procesos fotoquímicos
Ozonización en medio alcalino ($O_3 + OH^-$)	Fotólisis directa (UV)
Ozonización con peróxido ($O_3 + H_2O_2$) y relacionados	Fotólisis del agua en el ultravioleta de vacío (UUV)
Procesos Fenton ($Fe^{2+} / Fe^{3+} + H_2O_2$)	UV/peróxido de hidrógeno (UV + H_2O_2)
Oxidación electroquímica	Fotocatálisis heterogénea (UV + semiconductor)
Radiolisis	Desinfección (UVC)
Plasma no térmico	

Fuente: Forero (2005)

Los POAs son especialmente útiles como pretratamiento antes de un tratamiento biológico para contaminantes resistentes a la biodegradación o como proceso de pos-tratamiento para efectuar una limpieza de las aguas antes de la descarga a los cuerpos receptores. (Doménech., 2001).

La eficiencia de estos procesos se debe a que involucran una mayor factibilidad termodinámica y una velocidad de oxidación muy incrementada por la participación de radicales, principalmente el HO^\bullet . Esta especie posee propiedades adecuadas para atacar virtualmente a todos los compuestos orgánicos y reaccionar 10^6 - 10^{12} veces más rápido que oxidantes alternativos como el ozono O_3 . La alta reactividad de los radicales HO^\bullet permite la oxidación de substratos orgánicos e inorgánicos por un mecanismo de radicales libres a altas velocidades, aún a temperaturas ambiente (López., 1999).

Tabla 2-2: Potenciales Redox de algunos agentes oxidantes

Especie	E ⁰ (V)@25°C
Flúor	3.03
Radical hidroxilo	2.80
Oxígeno atómico	2.42
Ozono	2.07
Peróxido de Hidrogeno	1.78
Radical perhidroxilo	1.70
Permanganato	1.68

Fuente: Forero (2005)

Limitaciones de las aplicaciones de agentes oxidantes avanzados

La principal limitación de aplicación práctica de los agentes oxidantes radica en los altos costos de los reactivos, como el O₃, el H₂O₂ o la fuente de energía, como la radiación UV. Sin embargo, debe notarse que generalmente los agentes oxidantes tienen los mayores rendimientos en la destrucción de contaminantes cuando los tratamientos biológicos no son factibles. (Kng., 2000).

Ventajas de las tecnologías avanzadas de oxidación

- No sólo cambian de fase al contaminante (como ocurre en el arrastre con aire o en el tratamiento con carbón activado), sino que lo transforman químicamente.
- Generalmente se consigue la mineralización completa (destrucción) del contaminante. En cambio, las tecnologías convencionales, que no emplean especies muy fuertemente oxidantes, no alcanzan a oxidar completamente la materia orgánica.
- Usualmente no generan barros que a vez requieren de un proceso de tratamiento y/o disposición. Son muy útiles para contaminantes refractarios que resisten otros métodos de tratamiento, principalmente el biológico.
- Sirven para tratar contaminantes a muy baja concentración (por ejemplo, ppb).
- No se forman subproductos de reacción, o se forman en baja concentración.
- Son ideales para disminuir la concentración de compuestos formados por pretratamientos alternativos, como la desinfección.
- Generalmente, mejoran las propiedades organolépticas del agua tratada.

- En muchos casos, consumen mucha menos energía que otros métodos (por ejemplo, la incineración).
- Permiten transformar contaminantes refractarios en productos tratables luego por métodos más económicos como el tratamiento biológico.
- Eliminan efectos sobre la salud de desinfectantes y oxidantes residuales como el cloro. (Domenech, 2004)

2.3. Marco Legal

Para el cumplimiento de descarga de efluentes contaminados

La República de Ecuador tiene como normativas ambientales respecto al control y prevención de la contaminación del recurso agua.

Constitución del Ecuador 2008

Art. 14.-Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Art. 411.-El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.

La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

Ley de Gestión Ambiental

Art. 12.-Son obligaciones de las instituciones del Estado del Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental en el ejercicio de sus atribuciones y en el ámbito de su competencia, las siguientes:

- a) Aplicar los principios establecidos en esta Ley y ejecutar las acciones específicas del medio ambiente y de los recursos naturales;

- b) Ejecutar y verificar el cumplimiento de las normas de calidad ambiental, de permisibilidad, fijación de niveles tecnológicos y las que establezca el Ministerio del ramo;
- c) Participar en la ejecución de los planes, programas y proyectos aprobados por el Ministerio del ramo;
- d) Coordinar con los organismos competentes para expedir y aplicar las normas técnicas necesarias para proteger el medio ambiente con sujeción a las normas legales y reglamentarias vigentes y a los convenios internacionales;
- e) Regular y promover la conservación del medio ambiente y el uso sustentable de los recursos naturales en armonía con el interés social; mantener el patrimonio natural de la Nación, velar por la protección y restauración de la diversidad biológica, garantizar la integridad del patrimonio genético y la permanencia de los ecosistemas;
- f) Promover la participación de la comunidad en la formulación de políticas para la protección del medio ambiente y manejo racional de los recursos naturales; y,
- g) Garantizar el acceso de las personas naturales y jurídicas a la información previa a la toma de decisiones de la administración pública, relacionada con la protección del medio ambiente.

Ley de Prevención y control de la Contaminación Ambiental

Art. 16.- Se concede acción popular para denunciar ante las autoridades competentes, toda actividad que contamine el medio ambiente.

Reglamento de Operaciones Hidrocarburíferas del Ecuador (RAOHE 1215)

Art. 86.- Parámetros. - Los sujetos de control y sus operadoras y afines en la ejecución de sus operaciones, para descargas líquidas, emisiones a la atmósfera y disposición de los desechos sólidos en el ambiente, cumplirán con los límites permisibles que constan en los Anexos No. 1, 2 y 3 de este Reglamento, los cuales constituyen el programa mínimo para el monitoreo ambiental interno y se reportarán a la Subsecretaría de Protección Ambiental conforme la periodicidad establecida en el artículo 12 de este Reglamento.

En caso de exceder un límite permisible establecido en los anexos, se debe reportar inmediatamente a la Subsecretaría de Protección Ambiental y justificar las acciones correctivas tomadas.

Tabla 3-2: a) límites permisibles en el punto de descarga de efluentes (descargas líquidas)

a) EFLUENTE (punto de descarga)					
Parámetro	Expresado en	Unidad	Valor límite permisible	Promedio anual	Destino de descarga
Potencial Hidrogeno	pH	...	5<pH<9	5<pH<9	Todos
Conductividad eléctrica	CE	uS/cm	<2500	<2000	Continente
Hidrocarburos totales	TPH	mg/l	<20	<20	Continente
Hidrocarburos totales	TPH	mg/l	<30	<30	Mar abierto
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	<120	<80	Continente
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	<350	<300	Mar abierto
Sólidos totales	ST	mg/l	<1700	<1500	Todos
Bario	Ba	mg/l	<5	<3	Todos
Cromo (total)	Cr	mg/l	<0.5	<0.4	Todos
Plomo	Pb	mg/l	<0.5	<0.4	Todos
Vanadio	V	mg/l	<1	<0.8	Todos
Nitrógeno global	NH ₃ N	mg/l	<20	<15	Todos
Fenoles		mg/l	<0,15	<0,10	Todos

Fuente: RAHOE 1215

Tabla 4-2: 4 b) límites permisibles en el punto de descarga de efluentes (descargas líquidas)

a) INMISION (punto de control en el cuerpo receptor)					
Parámetro	Expresado en	Unidad	Valor límite permisible	Promedio anual	Destino de descarga
Temperatura		°C	+3°C		General
Potencial Hidrogeno	pH	...	6<pH<8	6<pH<8	General
Conductividad eléctrica	CE	uS/cm	<170	<120	Continente
Hidrocarburos totales	TPH	mg/l	<20	<20	Continente
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	<30	<20	General
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's)	C	mg/l	<0,0003	<0,0002	General

Fuente: RAHOE 1215

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Hipótesis y especificaciones de variables

3.1.1. Identificación de variables

DEPENDIENTES:

- DQO, DBO₅, ST, pH, CE

INDEPENDIENTES:

- Aguas Industriales provenientes del proceso de perforación de pozos petroleros.

3.1.2. Hipótesis

3.1.1.1. Hipótesis General

- Mediante la utilización de $Al_2(SO_4)_3$, H_2O_2 , CaO y Polímero (PAC es un tipo de éter de celulosa no iónico) es posible la disminución de materia orgánica de aguas industriales provenientes del proceso de perforación de pozos petroleros.

3.1.1.2. Hipótesis Específicas

- Las características iniciales del agua industrial influyen en el método de eliminación de la materia orgánica disuelta.
- Las concentraciones y dosis de $Al_2(SO_4)_3$, H_2O_2 , CaO y Polímero, reducen la materia orgánica disuelta de las aguas industriales provenientes del proceso de perforación de pozos petroleros.
- El uso del H_2O_2 , es el más eficiente para la disminución de la materia orgánica disuelta de aguas industriales provenientes del proceso de perforación de pozos petroleros.

3.2. Tipo y diseño de la investigación

El tipo de investigación es de carácter experimental debido a la interpretación de los efectos causales de las variables independientes sobre la o las variables dependientes.

El diseño de la investigación es experimental, ya que se manipulará variables causales en relación a la variable de interés. De los resultados obtenidos se genera información, la cual corrobora al descubrimiento de un nuevo hecho, o confirmara los ya existentes

