



UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

**Efecto del Proceso de Coagulación - Floculación en la
turbidez del efluente de agua de bombeo de la Industria
Pesquera.**

PRESENTADO POR EL BACHILLER:
Medardo Alberto Quezada Alvares

ASESOR: Ing. Carlos Octavio Purizaca Jacinto

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL**

TRUJILLO - PERÚ
2017

DEDICATORIA

A mis padres, Medardo Y Juana por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo y por todo su amor.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de toda mi carrera profesional, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A los docentes de la Universidad Alas Peruanas que con sus conocimientos y experiencias transmitidas me han permitido tomar conciencia de la difícil realidad que experimenta nuestro planeta, y valorar nuestros recursos naturales, para promover acciones hacia su uso eficiente y lograr su sostenibilidad.

Asimismo, quiero expresar un reconocimiento especial a todas aquellas personas, compañeros de estudios y trabajo, profesionales y amigos, que han contribuido con sus conocimientos, consejos e información, para lograr un producto que estoy seguro contribuirá en la gestión de un recurso natural tan importante para la vida y bienestar de las personas, como es el agua.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
TABLA DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	
1.1 Descripción de la Realidad Problemática.	13
1.2 Delimitaciones y Definición del Problema.	14
1.2.1. Delimitaciones.	14
1.2.2. Definición del Problema.	15
1.3 Formulación del Problema.	15
1.4 Objetivo de la Investigación.	15
1.4.1. Objetivo General.	15
1.4.2. Objetivos Específicos.	15
1.5 Hipótesis de la investigación.	16
1.5.1 Hipótesis General	16

1.6	Variables e Indicadores.	16
1.7	Viabilidad de la investigación.	17
1.7.1.	Viabilidad Técnica.	17
1.7.2.	Viabilidad Operativa.	17
1.7.3.	Viabilidad Económica.	17
1.8	Justificación e Importancia de la Investigación.	17
1.8.1.	Justificación.	17
1.8.2.	Importancia.	19
1.9	Limitaciones de la Investigación.	19
1.10	Tipo y Nivel de la Investigación.	20
1.10.1.	Tipo de Investigación.	20
1.10.2.	Nivel de Investigación.	20
1.11	Método y Diseño de la investigación.	20
1.11.1.	Método de Investigación.	20
1.11.2.	Diseño de Investigación.	20
1.12	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información.	21
1.12.1.	Técnicas.	21
1.12.2.	Instrumentos.	21
1.13	Cobertura de Estudio.	22
1.13.1.	Universo.	22
1.13.2.	Muestra.	22

1.14 Informe Final	22
1.15 Cronograma y Presupuesto	23
1.15.1. Cronograma	23
1.15.2. Presupuesto	24
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de la Investigación.	25
2.2 Marco Conceptual.	27
2.2.1. Proceso físico-químico de coagulación floculación	27
2.2.2. Mecanismos de floculación	27
2.2.3. Factores que influyen en la coagulación	29
2.2.4. Etapas o fases de la coagulación	33
2.2.5. Tipos de coagulación	34
2.2.6. Remoción de Turbiedad	36
2.2.7 Mecanismos de Floculación	37
2.2.8 Tipos de Floculación	38
2.2.9. Parámetros de Floculación	39
2.2.10 Prueba de Jarras	40
2.2.11 Tipos de Coagulantes	40
2.2.12. Coagulantes Artificiales	40
2.2.13. Coagulantes naturales	42
2.3. Metodología	47

CAPÍTULO III: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Determinación de la Turbidez Inicial del agua de bombeo.	49
3.2. Turbidez final del agua de bombeo	49
3.3. Analisis Estadistico de resultados	51
3.3.1. Serie A vs Serie C	53
3.3.2. Serie B vs Serie C	55
3.3.3. Serie A vs Serie B	56

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones.	60
4.2. Recomendaciones.	61

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
-----------------------------------	----

ANEXOS	64
---------------	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01: Coagulación por Adsorción	35
Figura N° 02: Coagulación por barrido	36
Figura N° 03: Diagrama de remoción de turbiedad	37
Figura N° 04: Árbol <i>Moringa oleífera</i> (Izqda.). Semilla de <i>Moringa oleífera</i> (Dcha.)	46
Figura N° 05: Determinación del grado de curvatura de los efectos	52
Figura N° 06: Secuencia de medición de efectos	54
Figura N° 07: Grafica normal de efectos serie A vs C	54
Figura N° 08: Grafica normal de efectos serie B vs C	55
Figura N° 08: Grafica normal de efectos serie A vs B	57
Figura N° 09: Diagrama de Pareto	57
Figura N° 10: Interacción de variables Amina cuaternaria y sulfato férrico	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Diseño de Investigación	21
Tabla N° 02: Turbidez inicial del Agua de Bombeo	49
Tabla N° 03: Turbidez final de agua de bombeo (serie A dosis baja sulfato férrico)	50
Tabla N° 04: Turbidez final de agua de bombeo (serie B dosis media sulfato férrico)	50
Tabla N° 05: Turbidez final de agua de bombeo (serie C dosis alta sulfato férrico)	50
Tabla N° 06: ANOVA de dos factores	58

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se evaluó el efecto del proceso de coagulación floculación en la turbidez del agua de bombeo de una empresa pesquera, para lograr disminuir la turbiedad y poder contribuir a una posible reutilización en el proceso. Los ensayos fueron realizados en el equipo de jarras a las siguientes condiciones: 120 rpm de agitación por un tiempo de 5 minutos para la coagulación y 50 rpm por 20 minutos para la floculación. Las variables estudiadas fueron dosis de coagulante, dosis de coadyuvante y dosis de floculante anionico. El análisis estadístico se realizó con el software Minitab 16.1.0 y mostró que las variables sulfato férrico y amina cuaternaria influyen de manera significativa sobre la variable respuesta turbidez, por el contrario, la variable floculante anionico no presentó efecto significativo en la turbidez del agua de bombeo a las condiciones de estudio.

ABSTRACT

In the present research work, the effect of the flocculation coagulation process on the turbidity of the pumping water of a fishing company was evaluated, in order to reduce turbidity and contribute to a possible reuse in the process. The tests were carried out on the jars equipment at the following conditions: 120 rpm of agitation for a time of 5 minutes for coagulation and 50 rpm for 20 minutes for flocculation. The variables studied were coagulant doses, coadjuvant dose and anionic flocculant dose. The statistical analysis was performed with the software Minitab 16.1.0 and showed that the variables ferric sulfate and quaternary amine significantly influence the turbidity response variable, on the contrary, the anionic flocculant variable did not present a significant effect on the water turbidity of pumping to the study conditions.

INTRODUCCIÓN

Los problemas ambientales en ecosistemas marinos son causados principalmente por la actividad pesquera. La industria pesquera ha tenido la capacidad de crear una infraestructura integrada con astilleros, plantas procesadoras y congeladoras, catalogándose como puntales del desarrollo económico en los puertos. Una de las consecuencias de la instalación de estas plantas industriales, ha sido la contaminación de bahías, debido a la descarga de sus desechos (agua de cola, agua de bombeo y desechos del corte principalmente) sobre las aguas marinas (García-Sifuentes *et al.*, 2009).

