

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
SECCIÓN DE QUÍMICA**



TRABAJO DE GRADUACIÓN

DISEÑO DE UN TRATAMIENTO QUÍMICO PARA ELIMINAR LA PERCEPCIÓN DE LOS MALOS OLORES DE LAS AGUAS SERVIDAS EN LOS CAFETINES DE LA FMO Y SU REUTILIZACIÓN MEDIANTE EL MÉTODO DE COAGULACIÓN - FLOCULACIÓN.

PRESENTADO POR:

REINALDO ELÍAS GUEVARA PONCE

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN CIENCIAS QUÍMICAS

DOCENTE DIRECTOR:

LIC. RENE SEGOVIA CALDERÓN

ASESOR METODOLÓGICO:

LIC. ABEL MARTÍNEZ LÓPEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, 28 ABRIL DE 2016

SAN MIGUEL

EL SALVADOR

CENTROAMÉRICA

LIC. JOSÉ LUIS ARGUETA ANTILLON

RECTOR (INTERINO)

DRA. ANA LETICIA ZAVALA DE AMAYA

SECRETARIA GENERAL

LIC. NORA BEATRIZ MELÉNDEZ (INTERINA)

FISCAL GENERAL

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

AUTORIDADES

ING. JOAQUIN ORLANDO MACHUCA GÓMEZ

DECANO

LIC. CARLOS ALEXANDER DÍAZ

VICE-DECANO

LIC. JORGE ALBERTO ORTEZ HERNÁNDEZ

SECRETARIO

LIC. JOSE ALCIDES MARTÍNEZ

JEFE DEL DEPARTAMENTO

LIC. PEDRO ULISES NAVARRO

COORDINADOR DE LA SECCIÓN DE QUÍMICA

ÍNDICE

Contenido	pág.
Agradecimientos.....	vi
Introducción.....	viii
Capítulo I: Planteamiento del problema.....	11
1.1 Antecedentes del fenómeno.....	11
1.2 Situación problemática.....	12
1.3 Enunciado del problema.....	14
1.4 Alcance.....	14
1.5 Limitaciones.....	14
1.6 Justificación.....	15
1.7 Objetivos del estudio.....	17
Capitulo II: Marco teórico.....	18
2.1 Naturaleza y tipos de contaminantes del agua.....	18
2.2 Características Fisicoquímicas del agua.....	25
2.2.1 Turbidez.....	26
2.2.2 Color.....	27
2.2.3 pH.....	28
2.2.4 Olores.....	28
2.2.5 Efecto de los olores.....	29
2.2.6 Detección de los Olores.....	30
2.2.7 Caracterización y medida de los olores.....	30
2.3 Tratamiento Fisicoquímico de las aguas residuales.....	31

2.3.1 Factores que influyen en el proceso de coagulación.....	33
2.3.2 Floculación.....	34
2.3.3 Factores que influyen en la floculación.....	35
2.4 Mecanismo general del proceso de coagulación-floculación.....	38
Capitulo III: Hipótesis del estudio.....	41
3.1 Sistema de hipótesis.....	41
3.2 Operacionalización de variables.....	43
Capitulo IV: Diseño Metodológico.....	44
4.1 Muestras de análisis.....	44
4.2 Preparación de la dosificación de floculante almidón.....	44
4.3 Preparación de la dosificación de coagulante de sulfato de aluminio.....	45
4.4 Método de Análisis.....	45
4.5 Análisis Estadístico.....	48
Capítulo V: Resultados obtenidos en el estudio.....	49
5.1 Representación de resultados descriptivos	49
5.2 Prueba de hipótesis.....	56
Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones.....	60
6.1 Conclusiones.....	60
6.2 Recomendaciones.....	61
Referencias bibliográficas.....	62
Anexos.....	64

AGRADECIMIENTOS.

A Dios todo poderoso por darme sabiduría, comprensión y guiarme para seguir en el camino indicado, para poder culminar satisfactoriamente mi carrera.

A MIS PADRES

Miguel Ángel Guevara.

María Encarnación Ponce.

Su amor motivación apoyo y sacrificio han sido de gran ayuda y apoyo todos estos años,

A MIS HERMANOS

Por estar en los momentos más difíciles de mi vida, sus sugerencias y consejos fueron valiosos y constructivos.

A MIS FAMILIARES

Por todo el apoyo y aprecio reflejado hacia mí.

A MIS ABUELOS

Encarnación Salgado. (Q.E.P.D)

María Amparo Ponce. (Q.E.P.D)

José Adolfo Machado (Q.E.P.D)

Ana Paula Guevara (Q.E.P.D)

Por su confianza depositada y su amor incondicional.

A MIS AMIGOS

De la carrera de licenciatura en Ciencias Químicas por todo su tiempo, paciencia y apoyo desde el inicio hasta el fin. Pero sobretodo hacer un sincero agradecimiento al Lic. Melvin Antonio Barahona Martínez, quien ha sido y seguirá siendo un amigo incondicional.

A MI NOVIA

Yancy Rivera Nolasco por toda su dedicación su amor y apoyo han sabido mantenerme de pie y luchar día a día hasta alcanzar mi meta.

AL LICENCIADO

Lic. Mauricio Juárez por su apoyo y colaboración en el trabajo de investigación.

A MIS ASESORES DE LA TESIS

Lic. Abel Martínez López.

Lic. Rene Segovia calderón.

Han hecho aportaciones invaluable y de gran utilidad para desarrollar de mejor manera mi trabajo de grado.

A TODOS LOS DOCENTES DE QUIMICA.

Por ser piezas indispensables en mi formación profesional.

GRACIAS a todas las personas que de una u otra manera me han apoyado sin su ayuda esto no sería posible.

INTRODUCCIÓN.

La Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental como máximo centro de estudio de educación superior de la zona oriental, con el transcurso de los años ha venido desarrollándose a tal grado que la población estudiantil, personal administrativo y docentes ha crecido considerablemente; además cuenta con instalaciones de servicio académico como laboratorio de química, biología, física, suelos, materiales, laboratorio clínico, medicina y de servicio alimenticios como los cafetines, sin embargo, a pesar de contar con los servicios antes mencionados, no cuenta aún con un sistema adecuado de tratamiento de las aguas servidas producidas, específicamente el agua de desecho generada en los cafetines.

Este es un problema que se ha incrementado, a través del tiempo y a medida que han sido ampliados los servicios en los cafetines, por la demanda creciente de estudiantes, las aguas servidas no tienen un lugar adecuado donde depositarse, ni tampoco un tratamiento adecuado para poder ser utilizadas nuevamente. Uno de los mayores problemas encontrados en esta agua de desecho provenientes de los cafetines es la generación de malos olores del agua servida estancada cerca de las aulas de estudio del Departamento de Ciencias Económicas. Se hace necesario encontrar un método adecuado de tratamiento de dichas aguas y darle solución al problema establecido. El tratamiento físico-químico puede constituir una única etapa dentro del tratamiento del agua servida o bien puede interponerse como proceso de depuración complementario entre el pretratamiento y el tratamiento biológico. ¹²

La finalidad del tratamiento físico-químico consiste en la eliminación de las materias finas en suspensión no decantables, y de las materias coloidales. Estas partículas coloidales se componen de sílice coloidal, arcilla y/o partículas orgánicas las cuales presentan gran estabilidad en el agua con un tamaño comprendido entre 0,001 y 1 μm . Constituyen una parte importante de la contaminación ya que son la causa principal de la turbidez, color Y olor del agua servida. Debido a la gran estabilidad que presentan, resulta imposible separarlas por decantación o flotación. Tampoco es posible separarlas por filtración porque pasarían a través de cualquier filtro.¹⁴

La estabilidad de los coloides es proporcionada por las cargas electrostáticas, generalmente negativas, que poseen en la superficie. Aparece por tanto una fuerza repulsiva cuando se aproximan entre sí, impidiendo la aglomeración para una posible sedimentación posterior.⁷

Cabe señalar que, hidróxidos de hierro y aluminio suelen tener las cargas positivas. Para romper dicha estabilización, se necesita de fuerzas de atracción como las fuerzas de Van der Waals y el movimiento Browniano.⁷

El tratamiento físico-químico del agua residual tiene como finalidad, mediante la adición de ciertos productos químicos, la alteración del estado físico de estas sustancias que permanecerían por tiempo indefinido de forma estable para convertirlas en partículas susceptibles de separación por sedimentación o flotación. En el primer paso, la coagulación, se desestabilizan los coloides por neutralización de sus cargas.¹²

Posteriormente, en la floculación, se forman los flóculos como resultado de la colisión y adherencia entre partículas coaguladas, aumentando su volumen y peso de forma que puedan decantar. Mediante este tratamiento puede llegar a eliminarse del 80 al 90% de la materia total suspendida.²

El uso del almidón natural en combinación con coagulantes inorgánicos es una alternativa que permite disminuir el consumo de polímeros sintéticos utilizados como ayudantes de coagulación y floculación (poli electrolitos), reduciendo así los costos en plantas de tratamiento de lixiviados o aguas servidas.⁴

La presente investigación tiene como finalidad estudiar y diseñar un tratamiento químico para eliminar los malos olores originados en las aguas servidas de los cafetines de la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental y su posterior reutilización en la irrigación de las plantas de dicho centro de estudios superiores.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES DEL FENÓMENO.

La Facultad Multidisciplinaria Oriental de La Universidad de el Salvador está ubicada en el departamento de San Miguel, Cantón el Jute Km 144½ salida al Cuco, calle el Litoral.

Desde su fundación (1966) hasta la actualidad La Facultad Multidisciplinaria Oriental de La Universidad de El Salvador ha funcionado presentando debilidades para la implementación de planes de desarrollo que se han formulado y desarrollado, originando un crecimiento físico limitado, desordenado y condicionado por las necesidades que se han presentado a lo largo de su historia.

Debido a la creciente demanda estudiantil, se hace necesario la creación o apertura de espacios de alimentación para dichos estudiantes, y es por ello que se le da apertura a dos cafetines que atienden a la mayor parte de la comunidad universitaria. Sin embargo, ambos cafetines actualmente no cuentan con un adecuado manejo de las aguas servidas, principalmente las que llevan restos de comida derivadas de la limpieza de los utensilios para servir los alimentos y desechos del procesamiento. En el año 2014, se hizo una investigación correspondiente a la asignatura de Investigación Química I Y II sobre las aguas

servidas en los cafetines de la Facultad Multidisciplinaria Oriental, donde se concluyó que dichas aguas servidas provocaban malos olores y que generaban incomodidad en la comunidad estudiantil que recibía sus clases en aulas cercanas a los cafetines.

Así mismo, se pudo constatar mediante visitas de campo previas a la investigación, que dichas aguas servidas, no cuentan con un tratamiento adecuado de estas aguas de desecho y que son finalmente colocadas en el suelo de forma directa, donde queda estancada y posteriormente con el tiempo la materia orgánica se descompone generando los malos olores.

Se hace necesario contar con un estudio que además genere una propuesta de solución hacia la problemática antes citada.

En vista de tal necesidad, como estudiante egresado de la carrera de Licenciatura en Ciencias Químicas de la Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria Oriental, se decidió: Trabajar en una propuesta que lleve a la solución de dicha problemática, con la finalidad de contribuir a disminuir la generación de malos olores y la reutilización de las aguas servidas generadas en los cafetines.

1.2 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.

El agua es un líquido esencial para el desarrollo de la vida en nuestro planeta. El agua servida analizada en esta investigación es producida por los cafetines de la F.M.O produciendo una escorrentía al costado norte de la universidad que son depositadas al suelo directo produciendo así la generación de los malos olores e incomodidad en la comunidad universitaria, debido a esto ocurre cuando hay la

descomposición de la materia orgánica, estas aguas contienen desperdicios de comida detergentes aceites etc. A pesar de ello, el agua de consumo es un bien que empieza a ser escaso, debido al aumento creciente de la población mundial y a la relativamente poca disponibilidad en este preciado líquido. En este sentido, el agua dulce esta, fundamentalmente concentrada en lagos, ríos y lagunas, en una proporción que no llega al 0.5% del agua total presente en la biósfera. Los problemas del agua se centran tanto en la calidad como en la cantidad. El aumento de la población en una determinada región, incrementa los usos del agua y como consecuencia genera problemáticas en su tratamiento posterior a la utilización de las mismas. Dichas aguas que se desechan se conocen como aguas residuales o servidas. Las aguas residuales son provenientes de tocadores, baños, regaderas o duchas, cocinas, etc.; que son desechados a las alcantarillas o cloacas. En muchas áreas, las aguas residuales también incluyen algunas aguas sucias provenientes de industrias y comercios

Las aguas servidas por parte de los cafetines pueden tener efectos negativos en la comunidad estudiantil que se encuentra en los alrededores de los mismos. Efectos como nauseas, problemas respiratorios, e incluso propagación de virus en el aire, pueden mencionarse como posibles consecuencias de la falta de tratamiento de las aguas servidas.

En la Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria Oriental, en sus instalaciones se ubican dos cafetines en el costado norte del auditorium número uno, que atienden una gran cantidad de miembros de la comunidad universitaria, en variedad de alimentos y bebidas. Los mismos generan a partir de diversas

actividades por parte del personal que labora en ellos, aguas servidas que son llevadas a través de unos tubos de PVC, a un espacio abierto cerca de dichos cafetines.

El término agua servida define un tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales. Su importancia es tal que requiere sistemas de canalización, tratamiento y desalojo. Su tratamiento nulo o indebido genera graves problemas de contaminación.

Debido a la falta de un estudio sobre el tratamiento adecuado de las aguas servidas de la universidad de El Salvador la presente investigación realizada se centrará en los cafetines de la FMO para proponer un método adecuado para tratar estas aguas servidas y poder eliminar la percepción de malos olores.

Los resultados obtenidos en el presente estudio se darán a conocer a las autoridades correspondientes de la Universidad de el salvador para que puedan poner en práctica dicha alternativa.

1.3 ENUNCIADO DEL PROBLEMA.

La pregunta de investigación quedaría de la siguiente manera:

¿Cuál es la calidad olfativa del agua servida después de haber pasado por el proceso de la floculación coagulación para poder eliminar la percepción de los malos olores en los cafetines de la FMO de la Universidad de El Salvador?

1.4 ALCANCE.

Esta investigación es de vital importancia en la salud de la comunidad estudiantil y del sector docente que se encuentra en los alrededores de los cafetines que generan aguas servidas sin tratamiento.

La población perteneciente a la FMO se beneficiará al realizar un estudio de como eliminar la percepción de los malos olores y poderla reutilizar ya sea para riego de plantas o para lavar los utensilios de la cocina.