3.2.1. Esquema del proceso

Proceso actual

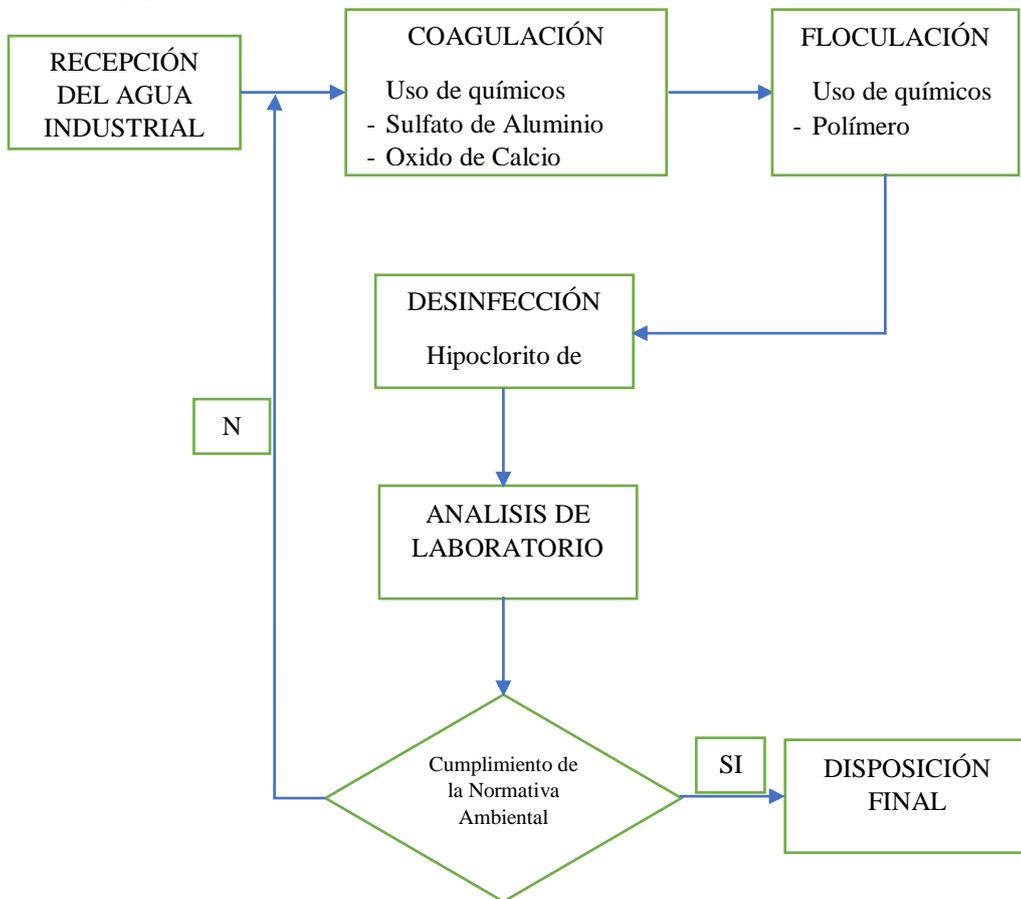


Gráfico 1-3: Esquema del proceso actual
Realizado por: Natacha Carpio

Proceso actual + Peróxido de Hidrógeno

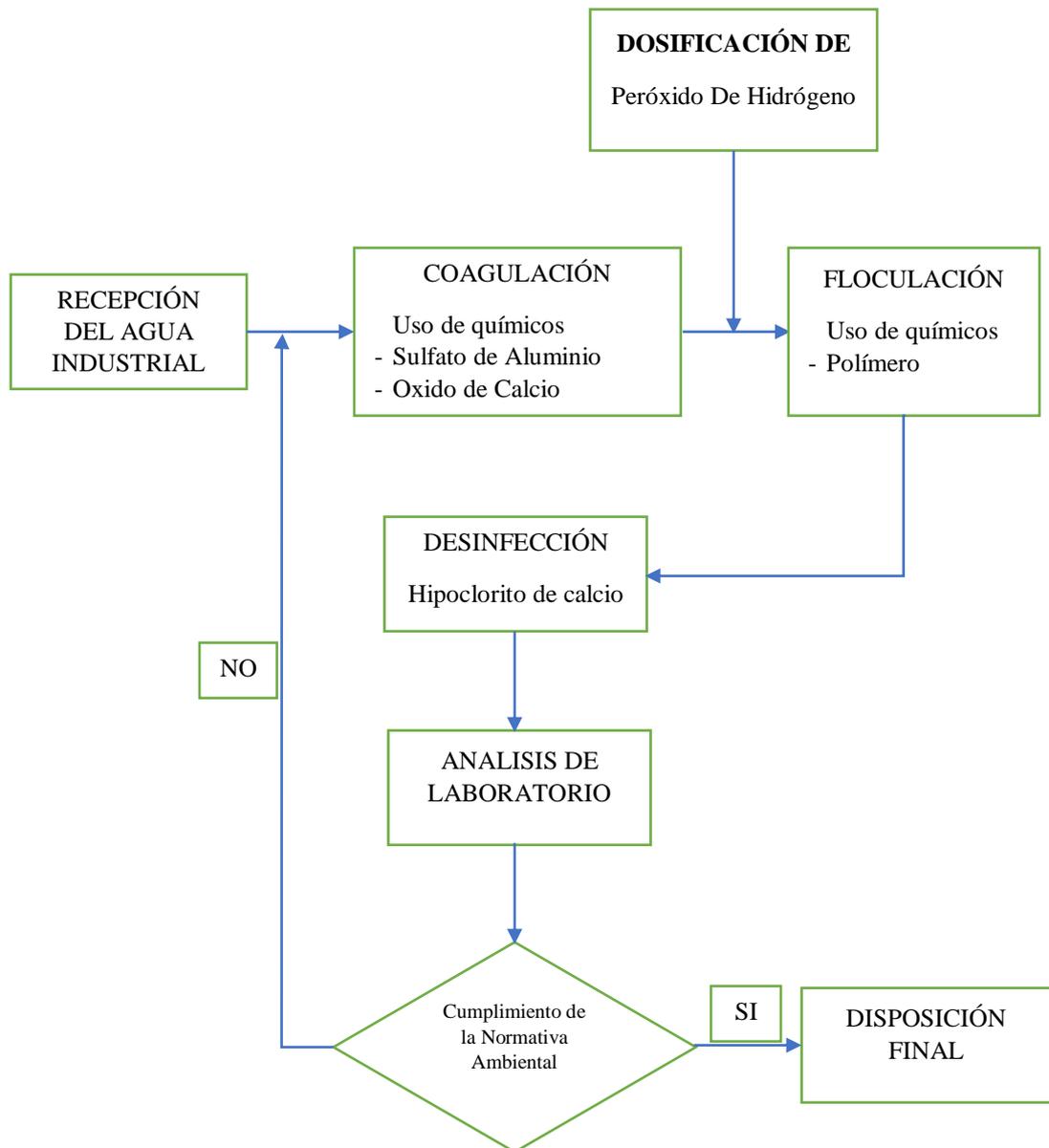


Gráfico 2-3: esquema del proceso con H₂O₂

Realizado por: Natacha Carpio

3.2.2. Distribución de las unidades experimentales

A, B= Tratamientos (1)

r1 = réplicas (10)

Tabla 1-3: Diseño experimental multivariado

INFORME N	IDENTIFICACION	COD AQLAB	DBO5	DQO	ST	pH	CE
7267	Agua Industrial, Inicial Sector Hidrocarburífero hacia la empresa Plus Ambiente.	a 6052	460 mg/L	1540 mg/L	4280,18 mg/L	8,48 ~	5,74 us/cm
7268	Agua Industrial, Al ₂ (SO ₄) ₃ .	a 6053	420 mg/L	1430 mg/L	3904,27 mg/L	7,13 ~	5,38 us/cm
7269	Agua Industrial, Al ₂ (SO ₄) ₃ . + CaO.	a 6054	860 mg/L	3200 mg/L	3977,95 mg/L	8,17 ~	4,47 us/cm
7270	Agua Industrial, CaO + Al ₂ (SO ₄) ₃ . + H ₂ O ₂	a 6055	280 mg/L	960 mg/L	3855,49 mg/L	7,43 ~	6,44 us/cm
7271	Agua Industrial, CaO + Al ₂ (SO ₄) ₃ . + Polímero.	a 6056	340 mg/L	1340 mg/L	4061,45 mg/L	7,98 ~	5,7 us/cm
7272	Agua Industrial, CaO + 20ml Al ₂ (SO ₄) ₃ .	a 6057	520 mg/L	2060 mg/L	4234,94 mg/L	7,16 ~	4,14 us/cm
7273	Agua Industrial, CaO + 20ml Al ₂ (SO ₄) ₃ .+ 20ml H ₂ O ₂ .	a 6058	640 mg/L	2225 mg/L	4229,44 mg/L	6,73 ~	6,53 us/cm
7274	Agua Industrial, CaO + 10ml Al ₂ (SO ₄) ₃ .+ 10ml H ₂ O ₂ .	a 6059	900 mg/L	3475 mg/L	4199,71 mg/L	7,27 ~	17,09 us/cm
7275	Agua Industrial, 10ml H ₂ O ₂ +CaO +Al ₂ (SO ₄) ₃ . + Polímero.	a 6060	780 mg/L	2900 mg/L	4406,87 mg/L	8,56 ~	6,16 us/cm
7276	Agua Industrial, Al ₂ (SO ₄) ₃ + H ₂ O ₂ + CaO.	a 6061	660 mg/L	2475 mg/L	4251,62 mg/L	8,88 ~	4,4 us/cm
7277	Agua Industrial, CaO + H ₂ O ₂ + Al ₂ (SO ₄) ₃ + Polímero.	a 6062	620 mg/L	2250 mg/L	4080,6 mg/L	9,14 ~	6,12 us/cm

Realizado por: Natacha Carpio

3.3. Unidad de análisis

La unidad de análisis es el agua industrial proveniente del proceso de perforación de pozos petroleros en la planta de la empresa PLUSAMBIENTE S.A

3.4. Población de estudio

Se consideró como población al ingreso de agua industriales a la planta durante 3 días, esta agua, como es de procesos y de clientes diversificados, se homogeniza para ser procesada por la unidad de tratamiento.

3.5. Tamaño de la muestra

Las muestras son tomadas en el día, independientemente de la hora, ya que se explicó son homogenizadas, se realizó la toma de 37 muestras, las cuales fueron procesadas en laboratorio.

3.6. Selección y toma de la muestra.

La selección de la muestra no afecta en nuestro proceso, ya que el agua industrial es homogenizada anteriormente, tratando de que el agua sea uniforme o no presente alteraciones para ser tratada en la unidad

3.7. Técnicas de recolección de datos

3.7.1. Recolección de muestras

METODOLOGÍA Y EQUIPOS DE MUESTREO

Se efectuó un relevamiento de los parámetros físico químicos, que siempre conviene chequear en los controles ambientales y pautas para la recolección de muestras representativas, mediciones y operaciones de la Empresa Plusambiente S.A, en la descarga de las aguas residuales de acorde a una metodología que lleve a resultados coherentes y comparables todos los análisis de la calidad de agua.

El control de calidad de operaciones dentro de la empresa, se implementó la cadena de custodia para asegurar la integridad de la muestra desde su colecta hasta la medición de los parámetros a relevar en el laboratorio con identificación de los responsables del manejo de las mismas, preservantes empleados etc.

TOMA DE MUESTRAS

Una vez que se llegó al punto de descarga se tomó un envase seco guardándolo en un lugar seguro y limpio, hay que tener presente que no hay que enjuagar el frasco con el agua de las descargas. La muestra se colectó a mano en un recipiente de vidrio de un litro cada hora (muestra simple) durante 10 horas para luego llevar a una muestra compuesta y extraer 2 litros que se envió al laboratorio para los análisis físico- químicos, y la otra parte para las pruebas de degradación con el peróxido en el equipo de jarras.

- **Caracterizar una matriz ambiental:** Se refiere a los programas destinados a caracterizar una matriz ambiental en términos de la concentración de un producto. Aquí es importante la obtención de parámetros estadísticos que describan el comportamiento del hidrocarburo en el agua específico en las diferentes matrices ambientales.

- **Identificación de fuentes emisoras (Plusambiente S.A):** El muestreo destinado a identificar la fuente emisora es diseñado para caracterizar desde el punto del derrame, basado en un muestreo dirigido y de alta frecuencia.