El entorno de la industria se convierte en un ecosistema particular por la adición de residuos orgánicos tales como escamas, sanguaza, agua de cola, combustible y grasas, que generan la formación de sedimentos negruzcos con olores sulfurosos, lo cual produce alteraciones en el sedimento y en el agua de mar, causando desequilibrios en las propiedades físicas, químicas y biológicas (Sathivel *et al.*, 2003; Ahumada *et al.*, 2004). Estas propiedades se ven afectadas por cambios en la salinidad, disminución del O₂ disuelto, incremento de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), incremento de los nutrientes, alta carga de sulfuros y amonio en sedimentos, e incremento de la temperatura, generando fenómenos de eutrofización, evitando así la oxigenación rápida del fondo y llevando a la posterior muerte de organismos.

En consecuencia, la adición continua de descargas con alto contenido orgánico sin tratar afecta tanto a las formas de vida presentes en estos ecosistemas como a los ciclos bioquímicos de las diferentes especies.

Los primeros organismos afectados por estas aguas de desecho son los de lento o nulo movimiento, tales como almejas, ostiones y callo de hacha. Posteriormente son afectados los organismos bentónicos con desplazamiento limitado, tales como la jaiba, camarones, caracoles y pulpos (López-Ríos y Lechuga-Anaya, 2001). Ante esto, en todo el mundo los gobiernos han establecido normas cuyo fin es disminuir el grado de contaminación causado por las industrias pesqueras y que centran su atención en la disminución de la carga orgánica e inorgánica de los efluentes industriales.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Debido a los crecientes índices de contaminación, existe gran interés y preocupación de las organizaciones de cualquier naturaleza a cuidar del medio ambiente y tratar de realizar sus actividades a fin de que no afecte en ninguna de sus formas a nuestro ecosistema.

El sector pesquero, no es ajeno a esta realidad, debido a que sus actividades tienen relación con el cuidado del ambiente.

Los efluentes provenientes de la Industria pesquera pueden causar desequilibrio en las propiedades físicas, químicas y biológicas en el sedimento y agua de mar. Estas propiedades se ven afectadas por cambios en la salinidad, disminución de oxígeno disuelto, aumento de la DBO5, incremento de nutrientes como fósforo y nitrógeno, alta carga de sulfuros y amonio e incremento de la temperatura, lo cual pueden llevar a un proceso de eutrofización (Cabrera, 2001).

Desde el punto de vista ambiental, constituye un problema ambiental para las empresas de la industria pesquera que no cumplen con las exigencias de descarga de sus efluentes líquidos.

En la Industria pesquera, Los efluentes provenientes pueden causar desequilibrio en las propiedades físicas, químicas y biológicas en el sedimento y agua de mar. Estas propiedades se ven afectadas por cambios en la salinidad, disminución de oxígeno disuelto, aumento de la DBO5, incremento de nutrientes como fósforo y nitrógeno, alta carga de sulfuros y amonio e incremento de la temperatura, lo cual pueden llevar a un proceso de eutrofización (Cabrera, 2001).

El agua de bombeo forma parte del fluido mediante el cual el pescado es bombeado desde la chata a la planta procesadoras, siendo transportado por una tubería y recepcionado en unos equipos llamados desaguadores para la separación. Debido al deterioro del pescado durante la captura, transporte y

bombeo, este fluido contiene grandes cantidades de aceites, grasas y sólidos que de ser vertida al mar sin previo tratamiento, generaría problemas de contaminación marina, atentando contra el equilibrio ecológico en general.

Es así que en nuestro país existe muchas industrias pesqueras dedicada al procesamiento de Harina de Pescado y que vierten agua de bombeo al mar provocando contaminación al ambiente acuático.

1.2. DELIMITACIONES Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

A. Delimitación Espacial

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el Laboratorio de Investigación en Aguas Residuales de la Universidad Nacional de Trujillo, con los efluentes provenientes de la Industria Pesquera

B. Delimitación Temporal

El presente estudio tuvo una duración de cuatro meses desde Julio del 2017 hasta Noviembre del año 2017, que fue donde se concluyó la elaboración del informe.

C. Delimitación Social

El presente proyecto de investigación es de aplicación a todas las industrias que durante su proceso utilicen agua de bombeo en sus procesos y que son un foco de contaminación ambiental por la evacuación de sus efluentes al ambiente acuícola.

D. Delimitación Conceptual

Esta investigación abarca aspectos conceptuales que le competen a la normativa ambiental peruana y a instituciones

como MINAM, y a conceptos de tratamiento de efluentes por Coagulación floculación.

1.2.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

De acuerdo a la realidad problemática se ha creído conveniente realizar un estudio sobre la influencia de la dosis del coagulante, dosis del coadyudante de coagulación y dosis del floculante aniónico en la determinación de la turbidez en los efluentes de agua de bombeo de la Industria Pesquera.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿De qué manera influye la dosis del coagulante, dosis de coadyudante de coagulante y la dosis del floculante aniónico, en la turbidez del efluente de agua de bombeo de la Industria Pesquera?

1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general:

Determinar la influencia de la dosis del coagulante, dosis de coadyudante de coagulante y dosis del floculante aniónico en la determinación de la turbidez de efluente de agua de bombeo de la Industria Pesquera

1.4.2. Objetivos específicos:

- a) Determinar la turbidez del agua de bombeo de la Industria Pesquera.
- b) Determinar la influencia de la turbidez del agua de bombeo variando la dosis de coadyudante de coagulante (amina cuaternaria) y floculante aniónico manteniendo constante el coagulante (sulfato férrico) en tres niveles.
- c) Determinar la influencia de la turbidez de agua de bombeo de la industria pesquera variando la dosis del cadyudante de

coagulante (amina cuaternaria) y coagulante (sulfato férrico) manteniendo constante el floculante aniónico en sus tres niveles.

d) Determinar la influencia de la turbidez de agua de bombeo de la industria pesquera variando la dosis de coagulante (sulfato férrico) y floculante aniónico y manteniendo constante el coadyudante del coagulante (amina cuaternaria en sus tres niveles).

1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Hipótesis general:

La dosis de coagulante, coadyudante y floculante influye en la turbidez de los efluentes de agua de bombeo de la Industria Pesquera.

1.6. VARIABLES E INDICADORES.

Variable	Indicador	Unidad de Medida
Independiente		
- Dosis de coagulante	- Concentración de Sulfato Ferroso	- ppm
- Dosis Coadyudante	- Concentración de Amina cuaternaria	- ppm
- Dosis de Floculante	- Concentración de Floculante aniónico	- ppm
Dependiente		
- Turbidez	- Turbidez	- NTU

1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. Viabilidad técnica

El presente estudio de investigación se basa en el uso de equipos de medición que existen en el Laboratorio de Investigación de Aguas Residuales de la Escuela Académico profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Trujillo, para ello se cuenta con metodologías estandarizadas que permitan hacer lecturas confiables.