Se pretende dar a conocer los resultados obtenidos de esta investigación a todo el sector estudiantil y docente que está siendo afectada por este problema haciendo uso de recursos visuales como afiches informativos y hojas volantes.

1.5 LIMITACIONES.

La falta de información sobre el tratamiento de las aguas servidas en los cafetines en estudio, hace que no se puedan tener antecedentes de la problemática.

La implementación del diseño de un tratamiento químico apropiado para poder tratar las aguas servidas es una limitante importante en esta investigación, tanto por el factor económico como por los procesos administrativos y los permisos legales de las autoridades de la Universidad de El Salvador, es por ello que esta investigación será una propuesta para comprobar que el diseño funciona con el método de la coagulación floculación y quedaría en manos de las autoridades correspondientes si lo quieren poner en funcionamiento.

1.6 JUSTIFICACION.

Se pudo constatar de acuerdo a las exploraciones de campos realizadas, que las aguas servidas producidas en los cafetines de la Facultad Multidisciplinaria Oriental en su mayoría, son descargadas sobre la superficie del suelo donde es depositada en una fosa abierta generando contaminación a la comunidad universitaria provocando un ambiente inadecuado en la población estudiantil, en concreto la generación de malos olores en dichas aguas atenta con la buena salud de sus habitantes. Así como también se desconoce de un tratamiento adecuado de las aguas servidas en los cafetines de la Facultad Multidisciplinaria Oriental.

Según la problemática mencionada de las aguas servidas y la contaminación que se le genera al medio ambiente y medio físico, se considera necesario que la Facultad Multidisciplinaria Oriental sea provista de un sistema de tratamiento químico de las aguas servidas; y que las mismas puedan ser reutilizadas para irrigación de plantas.

El manejo o tratamiento de las aguas servidas se hará para poder reducir la contaminación provocada por las descargas de aguas servidas producidas por los diferentes cafetines, al suelo donde son retenidas, lo cual hace necesaria someterlas a pruebas de laboratorio por medio de las cuales determinar el grado de contaminación que estas poseen, y a partir de ello elegir el sistema de tratamiento químico idóneo y económicamente viable.

De acuerdo a todo lo citado, se considera que el sistema de tratamiento tiene gran prioridad en la actualidad respecto a las necesidades antes mencionadas en la

Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental y que el problema de la contaminación, específicamente la generación de malos olores, puede ser reducido o eliminado con una propuesta del tratamiento de las aguas servidas.

1.7 OBJETIVOS DEL ESTUDIO.

1.7.1 OBJETIVO GENERAL.

Diseñar un tratamiento químico para eliminar la percepción de los malos olores de las aguas servidas en los cafetines de la F.M.O y mejoramiento de la calidad para su reutilización, mediante el método de coagulación-floculación.

1.7.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Realizar ensayos de Coagulación-Floculación a muestras de agua servidas generadas en los cafetines de la F.M.O.
- Conocer las concentraciones adecuadas de coagulante y floculante necesarios para obtener los mejores resultados en la presente investigación en las aguas servidas.
- Estudiar la variación que experimentan diferentes parámetros (conductividad, pH y turbidez) al utilizar la coagulación-floculación en las aguas servidas utilizando como referencia la norma salvadoreña para aguas residuales.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 NATURALEZA Y TIPOS DE CONTAMINANTES DEL AGUA.

En la tierra habitan actualmente unas 6,000 millones de personas, de las cuales cerca del 20% viven en 50 países que tienen graves insuficiencias de este vital liquido, consecuentemente este déficit es el factor limitante a su desarrollo económico y social. Además de los problemas de cantidad hay que añadir los referentes a calidad, especialmente en los aspectos microbiológicos, todas estas deficiencias producen la muerte de unas tres millones de personas al año. Así mismo el creciente aumento de la demanda y consumo de agua se convierte en un problema que generara conflictos armados y que incidirá negativamente en el futuro de la biodiversidad de muchas zonas del planeta.²

Desde comienzos del siglo XX, la población mundial se ha duplicado, mientras que como resultado del desarrollo industrial y la extensión de la agricultura, la cantidad empleada de agua se ha sextuplicado. Teniendo en cuenta que actualmente en el mundo existe la misma cantidad de agua que hace dos mil años y, que se ha incrementado simultáneamente la sobreexplotación, la contaminación y los efectos del cambio climático, actualmente casi el 40% de los seres humanos cuentan con problemas de escasez de agua, circunstancia que, para el 2025 afectara` a un 66% de la población mundial asentada básicamente en África y Asia Occidental.²

La calidad de cualquier masa de agua, superficial o subterránea depende tanto de factores naturales como de la acción humana.

Sin la acción humana, la calidad del agua estaría determinada por la erosión del substrato mineral, los procesos atmosféricos de evapotranspiración y sedimentación de lodos y sales, la lixiviación natural de la materia orgánica y los nutrientes del suelo por los factores hidrológicos, y los procesos biológicos en el medio acuático que pueden alterar la composición física y química del agua.

Por lo general, la calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares. En el caso del agua potable, estas normas se establecen para asegurar un suministro de agua limpia y saludable para el consumo humano y, de este modo, proteger la salud de las personas. Estas normas se basan normalmente en unos niveles de toxicidad científicamente aceptables tanto para los humanos como para los organismos acuáticos.³

El deterioro de la calidad del agua se ha convertido en motivo de preocupación a nivel mundial con el crecimiento de la población humana, la expansión de la actividad industrial y agrícola y la amenaza del cambio climático como causa de importantes alteraciones en el ciclo hidrológico.

A nivel global, el principal problema relacionado con la calidad del agua lo constituye la eutrofización, que es el resultado de un aumento de los niveles de nutrientes (generalmente fósforo y nitrógeno) y afecta sustancialmente a los usos del agua. Las mayores fuentes de nutrientes provienen de la escorrentía agrícola y

de las aguas residuales domésticas (también fuente de contaminación microbiana), de efluentes industriales y emisiones a la atmósfera procedentes de la combustión de combustibles fósiles y de los incendios forestales. Los lagos y los pantanos son especialmente susceptibles a los impactos negativos de la eutrofización debido a su complejo dinamismo, con un periodo de residencia del agua relativamente largo, y al hecho de que concentran los contaminantes procedentes de las cuencas de drenaje. Las concentraciones de nitrógeno superiores a 5 miligramos por litro de agua a menudo indican una contaminación procedente de residuos humanos o animales o provenientes de la escorrentía de fertilizantes de las zonas agrícolas.³

El agua, H₂O, es un compuesto químico vital para la vida. Es el verdadero medio de la vida. Las formas de vida temprana se desarrollan en el agua y solo mucho más tarde, en su evolución, se aventuraron fuera de ella, pero nunca muy lejos. Nuestro propio cuerpo está constituido principalmente por agua. Nuestra sangre es una disolución acuosa de cloruro de sodio y otras sales esenciales, en las que se encuentran suspendidos los glóbulos rojos de tamaño coloidal, que llevan oxígeno a los pulmones a lo largo del cuerpo. Incluso aquellos organismos que se atreven a vivir en áreas con escasez de agua, camellos, monstruos de Gila, cactus y algunos seres humanos; deben tener mecanismos elaborados, para conservar, almacenar y obtener pequeñas cantidades de agua de sus alrededores.¹

Lo que hace tan especial al agua es su estructura molecular. Recuérdese que el átomo de oxígeno en la molécula de agua tiene un octeto estable de electrones de valencia. Estos ocho electrones están agrupados en cuatro pares. Dos de estos

pares se comparten con el átomo de hidrogeno en la molécula de agua y los otros dos son pares no compartidos. Los pares se repelen entre sí, colocándose alrededor de la superficie esférica de la molécula de agua de forma que queden tan alejados como sea posible.¹

La contaminación del agua tanto por contaminantes químicos como biológicos, es un problema a nivel mundial, realmente, son pocas las áreas pobladas tanto en países desarrollados como subdesarrollados que no sufran de una u otra forma de contaminación.

Cabe apuntar que es cada vez mayor la preocupación acerca del impacto en los ecosistemas acuáticos de los productos cosméticos y farmacéuticos como las píldoras anticonceptivas, analgésicos y antibióticos. Poco se sabe de sus efectos a largo plazo sobre los humanos y los ecosistemas, aunque se cree que algunos pueden suplantar las hormonas naturales en los humanos y otras especies.

La calidad del agua constituye uno de los principales desafíos socio ambientales en El Salvador. La contaminación del agua se profundizó durante las últimas décadas y pasó a constituir un problema generalizado para la población y los ecosistemas. Simultáneamente, se debilitó la capacidad institucional del Estado para conocer y monitorear la calidad de los recursos hídricos.

A pesar de contar con un marco relativamente amplio de instrumentos regulatorios para enfrentar la contaminación del agua - la cual es impactada por desechos domésticos, industriales, agroindustriales y agrícolas - El Salvador ha experimentado una tendencia creciente de casos de enfermedades de origen

hídrico, tales como la diarrea y el parasitismo intestinal, afectando principalmente a la población infantil. Las escasas iniciativas y propuestas existentes para enfrentar la contaminación del agua, a menudo se ven limitadas por la ausencia de una política y compromisos institucionales capaces de encausar más eficazmente esos esfuerzos por enfrentar la contaminación del agua en el país. El agua y la salud son dos dimensiones inseparables de la población. La disponibilidad de agua de calidad es una condición indispensable y más que cualquier otro factor, la calidad del agua condiciona la calidad de la vida (OMS-OPS, 1999).⁴

La contaminación disminuye significativamente la disponibilidad del agua. Los vertidos residuales domésticos e industriales, así como la disposición inadecuada de desechos sólidos en diversos territorios del país y la aplicación de agroquímicos, pesticidas y plaguicidas en la agricultura son fuentes permanentes de contaminación del agua.

La contaminación del agua por productos químicos (tales como detergentes) es una gran preocupación en el contexto global. Muchos detergentes para ropa contienen aproximadamente de 35 a 75 por ciento de sales de fosfato. Los fosfatos pueden causar una variedad de problemas de contaminación del agua. Por ejemplo, el fosfato tiende a inhibir la biodegradación de las sustancias orgánicas. Las sustancias no biodegradables no pueden ser eliminadas por el tratamiento de aguas residuales públicas o privadas. Además, algunos detergentes basados en fosfatos pueden causar la eutrofización. El sobre enriquecimiento de fosfato puede causar que el cuerpo de agua sea estrangulado

con algas y otras plantas. La eutrofización del agua priva de oxígeno, causando la muerte de otros organismos.⁴

Una de las principales fuentes de contaminantes químicos son los detergentes cotidianos. Los contaminantes específicos que conducen a la contaminación del agua incluyen una amplia gama de productos químicos (como el cloro) y los microbios. Varios productos químicos que utilizamos en nuestra vida cotidiana son elementos nocivos y compuestos. Estos pueden ser sustancias de magnesio o calcio que afectan al agua. Los detergentes a veces pueden ser cancerígenos, por lo que deben ser eliminados del agua. Según Enviroharvest Inc., "Los detergentes pueden contener agentes cancerígenos e ingredientes que no son totalmente biodegradables".⁵

Los detergentes contienen también sustancias reductoras de oxígeno (es decir, un compuesto químico que fácilmente transfiere átomos de oxígeno) que pueden causar graves daños a los peces y animales marinos. Esto también puede dar lugar a la eutrofización. La eutrofización es un proceso por el cual un cuerpo de agua se enriquece en nutrientes disueltos (por ejemplo, fosfatos, calcio y magnesio). Esto tiene un impacto negativo sobre el medio ambiente, especialmente en los animales acuáticos, ya que el agua rica en nutrientes estimula el crecimiento de plantas acuáticas, lo que resulta en el agotamiento del oxígeno. Unos pocos componentes más dañinos de los detergentes, los componentes antropogénicos, tales como herbicidas, pesticidas y concentraciones de metales pesados (por ejemplo, zinc, cadmio y plomo) pueden hacer que el agua turbia crezca y así bloquear la luz e interrumpir el crecimiento de las plantas.

La turbidez también obstruye el sistema respiratorio de algunas especies de peces. Los agentes patógenos de estos cuerpos de agua tóxicos provocan enfermedades en los humanos o animales anfitriones, que pueden ser fatales. Además, estos contaminantes alteran la composición química del agua que incluye la conductividad eléctrica, temperatura, acidez y eutrofización.

Los productos químicos podrían ser una fuente de contaminación del agua potable. El agua potable contaminada por detergentes puede ser peligrosa para la salud humana. Los seres humanos se enferman con una serie de síntomas tales como la irritación de la piel, dolor de garganta, náuseas, calambres estomacales y daño hepático. Esto puede ser tóxico y representa la muerte en varios casos. De igual manera, esa agua contaminada no es conveniente tampoco para el crecimiento de los cultivos como por ejemplo, arroz, trigo y soja.

Los detergentes son los agentes de superficie, que tienden a producir espumas estables, abundante en los ríos. Estas espumas en general, forman una capa espesa y densa sobre la superficie del agua, que se extiende sobre varios cientos de metros de agua del río. Estas espumas también llegan a ser una fuente de agua para uso doméstico antihigiénica.

La contaminación del agua es un problema serio en la actualidad. Muchas de las sustancias químicas que están dispuestas en el agua son tóxicas. Los microorganismos que causan enfermedades tales como las bacterias y virus, son los principales responsables de las enfermedades transmitidas por el agua en los seres humanos y los animales. Aparte de los riesgos graves para la salud que

suponen estos detergentes, los elementos (por ejemplo, plomo) presentes en ellos puede conducir a la acidez. Esto podría conducir a muchos problemas en un hombre sano y de buen estado físico también. El uso de mejores detergentes biodegradables, más amigables con el medio ambiente debe ser alentado.⁵

Se denominan aguas residuales a aquellas que resultan del uso doméstico o industrial del agua. También se les llama aguas servidas, aguas negras o aguas cloacales. Son residuales pues, habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; son negras por el color que habitualmente tienen, y cloacales porque son transportadas mediante cloacas (del latín cloaca, alcantarilla), nombre que se le da habitualmente al colector. A veces se hace una diferencia entre aguas servidas y aguas residuales en el sentido que las primeras solo provendrían del uso doméstico y las segundas corresponderían a la mezcla de aguas domesticas e industriales. En todo caso están constituidas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado e incluyen, a veces, las aguas de lluvia y las infiltraciones de agua de los terrenos.⁵

2.2. CARACTERÍSTICAS FISICOQUIMICAS DEL AGUA.

La presencia de sustancias químicas disueltas e insolubles en el agua que pueden ser de origen natural o antropogénico define su composición física y química.