Los valores de referencia aplicados a la calidad del agua contaminada con sustancias químicas en cantidades representativas en el cuerpo de agua y los sedimentos de uso agrícola son sometidos a una evaluación

Muestreo sistemático. Es aquel que se adopta una cadencia temporal repetitiva, con lo cual se obtienen series temporales de datos.

Equipos de muestreo: el muestreo se lo realizó con equipo de campo como un pH metro, conductímetro, botellas de vidrio ámbar de 1 litro.

TABLA GUIA PARA LA CONSERVACIÓN DE MUESTRAS

Tabla 2-3: Manejo y conservación de muestras de agua según parámetros a ser analizados.

Parámetro	Canti. Min.	Envases	Conservación	Almacenamiento
pH	50 ml	P	ninguna (opcional: refrigerar)	Pocas horas
Conductividad eléctrica	50ml	P	Ninguna	Pocas horas
Oxígeno disuelto	300 ml	V	Fijar O ₂ : 0,2 ml MnSO ₄ + 1ml KI/NaOH/NaN ₃	1 - 3 días
DBO5	900 ml	V	Refrigerar	Determin. Inmediata
DQO	10 ml	V	HNO ₃ conc. pH <2	Pocas horas
Acidez		V, P	Refrigerar	24 horas
Alcalinidad		V, P	Refrigerar	24 horas
Cloro		V	Ninguna	Determin. Inmediata
Cloruros		V, P	Ninguna	Varios meses
Fluoruros		V, P	Ninguna	Varias semanas(P)
Sulfatos		V, P	Refrigerar	Varias semanas
Fosfatos		V	Refrigerar	24 horas
Nitratos		V, P	H ₂ SO ₄ conc. pH<2, refrigerar	24 horas
Nitritos		V, P	Refrigerar	Determin. Inmediata
Amonio		V, P	H ₂ SO ₄ conc. pH<2, refrigerar	Varias semanas
Metales pesados	100 ml	V	5 ml HNO ₃ conc. /250ml	Varias semanas
Mercurio	100 ml	V	5 ml HNO ₃ conc./250 ml + K ₂ Cr ₂ O ₇	Varias semanas
Fenoles	100 ml	V	1g/l Cu SO ₄ + 2 ml/l H ₃ PO ₄ ;4°C	24 horas
Tensoactivos (MBAS)	100 ml	V	HNO ₃ o H ₂ SO ₄ ; pH<2	48 horas
Hidrocarburos totales TPH	500 ml	V	2ml/l H ₃ PO ₄ o H ₂ SO ₄ ; pH<2	48 horas
Hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAH)	1 - 2l	V	Refrigerar, protegido de la luz Extracto congelado	24 horas varios meses
Coliformes totales	50 - 1000ml	P,V	4°C; (1 ml de tiosulfato [2g/l])	24 horas
Salmonella	50 - 5000ml	P,V	4°C; (1 ml de tiosulfato [2g/l])	24 horas
Enterococos	50 - 1000ml	P,V	4°C; (1 ml de tiosulfato [2g/l])	24 horas
Aerobios totales	50 - 1000ml	P,V	4°C; (1 ml de tiosulfato [2g/l])	24 horas

Fuente: www.juntadeandalucia.es

Realizado por: Natacha Carpio

Envase V..... Vidrio; P.....plástico

En el muestreo para análisis microbiológico hay que tomar las precauciones y aplicar todos los estándares del trabajo microbiológico en general para evitar contaminación de muestras o envases.

Hay varias herramientas que se pueden utilizar para recolectar muestras de aguas. Las más comunes son el conductímetro y el pH metro. Un balde para colocar las muestras. El tamaño del envase debe ser lo suficientemente grande como para contener alrededor de unos 500ml de agua residual.

Puntos importantes:

Muchas veces el costo de un análisis de agua es demasiado costoso, pero no representa nada frente a los procesos de extracción de pozos petroleros. Sin embargo, se inició un plan de monitoreo con los recursos que tenemos disponibles. En lugares donde la pluma de contaminación se encuentra de una forma muy visible y fuera de ella también el plan de monitoreo incluye las siguientes etapas:

A). Se realizó medidas con equipos portátiles, como un medidor de pH. Esta herramienta nos da una lectura rápida de la acidez del agua. Sabemos que el pH está muy relacionado a ciertas características químicas, y físicas de un agua saludable.

B). Se envió las muestras de agua al laboratorio AqLab.

TRANSPORTE Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS

Manejo y transporte de las muestras

Una vez que las muestras fueron colectadas se envió inmediatamente al laboratorio. Los envases con las muestras individuales fueron sellados, con el objeto de evitar pérdidas de material. Es recomendable introducir los envases con las muestras en bolsas plásticas en caso de derrames accidentales. Los paquetes que contienen las muestras deben estar bien identificados y etiquetados. En el caso que existan sospechas de altas concentraciones de hidrocarburos en las muestras, ello debería indicarse en la identificación de la misma, de manera que el personal que las transporte tome las precauciones del caso. Las muestras deben ser mantenidas en frío, tomando las precauciones para mantenerlas a baja temperatura.

Equipos de toma de muestra

3.7.2. Manejo y control de muestras

- Envasadas y etiquetadas
- Mantenimiento y calibración de equipos
- Cadena de custodia

3.7.3. Método de Reducción de Materia Orgánica

Dilución del Peróxido de Hidrógeno

El H₂O₂ la podemos encontrar en concentraciones muy diferentes 3%, 5%, 8%, 17.5% 30% e incluso formas más concentradas. La que encontramos fácilmente en las farmacias es una dilución de H₂O₂ al 3% (es decir de cada 100 partes, 3 son de peróxido de hidrógeno y 97 de agua), también se puede ver como 10 volúmenes, esto quiere decir que aproximadamente, un volumen de agua oxigenada de esa concentración genera un volumen 10 veces mayor de oxígeno al de la disolución o lo mismo 3%: indica que hay 3 g de H₂O₂ por cada 100 g de disolución. Existen productos específicos en horticultura con concentraciones del 17.5% y del 30%, lo que recomendamos es trabajar con diluciones al tres por ciento antes de usar, ya que es mucho más seguro e igual de eficiente. Alta concentración puede causar daño a la piel y la ropa.

Unas formulas sencillas para poder trabajar en niveles confiables de dosificación, es conocer las diluciones a partir de fuentes de concentraciones diferenciadas:

1. Para pasar el % a volúmenes, se multiplica por 3,29 (el H₂O₂ al 3% es igual a 10 volúmenes. $3 \times 3,29 = 9,87$ aproximadamente 10 vol).
2. Para pasar volúmenes al tanto por ciento de peso, se divide por 3,29 (20 volúmenes es igual al 6%. $20 / 3,29 = 6,07$ aproximadamente 6 %)

Hay que aclarar algunas cosas previamente al respecto del uso del peróxido de hidrogeno. Podemos aparte de encontrar diversas concentraciones de la sustancia, también comercialmente podemos encontrar diversos grados de uso.

Dilución de sulfato de aluminio líquido de una concentración a otra.

Supóngase que se desea saber las cantidades de sulfato de aluminio líquido 36° Baumé y de agua necesaria para hacer 100 kilogramos de solución de sulfato de aluminio de 10%. De la tabla 2, Densidades y Equivalente de peso de soluciones de sulfato de aluminio comercial, encontramos que el sulfato de aluminio 36° Baumé contiene 48.18% de sulfato de aluminio libre de hierro.

$(10\% * 100\text{kg}) / 48.18\% = 20.75$ kilogramos de sulfato de aluminio 36° Baumé $100 \text{ kg} - 20.75 = 79.25$ kilogramos de agua $20.75 + 79.25 = 100$ kilogramos de solución de sulfato de aluminio al 10% dónde se usa sulfato de aluminio comercial líquido, no es siempre práctico medir los grados Baumé a 15°C. En la tabla 1, las correcciones de temperatura para sulfato de aluminio

comercial libre de hierro se presentan para ser usadas en conjunción para corregir variaciones de temperaturas en lecturas de grados Baumé.

FLOCULANTES

Los floculantes utilizados en la Investigación son los siguientes:

- **Policloruro de Aluminio al 5%- PAC**

Relación Peso – Volúmen (g/ml)

Pesar 5g., de Policloruro de Aluminio, y disolverlo en 100 ml de agua

- **Sulfato de Aluminio al 5%- $Al_2(SO_4)_3$**

Pesar 5g., de Sulfato de Aluminio, y disolverlo en 100 ml de agua

- **Oxido de Calcio al 5%- CaO**

Pesar 5g., de Oxido de Calcio, y disolverlo en 100 mL de agua

COADYUBANTES

- **Polímero al 1%**

Pesar 1g., de Polímero, y disolverlo en 100 ml de agua

ANÁLISIS DEL BLANCO

Se procedió primero a realizar el análisis al blanco obteniendo los resultados que se encuentran en la cuadro N° 1.



Figura 1-3: Análisis del Blanco
(muestra) - medición de CE.
Realizado por: Natacha Carpio

Tabla 3-3: Caracterización de Muestra en Blanco

	pH	CE	DBO ₅	DQO	ST
Blanco	7,47	7,97	<10	<20	45

Realizado por: Natacha Carpio

LINEA BASE

Se toma la muestra de la unidad de tratamiento, previamente homogenizada, se procede a llevar a laboratorio con los respectivos protocolos, para su respectivo análisis.

A continuación se analizó la muestra de la descarga para tomar una referencia de línea base, los valores obtenidos están en la cuadro N° 2.

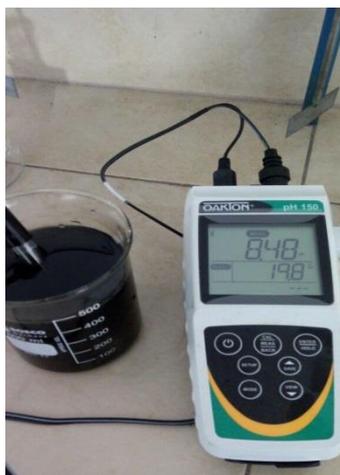


Figura 2-3: Análisis línea base –
medición de pH
Realizado por: Natacha Carpio

Tabla 4-3: Caracterización de Muestra Línea Base

	pH	CE	DBO ₅	DQO	ST
Línea Base	8,48	5,74	460	1540	4280

Realizado por: Natacha Carpio

Proceso utilizando Policloruro de Aluminio – PAC



Figura 3-3: Medición en laboratorio de pH
Realizado por: Natacha Carpio 2017

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Muestra 1 con 5ml de H₂O₂ al 30%

Se colocó en cada jarra de 500 ml agua industrial, se adicionó elevador de pH 10 ml, a cada una de las muestras, seguidamente se adicionó 5, 10, 15, 20 y 25ml de PAC, colocó los ensayos en el equipo de jarras con un tiempo de 26 min, divididos de la siguiente manera, 1 min a 300 rpm

mezcla rápida, luego 10 min 78 rpm mezcla continua y los 15 min restantes pasa a sedimentación de los flóculo. Luego se sustrajo el agua clarificada de las respectivas jarras de arrojar (físico- químico), se añade 5 ml de H₂O₂ a cada muestra. Luego que se decanta por completo las muestras, se procedió a tomar una alícuota para analizar en laboratorio, donde se medirá los parámetros de CE, pH, ST, DBO₅ y DQO.