Se ha contado con el profesional con la capacidad técnica y cognoscitiva para la lectura de los análisis en los equipos utilizados en el laboratorio.

1.7.2. Viabilidad operativa

El proyecto es viable operativamente en la medida que se cuenta con la disponibilidad de tiempo y acceso a las fuentes de información que fueron necesarios para el desarrollo del trabajo de investigación.

1.7.3. Viabilidad económica

El proyecto es viable en la medida que los costos que ocasione la ejecución del proyecto serán autofinanciados por el autor, dadas las razones académicas, es posible poner en práctica el proyecto con un bajo costo pues se tratara de utilizar material que esté al alcance de nuestra economía.

1.8. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

1.8.1. Justificación

A. Justificación Teórica:

El presente proyecto de investigación se justifica teóricamente; puesto que, es posible determinar la eficacia

para la disminución de la turbidez en los efluentes de agua de bombeo de la industria pesquera variando las dosis de coagulante, coadyudante de coagulante y floculante aniónico

B. Justificación Metodológica:

El proyecto se justifica por el uso de la metodología de la investigación científica, por lo tanto, se deberá cumplir con los procesos establecidos como la formulación del problema hasta las conclusiones o recomendaciones.

C. Justificación Práctica:

El presente proyecto constituye un trabajo en el área de investigación aplicada, el cual propone establecer condiciones de operaciones en el tratamiento de efluentes de agua de bombeo de la Industria Pesquera para la disminución de la turbidez a nivel de laboratorio de tal forma que este conocimiento pueda ser aplicado en un tratamiento alternativo en los efluentes de la industria pesquera para contribuir con la conservación y preservación del medio ambiente.

D. Justificación Social:

El estudio permite mejorar la calidad de aguas de mar por los vertidos de los efluentes de agua de bombeo de la Industria Pesquera y mejora las relaciones sociales, y económicas del área de influencia donde operan y de la sociedad en su conjunto.

E. Justificación Ambiental:

El presente trabajo de investigación permitirá conocer la eficacia en la reducción de turbidez en el tratamiento de

efluentes de agua de bombeo provenientes de la industria pesquera de tal manera que pueda ser aplicada en los procesos de producción y se nos garantice tener aguas que cumplan con los estándares de calidad ambiental para el desarrollo de la vida acuática y el mantenimiento de nuestro ecosistema.

1.8.2. Importancia

Las aguas provenientes de los efluentes de la industria pesquera contienen altos contenido de solidos suspendidos; a condiciones óptimas, el proceso de coagulación y floculación remueve eficientemente y a bajo costo solidos suspendidos que influyen en la cantidad de turbidez.

La importancia del presente trabajo de investigación es que se evaluó la influencia de la dosis del coagulante coadyudante de coagulante y floculante en la disminución de la turbidez en los efluentes de aguas de bombeo de la industria pesquera y nos permitió encontrar la dosificación más eficiente de los componentes utilizados.

1.9. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Las limitaciones que se presentaron fueron las siguientes:

- a) Dificultad para conseguir efluentes de agua de bombeo de la industria pesquera.
- b) La variación en el nivel de sólidos suspendidos, que es determinante para la turbidez de las muestras de efluente de agua de bombeo de la Industria Pesquera, el cual varia de un día a otro, dependiendo del grado de suciedad y conservación de las especies a procesar.

1.10. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

1.10.1. Tipo de Investigación:

Aplicada, siendo que la investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad. (Murillo, W, 2008).

1.10.2. Nivel de Investigación:

De acuerdo al grado de profundidad de la presente investigación es correlacional, debido que se pretende determinar el grado de relación que pueden tener las variables.

1.11. MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.11.1. Método de la Investigación:

El diseño empleado en la presente investigación es del tipo experimental puro, debido a que las variables independientes se manipularan intencionalmente, además se medirá el efecto en la variable dependiente.

1.11.2. Diseño de la Investigación:

Se aplicará el diseño experimental con tres factores, donde se presentan las variables de estudios, dosis de coagulante (sulfato férrico), dosis de coadyudante (amina cuaternaria) y dosis de floculante aniónico a un tiempo de contacto de 4 minutos para coagulación y floculación y 120 rpm de agitación para coagulación y 50 rpm de agitación para la floculación a 3 niveles

(3x3x3). Realizándose el siguiente número de tratamientos:
 $3 \times 3 \times 3 = 27$ tratamientos las cuales se detallan en la tabla N° 1.

Tabla N° 1: Diseño de Investigación

SERIA A

Sulfato Férrico (1500ppm)		Amina Cuaternaria		
		50 ppm	100 ppm	150 ppm
Floculante Aniónico	40 ppm	1A	2A	3A
	80 ppm	4A	5A	6A
	120 ppm	7A	8A	9A

SERIE B

Sulfato Férrico (3000ppm)		Amina Cuaternaria		
		50 ppm	100 ppm	150 ppm
Floculante Aniónico	40 ppm	1B	2B	3B
	80 ppm	4B	5B	6B
	120 ppm	7B	8B	9B

SERIE C

Sulfato Férrico (4500ppm)		Amina Cuaternaria		
		50 ppm	100 ppm	150 ppm
Floculante Aniónico	40 ppm	1C	2C	3 C
	80 ppm	4C	5C	6 C
	120 ppm	7C	8C	9 C

Fuente: Elaboración propia

1.12. TÉCNICA E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

1.12.1. Técnicas:

- A. Observación:** Que consiste en trabajo de campo que es el contacto directo del investigador con la realidad, para la obtención de datos. (Hernández, 2014).
- B. Evaluación:** Permite obtener información sobre el Pre y del Post test, como resultados de haber aplicado el tratamiento piloto de las aguas de la industria minera en los diferentes procesos de estudio.

1.13. COBERTURA DEL ESTUDIO

1.13.1. Universo

El universo estuvo constituido por los efluentes de las aguas de bombeo de la industria pesquera “HAYDUK SA”.

1.13.2. Muestra

La muestra estuvo constituida por las aguas de los efluentes De las aguas de bombeo de la última etapa del proceso de la industria pesquera “HAYDUK SA” ubicado en puerto Malabrigo del distrito de Razuri, en la provincia de Paijan, Región la Libertad.

1.14. Informe Final

El trabajo de investigación se desarrolló acorde a la estructura proporcionada por la Universidad Alas Peruanas.

1.15. Cronograma y Presupuesto:

1.15.1. Cronograma

ACTIVIDADES	AÑO 2017							
	Junio	Julio	Agosto	Setiembre				
Planificación	X							
Planteamiento del Problema	X							
Investigación Bibliográfica	X	X						
Elaboración del Marco Teórico	X	x						
Formulación del Proyecto		x						
Presentación del Proyecto		X						
Aprobación		x	X					
Elaboración de Instrumentos		x	X					
Gestión para el Apoyo Institucional		X	X					
Validación de Instrumentos		X	X					
Ejecución del Proyecto		x	x					
Aplicación de Instrumentos para el Levantamiento de la Información		x	x					
Análisis de Datos			X	X				
Organización y Tabulación de Datos			X	X				
Análisis e Interpretación de Datos			X	X				
Preparación del Informe				X				
Redacción del Informe de Tesis				X				
Revisión del Informe				X				
Presentación y Sustentación de Tesis				X				
Aprobación del Informe				X				

1.15.2 Presupuesto

El presupuesto será autofinanciado por el autor, sin embargo, es posible buscar donaciones dada a la utilidad del proyecto.