2.2.1 TURBIDEZ.

La turbidez es una expresión de la propiedad o efecto óptico causado por la dispersión o interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua; en otras palabras, la turbiedad es la propiedad óptica de una

suspensión que hace que la luz sea remitida y no transmitida a través de la suspensión. La turbidez en un agua puede ser causada por una gran variedad de materiales en suspensión, que varían en tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otros, arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos, microorganismos, etc.

Actualmente el método más usado para determinar la turbidez es el método nefelométrico en el cual se mide la turbiedad mediante un nefelómetro y se expresan los resultados en unidades de turbidez nefelométrica, UTN. Con este método se compara la intensidad de luz dispersada por la muestra con la intensidad de luz dispersada por una suspensión estándar de referencia bajo las mismas condiciones de medida. Entre mayor sea la intensidad de luz dispersada mayor será la turbiedad. Como suspensión estándar de referencia se usa una suspensión de un polímero de formalina, la cual es fácil de preparar y de mejores características reproducibles que otros materiales anteriormente usados como la arcilla.

La determinación de turbidez es de gran importancia en aguas para consumo humano y en una gran cantidad de industrias procesadoras de alimentos y bebidas.

Los valores de turbidez sirven para determinar el grado de tratamiento requerido por una fuente de agua cruda, su filtrabilidad y, consecuentemente, la tasa de filtración más adecuada, la efectividad de los procesos de coagulación, sedimentación y filtración.

2.2.2 COLOR.

Las causas más comunes del color del agua son la presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución; el contacto del agua con desechos orgánicos, hojas, madera, raíces, etc., en diferentes estados de descomposición, y la presencia de taninos, ácido húmico y algunos residuos industriales. El color natural en el agua existe principalmente por efecto de partículas coloidales cargadas negativamente; debido a esto, su remoción puede lograrse con ayuda de un coagulante de una sal de ión metálico trivalente como el Al^{3+} o el Fe^{3+} .

Los coloides hidrofóbicos no reaccionan con el agua pero los hidrofílicos sí; las sustancias que producen el color son hidrofílicas. De importancia en el tratamiento del agua es que los coloides hidrofílicos pueden reaccionar químicamente con el coagulante usado en el proceso de tratamiento de agua, así, los colores hidrofílicos requieren mayor cantidad de coagulante que los hidrofóbicos.

Dos tipos de color se reconocen en el agua: el color verdadero, o sea el color de la muestra una vez que su turbidez ha sido removida, y el color aparente que incluye no solamente el color de las sustancias en solución y coloidales sino también el color debido al material suspendido. El color aparente se determina sobre la muestra original sin filtración o centrifugación previa. La unidad de color es el color producido por un mg/L de platino, en la forma de ion cloroplatinato, el color es expresado en unidades de la escala Pt-Co. La remoción del color es una función del tratamiento del agua y se practica para hacer un agua adecuada para usos generales o industriales. La determinación del color es importante para evaluar las

características del agua, la fuente del color y la eficiencia del proceso usado para su remoción; cualquier grado de color es objetable por parte del consumidor y su remoción es, por lo tanto, objetivo esencial del tratamiento.

2.2.3 pH.

El pH es un indicador de la acidez de una sustancia, siendo ésta una de las propiedades más importantes del agua. El rango varía de 0 a 14, siendo 7 el rango promedio (rango neutral). Un pH menor a 7 indica acidez, mientras que un pH mayor a 7, indica un rango básico. Por definición, el pH es en realidad una medición de la cantidad relativa de iones de hidrógeno e hidróxido en el agua.

Se considera que el pH de las aguas tanto crudas como tratadas debería estar entre 6,5 y 8,5. Por lo general, este rango permite controlar sus efectos en el comportamiento de otros constituyentes del agua. El pH tiene una gran influencia en la coagulación. Valores por encima o por debajo del pH óptimo producen malos resultados.

2.2.4 OLORES.

Normalmente los olores son debido a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. El agua residual reciente tiene un olor peculiar, algo desagradable, que resulta más tolerable que el del agua residual séptica. El olor más característico del agua residual séptica es el debido a la presencia del sulfuro de hidrógeno que se produce al reducirse los sulfatos a sulfitos por acción de microorganismos anaerobios. La problemática de los olores está considerada como la principal causa de rechazo a la implantación de

instalaciones de tratamiento de aguas residuales. En los últimos años, con el fin de mejorar esto respecto a la implantación de los sistemas de tratamiento, el control y la limitación de los olores es que han pasado a ser factores de gran importancia para el diseño y proyecto de redes de alcantarillado, plantas de tratamiento y sistemas de evacuación de aguas residuales. Considerando la importancia de los olores dentro del ámbito de la gestión de las aguas residuales, resulta conveniente estudiar los efectos que producen, como se detectan, y como caracterizarlos y medirlos.⁷

2.2.5 EFECTO DE LOS OLORES.

A bajas concentraciones, la influencia de los olores sobre el normal desarrollo de la vida humana tiene más importancia por la tensión psicológica que generan que por el daño que puedan producir al organismo. Los olores molestos pueden reducir el apetito, inducir a menores consumos de agua, producir desequilibrios respiratorios, náuseas, vómitos, y crear perturbaciones mentales.

En condiciones extremas, los olores desagradables pueden conducir al deterioro de la dignidad personal y comunitaria, interferir en las relaciones humanas, desanimar las inversiones de capital, hacer descender el nivel socioeconómico y reducir el crecimiento. Estos problemas pueden dar lugar al descenso de las rentas y el mercado de propiedades, los ingresos por impuestos y las ventas.

2.2.6 DETECCIÓN DE OLORES.

Los compuestos malolientes responsables de tensión psicológica que se produce en los seres humanos se detectan a través del sentido del olfato, pero hoy en día se desconoce exactamente el mecanismo involucrado en dicha detección. Desde 1870, se han propuesto más de 30 teorías que pretenden explicar el mecanismo del olfato. Uno de los principales obstáculos a la hora de elaborar una teoría global capaz de explicar el mecanismo del olfato es la imposibilidad de explicar la razón por la cual compuestos de estructuras muy similares producen olores diferentes y compuestos de estructuras totalmente diferentes pueden producir olores parecidos. Actualmente, parece tener amplia aceptación la premisa de que el olor de una molécula está relacionada con su estructura global.⁷

2.2.7 CARACTERIZACIÓN Y MEDIDA DE OLORES.

Para la completa caracterización de un olor, se sugiere cuatro factores independientes: la intensidad, el carácter, la sensación de desagrado y la detectabilidad. No obstante, hasta hoy en día, el único factor que se ha tenido en cuenta en el desarrollo de normativas reguladoras de malos olores es la detectabilidad.

Los olores pueden medirse con métodos sensoriales, mientras que las concentraciones de olores específicos pueden determinarse con métodos instrumentales. Se ha podido constatar que en condiciones estrictamente controladas, la medida sensorial (organoléptica): de los olores, empleando el olfato humano puede proporcionar resultados fiables y significativos.

Es por ello que a menudo se utiliza el método sensorial para la medición de los olores que emanan de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales.⁷

2.3 TRATAMIENTO FISICOQUIMICO EN LAS AGUAS RESIDUALES.

La presencia en el agua de muchas sustancias sólidas constituye la parte más importante y aparente de la contaminación.

El tamaño de las partículas contaminantes presentes en el agua es muy variado.

Hay sólidos que por su tamaño pueden observarse a simple vista en el agua y dejando la suspensión en reposo, se pueden separar bien por decantación bajo la influencia de la gravedad o bien por flotación, dependiendo de las densidades relativas del sólido y del agua. También resulta fácil separarlas por filtración.

Sin embargo, hay otras partículas muy finas de naturaleza coloidal denominadas coloides que presentan una gran estabilidad en agua. Tienen un tamaño comprendido entre 0,001 y 1 μm y constituyen una parte importante de la contaminación, causa principal de la turbiedad del agua. Debido a la gran estabilidad que presentan, resulta imposible separarlas por decantación o flotación. Tampoco es posible separarlas por filtración porque pasarían a través de cualquier filtro.

La causa de esta estabilidad es que estas partículas presentan cargas superficiales electrostáticas del mismo signo, que hace que existan fuerzas de repulsión entre ellas y les impida aglomerarse para sedimentar.⁸

Estas cargas son, en general, negativas, aunque los hidróxidos de hierro y aluminio las suelen tener cargas positivas.

El tratamiento físico químico del agua residual tiene como finalidad mediante la adición de ciertos productos químicos la alteración del estado físico de estas sustancias que permanecerían por tiempo indefinido de forma estable para convertirlas en partículas susceptibles de separación por sedimentación.

La coagulación – floculación, es un proceso mediante el cual las partículas presentes en el agua se aglomeran formando pequeñas masas que presentan un peso específico mayor que el del agua, de esta forma las partículas sedimentan y permiten que el agua alcance las características idóneas para su reutilización.

La coagulación consiste en desestabilizar los coloides por neutralización de sus cargas, dando lugar a la formación de un floculo.

La coagulación de las partículas coloidales se consigue añadiéndole al agua un producto químico (electrolito) llamado coagulante. Normalmente se utilizan las sales de hierro (cloruro férrico) y aluminio.

Se pueden considerar dos mecanismos básicos en este proceso:

a) Neutralización de la carga del coloidal

El electrolito al solubilizarse en agua libera iones positivos con la suficiente densidad de carga para atraer a las partículas coloidales y neutralizar su carga.

Se ha observado que el efecto aumenta marcadamente con el número de cargas del ión coagulante. Así pues, para materias coloidales con cargas negativas, los

iones Ba(bario) y Mg(magnesio), bivalentes, son en primera aproximación 30 veces más efectivos que el Na(sodio), monovalente; y, a su vez, el Fe(hierro) y Al(aluminio), trivalentes, unas 30 veces superiores a los divalentes.⁸

Para los coloides con cargas positivas, la misma relación aproximada existe entre el ión cloruro, Cl^- , monovalente, el sulfato, $(\text{SO}_4)^{2-}$, divalente, y el fosfato, $(\text{PO}_4)^{3-}$, trivalente.⁸

b) Inmersión en un precipitado o floculo de barrido.

Los coagulantes forman en el agua ciertos productos de baja solubilidad que precipitan. Las partículas coloidales sirven como núcleo de precipitación quedando inmersas dentro del precipitado.

2.3.1 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PROCESO DE COAGULACIÓN.

a) pH. EL pH es un factor crítico en el proceso de coagulación. Siempre hay un intervalo de pH en el que un coagulante específico trabaja mejor, que coincide con el mínimo de solubilidad de los iones metálicos del coagulante utilizado.⁹

Siempre que sea posible, la coagulación se debe efectuar dentro de esta zona óptima de pH 7, ya que de lo contrario se podría dar un desperdicio de productos químicos y un descenso del rendimiento de la planta.

Si el pH del agua no fuera el adecuado, se puede modificar mediante el uso de coadyuvantes o ayudantes de la coagulación, entre los que se encuentran: cal viva, cal apagada, carbonato sódico, soda cáustica y ácidos minerales.

b) Agitación rápida de la mezcla.

Para que la coagulación sea óptima, es necesario que la neutralización de los coloides sea total antes de que comience a formarse el floculo o precipitado.

Por lo tanto, al ser la neutralización de los coloides el principal objetivo que se pretende en el momento de la introducción del coagulante, es necesario que el reactivo empleado se difunda con la mayor rapidez posible, ya que el tiempo de coagulación es muy corto (1sg).¹⁰

c) Tipo y cantidad de coagulante.

Los coagulantes principalmente utilizados son las sales de aluminio y de hierro.

La selección del coagulante y la dosis exacta necesaria en cada caso, sólo puede ser determinada mediante ensayos de laboratorio (Jar-Test).

2.3.2 FLOCULACIÓN.

La floculación trata la unión entre los flóculos ya formados con el fin aumentar su volumen y peso de forma que pueden decantar. Consiste en la captación mecánica de las partículas neutralizadas dando lugar a un entramado de sólidos de mayor volumen. De esta forma, se consigue un aumento considerable del tamaño y la densidad de las partículas coaguladas, aumentando por tanto la velocidad de sedimentación de los flóculos.¹⁰

Básicamente, existen dos mecanismos por los que las partículas entran en contacto: Por el propio movimiento de las partículas (difusión browniana). En este caso se habla de Floculación pericinética o por convección natural. Es muy lenta.

Por el movimiento del fluido que contiene a las partículas, que induce a un movimiento de éstas. Esto se consigue mediante agitación de la mezcla. A este mecanismo se le denomina Floculación ortocinética o por convección forzada.

Existen además ciertos productos químicos llamados floculantes que ayudan en el proceso de floculación. Un floculante actúa reuniendo las partículas individuales en aglomerados, aumentando la calidad del flóculo (flóculo más pesado y voluminoso).¹¹

2.3.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FLOCULACIÓN.

a) Coagulación previa lo más perfecta posible.

b) Agitación lenta y homogénea.

La floculación es estimulada por una agitación lenta de la mezcla puesto que así se favorece la unión entre los flóculos. Un mezclado demasiado intenso no interesa porque rompería los flóculos ya formados.¹²

c) Temperatura del agua.

La influencia principal de la temperatura en la floculación es su efecto sobre el tiempo requerido para una buena formación de flóculos.

Generalmente, temperaturas bajas dificultan la clarificación del agua, por lo que se requieren periodos de floculación más largos o mayores dosis de floculante.

d) Características del agua.

Un agua que contiene poca turbiedad coloidal es, frecuentemente, de floculación más difícil, ya que las partículas sólidas en suspensión actúan como núcleos para la formación inicial de flóculos.

e) Tipos de floculantes Según su naturaleza, los floculantes pueden ser:

Minerales: por ejemplo la sílice activada. Se le ha considerado como el mejor floculante capaz de asociarse a las sales de aluminio. Se utiliza sobre todo en el tratamiento de agua potable.

Orgánicos: son macromoléculas de cadena larga y alto peso molecular, de origen natural o sintético.

Los floculantes orgánicos de origen natural se obtienen a partir de productos naturales como alginatos (extractos de algas), almidones (extractos de granos vegetales) y derivados de la celulosa. Su eficacia es relativamente pequeña.

Los de origen sintético, son macromoléculas de cadena larga, solubles en agua, conseguidas por asociación de monómeros simples sintéticos, alguno de los cuales poseen cargas eléctricas o grupos ionizables por lo que se le denominan polielectrolitos.¹³

Según el carácter iónico de estos grupos activos, se distinguen:

Polielectrolitos no iónicos: son poliacrilamidas de masa molecular comprendida entre 1 y 30 millones. Polielectrolitos aniónicos: Caracterizados por tener grupos ionizados negativamente (grupos carboxílicos).

Polielectrolitos catiónicos: caracterizados por tener en sus cadenas una carga eléctrica positiva, debida a la presencia de grupos amino.