Tabla 5-3: Caracterización de Muestra 1 con 5ml de H₂O₂ al 30%; tiempo de contacto 26 min rpm 300

Parámetros	DBO ₅	DQO	ST	pH	CE
línea base	1400	3100	6193	6,44	8290
M1, 5ml de H ₂ O ₂	1300	3450	10323	7,36	8130
M1, 5ml de H ₂ O ₂	1200	3250	10308	7,27	9930
M1, 5ml de H ₂ O ₂	1300	3650	10629	7,01	9982
M1, 5ml de H ₂ O ₂	1400	3900	10997	6,77	9982
M1, 5ml de H ₂ O ₂	1100	2850	11510	6,51	9982

Realizado por: Natacha Carpio

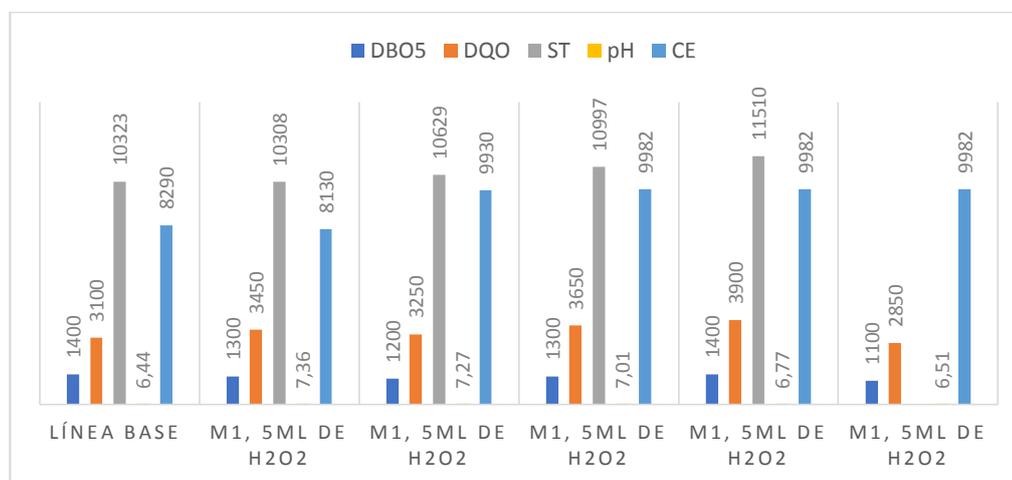


Gráfico 3-1: Agua tratada con PAC y 5ml de H₂O₂ al 30%

Realizado por: Natacha Carpio

Muestra 2 con 10ml de H₂O₂ al 30%

Se aforó la jarra de prueba con 500 ml de agua industrial, más 10 ml de elevador de pH, a cada una de las muestras jarras adicionalmente se procedió a colocar 5, 10, 15, 20 y 25ml de PAC, se determinó un tiempo de 26 min, divididos de la siguiente manera, 1 min a 300 rpm mezcla rápida, luego 10 min 78 rpm mezcla continua y los 15 min restantes pasa a sedimentación de los flóculos. Se sustrae el agua clarificada (físico y químicamente) se añade 10 ml de H₂O₂ a cada muestra decantado por completo se procedió a tomar la alícuota para análisis en laboratorio, donde se medirá los parámetros de CE, pH, ST, DBO₅ y DQO.

Tabla 6-3: Caracterización de Muestra 2 con 5ml de H₂O₂ al 30%

Parámetros	DBO ₅	DQO	ST	pH	CE
línea base	1400	3100	6193	6,44	8290
M2, 10ml de H ₂ O ₂	1200	3200	9966	8,05	9000
M2, 10ml de H ₂ O ₂	1300	3350	10289	7,82	9930
M2, 10ml de H ₂ O ₂	1300	3350	11153	7,78	9982
M2, 10ml de H ₂ O ₂	1100	3000	10803	6,88	9982
M2, 10ml de H ₂ O ₂	1300	3600	11519	6,8	9982

Realizado por: Natacha Carpio

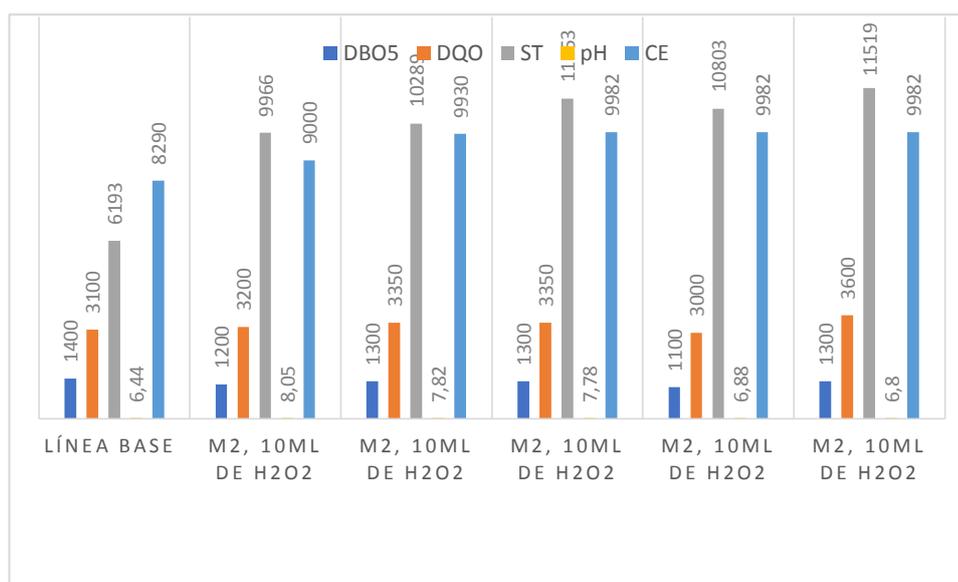


Gráfico 4-3: Agua tratada con PAC y 10 ml de H₂O₂ al 30%

Realizado por: Natacha Carpio

Muestra 3 con 10ml de H₂O₂ al 30%

Se adicionó en cada jarra de 500 ml de agua industrial, se colocó elevador de pH 10 ml, a cada una de las muestras se colocó 5, 10, 15, 20 y 25ml de PAC, respectivamente se determinó un tiempo de 26 min, divididos de la siguiente manera, 1 min a 300 rpm mezcla rápida, luego 10 min 78 rpm mezcla continua y los 15 min restantes pasa a sedimentación de los flóculos, se sustrajo el agua clarificada (físico y químicamente), por último se añadió 15 ml de H₂O₂ a cada muestra decantado por completo se procedió a tomar la alícuota para análisis en laboratorio, donde se medirá los parámetros de CE, pH, ST, DBO₅ y DQO.

Tabla 7-3: Caracterización de Muestra 3 con 5ml de H₂O₂ al 30%

Parámetros	DBO ₅	DQO	ST	pH	CE
línea base	1400	3100	6193	6,44	8290
M3, 15ml de H ₂ O ₂	1500	3100	10563	8,27	8650
M3, 15ml de H ₂ O ₂	1100	3000	10857	7,97	9982
M3, 15ml de H ₂ O ₂	1200	3450	10921	7,55	9982
M3, 15ml de H ₂ O ₂	1300	3400	11087	7,37	9982
M3, 15ml de H ₂ O ₂	1200	3400	11908	7,19	9982

Realizado por: Natacha Carpio

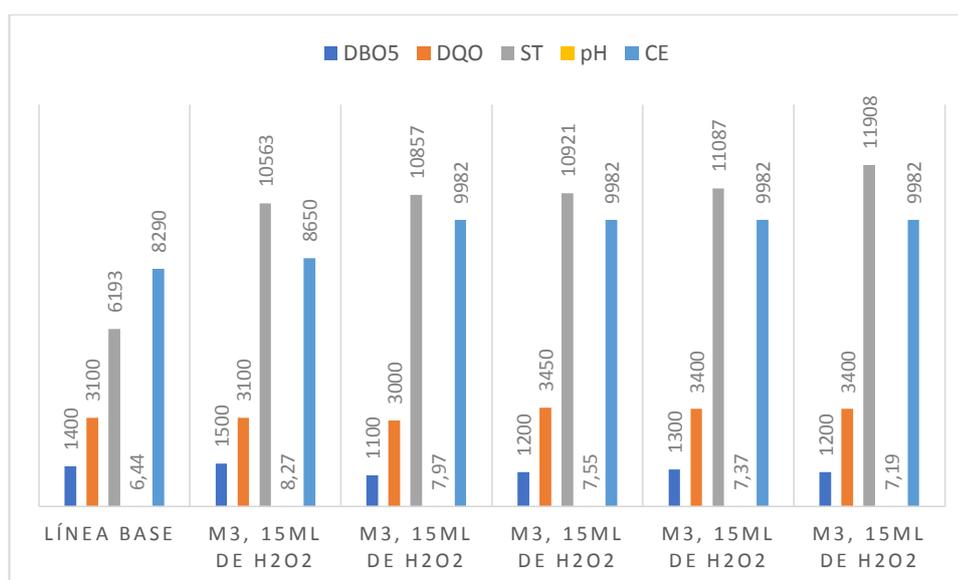


Gráfico 5-3: Agua tratada con PAC y 10 ml de H₂O₂ al 30%

Realizado por: Natacha Carpio

Al utilizar los volúmenes de 5, 10, 15 ml de elevador de pH, PAC, H₂O₂ se obtuvo un 12% de reducción de la materia orgánica, siendo éstos resultados no satisfactorios con el objetivo de la investigación.

Proceso utilizando Al₂(SO₄)₃ + CaO

Muestra 1 con 10ml de H₂O₂ al 30%



Figura 4-3: Medición en laboratorio de pH
Realizado por: Natacha Carpio

Pruebas utilizando el $\text{CaO} + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}_2$

Se colocó en cada jarra de 500 ml de agua industrial, a cada una de las muestras de jarras se colocó 5, 10, 15, 20 y 25ml de CaO , respectivamente Se determinó un tiempo de 26 min, divididos de la siguiente manera, 1 min a 300 rpm mezcla rápida, luego 10 min 78 rpm mezcla continua y los 15 min restantes pasa a sedimentación de los flóculos. Se añadió 10 ml a cada muestra de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, se sustrajo el agua clarificada (físico y químicamente), Se añadió 10 ml de H_2O_2 a cada muestra, decantado por completo las muestras se procedió a tomar la alícuota para análisis en laboratorio, donde se medirá los parámetros de CE, pH, ST, DBO_5 y DQO.