A. INGRESOS		INDIVIDUAL	TOTAL
Aporte de Tesista			2958.00
Donaciones			1042.00
Total			3990.00
B. EGRESOS			
B.1 MATERIALES			
MATERIALES	CANTIDAD	FREC. UNITAR	COSTO TOTAL
Papel bond A4	2 millares	11.00	22.00
Textos de investigación	3 textos	90.00	270.00
Textos de gestión	1 texto	100.00	100.00
Lapiceros	1 docena	5.00	5.00
Correctores	6 unidades	3.00	18.00
Materiales			650.00
Tinta para impresión	1 tóner	40.00	40.00
Memoria (USB)	2 Unidades	25.00	50.00
Lápices	1 Docena	5.00	5.00
SUB TOTAL A			1140.00
B.2 SERVICIOS			
Asesoramiento	1	1000.00	1000.00
Laboratorio	20 Análisis	45.00	900.00
Movilidad	1	300	300.00
Tipeo	1 Persona	60.00	50.00
Fotocopias	1 Kit	150.00	150.00
Impresión	1 Kit	300.00	300.00
Internet	Servicio	50.00	50.00
Empastado	6 ejemplares	50.00	300.00
Imprevistos			250.00
SUB TOTAL B			2850.00
TOTAL EGRESOS			4440.00

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Unda (1976) señala que la simulación de los procesos de coagulación-floculación y sedimentación del tratamiento físico químico se realiza mediante la prueba de jarras, ensayo que se utiliza desde principios del siglo veinte como un método experimental para determinar la dosis óptima de coagulante y las características de la mezcla que permiten obtener los mejores resultados en el proceso de sedimentación. El método experimental consiste en un equipo compuesto por paletas de velocidad controlable que giran dentro de vasos, buscando reproducir las condiciones de operación de la planta. Variando la cantidad de agente coagulante aplicado a las diferentes jarras que contienen muestras del agua servida a tratar, es posible determinar la dosis óptima de coagulante a utilizar. El procedimiento en la prueba de jarras consiste en agregar las sustancias químicas, luego se hacen girar las paletas a gran velocidad, por corto tiempo, y luego se disminuye la velocidad para tener una suave turbulencia, por un tiempo más largo. Terminada esta etapa se deja sedimentar el agua y se determinan aquellos que han logrado un mejor rendimiento y se realizan los análisis respectivos para determinar la dosis óptima de coagulante a utilizar (Unda,1976)

Ghaly, 2006 realizó un tratamiento químico de aguas residuales de filtros de grasa, usando tres agentes coagulantes diferentes (sulfato de aluminio, sulfato ferroso y cloruro férrico). Se llevaron a cabo 2 sets de experimentos. En el primer experimento se probó varias concentraciones de cada coagulante, para elegir el agente coagulante más efectivo, se midió la reducción de la cantidad de solidos totales y la claridad del agua. En el segundo experimento, se usó el agente coagulante más efectivo para determinar la influencia de la temperatura y el pH en la eficiencia del proceso de coagulación/sedimentación. El sulfato de aluminio fue el agente coagulante más efectivo, ya que redujo la cantidad de solidos totales en un 90% (comparado al 88 y 28% para el cloruro férrico y sulfato ferroso

respectivamente). Además, encontraron que no hubo beneficio en variar la temperatura y/o el pH del medio. El proceso fue efectivo a un pH de 9,5 y a temperatura ambiente.

Según el análisis comparativo de Imarpe Julio de 1996 – Enero de 1996, el estado actual de los sistemas para el tratamiento de grandes volúmenes, como el del agua de bombeo, no está desarrollado, es por lo tanto necesario que se incrementen las investigaciones que permitan la innovación tecnológica tendente a la reducción del efecto contaminante de este efluente. (MIPE-Normas complementarias ley general de Pesca, 1996).

La contaminación ambiental propia de la Industria pesquera, proviene de diferentes actividades, ya sea por la extracción o el procesamiento de especies. Debido a que la demanda por alimentos ha crecido. Las extracciones de recurso se han visto incrementadas tanto para el consumo humano directo e indirecto (harina y aceite de pescado), sin embargo durante muchos años no se han tenido las consideraciones respectivas para con el medio ambiente marino, puesto que las plantas han vertido sus desechos al medio marino sin un previo o incompleto tratamiento, lo cual ocasiona la contaminación de este cuerpo receptor (Puertas, 2013)

Núñez, 2014 en su tesis para optar el Título de Ingeniero Pesquero: “Recuperación de sólidos del agua de cola por coagulación-floculación y cuantificación de histamina” empleó 5 ml del Compuesto C (coagulante) y 10 ml Compuesto H (floculante), permitió reducir la turbidez del líquido residual del agua de cola tratada por decantación natural de 33,838 NTU hasta 49.1 NTU, ello representó una reducción de 99.85 %. Para el caso de separación con centrífuga, la reducción fue de 99.7%.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. PROCESO FÍSICO-QUÍMICO DE COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN

Se llama coagulación/floculación al proceso por el cual las partículas se aglutinan en pequeñas masas con peso específico superior a la del agua llamadas floc. Proceso en el que se distinguen dos aspectos fundamentales (Kirchmer, 1977):

- La desestabilización de las partículas suspendidas, es decir la remoción de las fuerzas que las mantienen separadas.(Coagulación)
- El transporte de ellas dentro del líquido para que hagan contacto, estableciendo puentes entre sí y formando una malla tridimensional de coágulos porosos. (Floculación).

2.2.2. MECANISMOS DE LA COAGULACIÓN

La coagulación es un proceso de desestabilización química de las partículas coloidales que se producen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, por medio de la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado.

La coagulación comienza en el mismo instante en que se adicionan los coagulantes al agua y dura solamente fracciones de segundo. Básicamente, consiste en una serie de reacciones físicas y químicas entre los coagulantes, la superficie de las partículas, la alcalinidad del agua y el agua misma (Pérez, 1977).

La desestabilización se puede obtener por los mecanismos fisicoquímicos siguientes:

- Compresión de la doble capa
- Adsorción y neutralización de cargas
- Atrapamiento de partículas en un precipitado
- Adsorción y puente

Compresión de la doble capa

Cuando se aproximan dos partículas semejantes, sus capas difusas interactúan y generan una fuerza de repulsión, cuyo potencial de repulsión está en función de la distancia que los separa y cae rápidamente con el incremento de iones de carga opuesta al de las partículas, esto se consigue sólo con los iones del coagulante.

Si la distancia que separa a las partículas es superior a "L", entonces las partículas, no se atraen. E es la energía que los mantiene separados.