La selección del polielectrolito adecuado se hará mediante ensayos jarrest.

En general, la acción de los polielectrolitos puede dividirse en tres categorías:

En la primera, los polielectrolitos actúan como coagulantes rebajando la carga de las partículas. Puesto que las partículas del agua residual están cargadas negativamente, se utilizan a tal fin los polielectrolitos catiónicos.¹³

La segunda forma de acción de los polielectrolitos es la formación de puentes entre las partículas. El puente se forma entre las partículas que son adsorbidas por un mismo polímero, las cuales se entrelazan entre sí provocando su crecimiento.

La tercera forma de actuar se clasifica como una acción de coagulación formación de puentes, que resulta al utilizar polielectrolitos catiónicos de alto peso molecular. Además de disminuir la carga, estos polielectrolitos formarán también puentes entre las partículas.

2.4 MECANISMO GENERAL DEL PROCESO COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN.

El tratamiento físico-químico puede constituir la única etapa dentro del tratamiento del agua residual o bien puede interponerse como proceso de depuración complementario entre el pretratamiento y el tratamiento biológico.¹⁴En cualquiera de los dos casos, el vertido procedente del pretratamiento es sometido a las

distintas fases de depuración físico-químicas: coagulación, coadyuvacion y floculación.¹⁵

El proceso de coagulación se efectúa en un sistema que permita una mezcla rápida y homogénea del producto coagulante con el agua residual, llamado mezclador rápido o coagulador. Consiste en una cámara de mezcla provista de un sistema de agitación que puede ser del tipo de hélice o turbina.

El tiempo de retención es de 0,3 a 5 minutos.

El reactivo (coagulante) se almacena en un depósito específico que puede ser de material diverso como PRFV, polietileno, metálico con imprimación, etc.

El coagulante debe ser dosificado al vertido en forma de disolución; a una concentración determinada. En algunos casos, el reactivo se recibe en la planta disuelta y se almacena en los depósitos. Otras veces se recibe en estado sólido, en cuyo caso, el tanque utilizado para su almacenamiento debe estar provisto de un sistema de agitación para la preparación de la disolución.¹⁶

El transporte del producto desde el depósito de almacenamiento hasta la cámara de mezcla se lleva a cabo mediante una bomba dosificadora.

La coadyuvacion tiene como finalidad llevar el vertido a un pH óptimo para ser tratado. Para ello se utilizan ciertos productos químicos llamados coadyuvantes o ayudantes de coagulación.

Este proceso tiene lugar en la misma cámara donde se realiza la coagulación. Como en el caso del coagulante, el coadyuvante se prepara en un dispositivo

aparte provisto de un sistema de agitación. Igualmente, para la adición del reactivo al agua residual se emplea una bomba dosificadora.

El vertido, una vez coagulado, pasara a la siguiente etapa, denominada floculación. En dicha etapa, se le añade al agua un producto químico llamado floculante (polielectrolito), cuya función fundamental es favorecer la agregación de las partículas individuales o flóculos formados durante la coagulación. Se originan flóculos de mayor tamaño, los cuales, debido a su aumento de peso, decantaran en la última etapa del tratamiento físico-químico.

La floculación puede tener lugar en un floculador separado o bien en el interior de un decantador.

Los floculadores son depósitos provistos de sistemas de agitación que giran con relativa lentitud para no romper los flóculos formados durante la coagulación. El tiempo de retención en estos sistemas suele ser de 10 a 30 minutos.

Los sistemas de agitación pueden estar constituidos por hélices o por un conjunto de palas fijadas sobre un eje giratorio horizontal o vertical.

Otra posibilidad es realizar el proceso de coagulación-floculación y decantación en una sola unidad. En este caso, el decantador lleva incorporado un sistema de recirculación de fangos para mejorar el crecimiento de las partículas y facilitar su sedimentación.

La dosificación de polielectrolito también se hace en forma de disolución, debido a las características propias del reactivo (alta viscosidad), su preparación requiere un especial cuidado.

El depósito de almacenamiento de polielectrolito deberá disponer de un agitador para poder proceder a su acondicionamiento. La aplicación del reactivo al agua se realiza mediante una bomba especial para este tipo de producto. Se suele utilizar una bomba de desplazamiento y caudal variable, por ejemplo, una bomba tipo mono, de engranaje, pistón, etc.¹⁷

CAPITULO III

HIPÓTESIS DEL ESTUDIO

3.1 SISTEMA DE HIPÓTESIS

A continuación se presenta el sistema de hipótesis:

A. HIPÓTESIS DE TRABAJO

- **H₁**: La turbidez de las aguas servidas en los cafetines de la FMO disminuye al aplicar la coagulación - Floculación

- **H**: La dosificación óptima mediante pruebas experimentales del coagulante usado en la depuración de las aguas residuales permitirá obtener un pH adecuado para obtener una mejor calidad olfativa.

- **H₂**: La dosificación óptima mediante pruebas experimentales del coagulante usado en la depuración de las aguas residuales permitirá obtener un pH adecuado para obtener una mejor calidad olfativa.

- **H₃**: La dosificación óptima mediante pruebas experimentales del coagulante usado en la depuración de las aguas residuales permitirá obtener un color adecuado para obtener una mejor calidad olfativa.

B. HIPÓTESIS NULAS

- **H₀₁**: La turbidez de las aguas servidas en los cafetines de la FMO no disminuye al aplicar la coagulación - Floculación

- **H₀₂**: La dosificación óptima mediante pruebas experimentales del coagulante usado en la depuración de las aguas residuales no permitirá obtener un pH adecuado para obtener una mejor calidad olfativa.

H₀₃: La dosificación óptima mediante pruebas experimentales del coagulante usado en la depuración de las aguas residuales no permitirá obtener un color adecuado para obtener una mejor calidad olfativa.

3.2 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Hipótesis	Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores
H₁: La turbidez de las aguas servidas en los cafetines de la FMO disminuye al aplicar la coagulación – Floculación	La Turbidez	Medida en Unidades Nefelométricas de Turbiedad (UNT)	Medición de la turbidez del agua residual con un TURBIDIMETRO Digital Direct Reading LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD ADSCRITO A CETEXSAL S.A DE CV. DIVISION AGUA EL LIMON.	- Variación de la Turbidez del agua residual.
H₂: La dosificación óptima mediante pruebas experimentales del coagulante usado en la depuración de las aguas residuales permitirá obtener un color adecuado para obtener una mejor calidad olfativa.	Color	Medida en color en Unidades de Complejo Platino Cobalto (Pt-Co).	Se realizó la medición del color mediante un Colorímetro HACH.	-Variación del color a distintas concentraciones del floculante y coagulante.
H₃: La dosificación óptima mediante pruebas experimentales del coagulante usado en la depuración de las aguas residuales permitirá obtener un pH adecuado para obtener una mejor calidad olfativa.	Valores de pH	Valores de Acidez o basicidad en términos de pH en el agua residual.	Valores de Acidez y Basicidad con un pH metro PCE-PH 22, realizados en el LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD ADSCRITO A CETEXSAL S.A DE CV. DIVISIÓN AGUA EL LIMÓN.	- Escala de pH que indica acidez o basicidad del agua.

CAPÍTULO IV

DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 MUESTRAS DE ANÁLISIS.

Se utilizaron muestras de agua residual generada en los cafetines de la FMO de la Universidad de El Salvador, obtenida desde el canal de desagüe hacia el vertido superficial al suelo. El tipo de muestra analizada fue una muestra simple que se tomó en un lugar en donde el agua residual estaba en reposo.

El número de muestras analizadas fueron 13 las tomadas durante un período de 6 meses de estudio 2 muestras por mes y en el último mes fueron 3 muestras. Las muestras fueron recogidas personalmente y estas se almacenaron en botellas plásticas de un volumen aproximado de 1 L.

4.2 PREPARACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE FLOCULANTE ALMIDÓN.

Se pesó una determinada cantidad de almidón dependiendo de las concentraciones en las que se vaya a trabajar, 0.025g, 0.25g, 0.5g, 0.75g, 1.25g, 2g y aforarlas a la cantidad de agua que se necesite en este caso fue a 250ml. (ver anexo 7 b)

Luego se calentó por 5 minutos a ebullición las soluciones de almidón con agitación constante, para evitar la formación de grumos.

Completar el volumen hasta la cantidad que fue aforada, para compensar el que se haya perdido por evaporación.

Luego la solución se deja enfriar a temperatura ambiente.

Debido a que el almidón es biodegradable fácilmente, las soluciones deben ser preparadas cada día.

4.3 PREPARACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN DE COAGULANTE SULFATO DE ALUMINIO.

Se tomó cierta cantidad de sulfato de aluminio 0.0175g, 0.01875g, 0.02g, 0.02125g, 0.0225g, 0.02375g aforados a un valor de 250ml; se toman 10ml de cada concentración y se mezcló con 10ml del agua residual. (Ver anexo 7 c)

Se procedió a encender el equipo, se empezó a mezclar rápidamente (100 rpm)

Después de 1 minuto, la velocidad se disminuyó hasta 30 rpm y se le agregó dosis diferentes del ayudante de coagulación o floculante 0.025g, 0.25g, 0.5g, 0.75g, 1.25g, 2g 10ml de cada concentración. (Ver anexo 7 f, g, h)

Transcurrida la agitación de 15 minutos y el tiempo de sedimentación, se tomó una muestra del líquido clarificado de cada concentración para determinar el color, la turbidez y el pH. (Ver anexo 6 i, j)

4.4 MÉTODO DE ANÁLISIS.

Los ensayos fueron realizados en el *LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD ADSCRITO A CETEXSAL S.A DE CV. DIVISION AGUA EL LIMON* por personal de laboratorio de dicha institución. Es un análisis descriptivo.

a) Test de Jarras:

Este test se realiza en un equipo denominado Test de Jarras, que consiste en un montaje de cuatro vasos de precipitado con sus respectivos sistemas de agitación de velocidad regulable. Este aparato contiene cuatro agitadores para homogenizar lo más posible el contenido de los cuatro vasos de precipitados en los que se varían las condiciones de operación analizándose luego los resultados en cada caso, para concluir cuales son los parámetros óptimos de depuración. ¹

Turbidímetro.

El término general “turbidez” se utiliza para describir el aspecto turbio o lechoso de pruebas líquidas como agua (potable como cristal de ventanas (vidrio opaco). En términos analíticos, la turbidez es producida por partículas, mineral, de baño o residual), bebidas (cerveza, vino o jugos) o medios sólidos de diferentes tamaños, que absorben o dispersan la luz, produciendo el característico aspecto lechoso de la prueba. La turbidez es producida por sustancias en suspensión como lodo, cal, levadura o microorganismos. Hoy en día, es todavía usual para la determinación de turbidez utilizar un disco opaco hecho de bronce. Dicho disco se sumergirá en el agua mediante una cuerda hasta su desaparición. La turbidez se calcula según la profundidad de inmersión de dicho disco.

El fenómeno la turbidez se mide hoy en día por medio de aparatos opto-electrónicos. La prueba es iluminada por luz artificial emitida por una fuente luminosa con intensidad conocida y las partículas suspendidas dispersan o absorben la luz. La luz dispersa es analizada por una foto detectora. La luz dispersa se suele analizar en un ángulo de 90°.

A este principio se le llama Nefelometría. Un nefelómetro es por tanto un turbidímetro que mide la luz dispersa en un ángulo de 90°. Los resultados se recogen en NTU (Nephelometric Turbidity Unit). Para obtener resultados definidos y reproducibles, los turbidímetros se calibran y ajustan por medio de una solución de formacina (estándar de referencia (Ver anexo 3) ¹⁷

a) Colorímetro.

Un colorímetro es cualquier herramienta que identifica el color y el matiz para una medida más objetiva del color.

El colorímetro también es un instrumento que permite medir la absorbancia de una solución en una específica frecuencia de luz camillogena ser determinada. Es por eso, que hacen posible descubrir la concentración de un soluto conocido que sea proporcional a la absorción (Ver anexo 3). ¹²

b) pH-metro.

El pH-metro es un sensor utilizado en el método electroquímico para medir el pH de una disolución.

La determinación de pH consiste en medir el potencial que se desarrolla a través de una fina membrana de vidrio que separa dos soluciones con diferente concentración de protones. En consecuencia se conoce muy bien la sensibilidad y la selectividad de las membranas de vidrio durante el pH.

Una celda para la medida de pH consiste en un par de electrodos, uno de calomel (mercurio, cloruro de mercurio) y otro de vidrio, sumergidos en la disolución de la que queremos medir el pH. La varita de soporte del electrodo es de vidrio común y no es conductor, mientras que el bulbo sensible, que es el extremo sensible del electrodo, está formado por un vidrio polarizable (Ver anexo 3).¹⁷

4.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Con los resultados experimentales obtenidos se procedió a construir tablas que relacionan los parámetros de turbidez, color y pH con las dosis de coagulante y floculante.

Posteriormente se construyeron las tablas y gráficas respectivas donde se relacionan las dosis óptimas de coagulante y la turbiedad del agua residual.

Se tabularon los resultados obtenidos de una forma que se relacionaran las condiciones iniciales y finales del agua (turbiedad-color-pH) con las dosis óptimas de coagulante y floculante encontradas.

Por último, se utilizó estadístico prueba t de student para comparar las diferentes concentraciones con los parámetros bajo estudio antes señalados.

CAPITULO V:

RESULTADOS EN EL ESTUDIO

5.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DESCRIPTIVOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos al realizar las pruebas de laboratorio en las muestras para las diferentes concentraciones.

Tabla 1. RESULTADOS ANALÍTICOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS

N°	CONCENTRACIÓN		N° DE MUESTRA	RESULTADOS DEL LABORATORIO		
	ALMIDÓN	AL ₂ (SO ₄) ₃		TURBIDEZ (UNT)	pH	COLOR (Pt-Co)
0	0.0	0.0	Chorro	2.0	6.53	2.0
1	0.0	0.0	Cruda	4.2	6.2	5.0
2	0.025	0.0175	1	4.3	6.31	6.0
			2	3.6	6.71	5.0
3	0.25	0.01875	1	3.6	6.9	4.1
			2	3.7	6.8	4.1
4	0.5	0.02	1	3.9	6.72	5.02
			2	3.7	6.8	4.1
5	0.75	0.02125	1	3.2	6.5	4.0
			2	3.2	6.6	4.01
6	1.25	0.0225	1	5.6	6.52	8.2
			2	5.4	6.63	8.2
7	2.0	0.02375	1	3.4	6.61	4.06
			2	3.4	6.6	4.05

Fuente: resultados de análisis de laboratorio de este estudio.