Tabla 8-3: Caracterización $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O}_2$ al 30%

Parámetros	pH	CE	DBO_5	DQO	ST
Línea Base	8,48	5,74	460	1540	4280,18
M1, 10ml de H_2O_2	7,13	5,38	420	1430	3904,27
M1, 10ml de H_2O_2	8,17	4,47	860	3200	3977,95
M1, 10ml de H_2O_2	7,43	6,44	280	960	3855,49
M1, 10ml de H_2O_2	7,98	5,7	340	1340	4061,45
M1, 10ml de H_2O_2	7,16	4,14	520	2060	4234,94

Realizado por: Natacha Carpio

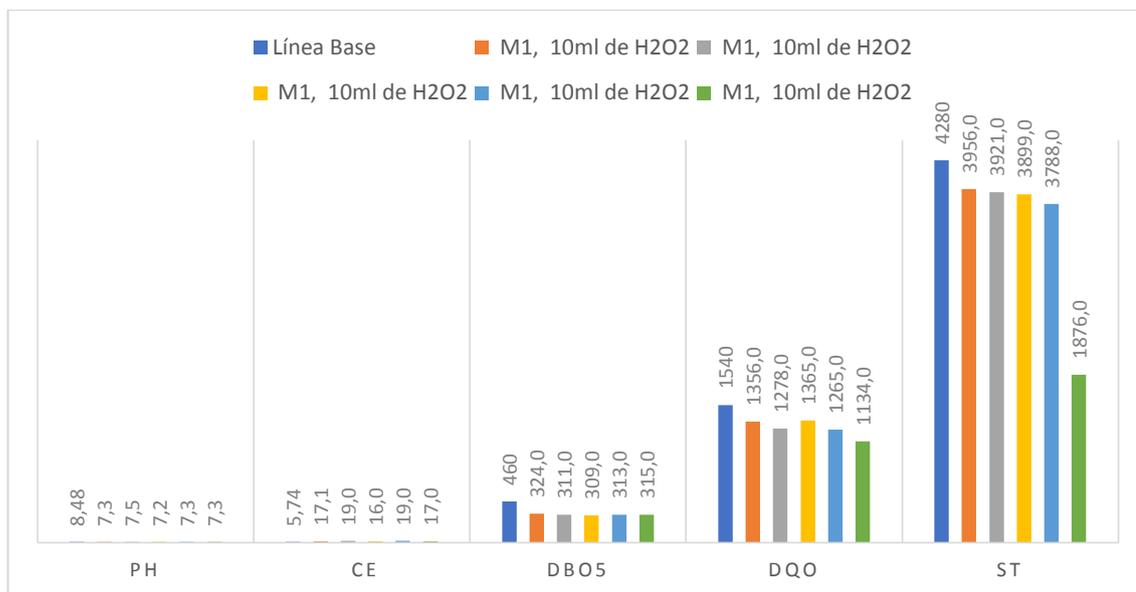


Gráfico 6-3: Agua tratada con $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ y 10ml de H_2O_2 al 30%
Realizado por: Natacha Carpio

Proceso utilizando $\text{CaO} + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Polimero}$

Muestra 2 con 10ml de H_2O_2 al 30%



Figura 5-3: Muestra 2 con 10ml de H_2O_2 al 30%, medición de pH
Realizado por: Natacha Carpio

Se aforó en cada jarra de 500 ml de agua industrial, se adicionó 5ml de polímero a cada una de las muestras de jarras se colocó 5, 10, 15, 20 y 25ml de Cal, respectivamente, se determina un tiempo de 26 min, divididos de la siguiente manera, 1 min a 300 rpm mezcla rápida, luego 10 min 78 rpm mezcla continua y los 15 min restantes pasa a sedimentación de los flóculos. Añadimos 10 ml a cada muestra de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, se sustrae el agua clarificada (físico y químicamente), se añade 10 ml de H_2O_2 a cada muestra decantado por completo las muestras, se

procedió a tomar la alícuota para análisis en laboratorio, donde se medirá los parámetros de CE, pH, ST, DBO₅ y DQO.

Tabla 9-3: Caracterización CaO+Al₂(SO₄)₃+ H₂O₂ al 30%

Parámetros	pH	CE	DBO ₅	DQO	ST
Línea Base	8,48	5,74	460	1540	4280,18
M2, 10ml de H ₂ O ₂	6,73	6,53	640	2225	4229,44
M2, 10ml de H ₂ O ₂	7,27	17,09	900	3475	4199,71
M2, 10ml de H ₂ O ₂	8,56	6,16	780	2900	4406,87
M2, 10ml de H ₂ O ₂	8,88	4,4	660	2475	4251,62
M2, 10ml de H ₂ O ₂	9,14	6,12	620	2250	4080,6

Realizado por: Natacha Carpio

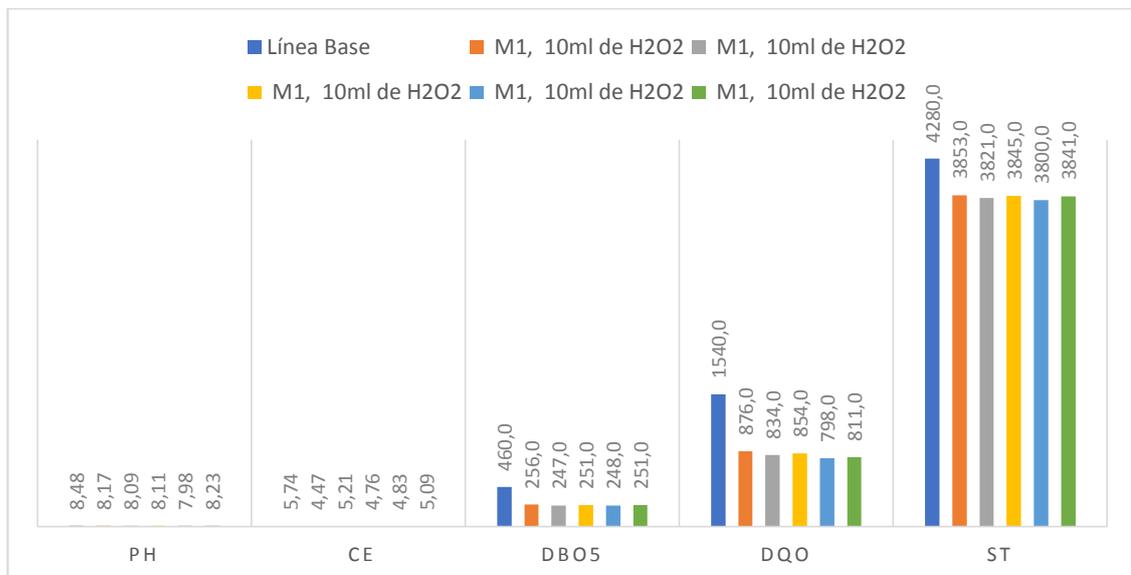


Gráfico 7-3: Agua tratada con Cal + Al₂(SO₄)₃ y 5ml de H₂O₂ al 30%

Realizado por: Natacha Carpio

3.7.4. Comparación de valores y concentraciones consolidado de (5, 10 y 15ml)

Los valores dependen de la concentración de H₂O₂, que se utilizó en laboratorio y su respectivo análisis.

Tabla 10-3: Concentración de H₂O₂ y valores obtenidos

[]	mg/l DBO ₅					mg/l DQO					mg/l ST					pH					CE					
5	1300	1200	1300	1300	1400	3450	3200	3350	3350	3000	2850	10323	10308	10629	10997	11510	7.36	7.27	7.01	6.77	6.51	8130	9930	9982	9982	9982
10	1200	1300	1300	1100	1300	3200	3350	3350	3000	3600	9966	10289	11153	10803	11519	8.05	7.82	7.78	6.88	6.8	9000	9930	9982	9982	9982	
15	1500	1100	1200	1300	1200	3100	3000	3450	3400	3400	10563	10857	10921	11087	11908	8.27	7.97	7.55	7.37	7.19	8650	9982	9982	9982	9982	

Realizado por: Natacha Carpio

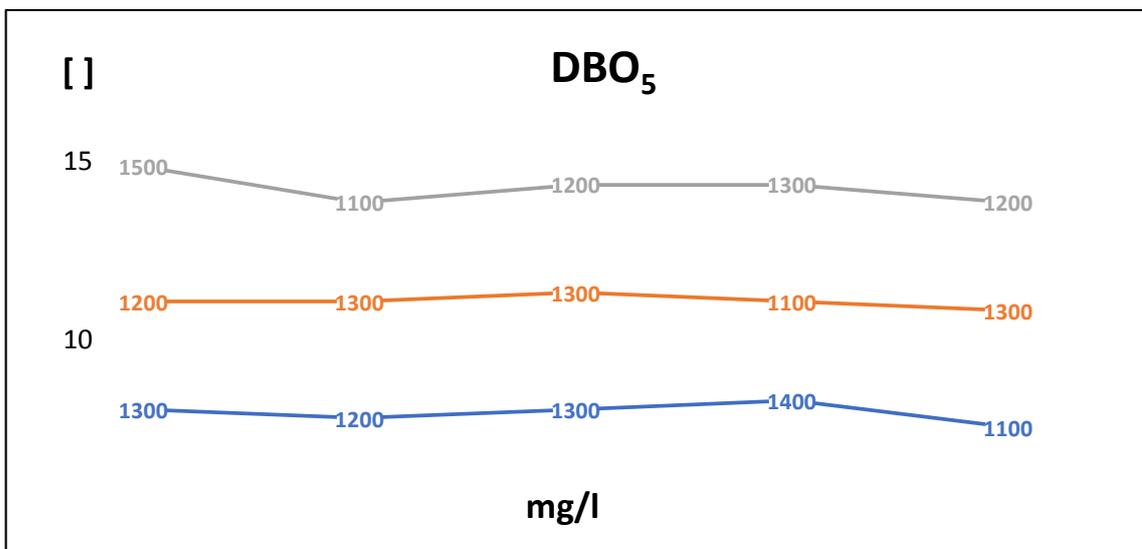


Gráfico 8-3: Concentración de H₂O₂ y valores obtenidos DBO₅

Realizado por: Natacha Carpio

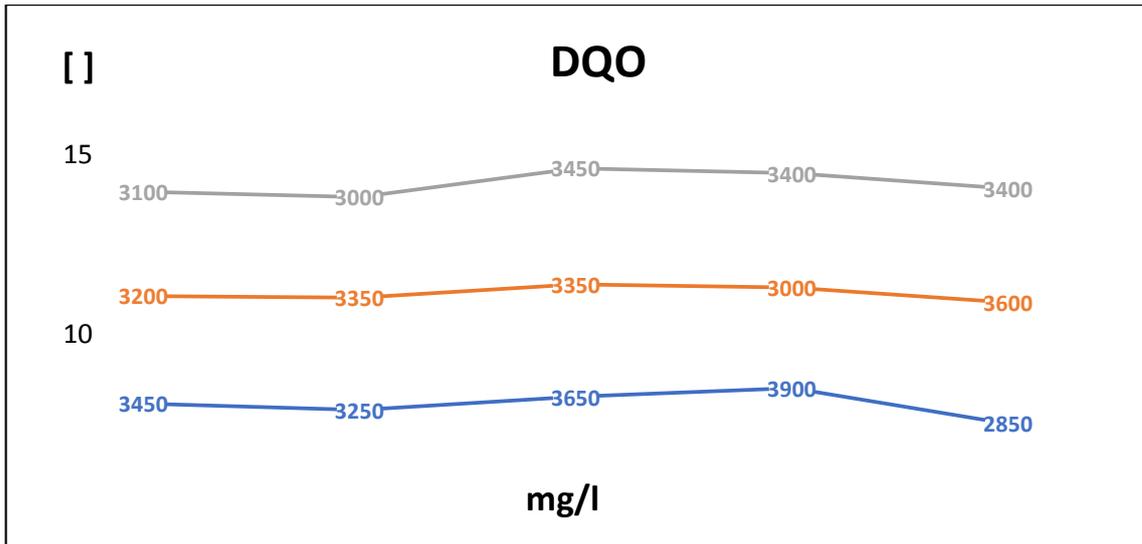


Gráfico 9-3: Concentración de H₂O₂ y valores obtenidos DQO
 Realizado por: Natacha Carpio