Existe por otro lado un potencial de atracción o fuerzas de atracción E_a , entre las partículas llamadas fuerzas de Van der Waals, que dependen de los átomos que constituyen las partículas y de la densidad de estos últimos. Contrariamente a las Fuerzas de repulsión, las fuerzas de Van der Waals no son afectadas por las características de la solución.

Absorción y neutralización de cargas

Las partículas coloidales poseen carga negativa en su superficie, estas cargas llamadas primarias atraen los iones positivos que se encuentran en solución dentro del agua y forman la primera capa adherida al coloide.

El potencial en la superficie del plano de cizallamiento es el potencial electrocinético – potencial ZETA, este potencial rige el desplazamiento de coloides y su interacción mutua.

Después de la teoría de la doble capa la coagulación es la considerada como la anulación del potencial obtenido por adición de productos de coagulación –floculación, en la que la fuerza natural de mezcla debido al movimiento browniano no es suficiente requiriéndose una energía complementaria necesaria; por ejemplo realizar la agitación mecánica o hidráulica.

Cuando se adiciona un exceso de coagulante al agua a tratar, se produce a la reestabilización de la carga de la partícula; esto se

puede explicar debido a que el exceso de coagulante son absorbidos en la superficie de la partícula, produciendo una carga invertida a la carga original.

Atrapamiento de partículas dentro de un precipitado

Las partículas coloidales desestabilizadas, se pueden atrapar dentro de un floc, cuando se adiciona una cantidad suficiente de coagulantes, habitualmente sales de metales trivalente como el sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$, o Cloruro Férrico $FeCl_3$, el floc está formado de moléculas de $Al(OH)_3$ o de $Fe(OH)_3$. La presencia de ciertos aniones y de las partículas coloidales acelera la formación del precipitado. Las partículas coloidales juegan el rol de anillo durante la formación del floc; este fenómeno puede tener una relación inversa entre la turbiedad y la cantidad de coagulante requerida. En otras palabras, una concentración importante de partículas en suspensión puede requerir menor cantidad de coagulante.

Adsorción y puente

En cualquier caso, se obtiene el tratamiento más económico utilizando un polímero aniónico, cuando las partículas están cargadas negativamente. Este fenómeno es explicado por la teoría del “puente”. Las moléculas del polímero muy largas contienen grupos químicos que pueden absorber las partículas coloidales. La molécula de polímero puede así absorber una partícula coloidal en una de sus extremidades, mientras que los otros sitios son libres para absorber otras partículas.

Por eso se dice que las moléculas de los polímeros forman el “puente” entre las partículas coloidales. Esto puede tener una restabilización de la suspensión, por una excesiva carga de polímeros.

2.2.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COAGULACIÓN

Es necesario tener en cuenta los siguientes factores con la finalidad de optimizar el proceso de coagulación:

- pH.
- Turbiedad.
- Sales disueltas.
- Temperatura del agua.
- Tipo de coagulante utilizado.
- Condiciones de mezcla.
- Sistemas de aplicación de los coagulantes.
- Tipos de mezcla y el color.

La interrelación entre cada uno de ellos permiten predecir cuáles son las cantidades de los coagulantes a adicionar al agua.

Influencia del pH

El pH es una medida de la actividad del ion hidrógeno en una solución, y es igual a:

$$\text{pH} = -\log \{H^+\}$$

El pH es la variable más importante a tener en cuenta al momento de la coagulación, para cada agua existe un rango de pH óptimo para la cual la coagulación tiene lugar rápidamente, ello depende de la naturaleza de los iones y de la alcalinidad del agua.

El rango de pH es función del tipo de coagulante a ser utilizado y de la naturaleza del agua a tratar; si la coagulación se realiza fuera del rango de pH óptimo entonces se debe aumentar la cantidad del coagulante; por lo tanto, la dosis requerida es alta.

Para sales de aluminio el rango de pH para la coagulación es de 6.5 a 8.0 y para las sales de hierro, el rango de pH óptimo es de 5.5 a 8.5.

Influencia de la turbiedad

La turbiedad es una forma indirecta de medir la concentración de las partículas suspendidas en un líquido; mide el efecto de la dispersión que estas partículas presentan al paso de la luz; y es función del número, tamaño y forma de partículas.

La turbiedad del agua superficial es gran parte debido a partículas de lodos de sílice de diámetros que varían entre 0.2 a 5 μm . La

coagulación de estas partículas es muy fácil de realizar cuando el pH se mantiene dentro del rango óptimo. La variación de la concentración de las partículas permite hacer las siguientes predicciones:

- Para cada turbiedad existe una cantidad de coagulante, con el que se obtiene la turbiedad residual más baja, que corresponde a la dosis óptima.
- Cuando la turbiedad aumenta se debe adicionar la cantidad de coagulante no es mucho debido a que la probabilidad de colisión entre las partículas es muy elevada; por lo que la coagulación se realiza con facilidad; por el contrario, cuando la turbiedad es baja la coagulación se realiza muy difícilmente, y la cantidad del coagulante es igual o mayor que si la turbiedad fuese alta (Andia, 2000).
- Cuando la turbiedad es muy alta, conviene realizar una pre sedimentación natural o forzada, en este caso con el empleo de un polímero aniónico.
- Es siempre más fácil coagular las aguas de baja turbiedad y aquellas contaminadas por desagües domésticos industriales, porque requieren mayor cantidad de coagulante que los no contaminados.

Influencia de las sales disueltas

Las sales contenidas dentro del agua ejercen las influencias siguientes sobre la coagulación y floculación:

- Modificación del rango de pH óptimo.
- Modificación del tiempo requerido para la floculación.
- Modificación de la cantidad de coagulantes requeridos.
- Modificación de la cantidad residual del coagulante dentro del efluente.

Influencia de la temperatura del agua

La variación de 1°C en la temperatura del agua conduce a la formación de corrientes de densidad (variación de la densidad del

agua) de diferentes grados que afectan a la energía cinética de las partículas en suspensión, por lo que la coagulación se hace más lenta; temperaturas muy elevadas desfavorecen igualmente a la coagulación.

Una disminución de la temperatura del agua en una unidad de decantación conlleva a un aumento de su viscosidad; esto explica las dificultades de la sedimentación de un floc.

Influencia de la dosis del coagulante

La cantidad del coagulante a utilizar tiene influencia directa en la eficiencia de la coagulación, así:

- Poca cantidad del coagulante, no neutraliza totalmente la carga de la partícula, la formación de los microflocos es muy escasa, por lo tanto la turbiedad residual es elevada.
- Alta cantidad de coagulante produce la inversión de la carga de la partícula, conduce a la formación de gran cantidad de microflocos con tamaños muy pequeños cuyas velocidades de sedimentación muy bajas, por lo tanto la turbiedad residual es igualmente elevada.
- La selección del coagulante y la cantidad óptima de aplicación; se determina mediante los ensayos de pruebas de jarras.

La selección del coagulante y la dosis juegan un rol muy importante sobre:

- La buena o mala calidad del agua clarificada.
- El buen o mal funcionamiento de los decantadores.