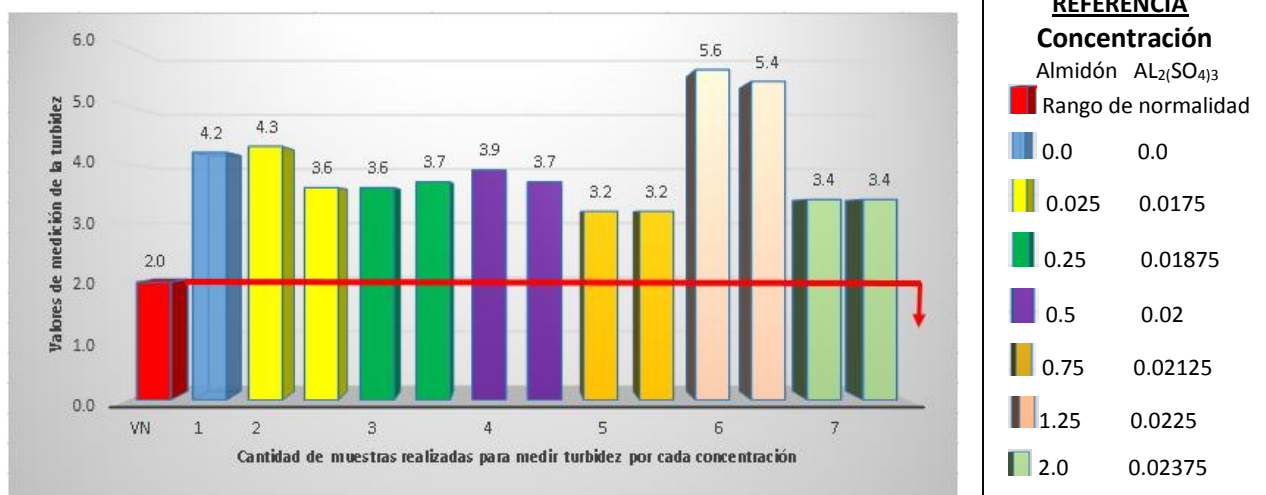
ANÁLISIS:

En la tabla 1 se presentan los resultados obtenidos al realizar las pruebas de laboratorio a cada una de las muestras para las diferentes concentraciones en las que se tiene el detalle de la valoración correspondiente a cada una de las características que permiten tener una evaluación de la calidad del agua. Y como podemos observar los valores que posee cada uno de los parámetros tienen resultados muy próximos.

Tabla 1. RESULTADOS DE LA TURBIDEZ DEL AGUA A DIFERENTES CONCENTRACIONES

N°	CONCENTRACIÓN		N° DE MUESTRA	TURBIDEZ (UNT)
	ALMIDÓN	AL ₂ (SO ₄) ₃		
0	Rango de normalidad según la norma salvadoreña de calidad de agua			0.0 - 2.0
1	0.0	0.0	Cruda	4.2
2	0.025	0.0175	1	4.3
			2	3.6
3	0.25	0.01875	1	3.6
			2	3.7
4	0.5	0.02	1	3.9
			2	3.7
5	0.75	0.02125	1	3.2
			2	3.2
6	1.25	0.0225	1	5.6
			2	5.4
7	2.0	0.02375	1	3.4
			2	3.4

GRAFICO 1. RESULTADOS DE LA TURBIDEZ DEL AGUA A DIFERENTES CONCENTRACIONES



Fuente: Tabla 1 de este estudio

INTERPRETACIÓN:

El gráfico 1 detalla la información concerniente a las puntuaciones obtenidas para la característica TURBIDEZ en cada una de las trece muestra a las que se les realizó examen de laboratorio las cuales poseían diferencias en las concentraciones que estaban conformadas por almidón y sulfato de aluminio según lo indica la referencia.

Tenemos que las 12 muestras que se le aplicó concentración 9 (representan el 75%) de estas produjeron valores de turbidez por debajo del 4.2 UTN para la muestra placebo o muestra de agua cruda; y el 25% superaron este valor. Al observar las puntuaciones de las concentraciones las que generan los mejores parámetros en orden jerárquico es:

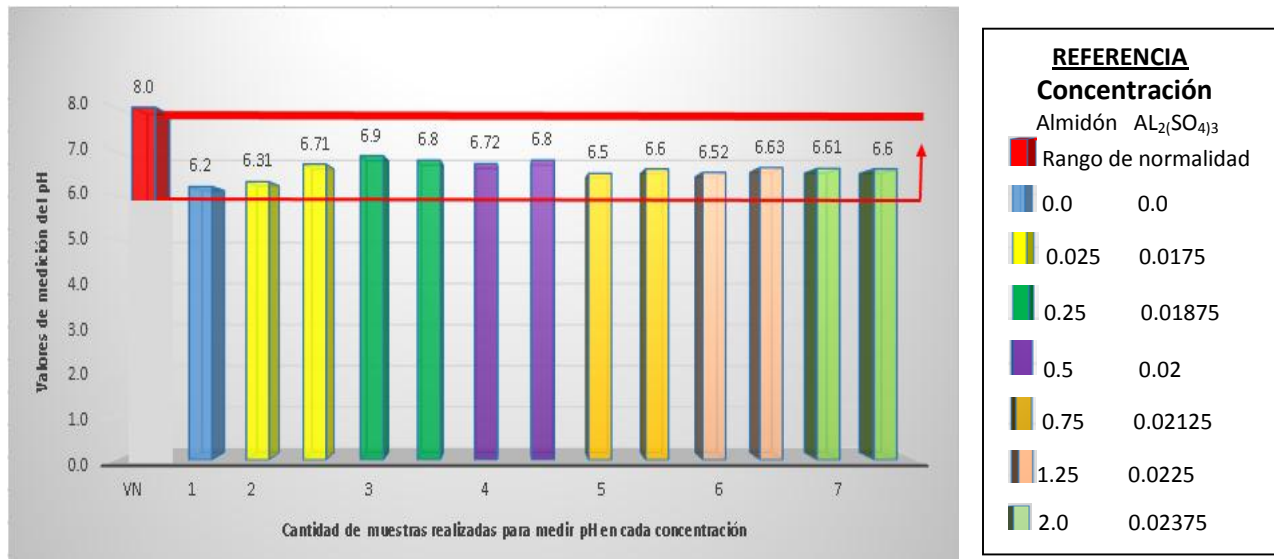
Mejor concentración	N° de muestra	Parámetros de turbidez, pH color. Según norma	Valores obtenidos después del tratamiento de coagulación floculación.		
			almidón/Al ₂ (SO ₄) ₃	almidón/Al ₂ (SO ₄) ₃	almidón/Al ₂ (SO ₄) ₃
Turbidez	5	1-5 UNT	3.2	3.2	3.6
pH	7	6-8	6.6	6.61	6.9
Color	3	1-2 Pt-Co	4.01	4.06	4.1

Los cuales producen valores de turbidez más próximos a la puntuación de normalidad según la norma de calidad del agua de El Salvador, que corresponde al rango de 0 hasta 2 puntos.

Tabla 2. VALOR DEL pH EN EL AGUA SEGÚN CONCENTRACIÓN

N°	CONCENTRACIÓN		N° DE MUESTRA	pH
	ALMIDÓN	AL ₂ (SO ₄) ₃		
0	Rango de normalidad según la norma salvadoreña de calidad de agua			6.0–8.0
1	0.0	0.0	Cruda	6.2
2	0.025	0.0175	1	6.31
			2	6.71
3	0.25	0.01875	1	6.9
			2	6.8
4	0.5	0.02	1	6.72
			2	6.8
5	0.75	0.02125	1	6.5
			2	6.6
6	1.25	0.0225	1	6.52
			2	6.63
7	2.0	0.02375	1	6.61
			2	6.6

GRAFICO 2. VALOR DEL pH EN EL AGUA SEGÚN CONCENTRACIÓN



Fuente: Tabla 2 de este estudio

INTERPRETACIÓN:

En el gráfico 2 se tiene los datos correspondientes a las puntuaciones obtenidas para la escala de pH cada una de las muestras que se examinaron según diferencias en las concentraciones conformadas por almidón y sulfato de aluminio. Permite observar cómo todos los valores se encuentran o están por arriba de ella con el fin de aproximarse al rango de normalidad de pH que se encuentran entre 6 y 8; pero al observar las puntuaciones de las concentraciones las que generan los mejores parámetros en orden jerárquico son:

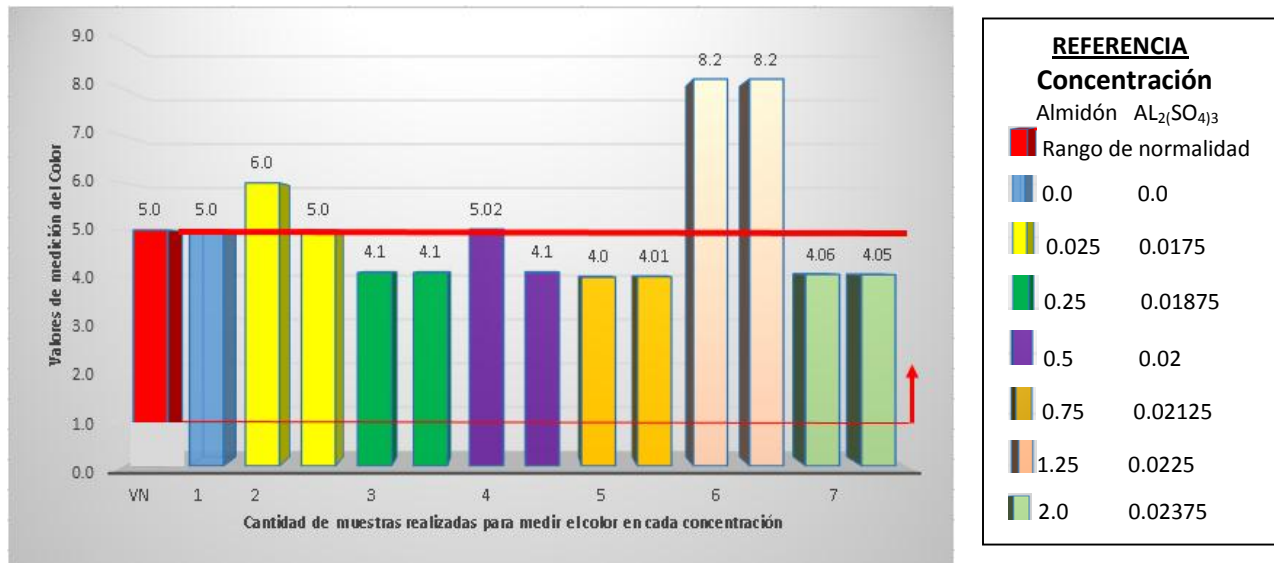
Mejor concentración	N° de muestra	Parámetros de turbidez, pH color. Según norma	Valores obtenidos después del tratamiento de coagulación floculación.		
			almidón/Al ₂ (SO ₄) ₃	almidón/Al ₂ (SO ₄) ₃	almidón/Al ₂ (SO ₄) ₃
Turbidez	3	1-5 UNT	3.6	3.7	3.4
Ph	4	6-8	6.9	6.8	6.61
Color	7	1-2 Pt-Co	4.1	4.1	4.06

Los cuales producen valores de pH más próximos a la puntuación de normalidad según la norma de agua residual de El Salvador. (Ver anexo 2).

Tabla 3. RESULTADOS PARA COLORACIÓN DEL AGUA A DIFERENTES CONCENTRACIONES

N°	CONCENTRACIÓN		N° DE MUESTRA	COLOR (Pt-Co)
	ALMIDÓN	AL ₂ (SO ₄) ₃		
0	Rango de normalidad según la norma salvadoreña de calidad de agua			1.0 - 5.0
1	0.0	0.0	Cruda	5.0
2	0.025	0.0175	1	6.0
			2	5.0
3	0.25	0.01875	1	4.1
			2	4.1
4	0.5	0.02	1	5.02
			2	4.1
5	0.75	0.02125	1	4.0
			2	4.01
6	1.25	0.0225	1	8.2
			2	8.2
7	2.0	0.02375	1	4.06
			2	4.05

GRAFICO 3. RESULTADOS PARA COLORACIÓN DEL AGUA A DIFERENTES CONCENTRACIONES



Fuente: Tabla 3 de este estudio

INTERPRETACIÓN:

Al observar los resultados que se encuentran detallados en grafico 3, los cuales corresponden al color del agua en las diferentes muestras de las concentraciones a las que se les realizó examen, tenemos el rango de valores normales de color que se encuentran entre 1 y 5 Pt-Co; al observar las puntuaciones de las concentraciones, las que generan los mejores parámetros en orden jerárquico son:

Mejor concentración	N° de muestra	Parámetros de turbidez, pH color. Según norma	Valores obtenidos después del tratamiento de coagulación floculación.		
			almidón/Al ₂ (SO ₄) ₃	almidón/Al ₂ (SO ₄) ₃	almidón/Al ₂ (SO ₄) ₃
Turbidez	5	1-5 UNT	3.2	3.4	3.6
pH	7	6-8	6.53.4	6.61	6.9
Color	3	1-2 Pt-Co	4.0	4.06	4.1

Las cuales producen valores más próximos a la puntuación de normalidad según las condiciones de la norma de agua residual de El Salvador. (Ver anexo 2) observándose que en tres muestras hay puntuaciones por arriba del rango normal (25%); y el resto se encuentran dentro del rango (75%).

5.2 PRUEBA DE HIPÓTESIS

COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS DE TRABAJO 1.

Dado que las puntuaciones se han medido en valores cuantitativos y se quiere verificar la confiabilidad de aproximación de la mejor concentración para el mejoramiento de la calidad de agua en un 95% para la siguiente hipótesis:

H₁: La turbidez de las aguas servidas en los cafetines de la FMO disminuye al aplicar la coagulación – Floculación.

Se utiliza el estadístico de prueba t de student. Y mediante el programa estadístico SPSS versión 19 se han obtenido los siguientes resultados:

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Turbidez	13	3.9385	0.76978	0.21350

	Valor de prueba = 2					
	T	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Turbidez	9.079	12	0.000	1.93846	1.4733	2.4036

Se procede a concluir estadísticamente:

Se tiene que la diferencia entre el valor más alto del rango de normalidad según la norma del agua de El Salvador (valor de prueba = 2) y el valor promedio de las turbideces que es 3.9 el cual es próximo a 3.2 es significativa.

PRUEBA DE HIPÓTESIS DE TRABAJO 2.

Utilizando el mismo estadístico que en la prueba 1, para la hipótesis:

H₂: La dosificación óptima mediante pruebas experimentales del coagulante usado en la depuración de las aguas residuales permitirá obtener un pH adecuado de las mismas y obtener una mejor calidad olfativa.