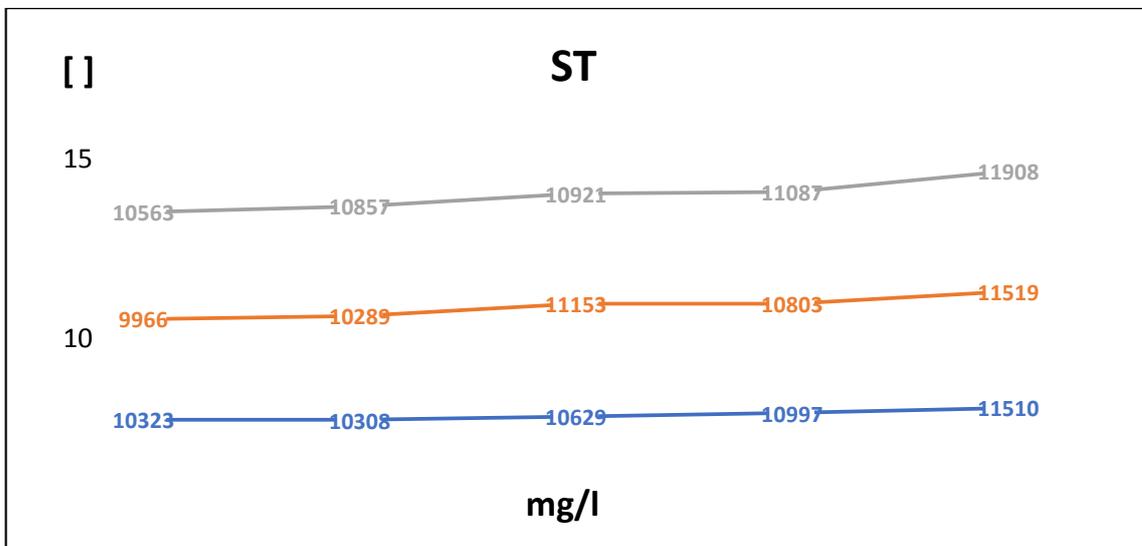


Gráfico 10-3: Concentración de H₂O₂ y valores obtenidos ST
 Realizado por: Natacha Carpio

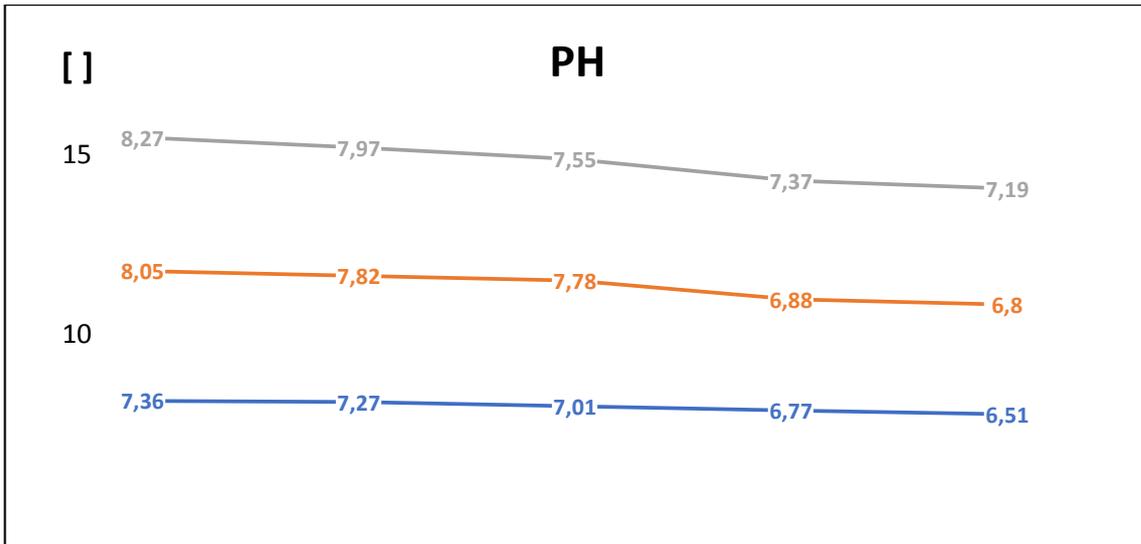


Gráfico 2 Concentración de H₂O₂ y valores obtenidos pH
Realizado por: Natacha Carpio

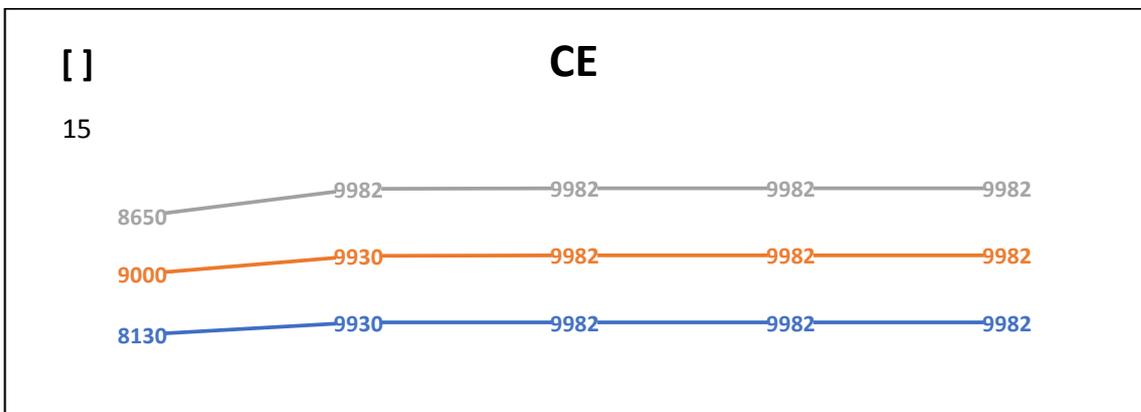


Gráfico 3 Concentración de H₂O₂ y valores obtenidos CE
Realizado por: Natacha Carpio

3.7.5. Parámetros caracterizados

- DBO₅
- DQO
- SST
- Ph
- CE

3.7.6. Control de variables

- Concentración de los parámetros caracterizados
- pH del agua
- Conductividad del agua

3.7.7. Lugar

En la parroquia, San Sebastián del Coca, que se encuentra a 15,5 kilómetros de distancia de Puerto Francisco de Orellana, al ingreso al Bloque 18 de Petroamazonas EP., a 1 km de la vía asfaltada.

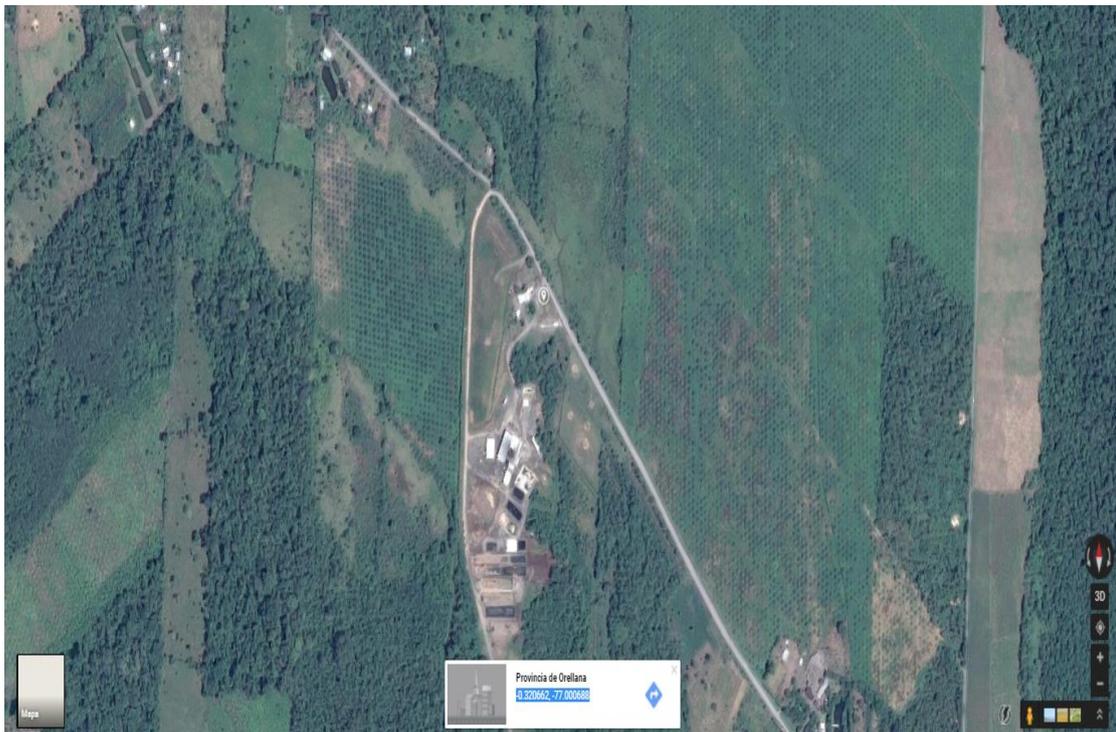


Figura 6-3: Base Plusambiente

Fuente: Google heart

3.7.8. Ubicación

Las coordenadas de la base de PLUSAMBIENTE es $0^{\circ}19'14,4''S$ $77^{\circ}00'02.5''W$,

3.7.9. Diseño multivariado

Matriz de correlaciones ^a						
		DBO ₅	DQO	ST	pH	CE
Correlación	DBO ₅	1,000	,882	-,143	,593	-,674
	DQO	,882	1,000	,111	,487	-,481
	ST	-,143	,111	1,000	,125	,449
	pH	,593	,487	,125	1,000	-,570
	CE	-,674	-,481	,449	-,570	1,000

a. Determinante = ,028

El determinante muestra que existen correlaciones entre los parámetros

KMO y prueba de Bartlett

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		,547
Chi-cuadrado aproximado		80,133
Prueba de esfericidad de Bartlett	gl	10
	Sig.	,000

La prueba KMO indica que la adecuación muestral mayor a 0,5 es la adecuada mientras la prueba de Bartlett permite realizar la reducción de dimensiones del análisis multivariado.