Influencia de mezcla

El grado de agitación que se da a la masa de agua durante la adición del coagulante, determina si la coagulación es completa; turbulencias desiguales hacen que cierta porción de agua tenga mayor concentración de coagulantes y la otra parte tenga poco o

casi nada; la agitación debe ser uniforme e intensa en toda la masa de agua, para asegurar que la mezcla entre el agua y el coagulante haya sido bien hecho y que se haya producido la reacción química de neutralización de cargas correspondiente.

En el transcurso de la coagulación y floculación, se procede a la mezcla de productos químicos en dos etapas. En la primera etapa, la mezcla es enérgica y de corta duración (60 seg., máx.) llamado **mezcla rápida**; esta mezcla tiene por objeto dispersar la totalidad del coagulante dentro del volumen del agua a tratar, y en la segunda etapa la mezcla es lenta y tiene por objeto desarrollar los microfloculos.

La mezcla rápida se le denomina así a las condiciones de intensidad de agitación y tiempo de retención que debe reunir la masa de agua en el momento en que se dosifica el coagulante, con la finalidad de que las reacciones de coagulación se den en las condiciones óptimas que correspondan al mecanismo de coagulación predominante; se efectúa para la inyección de productos químicos dentro de la zona de fuerte turbulencia, una inadecuada mezcla rápida conlleva a un incremento de productos químicos.

2.2.4 ETAPAS O FASES DE LA COAGULACIÓN

El proceso de coagulación se desarrolla en un tiempo muy corto (casi instantáneo), en el que se presenta las siguientes etapas.

- Hidrólisis de los coagulantes y desestabilización de las partículas en suspensión.
- Formación de Compuestos químicos poliméricos.
- Adsorción de cadenas poliméricas por los coloides.
- Adsorción mutua de coloides.

- Acción de barrido

La coagulación es un proceso que depende del tiempo. Stumm y O'Melia (1999) identificaron varias etapas en la reacción:

- Hidrólisis de los iones metálicos multivalentes y su consecuente polimerización hasta llegar a especies hidrolíticas multinucleadas.
- Adsorción de las especies hidrolíticas en la interfase de la solución sólida para lograr la desestabilización del coloide.
- Aglomeración de las partículas desestabilizadas mediante un puente entre las partículas que involucra el transporte de éstas y las interacciones químicas.
- Aglomeración de las partículas desestabilizadas mediante el transporte de las mismas y las fuerzas de Van Der Waals.
- Formación de los flóculos.
- Precipitación del hidróxido metálico.

Algunos de estos pasos ocurren secuencialmente, otros coinciden parcialmente y otros incluso pueden ocurrir simultáneamente. Se pueden asumir que los diferentes pasos de la reacción pueden resultar controlables en un cierto porcentaje, bajo diferentes condiciones químicas.

2.2.5 TIPOS DE COAGULACIÓN

Se presentan dos tipos básicos de coagulación: por Adsorción y por Barrido. **Coagulación por adsorción**

Se presenta cuando el agua tiene una alta concentración de partículas al estado coloidal; cuando el coagulante es adicionado al agua turbia los productos solubles de los coagulantes son

absorbidas por los coloides y forman los flóculos en forma casi instantánea (Figura N°1).

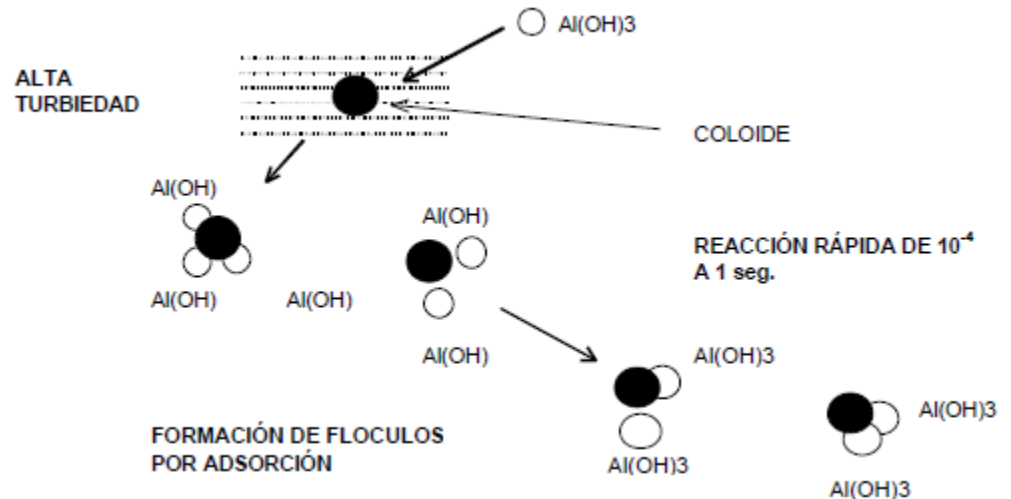


Figura N°1: Coagulación por Adsorción

Cuando se agrega sulfato de aluminio o sales de hierro al agua en condiciones especiales de dosis de coagulante y pH, se forman una serie de especies solubles hidrolizadas.

En el caso del sulfato de aluminio, las especies hidrolizadas que se forman son: Al^{3+} , $Al(OH)_2^+$, $Al_8(OH)_{20}^{4+}$ y $Al(OH)_4^-$, las cuales son tomadas a menudo para representar todo el sistema.

Estas especies hidrolizadas se adhieren o forman complejos superficiales con los grupos SILANOL ($SiOH$) y el coloide y lo desestabilizan, permitiendo la formación de flóculos. Este mecanismo es denominado neutralización de carga (también se le llama de desestabilización-absorción).

Cuando la cantidad de coloides presentes en el agua es grande, la distancia entre ellos es pequeña, siendo por lo tanto mayor la fuerza de atracción y la energía requerida para su desestabilización menor, así como el potencial zeta resultante.

Coagulación por barrido Este tipo de coagulación se presenta cuando el agua es clara (presenta baja turbiedad) y la cantidad de partículas coloides es pequeña; en este caso las partículas son atrapadas al producirse una sobresaturación de precipitado de sulfato de aluminio o cloruro férrico.

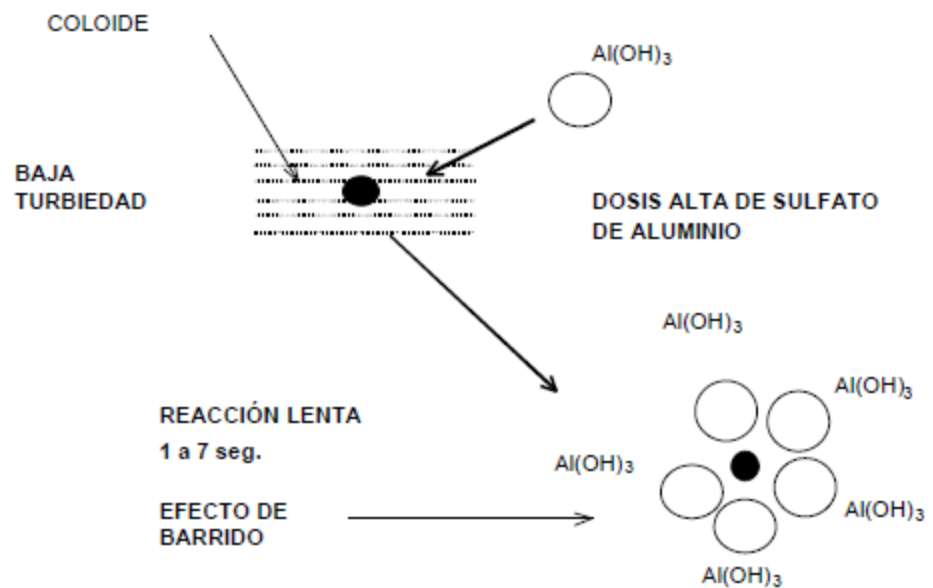


Figura 2: Coagulación por barrido

2.2.6 REMOCIÓN DE TURBIEDAD

La aplicación de una dosis creciente del coagulante al agua presenta diferentes zonas de coagulación, como se puede observar en la Figura 3.