Y, basándose en las siguientes tablas obtenidas en el SPSS al 95% de confianza:

Variable	N	Media	Desviación típ.
Ph	13	6.5643	0.24809

Prueba para una muestra						
	Valor de prueba = 6					
	t	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
pH	8.510	12	0.000	0.56429	0.4210	0.7075

Se llega a la siguiente conclusión: que la diferencia de medias es 0.56429 lo cual indica que los valores obtenidos en las muestras están por arriba del límite inferior del rango de normalidad de pH, que es de 6, y como esta diferencia resulta ser significativa indica que los valores de pH conseguidos en las diferentes concentraciones son realmente próximas al valor central en el rango de normalidad del pH del agua.

PRUEBA DE HIPÓTESIS DE TRABAJO 3.

Utilizando el mismo estadístico y la misma confianza que en las pruebas anteriores, para la hipótesis siguiente:

H₃: La dosificación óptima mediante pruebas experimentales del coagulante usado en la depuración de las aguas residuales permitirá obtener un color adecuado para obtener una mejor calidad olfativa.

Al utilizar el SPSS se obtienen los siguientes resultados:

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Color	13	5.0646	1.51719	0.42079

	Valor de prueba = 5					
	t	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Color	0.154	12	0.881	0.06462	-0.8522	0.9814

Con lo cual se puede concluir que las diferencias no son significativas y que el valor 0.06462 es próximo a cero por lo que las puntuaciones obtenidas en las pruebas de las diferentes concentraciones casi todas caen en el rango de normalidad.

CONCLUSIÓN ESTADÍSTICA:

- ✓ Según los resultados de las tres comprobaciones anteriores en las que se ha obtenido que la turbidez obtenidas por las concentraciones del estudio es diferente al establecido por la norma.
- ✓ El pH a pesar que se han obtenido valores bastante próximos al límite mínimo de la normalidad presento ser diferente al 95% de los casos.
- ✓ El color se obtuvieron resultados favorables al mejoramiento del agua. Corresponde hacer una selección manual de las diferentes concentraciones para la que el agua sea reutilizable, por ejemplo la siguiente jerarquía de concentraciones según los resultados descriptivos:

Mejor concentración	N° de muestra	Parámetros de turbidez, pH color. Según norma	Valores obtenidos después del tratamiento de coagulación floculación.		
			almidón/ $Al_2(SO_4)_3$	almidón/ $Al_2(SO_4)_3$	almidón/ $Al_2(SO_4)_3$
Turbidez	3	0-2 UNT	3.6	3.4	3.6
pH	7	6-8	6.9	6.61	6.9
Color	5	1-5 Pt-Co	4.1	4.06	4.1

Lo cual promueve resultados muy próximos a los necesarios para tener una buena calidad del agua. Y sin mal olor dado que este se elimina.

CAPÍTULO VI:

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en las 13 de muestras analizadas de las aguas residuales generadas en los Cafetines de la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental, se concluye lo siguiente:

- La turbidez de las aguas servidas en los cafetines de la FMO disminuyó al aplicar las soluciones de Sulfato de Aluminio y Almidón a distintas concentraciones. De acuerdo, con el programa SPSS y el método estadístico la prueba t de Student se comprobó que no hay diferencias significativas en los resultados obtenidos, por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula. Debido al comparar los resultados obtenidos antes y después de aplicar el proceso de coagulación floculación.
- El color en las muestras de aguas servidas de los cafetines de la FMO tuvo una disminución al aplicar las soluciones de Sulfato de Aluminio y Almidón a concentraciones definidas y de acuerdo con los datos del programa SPSS y el método estadístico la prueba t de Student se comprobó que no hay diferencias significativas y por lo tanto se puede concluir que la hipótesis alternativa es correcta y se rechaza la hipótesis nula. Debido al comparar los resultados obtenidos antes y después de aplicar el proceso de coagulación floculación.
- El pH de las muestras de aguas servidas bajo estudio tuvieron una tendencia a alcanzar un valor neutro y usando como referencia el programa SPSS y el

método estadístico la prueba t de Student, se puede concluir que, no existen diferencias significativas en los resultados obtenidos y se acepta la hipótesis alternativa. Debido al comparar los resultados obtenidos antes y después de aplicar el proceso de coagulación floculación.

6.2 RECOMENDACIONES

Algunas recomendaciones que pueden establecerse son las siguientes:

- Que los resultados de la dosificación de sulfato de aluminio y almidón como método de depuración de aguas residuales obtenidos en esta investigación, puedan ser puestos en práctica en dichos cafetines de la FMO para un mejor tratamiento de las aguas de desecho que se generan diariamente en dichos locales dentro del Alma Mater.
- Se recomienda a las instituciones u organismos pertinentes que puedan generar proyectos sobre la construcción de sistemas en los cuales puedan ser integrados la coagulación – floculación propuesta en esta investigación y que las aguas servidas en los cafetines de la FMO puedan tener una mejor calidad olfativa de una forma adecuada evitando contaminación a los alrededores o al ambiente.
- Continuar con la investigación aquí propuesta, para poder reducir al mínimo la cantidad de agua servida que se estaciona en lugares inadecuados y que pueda haber una mejor calidad olfativa mediante un mecanismo o sistema que permita la interacción entre el sulfato de aluminio y el almidón en la dosis mejor que en esta investigación se encontró.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Stanley E. Manahan. Introducción a la química ambiental. Editorial REVERTE, México 2007.
- 2) Colin Baird. Química Ambiental. Editorial REVERTE, España 2001.
- 3) Xavier Elías. Reciclaje de residuos industriales. Ediciones Días
- 4) de Santos, S.A, Madrid España 2009.
- 5) www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml “Calidad del agua”.
- 6) Aguilar, M.I. Tratamiento Físico-químico de aguas residuales. Coagulación-Floculación. Universidad de Murcia. Servicio de Publicaciones, España 2002.
- 7) Carmen Orozco Barrenetxea. Contaminación Ambiental. Ediciones Paraninfo, S.A. Madrid, España, 2011.
- 8) Ángel Vian Ortuño. Introducción a la química industrial. Editorial REVERTE, España, 2006.
- 9) http://mimosa.pntic.mec.es/vgarci14/aguas_residuales.htm “Las Aguas Residuales”.
- 10) Hill. Kolb. Química para el Nuevo Milenio. 8ª Edición. PEARSON. México, 1999.
- 11) http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/es/ “El uso de aguas residuales”.
- 12) <http://www.elessia.com/es/explicacion-del-metodo-de-la-coagulacion-floculacion.html> “Explicación del método de la coagulación-floculación”.
- 13) WHITTEN. DAVIS. PECK. Química. 8ª Edición. CENGAGE Learning. México, 2008.

- 14)PETRUCCI. HERRING. MADURA. Química General. 10ª Edicion. PEARSON.
México, 2011.
- 15)RAYMOND CHANG. Química. 10ª Edicion. McGraw-Hill. México, 2010.
- 16)GARY D. CHRISTIAN. Química Analítica. 6a Edicion. McGraw-Hill. México, 2009.
- 17)DANIEL C. HARRIS. Química Analítica Cuantitativa. 6ª Edicion. Editorial
REVERTE S.A. España, 2000.
- 18)BURRIEL. Química Analítica Cuantitativa. 16ª Edicion. Editorial PARANINFO.
España, 1998.

ANEXOS

ANEXO 1. GLOSARIO

Agua potable: aquella apta para el consumo humano y que cumple con los parámetros físicos, químicos y microbiológicos establecidos en esta norma.

Agua Residual: Es cualquier tipo de agua cuya calidad se vio afectada negativamente por influencia antropogénica

Agua tratada: corresponde al agua cuyas características han sido modificadas por medio de procesos físicos, químicos, biológicos o cualquiera de sus combinaciones.

Antropogénico: Se refiere a los efectos, procesos o materiales que son el resultado de actividades humanas, a diferencia de los que tienen causas naturales sin influencia humana.

Biodiversidad: Es la variedad de formas de vida en el planeta, incluyendo los ecosistemas terrestres, marinos y los complejos ecológicos de los que forman parte, más allá de la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y los ecosistemas.

Coagulación: Es el Proceso por el que los componentes de una suspensión o disolución estable son desestabilizadas por superación de las fuerzas que mantienen su estabilidad.

Coloide: Es un sistema formado por dos o más fases, principalmente: una continua, normalmente fluida, y otra dispersa en forma de partículas generalmente sólidas.

Floculación: Es el proceso por el que las partículas desestabilizadas se unen para formar grandes partículas estables o aglomerados.

Eutrofización: Es el enriquecimiento en nutrientes de un ecosistema.

Evapotranspiración: Se define como la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación.

Lixiviación: Es un proceso en el que un disolvente líquido pasa a través de un sólido pulverizado para que se produzca la disolución de uno o más de los componentes solubles del sólido.

pH. Coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa.

Turbidez: es una expresión de la propiedad óptica que causa la luz al ser dispersada y absorbida al ser transmitida en líneas rectas a través de la muestra, debido a la presencia de sólidos suspendidos en el agua.

ANEXO 2. NORMA DE AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR.

NORMA

NSO 13.49.01:09

SALVADOREÑA



AGUA.

AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR.

CORRESPONDENCIA: Esta norma es una adaptación de la Propuesta de Norma de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor. Ministerio de Salud, El Salvador. Octubre de 1996.

ICS 13.060

Editada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT, Colonia Médica, Avenida Dr. Emilio Álvarez, Pasaje Dr. Guillermo Rodríguez Pacas, # 51, San Salvador, El Salvador, Centro América. Teléfonos: 2234-8400, 2225-6222; Fax. 2225-6255; e-mail: info@ns.conacyt.gob.sv.

Derechos Reservados.

INFORME

Los Comités Técnicos de Normalización del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT, son los organismos encargados de realizar el estudio de las normas. Están integrados por representantes de la Empresa Privada, Gobierno, Organismo de Protección al Consumidor y Académico Universitario.

Con el fin de garantizar un consenso nacional e internacional, los proyectos elaborados por los Comités se someten a un período de consulta pública durante el cual puede formular observaciones cualquier persona.

El estudio elaborado fue aprobado como NSO 13.49.01:09 AGUA. AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR, por el Comité Técnico de Normalización de Aguas Residuales. La oficialización de la norma conlleva la ratificación por Junta Directiva y el Acuerdo Ejecutivo del Ministerio de Economía.

Esta norma está sujeta a permanente revisión con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias de la técnica moderna. Las solicitudes fundadas para su revisión merecerán la mayor atención del organismo técnico del Consejo: Departamento de Normalización, Metrología y Certificación de la Calidad.

MIEMBROS PARTICIPANTES DEL COMITE 49

Ana Cecilia Hernández	INDUSTRIAS LA CONSTANCIA
Aída Martínez	RASA
Albert Salmerón	MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

Jeannette Monterrosa	MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
José Alberto Fabián	MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
Karen E. Cruz	MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
Antonio Candray	MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
Roberto Escalante	MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
Julio Alvarado	MINISTERIO DE SALUD PUBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL
Celia de Mena	ANDA
Héctor A. Dueñas	ANDA
Alex Villeda	ANDA
Marcela Fuentes	DEFENSORIA DEL CONSUMIDOR
Diana Burgos	CENTRO PARA LA DEFENSORIA DEL CONSUMIDOR
Juan Francisco Sifontes	AVES
Humberto Figueroa	AVES
Nelson Vaquero	CAMAGRO/CNPML
Julio Arroyo	ASOCIACIÓN AZUCARERA
Ana Bravo	ASOCIACIÓN AZUCARERA
Marcelino Samayoa	ABECAFE
Antonio Arévalo	ABECAFE
Ana Graciela Cortez de Urrutia	ABECAFE
John McCormack	ANEP
Henry Hernández	UES
Eliú Flores	UTLA
Claudia Verónica Ortez	INGENIO LA CABAÑA

Carlos F. Lara C.	INGENIO LA MAGDALENA
Milagro de Romero	INQUIFAR
Renato Cea	CAESA
María Bercian	INGENIO CHAPARRASTIQUE
Magnoly Miranda	INGENIO CHAPARRASTIQUE
Rosario Jiménez	INGENIO EL ANGEL
Wanquiriam Castañeda	INGENIO EL ANGEL
Claudia Alemán	COMPAÑÍA AZUCARERA SALVADOREÑA
Miguel A. Ayala	INGENIO JIBOA
Félix Alberto Zelaya	INGENIO LA CABAÑA
Fredy Benavides	GRUPO CALVO
Otto Cabrera	HILASAL
Evelyn de Vanegas	CONACYT
Evelyn Xiomara Castillo	CONACYT

1. OBJETO

Esta norma establece las características y valores físico-químicos, microbiológicos y radiactivos permisibles que debe presentar el agua residual para proteger y rescatar los cuerpos receptores.

2. CAMPO DE APLICACION

Esta norma se aplica en todo el país para la descarga de aguas residuales vertidas a cuerpos de agua receptores superficiales. Deberá observarse el cumplimiento de los valores permisibles establecidos en esta norma, de forma que no se causen efectos negativos en el cuerpo receptor, tales como color, olor, turbiedad, radiactividad, explosividad y otros.

El aprovechamiento del suelo como elemento para el reusó o tratamiento de las aguas residuales queda sujeto a lo establecido en el Reglamento Especial de Aguas Residuales, los respectivos permisos ambientales emitidos y la norma de Reusó de Aguas Residuales que se adopte.

3. DEFINICIONES

- 3.1 **Agua residual:** es el agua resultante de cualquier uso, proceso u operaciones de tipo agropecuario, doméstico e industrial, sin que forme parte de productos finales.
- 3.2 **Aguas residuales de tipo especial:** agua residual generada por actividades agroindustriales, industriales, hospitalarias y todas aquellas que no se consideran de tipo ordinario.
- 3.3 **Aguas residuales de tipo ordinario:** agua residual generada por las actividades domésticas de los seres humanos, tales como uso de servicios sanitarios, lavatorios, fregaderos, lavado de ropa y otras similares.
- 3.4 **Aceite y grasa:** sustancia química no miscible en el agua pero soluble en solventes designados en los métodos de análisis recomendados en esta norma.
- 3.5 **Compuestos fenólicos sintéticos:** son compuestos orgánicos que se clasifican como: mono, di, o polihídricos dependiendo del número de grupos hidroxilos unidos al anillo aromático del benceno.
- 3.6 **Contaminación:** es la alteración de la calidad física, química, biológica y radiactiva en detrimento de la biodiversidad.