Comunalidades

	Inicial	Extracción
DBO ₅	1,000	,892
DQO	1,000	,802
ST	1,000	,951
pH	1,000	,638
CE	1,000	,847

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

Todas las comunidades superan el 0,4 requerido.

Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	2,877	57,542	57,542	2,877	57,542	57,542	2,766	55,328	55,328
2	1,253	25,062	82,604	1,253	25,062	82,604	1,364	27,277	82,604
3	,607	12,136	94,740						
4	,197	3,943	98,683						
5	,066	1,317	100,000						

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

Las varianzas acumuladas permiten explicar hasta el 82,6 %, superando el 65% mínimo requerido.

Matriz de componentes rotados^a

	Componente	
	1	2
DBO5	,923	
DQO	,892	
pH	,797	
CE	-,689	,610
ST		,971

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

La componente 1 está conformada por: DBO₅, DQO y pH que indican: Mejoramiento de la carga orgánica

La segunda componente está conformada por CE y ST que muestran: Mejoramiento en la Conductividad Eléctrica.

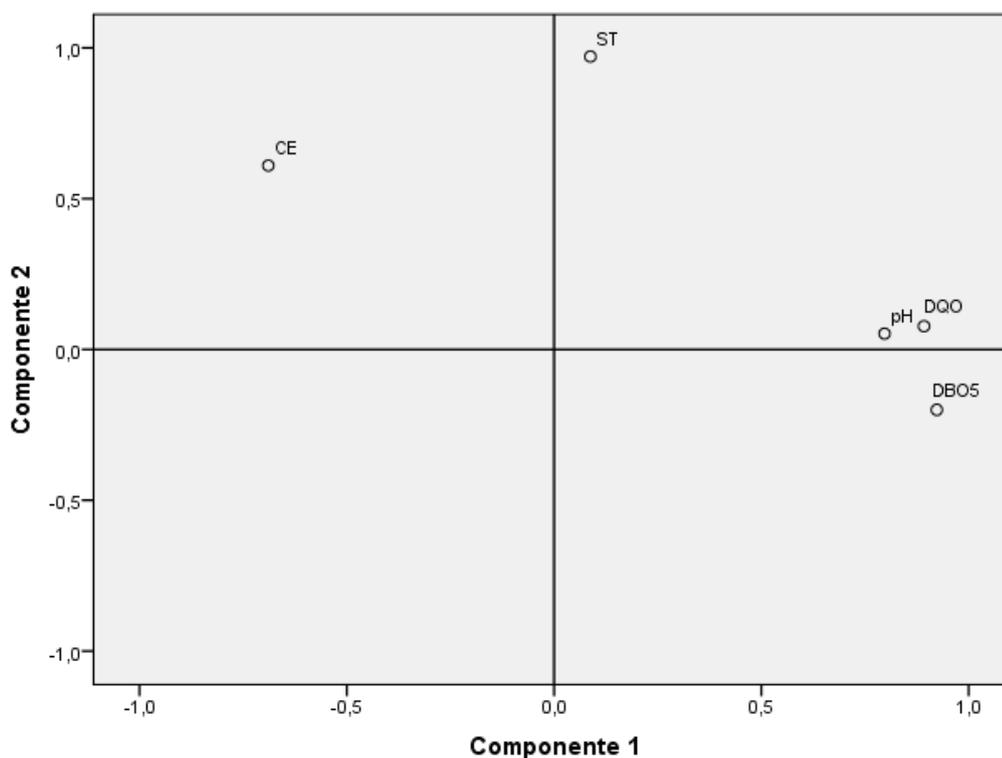


Gráfico 11-3: Componentes en espacio rotado
Realizado por: Natacha Carpio

3.7.10. Variables evaluadas

3.7.11. Lugar de la investigación

El presente trabajo de investigación se realizó en la empresa PLUSAMBIENTE S.A.,

Los métodos de análisis fueron de tipo laboratorio y los ensayos fueron realizados en las instalaciones de laboratorio de AqLab en el Puerto Francisco de Orellana los cuales cuentan con la respectiva acreditación del SAE.

3.8. PROCESO EXPERIMENTAL

3.8.1. Materiales y Métodos

Para la realización del análisis de especiación se han tenido unas precauciones especiales en la elección de materiales y la limpieza de los mismos. El material en contacto con las muestras se eligió de vidrio a fin de evitar la contaminación.

Tabla 11-3: Materiales y Métodos

Materiales	Reactivos
Digestor (DQO)	Soluciones de calibración de pH-metro
pH-metro	Soluciones de calibración de conductividad
Conductivimetro	Bioles con reactivo para el análisis de DQO
Vasos de precipitación	Soluciones al 5% de $AL_3(SO_4)_3$
Vasos de 500ml	Soluciones al 5% de CaO
Equipo de prueba de jarras	Soluciones al 5% de Policloruro de Aluminio
Pipetas	Soluciones de H_2O_2
Peras o bombas de succión	Soluciones de polímero al 1%
Agitadores	

Realizado por: Natacha Carpio

CONCLUSIONES

- En base a los análisis y resultados se ha logrado con la adición del peróxido de hidrógeno y los otros reactivos coadyuvantes floculantes, el objetivo como resultado de la investigación estadística presentada; es posible concluir que existe una relación entre los altos niveles de Materia Orgánica y el uso de Químicos, la reducción de materia orgánica expresada en DQO y complejidad química del agua a tratar es minimizada, llegando al punto que ambientalmente nos interesa, cumpliendo los requisitos legales.
- La investigación muestra que las características del agua si influyen en el método de eliminación de la materia, esto se debe a químicos presentes en el agua a tratar, debido a la actividad de donde proviene estas aguas como es la perforación, donde se utilizan cantidad de químicos para cumplir su propósito a la hora de la perforación, los químicos utilizados en el tratamiento de agua pueden como no reaccionar con el líquido a tratar.
- Al adicionar 10ml de CaO a una concentración del 5%, 10 ml de $Al_2(SO_4)_3$ una concentración del 5% y 10 ml de H_2O_2 a una concentración del 30 %, se obtuvo una reducción del 60,87% de la DBO_5 y un 62,34 % de la DQO.
- El peróxido de hidrogeno (H_2O_2), aunque no es el más eficiente a la hora de elegir un proceso de tratamiento avanzado, en cambio si es el más estable en términos de adquisición y dosificaciones, de acuerdo a la característica del agua a tratar el peróxido de hidrógeno jugará un papel importante en la reducción, de materia orgánica siempre que se tenga conocimiento en el procesó antes o previo a dosificar y la solución adecuada a utilizar.

RECOMENDACIONES

- Realizar, una caracterización representativa a lo largo de una actividad de perforación y analizando exclusivamente que tipo de químicos son utilizados para la generación del lodo de perforación y por ende el agua a tratar.
- Desarrollar una planta piloto de laboratorio, que permita interactuar entre proceso y al mismo tiempo modificar los mismos, para dosificar el peróxido de hidrogeno y conocer dentro de las características del agua en que momento dosificamos y la concentración de la solución a emplear para el tratamiento del agua, con condiciones de temperatura, revoluciones del agitador, acorde a la realidad de la empresa.
- Realizar más experimentos de laboratorio, usando peróxido de hidrogeno a diferentes concentraciones y cantidades, que será empleado en el tratamiento de agua, previamente caracterizada, y realizar un análisis de costo – beneficio para la empresa a emplear este método de tratamiento avanzado.

GLOSARIO

Ácido: Sustancia que tiene tendencia a perder un protón. Sustancia que se disuelve en agua con la consiguiente formación de iones hidrógeno. Sustancia que contiene hidrógeno, que puede ser reemplazado por metales para formar sales. (IGME, 2009)

Acuífero: Formación, grupo de formaciones, o parte de una formación geológica que está formada por materiales permeables y que cuando contienen agua son capaces de cederla en cantidades aprovechables bajo la acción de gradientes hidráulicos normales. Los materiales que comúnmente forman los acuíferos son arenas y gravas no consolidadas, rocas permeables sedimentarias como areniscas y calizas, y rocas cristalinas o volcánicas fuertemente fracturadas (IGME, 2009)

Adsorción: Adherencia de las moléculas de un gas, iones, o moléculas en solución a la superficie de un sólido (IGME, 2009)

Aerobio: Que necesita del oxígeno para vivir (IGME, 2009)

Agua residual: Efluentes líquidos acuosos provenientes como desecho de la actividad urbana, industrial, ganadera o agrícola que se caracterizan por haber perdido en el proceso alguna de sus características de calidad principalmente debido a la adición de sustancias disueltas o en suspensión o de agentes biológicos. (IGME, 2009)

Agua residual industrial: Todas las aguas residuales generadas desde locales utilizados para efectuar cualquier actividad industrial o comercial, que no sean aguas residuales domésticas ni aguas de escorrentía pluvial. (IGME, 2009)

Anaerobio: Sin oxígeno. (IGME, 2009)

Bacteria: Microorganismo procariota unicelular, caracterizado por carecer de órganos propios de las células eucariotas. Muchas son saprófitas jugando un importante papel en la descomposición de la materia orgánica. (IGME, 2009)

Biodegradable: Susceptible de descomponerse a través de procesos biológicos, generalmente mediados por microorganismos (bacterias, hongos, protozoos, etc). Esta propiedad, que caracteriza a la mayor parte de los compuestos biológicos, permite su transformación en

sustancias más sencillas que no necesariamente son menos contaminantes o tóxicas que la sustancia original. (IGME, 2009)

Contaminación: Acción y efecto de contaminar (IGME, 2009)

DBO5: Demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días. Medida de la cantidad de oxígeno consumida en la oxidación del material carbonoso de una muestra de agua, por la población microbiana, a lo largo de cinco días de incubación. Se trata de una reacción fuertemente dependiente de la temperatura por lo que siempre que el ensayo no se haya hecho a 20° que es la estándar habrá que indicarlo. Se trata del parámetro indicador de contaminación orgánica más ampliamente empleado, aunque tiene serias limitaciones que hay que tener en cuenta a la hora de su interpretación, entre estas pueden destacarse: en los cinco días que dura el ensayo normalmente no se oxida más del 60 o 70% de la materia orgánica realmente presente en la muestra, los resultados obtenidos dependen del inóculo bacteriano y la presencia de sustancias tóxicas para los microorganismos puede falsear los resultados. (IGME, 2009)

DQO: Demanda química de oxígeno. Se trata de un ensayo empleado para la medida del contenido en materia orgánica de una muestra de agua residual. Como agente oxidante se emplea una sustancia química, como el dicromato, fuertemente oxidante en medio ácido y a elevada temperatura. (IGME, 2009)

Lodo: Sólidos separados de un agua residual mediante procesos físico-químicos generalmente con un elevado contenido en materia orgánica. (IGME, 2009)

Medida del pH: El método normalmente utilizado en la determinación del pH de aguas naturales es el electrométrico con electrodo de vidrio. Este método se basa en la medida de la diferencia de potencial entre un electrodo de vidrio y un electrodo de referencia (calomelanos KCl saturado). (IGME, 2009)

Sólidos en suspensión: Sólidos insolubles, de naturaleza orgánica o inorgánica, suspendidos en el seno de la solución acuosa que pueden ser separados mediante técnicas físicas como la centrifugación, decantación o filtrado. Las aguas subterráneas generalmente tienen un contenido muy bajo de sólidos en suspensión. (IGME, 2009).