Zona 1.- La dosis de coagulante no es suficiente para desestabilizar las partículas y por lo tanto no se produce coagulación.

Zona 2.- Al incrementar la dosis de coagulantes, se produce una rápida aglutinación de los coloides.

Zona 3.- Si se continúa incrementando la dosis, llega un momento en que no se produce una buena coagulación, ya que los coloides se re estabilizan.

Zona 4.- Al aumentar aún más la dosis, hasta producir una súper saturación se produce de nuevo una rápida precipitación de los coagulantes que hace un efecto de barrido, arrastrando en su descenso las partículas que conforman la turbiedad.

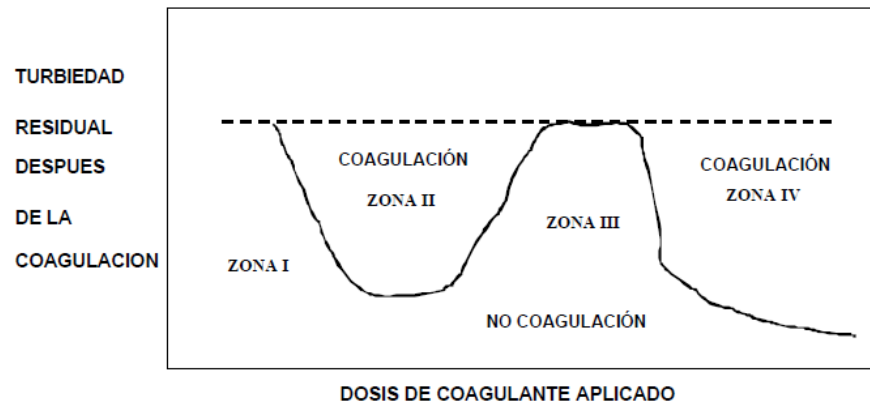


Figura N°3: Diagrama de remoción de turbiedad

2.2.7 MECANISMOS DE LA FLOCULACIÓN

Se define floculación a los procesos que convierten los sólidos suspendidos presentes en el agua en forma coloidal, en aglomerados más importantes. Los “flocs” resultantes alcanzan un estado y tamaño que los vuelve sedimentables, flotantes o filtrables, permitiendo una separación casi completa de los sólidos suspendidos presentes en el agua (CEPIS, 1991).

Estos flóculos inicialmente pequeños, crean al juntarse aglomerados mayores que son capaces de sedimentar.

Los flóculos formados por la aglomeración de varios coloides no son lo suficientemente grandes como para sedimentar con rapidez deseada, por lo que el empleo de un floculante es necesario para reunir en forma de red, formando puentes de una superficie a otra enlazando las partículas individuales en aglomerados.

La floculación es favorecida por el mezclado lento que permite juntar poco a poco los flóculos; un mezclado demasiado intenso los

rompe y raramente se vuelven a formar en su tamaño y fuerza óptimos. La floculación no solo incrementa el tamaño de las partículas del flóculo, sino que también aumenta su peso. La floculación implica que por medio de sustancias químicas (polímeros, polielectrolitos) se aumente el contacto entre las partículas finas en la coagulación para formar flóculos los cuales sedimentan más fácilmente (Kurita, 1999). La floculación se ve favorecida por la agitación moderada del agua residual, por medio de paletas a baja velocidad. Si la agitación es demasiado rápida, los flóculos se rompen, por ello debe controlarse la velocidad dentro de un rango en el que se puedan formar los flóculos grandes para que sedimenten. Los polielectrolitos que se usan en floculación pueden ser de origen natural o sintético. Su funcionamiento depende del tamaño, densidad y carga de las partículas a flocular y del pH del polímero en solución (Ramírez, 1992; Singh *et al.*, 2000; Weeber, 2003; Sincero y Sincero, 2003).

Las impurezas presentes en el agua en forma de partículas en estado coloidal, tienen carga negativa, pero la dispersión coloidal (agua+ coloides), no tienen una carga eléctrica única. Las cargas originales de las partículas son equilibradas con las cargas de la fase acuosa, resultando una doble capa eléctrica en cada interfase entre el sólido y el agua. Las fuerzas de difusión y atracción electrostática dispersan la carga en el agua alrededor de cada partícula, en una capa difusa. Las fuerzas eléctricas de repulsión y las fuerzas de atracción de Van Der Waals interaccionan con las partículas en la solución produciendo una barrera potencial que previene la aglomeración. Al proceso de vencer la barrera de repulsión para permitir que ocurra la aglomeración se le denomina desestabilización.

2.2.8 TIPOS DE FLOCULACIÓN

Según Andía (2000), existen 2 tipos de floculación:

Floculación Pericinéctica

Esta es producida por el movimiento natural de las moléculas del agua y esta inducida por la energía térmica, este movimiento es conocido como el movimiento browniano.

Floculación Ortocinéctica

Se basa en las colisiones de las partículas debido al movimiento del agua, el que es inducido por una energía exterior a la masa de agua y que puede ser de origen mecánico o hidráulico. Después que el agua es coagulada es necesario que se produzca la aglomeración de los microflóculos; para que esto suceda se produce primero la floculación pericinéctica luego se produce la floculación ortocinéctica.

2.2.9 PARÁMETROS DE FLOCULACIÓN

Los parámetros que caracterizan a la floculación son los siguientes:

- Floculación Ortocinéctica (Se da por el grado de agitación proporcionada: Mecánica o Hidráulica).
- Gradiente de Velocidad (energía necesaria para producir la mezcla).
- Número de colisiones (choque entre microflóculos).
- Tiempo de retención (tiempo que permanece el agua en la unidad de floculación).
- Densidad y tamaño de floc.
- Volumen de lodos (los flóculos formados no deben sedimentar en las unidades de floculación).

2.2.10 PRUEBA DE JARRAS

La coagulación/floculación química y la dosificación apropiada de reactivos deben ser seleccionadas por la simulación del paso de clarificación en un laboratorio a escala. La Prueba de Jarras es la que mejor simula la química de la clarificación y la operación llevada a cabo. Un arreglo simple de vasos de precipitado y paletas permite comparar varias combinaciones químicas, las cuales todas están sujetas a condiciones hidráulicas similares.