- 3.7 Cuerpo de agua superficial:** masa de agua estática o en movimiento permanente, tales como: ríos, lagos, lagunas, fuentes, mares, embalses y humedales.
- 3.8 Cuerpo receptor:** se refiere al cuerpo de agua superficial expuesto a recibir descargas. No aplican como cuerpo receptor el suelo y los mantos acuíferos.
- 3.9 Descarga:** agua residual vertida a un cuerpo receptor.
- 3.10 Demanda bioquímica de oxígeno 5 (DBO₅) a 20 °C:** cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación biológica de sustancias orgánicas biodegradables presentes en el agua, a los 5 días a 20 °C.
- 3.12 Demanda química de oxígeno (DQO):** cantidad de oxígeno necesaria para producir la oxidación química fuerte de sustancias susceptibles de origen inorgánico y orgánico presentes en el agua.
- 3.13 Dilución:** es el efecto de disminuir la concentración de soluto presente en una solución, aumentando la cantidad de disolvente.
- 3.14 Grupo coliforme total:** bacterias coliformes de bacilos cortos gram-negativos que fermentan lactosa y forman ácido y gas, son anaerobios facultativos y se multiplican con mayor rapidez a temperaturas de 30 a 37 C
- 3.15 Grupo coliforme fecal:** Son aquellos microorganismos que crecen y producen gas a partir de la lactosa en un medio que contiene sales biliares u otros agentes selectivos equivalentes, incubados a temperaturas de 44 a 45,5 C.
- 3.16 Industria:** se considera la instalación industrial y sus anexos y dependencias, ya sean cubiertas o descubiertas, que se dediquen a la manipulación, elaboración o transformación de productos naturales o artificiales mediante tratamiento físico, químico, biológico y otros, utilizando o no maquinaria.
- 3.17 Material flotante:** sustancias que permanecen temporal o permanentemente en la superficie del cuerpo de agua limitando su uso.
- 3.18 Parámetro:** aquella característica que puede ser sometida a medición.
- 3.19 Radiactividad:** es la propiedad de determinados elementos químicos (elementos radiactivos) de descomponerse en forma espontánea, liberando energía en forma continua de radiación nuclear: alfa, beta, gamma.
- 3.20 Responsable de la descarga:** titular de la actividad sea persona natural o jurídica que vierte las aguas residuales a un cuerpo receptor.
- 3.21 Reusó de aguas residuales:** aprovechamiento de aguas residuales tratadas antes o en vez de su vertido.

- 3.22 Sólidos sedimentables:** materia que se deposita por acción de la gravedad en el fondo de cualquier recipiente o cuerpo receptor que contenga agua.
- 3.23 Sólidos totales:** cantidad de materia sólida que permanece como residuo, posterior a la evaporación total del agua.
- 3.24 Sólidos totales disueltos:** cantidad de materia que permanece como residuo, posterior a la evaporación total de agua en una muestra a la cual se le ha realizado separación de sólidos.
- 3.25 Sólidos suspendidos totales o en suspensión:** son los sólidos no solubles que representan la diferencia entre los sólidos totales y los sólidos totales disueltos.
- 3.26 Tratamiento de aguas residuales:** es la utilización de procesos físicos, químicos y/o biológicos, definidos para depurar las condiciones de las aguas residuales a través de operaciones y procesos unitarios: preliminares, primarios, secundarios o avanzados a fin de cumplir con las normas vigentes.
- 3.27 Turbiedad (Turbidez):** es la medida de la transparencia de una muestra de agua debido a la presencia de partículas en suspensión, expresada en NTU.
- 3.28 Vertido:** sinónimo de descarga.
- 3.29 Valores máximos permisibles:** son los valores, rangos y concentraciones de los parámetros establecidos en esta norma, que debe cumplir el responsable de cada descarga.

4. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

e	Grado Celsius ó Centígrado	
DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno a los cinco días a 20 C	°
DQO	Demanda Química de Oxígeno	
ml	Mililitro	
ml/l	Mililitros por litro	
mg/l	Miligramos por litro	
NMP	Número más Probable	
NTU	Unidades Nefelométricas de Turbiedad	

ST	Sólidos totales
STD	Sólidos totales disueltos
Pt – Co	Unidades platino cobalto
SAAM	Sustancias activas al azul de Metileno

5. REQUISITOS

Los niveles máximos permisibles de los parámetros de esta norma deberán ser alcanzados por medio de los tratamientos respectivos. Para alcanzar dichos niveles no permite la dilución.

Tabla 1. Valores máximos de parámetros de aguas residuales de tipo ordinario, para descargar a un cuerpo receptor.

ACTIVIDAD	DQO (mg/l)	DBO _{5,20} (mg/l)	Sólidos Sedimentables (ml/l)	Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	Aceites y grasas (mg/l)
AGUAS RESIDUALES DE TIPO ORDINARIO	150	60	1	60	20

Tabla 2. Valores máximos permisibles de parámetros para verter aguas residuales de tipo especial al cuerpo receptor por tipo de actividad

ACTIVIDAD	DQO (mg/l)	DBO _{5,20} (mg/l)	Sólidos sedimentables (ml/l)	Sólidos suspendidos totales (mg/l)	Aceites y grasas (mg/l)
I. ANIMALES VIVOS Y PRODUCTOS DEL REINO ANIMAL					
1. Producción agropecuaria ¹⁾	800	300	15	150	50
2. Matanza de ganado y preparación y conservación de carnes	400	200	15	125	50
3. Procesamiento de camarón, mariscos en forma congelada	750	250	15	350	130
4. Enlatados de mariscos y fabricación de sus harinas	300	150	15	100	50
5. Productos avícolas	800	300	15	150	50
6. Porcicultura	1800 ²⁾	300	15	150	50
7. Procesamiento del atún y sus derivados	1800	600	15	350	50
II. PRODUCTOS DEL REINO VEGETAL					
1. Productos de molinería	400	200	15	200	50
2. Beneficiado de café	2500 ²⁾	2000 ²⁾	40	1000	30
3. Fabricación de productos de panaderías	250	200	15	70	100
4. Fabricas y refinerías de azúcar	600	400	30	150	30
5. Fabricación de chocolate y artículos de confitería, procesamiento de cacao	400	250	15	150	100
6. Elaboración de alimentos preparados para animales	250	60	15	100	50
7. Industria del tabaco	100	60	15	60	20
III. GRASAS Y ACEITES ANIMALES Y VEGETALES					
1. Extractoras de aceites y grasas	700	400	15	150	200
2. Refinadora de aceites y grasas	300	150	15	100	200

IV. PRODUCTOS DE LAS INDUSTRIAS ALIMENTARIAS, BEBIDAS, LIQUIDOS ALCOHOLICOS, TABACO Y SUCEDÁNEOS

1. Fabricación de productos lácteos	900	600	75	300	75
2. Envasado y conservación de frutas y legumbres, incluyendo la elaboración de jugos	400	150	15	150	60
3. Elaboración de productos alimenticios diversos	400	150	15	150	45
4. Destilación, rectificación y mezclas de bebidas espirituosas	3500	3000	15	1000	20
5. Bebidas malteadas y de malta	800	260	30	100	30
6. Industrias de bebidas no alcohólicas y aguas gaseosas	400	200	30	100	30

V. PRODUCTOS MINERALES

1. Extracción de minerales no ferrosos	100	60	15	100	20
2. Fabricación de objetos de barro, loza y porcelana	300	100	15	100	20
3. Fabricación de vidrio y productos de vidrio	100	60	15	40	30
4. Fabricación de productos minerales no metálicos	100	60	15	100	20
5. Industrias básicas de hierro y acero	200	60	10	30	30
6. Industrias básicas de metales no ferrosos	200	60	10	30	30

1) No estarán incluidas en esta actividad las ya expuestas en la tabla

2) Siempre y cuando el cuerpo receptor lo permita.
Continuación...

Continuación...

ACTIVIDAD	DQO (mg/l)	DBO _{5,20} (mg/l)	Sólidos sedimentables (ml/l)	Sólidos suspensos totales (mg/l)	Aceites y grasas (mg/l)
VI. PRODUCTOS DE LAS INDUSTRIAS QUIMICAS					
1. Fabricación de abonos	180	60	10	50	30
2. Fabricación de resinas sintéticas, materias plásticas y fibras artificiales, excepto el vidrio	500	250	15	100	20
3. Fabricación de pinturas, barnices y lacas	300	100	15	100	30
4. Fabricación de productos farmacéuticos y medicamentos	300	100	15	100	30
5. Fabricación de jabones y preparados de limpieza, perfumes, cosméticos y otros productos de tocador	450	300	15	200	40
6. Refinación y/o Fabricación de productos diversos derivados del petróleo y del carbón	600	200	30	200	30
7. Industrias de llantas y cámaras	100	60	15	60	20
8. Expendios de combustibles	100	60	15	70	20
9. Lavado de vehículos	100	40	15	60	30

10. Lavanderías, tintorerías	300	100	15	100	30
11. Rellenos sanitarios y otras instalaciones de manejo de desechos	1500	500	15	200	20
12. Fabricación de baterías	400	200	15	800	20
VII. MATERIAS PLASTICAS, CAUCHO Y SUS MANUFACTURAS					
1. Fabricación de productos plásticos	100	50	15	60	30
VIII. PIELÉS, CUEROS, TALABARTE RÍA Y PELETERIA					
1. Curtidurías y talleres de acabado	1500	850	15	150	50
IX. PASTAS DE MADERA, PAPEL Y CARTÓN, MANUFACTURAS Y APLICACIONES					
1. Fabricación de pulpa de madera, papel y cartón	350	200	15	300	20
2. Fabricación de envases y cajas de cartón	400	150	15	100	30
3. Fabricación de envases y cajas de papel y de cartón	400	150	15	100	30
X. MATERIAS TEXTILES Y SUS MANUFACTURAS					
1. Hilados, tejidos y acabados textiles	400	200	15	150	35
XI. CALZADO Y ARTICULOS ANALOGOS					
1. Fabricación de productos de cuero y artículos sucedáneos de cuero	180	60	15	60	30
XII. PERLA, PIEDRAS Y METALES PRECIOSOS					
1. Fabricación de joyas y artículos conexos	300	100	15	100	30
XIII. METALES COMUNES Y SUS MANUFACTURAS					
1. Fabricación de cuchillería, herramientas manuales y artículos generales de ferretería	300	100	15	100	30
2. Fabricación de muebles y accesorios principalmente metálicos	300	100	15	100	30
3. Fabricación de productos metálicos estructurales	300	100	15	100	30
4. Fabricación de productos metálicos exceptuando maquinaria y equipo	300	100	15	100	30

Continuación...

Continuación...

ACTIVIDAD	DQO (mg/l)	DBO_{5,20} (mg/l)	Sólidos sedimentables (ml/l)	Sólidos suspendidos totales (mg/l)	Aceites y grasas (mg/l)
------------------	-------------------	----------------------------------	-------------------------------------	---	--------------------------------

XIV. MAQUINARIA Y APARATOS, MATERIA L ELECTR ICO Y MANTENI MIENTO

1. Construcción de maquinaria para trabajar los metales y la madera	300	100	15	100	30
2. Construcción de materiales y equipos especiales para las industrias, excepto la maquinaria para trabajar los metales y la madera	300	100	15	100	30
3. Construcción de maquinas y aparatos eléctricos industriales	300	100	15	100	30
4. Fabricación y reparación de automóviles, motocicletas	300	100	15	100	30
5. Fabricación de equipos para diferentes usos	300	100	15	100	30
6. Fabricación de instrumentos de música	300	100	15	100	30
7. Fabricación y ensamble de componentes electrónicos	1500 ²⁾	100	15	100	30

¹⁾ No estarán incluidas en esta actividad las ya expuestas en la tabla

²⁾ Siempre y cuando el cuerpo receptor lo permita

Dependiendo del tipo de industria o actividad productiva, la caracterización del vertido deberá incluir, además de los análisis descritos en las tablas 1 y 2, otros parámetros de calidad para determinar y controlar la presencia de los contaminantes de las aguas residuales, descritos en la tabla 3 de esta norma, de conformidad con la clasificación de actividades contenidas en el Reglamento Especial de Aguas Residuales. Emitido por el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales.

Tabla 3. Parámetros Complementarios sobre Valores Permisibles para Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor

Parámetros	Valores máximos permisibles
Aluminio (Al) mg/l	5
Arsénico (As) mg/l	0,1
Bario total (Ba) mg/l	5
Berilio (Be) mg/l	0,5
Boro (B) mg/l	1,5
Cadmio (Cd) mg/l	0,1
Cianuro total (CN ⁻) mg/l	0,5
Cinc (Zn) mg/l	5
Cobalto (Co) mg/l	0,05
Cobre (Cu) mg/l	1
Coliformes fecales NMP/100ml	2 000
Coliformes totales NMP/100ml	10 000
Color	1)
Compuestos fenólicos sintéticos mg/l	0.5
Cromo hexavalente (Cr ⁺⁶) mg/l	0,1
Cromo total (Cr) mg/l	1
Detergentes (SAAM) mg/l	10

Fluoruros (F ⁻)	mg/l	5
Fósforo total (P)	mg/l	15
Organofluorina	mg/l	0,1
Fosfatina	mg/l	0,1
Benzimidazol	mg/l	0,1
Piretroides	mg/l	0,1
Bipiridilos	mg/l	0,1
Fenoxi	mg/l	0,1
Triazina	mg/l	0,1
Fosfónico	mg/l	0,1
Hierro total (Fe)	mg/l	10
Litio (Li)	mg/l	2

Continúa

¹⁾

Efluente líquido no deberá incrementar color visible al cuerpo receptor

Continuación...

Tabla 3. Parámetros Complementarios sobre Valores Permisibles para Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor

Parámetros		Valores máximos permisibles
Manganeso total (Mn)	mg/l	2
Materiales flotantes	mg/l	Ausentes
Mercurio (Hg)	mg/l	0,01
Molibdeno (Mo)	mg/l	0,1

Níquel (Ni)	mg/l	0,2
Nitrógeno total (N)	mg/l	50
Organoclorados	mg/l	0,05
Organofosforados y Carbamatos	mg/l	0,1
pH	Unidades	5,5 – 9,0 ²⁾
Plata (Ag)	mg/l	0,2
Plomo (Pb)	mg/l	0,4
Selenio (Se)	mg/l	0,05
Sulfatos (SO ₄ ⁻²)	mg/l	1000
Sustancias radiactivas		0
Temperatura	° C	20-35 °C ³⁾
Turbidez (Turbiedad)	NTU	4)
Vanadio (V)	mg/l	1

2)

El valor de pH 5,5-9,0 aplica para descargas en aguas limnicas; definiéndose un valor de pH entre 6.0-9.5 para vertidos en aguas costero marinas

3)

En todo caso la temperatura del H2O de descarga al cuerpo receptor no podrá alterar ± 5 °C, con respecto a la temperatura natural del cuerpo hídrico receptor.