BIBLIOGRAFÍA

AGUAMERKET. AGUAMARKET. *AGUAMARKET*. [En línea] 21 de Enero de 2016.
<http://www.aguamarket.com/sql/temas-interes/198.asp>. 2016.

Albarran, Damian. Unam. *Unam*. [En línea] 11 de 2010.
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/3829/albarranrivera.pdf?sequence=1>. 2010.

Alvarez. *La calidad de las aguas continentales españolas*. Madrid : Geofroma, 1995.

Andalucía,[Citado el: 22 de JUNIO de 2017.]
http://agrega.educacion.es/repositorio/07072010/21/es_2010070713_9210619/4quincena5/pdf/quincena5.pdf. 2011

Andalucía,[Enlínea]20de3de2011.http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/40542_TECNICAS_DE_PREVENCION_DE_LA_GENERACION_DE_SUELOS_CONTAMINADOS_TOMO_I/40-542/8_TRATAMIENTOS_FISICOS-QUIMICOS.PDF. 2011.

Andalucía, <http://agrega.juntadeandalucia.es>. <http://agrega.juntadeandalucia.es>. [En línea] 09 de 02 de 2011. http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/09022011/10/es-an_2011020913_9133022/MTI_007-07/pagina330.html.2011

CEPIS / REMAPAR. *Manejo ambientalmente adecuado de lodos proveniente de plantas de tratamiento*. Quito : s.n., 1999.

Damian, Albarran. Unam. *Unam*. [En línea] 11 de 2010.
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/3829/albarranrivera.pdf?sequence=1>. 2010.

DEAN, J.A. *Lange's Handbook of Chemistry*. EEUU : McGraw-Hill, 1999.

Domenech,Xavier.PAO.PAO.[Enlínea]2004.<https://www.researchgate.net/publication/237764122>. 2004.

Echarri . *Contaminación de agua*. Navarra : UN, 2007.**ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE:**. Quito : s.n. 2007.

Gabriela Silva, German Castro, Ignacio González, Roberto Peréz, Thalia Castro. Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua. [En línea] 14 de Mayo de 2006. <http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n60ne/Bio-agua.pdf>. 2006.

Guerra., Francis. *Electrocoagulación Asistida con H2O2 de agua residual*. Mexico : s.n., 2008.

Handle.upc.com. upc.com. [En línea] 3 de 2010. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/10054/Mem%C3%B2ria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. 2010.

HARTE, J. *Toxics A to Z*. California : Univ. of California Press, 1991.

IGME.IGME.[Enlínea]13de11de2009.http://aguas.igme.es/igme/publica/depuracion_aresidual/8.pdf. 2009.

INSHT. ENCICLOPEDIA OIT. [En línea] 11 de 03 de 1999.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos . Modulo Ambiental -Uso de Plaguicidas en la Agricultura. *Direccion de Estadísticas Agropecuarias y Ambientales*. [En línea] 2013. www.ecuadorencifras.gob.ec. 2013.

Moñino., Natalia. uab.cat. uab.cat. [En línea] 21 de febrero de 2008. https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2008/hdl_2072_5273/PFCMonino.pdf. 2008.

Oocities. [En línea] 2013. <http://www.oocities.org/edrochac/sanitaria/desinfeccion5.pdf>. 2013.

Ortiz de la Plata., Guadalupe. *Descontaminación de aguas ppor medio de la reacción de foto-Feton Heterogénea*. Santa Fe : Universidad Nacional del Litoral, 2009.

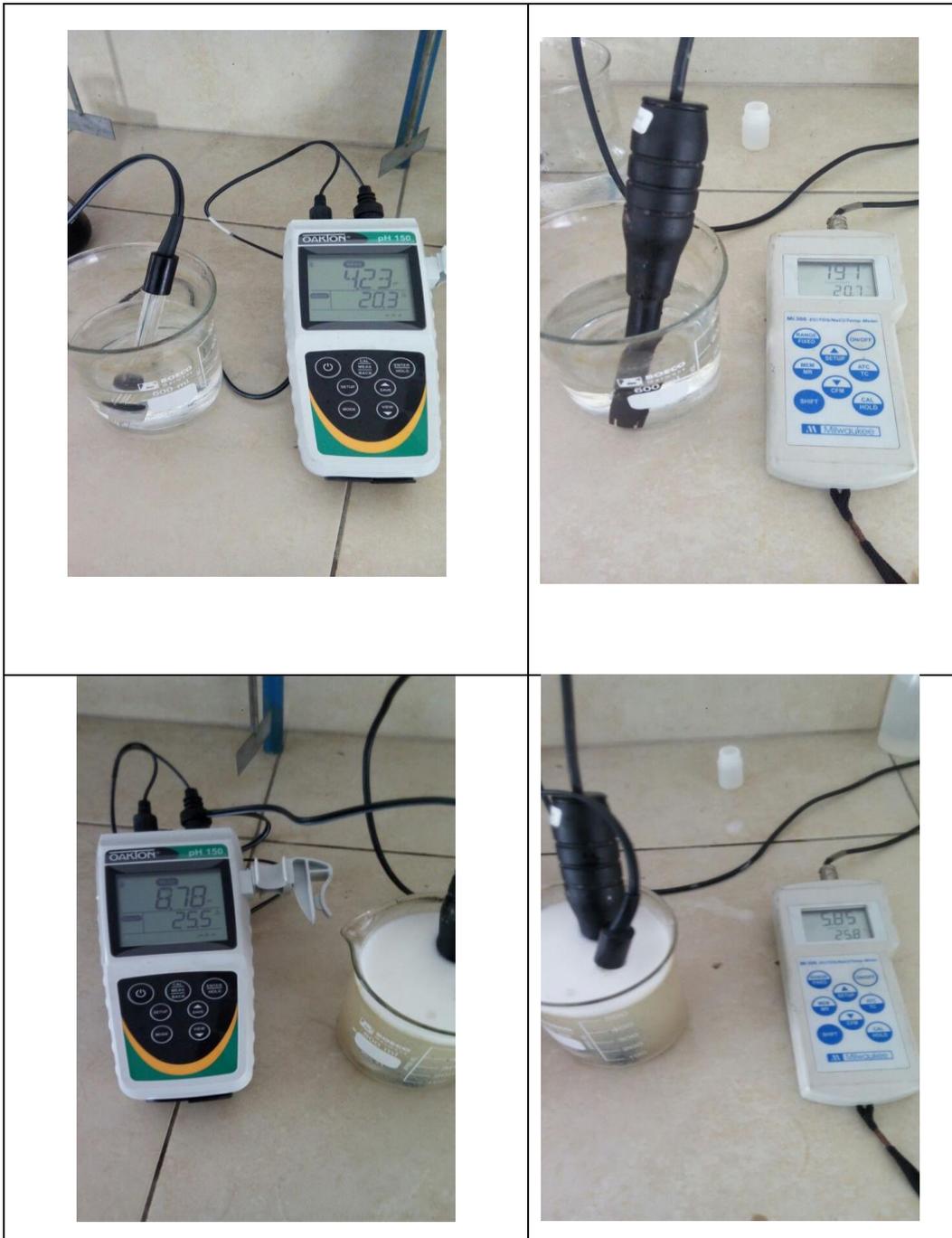
Salas.[Enlínea]2010.<http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/viewFile/4551/3635>. 2010.

WordPress, definicion. [En línea] 2008. <http://definicion.de/sustrato/>.2008.



ANEXOS

ANEXO A. Ensayos De Laboratorio Prueba De Jarras





ANEXO B. Resultados de las pruebas de Laboratorio en AqLab.



Laboratorio de ensayo
acreditado por el SAE con
acreditación
Nº OAE LE C 14-009

INFORME DE ENSAYO N°: 7274

ESPOCH.

SAS: 17-351

Solicitado por: Sra. Natacha Carpio.
Dirección: Coca

Fecha y hora de ingreso al laboratorio:	2017/06/29 15:58	Fecha final de Análisis	2017/07/06	T máx: 32°C T mín: 22°C
Toma de muestra:	Sra. Natacha Carpio.	Fecha y Hora	2017/06/29	11:25

Código de Muestra: a 6059

Identificación: Agua Industrial, Cal + 10ml SO₄ + 10ml H₂O₂.

Parámetros, métodos y resultados:

Parámetros	Método de Ensayo	Referencia	Unidad	a 6059	Incertidumbre (K = 2)
*Demanda Bioquímica de Oxígeno	ITE-AQLAB-08	SM 5210 D	mg/L	900	~
*Demanda química de Oxígeno	ITE-AQLAB-07	HACH 8000	mg/L	3475	~
Sólidos totales	ITE-AQLAB-03	SM 2540 B	mg/L	4199,71	± 10%




Ing. Armando Meléndrez
DIRECTOR TÉCNICO

Francisco de Orellana, 06 de julio de 2017

Los límites permisibles de las Normativas (N) y los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo. Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
Calle Juan Huncite y Fray Gregorio de Aluminia, detrás de Concesionario Mazda. Barrio Con Hogar.
e-mail: laboratorio@sqlabec.com - web: www.aqlabec.com Teléfono.: (593) 6 2881715 Celular: 0991666858

INFORME DE ENSAYO Nº: 7276

ESPOCH.

SAS: 17-351

Solicitado por: Sra. Natacha Carpio.
Dirección: Coca

Fecha y hora de ingreso al laboratorio:	2017/06/29 15:58	Fecha final de Análisis	2017/07/06	T máx: 32°C T mín: 22°C
Toma de muestra:	Sra. Natacha Carpio.	Fecha y Hora	2017/06/29	11:55

Código de Muestra: a 6061

Identificación: Agua Industrial, SO₄ + H₂O₂ + Cal.

Parámetros, métodos y resultados:

Parámetros	Método de Ensayo	Referencia	Unidad	a 6061	Incertidumbre (K = 2)
*Demanda Bioquímica de Oxígeno	ITE-AQLAB-08	SM 5210 D	mg/L	660	~
*Demanda química de Oxígeno	ITE-AQLAB-07	HACH 8000	mg/L	2475	~
Sólidos totales	ITE-AQLAB-03	SM 2540 B	mg/L	4251,62	± 10%




Ing. Armando Meléndrez
DIRECTOR TÉCNICO

Francisco de Orellana, 06 de julio de 2017

Los límites permisibles de las Normativas (®) y los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo. Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
Calle Juan Huncite y Fray Gregorio de Aluminia, detrás de Concesionario Mazda. Barrio Con Hogar.
e-mail: laboratorio@aqlabec.com - web: www.aqlabec.com Teléfono: (593) 6 2881715 Celular: 0991666858