4)

No se incrementara en 5 Unidades la turbidez del cuerpo receptor.

**Tabla 4. Requerimiento para toma de muestras
Recipientes para Muestreo y Preservantes de Componentes en Agua**

Parámetros	Recipientes	Preservante	Tiempo máximo de almacenamiento	Vol. mínimo de muestra mL
Aceites y grasas	Vidrio	5 mL (1+1) H ₂ SO ₄ /L muestra. Enfriar a 4 °C	24 horas	1 000
Ácido fenoxiacético, herbicida	Vidrio	H ₂ SO ₄ a pH < 2, inferior a 4 °C	Preferible extraer inmediatamente	1 000
Aluminio	Polietileno	2 ml. Conc. HNO ₃ /L muestra	6 meses	1 000
Arsénico	Polietileno	Enfriar 4 °C	6 meses	1 000
Bario	Polietileno	2 ml. Conc. HNO ₃ /L muestra	6 meses	1 000
Berilio	Polietileno	2 ml. Conc. HNO ₃ /L muestra	6 meses	1 000
Boro	Polietileno	Enfriar 4 °C	6 meses	1 000
Cadmio	Polietileno	2 ml. Conc. HNO ₃ /L muestra	6 meses	1 000
Carbamato (plaguicida)	Vidrio	H ₂ SO ₄ a pH < 4 y 10 g Na ₂ SO ₄ /L muestra	Preferible extraer inmediatamente	2 500
Cianuro	Polietileno	1 mL NaOH al 10 % / 100 mL muestra	24 horas	500
Cinc	Polietileno	2 ml. Conc. HNO ₃ /L muestra	6 meses	1 000
Color	Polietileno	Enfriar 4 °C	24 horas	500
Cromo	Polietileno	2 ml. Conc. HNO ₃ /L muestra	24 horas	1 000
DBO	Polietileno	Enfriar 4 °C	4 horas	1 000
DQO	Polietileno	Enfriar 4 °C	24 horas	1 000
Fenoles	Vidrio	H ₃ PO ₄ a pH < 4 y 1,0 g CuSO ₄ /L, enfriar 4 C °	24 horas	1 000
Fluoruro	Polietileno	Enfriar 4 °C	7 días	300

Fósforo disuelto inorgánico ortofosfato total	Vidrio	Filtrando in situ, usando membrana filtrante de 0,45 µm enfriar 4 °C	24 horas	1 000
Hierro	Polietileno	2 mL. Conc. HNO ₃ /L muestra	6 meses	1 000
Litio	Polietileno	2 mL. Conc. HNO ₃ /L muestra	6 meses	1 000
Parámetros	Recipientes	Preservante	Tiempo máximo de almacenamiento	Vol. mínimo de muestra mL
Manganeso	Polietileno	2 mL. Conc. HNO ₃ /L muestra	6 meses	1 000
Mercurio	Vidrio o teflón	1 mL. Conc. H ₂ SO ₄ y 1 mL solución K ₂ Cr ₂ O ₇ al 5% / 100 mL muestra	1 mes	1 000
Molibdeno	Polietileno	2 mL. Conc. HNO ₃ /L muestra	6 meses	1 000
Níquel	Polietileno	2 mL. Conc. HNO ₃ /L muestra	6 meses	1 000
Nitrógeno amoniacal por Kjeldahl nitrato+nitrito	Polietileno	Enfriar 4 °C	24 horas	1 000
Pentaclorofenol	Vidrio	H ₂ SO ₄ a pH < 4 y 0,5 g CuSO ₄ /L enfriar 4 °C	24 horas	1 000
pH	Polietileno	Ninguno	Preferible tomar de inmediato	200
Plaguicidas organoclorados	Vidrio	Enfriar 4 °C	Preferible extraer inmediatamente	2 500
Plata	Polietileno	0,4 g disódico EDTA/100 mL muestra	10 días	1 000
Plomo	Polietileno	2 ml. Conc. HNO ₃ /L muestra	6 meses	1 000
Selenio	Polietileno	Enfriar 4 °C	6 meses	1 000
Sulfato	Polietileno	Enfriar 4 °C	7 días	1 000

6. METODOS DE ANALISIS

**Tabla 5. Métodos de Análisis para la Determinación de los Parámetros
Contemplados en la Norma**

Parámetros	Número de referencia Standard Methods	Número de referencia ASTM
Aceites y grasas	5520	D 3921 – 96
Aceites y grasas (Refinerías de petróleos)	5520	D 3921 – 96
Aluminio	3500 - Al	D 857 – 02
Arsénico	3500 - As	D 2972 – 97
Bario total	3500 - Ba	D 4382 – 02
Berilio	3500 - Be	D 3645 – 02
Boro	4500 - B	D 3082 – 92
Cadmio	3500 - Cd	D 3557 – 02
Cianuro total	4500 CN ⁻	D 2036 – 98
Parámetros	Número de referencia Standard Methods	Número de referencia ASTM
Cinc (Zinc)	3500 - Zn	D 1691 – 02
Cloruros	4500 - Cl ⁻	D 512 – 89
Cobalto	3500 - Co	D 3558 – 94
Cobre	3500 - Cu	D 1688 – 02
Coliformes fecales	9221	-
Coliformes totales	9221	-
Color	2120	-
Compuestos fenólicos sintéticos	5530 y 6420	D 1783 – 01
Cromo hexavalente	3500 - Cr	D 5257 – 97
Cromo total	3500 - Cr	D 1687 – 92
DBO (aguas domésticas)	5210	-
DBO (aguas industriales)	5210	-
Detergentes aniónicos	5540	-
DQO (aguas industriales)	5220	D 1252 – 02
DQO (aguas domésticas)	5220	D 1252 – 02
Fluoruros	4500 - F ⁻	D 1179 – 99
Fósforo total	4500 - P	D 515 – 88
Herbicidas totales	6640 y 6651	D 5812 – 96
Hierro total	3500 - Fe	D 1068 -96
Litio	3500 - Li	-

Manganeso total	3500 - Mn	-
Material flotante	2530	-
Mercurio	3500 - Hg	D 3223 – 02
Molibdeno	3500 - Mo	D 3372 – 02
Níquel	3500 - Ni	D 1886 – 94
Nitrógeno total	4500 - N	D 3590 – 02
Organoclorados	6630	D 5812 -96
Órganos fosforados y Carbamatos	6610	-
pH	4500 - H ⁺	D 1293 – 99
Plata	3500 - Ag	D 3866 – 02
Plomo l-ñiuoooooe3sqwv zvfxc	3500 - Pb	D 3559 – 96
Recolección y preservación de las muestras	1060	-
Selenio	3500 - Se	D 3859 – 98
Sólidos sedimentables	2540 F	-
Sólidos suspendidos (aguas domésticas)	2540 D	-
Sólidos suspendidos (aguas industriales)	2540 D	-
Sulfatos	4500 – SO ₄ ⁻²	D 516 – 02
Temperatura	2550	-
Trihalometanos	6232	-
Turbidez (Turbiedad)	2130	D 1889 – 00
Vanadio	3500 - V	D 3373 – 93

Nota 1. Se recomienda el uso de los métodos “ASTM” y “STANDARD METHODS”. Pueden utilizarse también los métodos empleados para los laboratorios acreditados por el CONACYT.

7. DOCUMENTO DE REFERENCIA

- Propuesta de norma de las Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor. El Salvador, 1996. **MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL**
- Análisis del impacto de establecimiento de normas de vertidos y tratamiento d aguas residuales en la tarifas de disposición final y tratamiento para el subsector de agua potable y alcantarillado.

8. CUMPLIMIENTO Y VERIFICACION

8.1 Corresponde al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), velar por el cumplimiento de esta norma obligatoria, de conformidad con lo establecido por la Ley del Medio Ambiente.

8.2 De conformidad a lo establecido por los Arts. 107, 108 y 109 de la Ley del Medio Ambiente y Art. 5 del Reglamento Especial de Normas Técnicas de Calidad Ambiental y Art. 5 del Reglamento Especial de Aguas Residuales, los titulares de las actividades, obras o proyectos que se encuentren en ejecución a la entrada en vigencia de esta norma, podrán presentar un Programa de Adecuación Ambiental, o en su caso, solicitar al MARN

la realización de una Auditoria Ambiental, cuyos resultados servirán de insumo al Titular para presentar a la aprobación del expresado Ministerio un Diagnostico Ambiental y su correspondiente Plan de Aplicación Voluntaria que impliquen el cumplimiento de las presentes normas técnicas dentro del plazo que el mismo Programa o Plan establezca. El Plazo estará sujeto a lo estipulado por los mencionados artículos.

8.3 Las actividades, obras o proyectos que cuenten con Permiso Ambiental de construcción y/o funcionamiento, deben cumplir con los parámetros establecidos en dicho Permiso, aunque aquellos sean más restrictivos a lo establecido en la presente norma. En caso que sean menos restrictivos deben adecuarse a esta norma.

Para toda actividad no regulada en la presente norma, el MARN establecerá los parámetros de descarga tomando en cuenta los elementos técnicos de la actividad, las características del cuerpo receptor y la normativa técnica internacional.

8.4 Las nuevas actividades, obras o proyectos, estarán sujetas a lo establecido por los Arts. 21 y 22 de la Ley del Medio Ambiente.

Tabla A.2. La distribución t .

<i>Valor de t para un intervalo de confianza de</i>	<i>90%</i>	<i>95%</i>	<i>98%</i>	<i>99%</i>
<i>Valor crítico de t para valores de P de número</i>	<i>0.10</i>	<i>0.05</i>	<i>0.02</i>	<i>0.01</i>
<i>de grados de libertad</i>				
1	6.31	12.71	31.82	63.66
2	2.92	4.30	6.96	9.92
3	2.35	3.18	4.54	5.84
4	2.13	2.78	3.75	4.60
5	2.02	2.57	3.36	4.03
6	1.94	2.45	3.14	3.71
7	1.89	2.36	3.00	3.50
8	1.86	2.31	2.90	3.36
9	1.83	2.26	2.82	3.25
10	1.81	2.23	2.76	3.17
12	1.78	2.18	2.68	3.05
14	1.76	2.14	2.62	2.98
16	1.75	2.12	2.58	2.92
18	1.73	2.10	2.55	2.88
20	1.72	2.09	2.53	2.85
30	1.70	2.04	2.46	2.75
50	1.68	2.01	2.40	2.68
∞	1.64	1.96	2.33	2.58

ANEXO 4

MATERIAL Y REACTIVO UTILIZADO.

MATERIAL

Vaso deprecipitado 1000ml

Beaker

Agitador

Hot plate

Balanza analítica

Vidrio de reloj

Agitador magnético

Probetas

REACTIVOS

Sulfato de Aluminio

Almidón

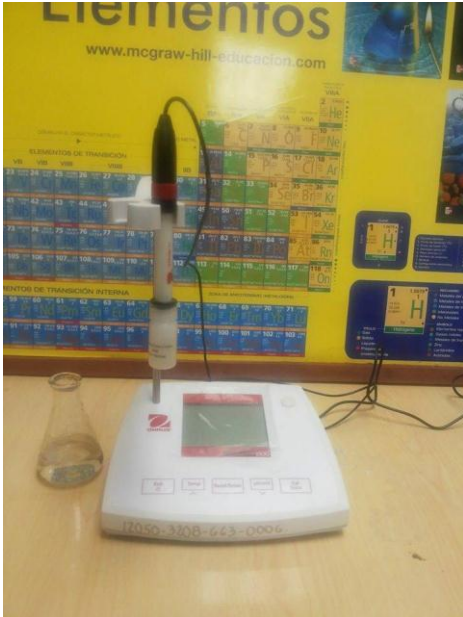
ANEXO A

Bibliografía

1. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. NSO 13.07.01:97. Agua Potable. El Salvador, 1997.
2. Superintendencia de Servicios Sanitarios. Norma técnica relativa a Descargas de Residuos Industriales Líquidos. Chile, 1992.
3. Comisión Nacional del Medio Ambiente. Autoridad para el manejo sustentable de la cuenca y el Lago de Amatitlán, Propuesta de modificación. Guatemala. Julio, 1997.
4. Reglamento de Vertido y Reusó de Aguas Residuales. La Gaceta. Costa Rica. Junio, 1997.
5. Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos. Venezuela. Diciembre de 1995.
6. Pollution Control Measures. Wáter Pollution Control Law. International Center for Environmental Technology Transfer, ICETT. Japón, 1995.
7. Aguas Limpias para Colombia al menor costo. Ministerio del Medio Ambiente. Colombia. Agosto, 1997.
8. Legislación Ambiental en Colombia. Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Colombia. Agosto, 1997.
9. Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, Norma para las Descargas de Aguas Residuales en Aguas y Bienes Nacionales. México 1996.
10. Manual de Gestión de la Calidad Ambiental. Ing. Raúl Prando. Uruguay. OEA/GTZ, 1996.
11. Normas de Laboratorio, Standard Methods. Edición 1998.
12. Anual Book of ASTM standards; Wáter and Environmental Technology. American Society for Testing and Materials, ASTM. USA, 2002.
13. Análisis del impacto de establecimiento de normas de vertidos y tratamiento de aguas residuales en las tarifas de disposición final y tratamiento para el subsector de agua potable y alcantarillado

ANEXO 5.

PHMETRO.



COLORIMETRO HACH



TURBIDIMETRO.



ANEXO 6.



a) Localización de los cafetines que generan el agua servida.



b) Tubos de descarga del agua servida de parte de los cafetines.

ANEXO 7.



a) Reactivos utilizados en el método de Coagulación-Floculación.
Almidón (Frasco Blanco) y Sulfato de Aluminio (Frasco Ámbar)



b) Preparación de la solución de Sulfato de Aluminio



c) Preparación de la solución de Almidón



d) Soluciones de Sulfato de Aluminio Preparadas.



e) Soluciones de Almidón preparadas.



f) Adición de Solución de Sulfato de Aluminio a la muestra de agua servida. Dicho procedimiento con agitación Magnética.



g) Adición de solución de Almidón a la muestra de agua servida que contiene Sulfato de Aluminio. Proceso con agitación magnética.



h) Agitación de la muestra de agua residual conteniendo el Coagulante y Floculante



- i) **Muestras de agua servidas tratadas con el método de Coagulación-Floculación. En proceso de enviarse al laboratorio para análisis de pH, Color y Turbidez.**



- j) **Totalidad de Muestras de agua servida tratadas con el método de Coagulación-Floculación enviadas al Laboratorio para su análisis respectivo respecto a los parámetros establecidos en este estudio.**