Esta prueba se realiza con el fin de determinar la concentración óptima de coagulante necesaria para obtener un floc de las mejores características.

2.2.11 TIPOS DE COAGULANTES-FLOCULANTES

Los químicos usados en coagulación y floculación son inorgánicos y orgánicos. De los primeros se usan sales metálicas trivalentes como sulfato de aluminio III, cloruro de aluminio III, sulfato de hierro III y cloruro de hierro III. De los químicos orgánicos se usan polímeros no iónicos, catiónicos o aniónicos en los que la densidad de carga puede variar de baja a alta, dependiendo de la composición del copolímero. El polímero más usado es la poliacrilamida (Ramírez, 1992). Nacheva *et al.*,(1996) usaron coagulación y floculación en el tratamiento de aguas residuales con cloruro férrico y otros polímeros sintéticos. También se usaron polímeros naturales que tienen propiedades coagulantes-floculantes.

2.2.12 COAGULANTES ARTIFICIALES

A. Coagulante metálico

Existe una gran variedad de coagulantes metálicos que pueden clasificarse en tres tipos: sales de aluminio, sales de hierro y

compuestos varios. Los coagulantes metálicos pueden ser aplicados directamente o luego de prepararlos en solución (Causa y Pinto, 1974).

Villaseñor (2004) indica que los coagulantes metálicos: sales de fierro y aluminio, han sido los más utilizados en la clarificación de aguas y eliminación de DBO5 y fosfatos de aguas residuales. Tienen la ventaja de actuar como coagulantes-floculantes al mismo tiempo. Forman especies hidratadas complejas cargadas positivamente: $Fe (H_2O)_6^{3+}$ y $Al (H_2O)_6^{3+}$.

Sin embargo, tienen el inconveniente de ser muy sensibles a un cambio de pH. Si este no está dentro del intervalo adecuado la clarificación es pobre y pueden solubilizar Fe o Al y generar problemas (Causa y Pinto, 1974).

Coagulación con sales de aluminio

Las sales de aluminio forman un floc ligeramente pesado. Las más conocidas son: sulfato de aluminio, el sulfato de aluminio amoniacal y el aluminato de sodio.

El sulfato de aluminio es el coagulante que, por su bajo costo y su manejo relativamente sencillo, se usa con mayor frecuencia en las plantas de tratamiento de agua potable (Pérez, 1978).

El sulfato de aluminio es una sal ácida que se disuelve fácilmente en el agua. Se puede aplicar en forma de solución o en seco. Se encuentra en el comercio en terrones (colpas), granulado o en polvo (Causa y Pinto, 1974).

Coagulación con sales de hierro

Las sales de hierro se usan cuando el sulfato de aluminio no produce una coagulación adecuada o cuando los sedimentadores están demasiado recargados y resulta económico aumentar el peso

del floc para incrementar la eficiencia de ellos (Mysels, 1967). Las más conocidas sales de hierro son: cloruro férrico, sulfato férrico y sulfato ferroso.

El cloruro férrico se consigue en tres formas: cristales hidratados, cristales anhídridos o solución del 35 a 45%. Este coagulante puede trabajar con pH tan bajo como 4 y tan alto como 11. Los lodos provenientes de la coagulación con hierro son muy corrosivos, tienen un color café oscuro y suelen manchar o teñir los objetos y las corrientes de agua, son por eso difíciles de manejar (Graham, 1977).

Otros coagulantes

Existen otros componentes que pueden ser usados para coagular el agua. Entre estos podemos citar el carbonato de magnesio, que es un coagulante de reciente investigación el que tiene la posibilidad de ser recirculado, lo que daría gran aplicación al reducir los costos fijos de tratamiento (Causa y Pinto, 1974).

2.2.13 COAGULANTES NATURALES

Los coagulantes naturales son sustancias solubles en agua, procedentes de materiales de origen vegetal o animal (Kawuamura, 1991; Lee *et al.*, 1995; Ganjidoust *et al.*, 1997; Broekaert *et al.*, 1997), que actúan de modo similar a los coagulantes sintéticos, aglomerando las partículas en suspensión que contiene el agua cruda, facilitando su sedimentación y reduciendo la turbidez inicial de ésta. Algunos de estos coagulantes poseen además propiedades antimicrobianas, por lo que reducen o eliminan el contenido de microorganismos patógenos susceptibles de producir enfermedades.

Su origen natural, garantiza la inocuidad para el ser humano, y la biodegradabilidad de los lodos producidos permite además su

utilización en la agricultura. Su aplicación, no solo puede ir dirigida a países en vías de desarrollo, sino también a potabilización convencional y al tratamiento de aguas residuales. En la actualidad, el uso de coagulantes de origen sintético para la potabilización, tales como el Sulfato de Aluminio o el Cloruro Férrico (Van Benchosten *et al.*, 1990, Boisvert *et al.*, 1997; Najm *et al.*, 1998), también es cuestionada debido entre otros motivos a :

- Los problemas medioambientales que conlleva, fundamentalmente a la generación de lodos tóxicos que no pueden ser utilizados en la agricultura (Christopher *et al.*, 1995; Kaggwa , 2001).
- La relación con la enfermedad de Alzheimer (Crapper *et al.*, 1973; Alfrey *et al.*, 1976; Schecher *et al.*, 1988; Crapper *et al.*, 1980; Davidson *et al.*, 1982; Gardner *et al.*, 1991; Jekel, 1991).
- Empeoramiento de enfermedades neurodegenerativas (Miller, 1984; Martyn *et al.*, 1989)
- Relación con el cáncer (Dearfield *et al.*, 1964; Mccollister *et al.*, 1964; Mallevalle *et al.*, 1984).

Jahn (1988) publicó una lista de coagulantes naturales de origen vegetal que tradicionalmente se habían utilizado en África subsahariana, la India y América del Sur. Entre ellos, se encontraban las semillas de almendra, albaricoque, melocotón, *Cactus opuntia*, legumbres, guisantes, lentejas, nueces, habas, guar y *Moringa oleifera*.

Algunos de ellos han sido estudiados con mayor profundidad, proporcionando resultados positivos en relación a su actividad coagulante. A continuación, se muestran las especies de coagulantes naturales más estudiadas en la actualidad.

- *Strychnos potatorum* (Tripathi *et al.*, 1976; Adinolfi, 1994; Chaudhuri, 2005)
- *Moringa oleifera* (Folkard *et al.*, 1986; Olsen, 1987; Sutherland *et al.*, 1994; Muyibi *et al.*, 1995a; Muyibi *et al.*, 1996; Ndabigengesere *et al.*, 1998; Okuda *et al.*, 1999, Dorea, 2006).
- Okra (Al-Samawi *et al.*, 1996)
- Mandioca (Leiva *et al.*, 1997)
- Arroz (Leiva *et al.*, 1998)
- Almidón (Hamidi *et al.*, 1998; Hamidi *et al.*, 2000)
- *Cactus Latifaria y Prosopis juliflora* (Diaz *et al.*, 1999)
- Taninos de Valonia (Özacar *et al.*, 2000, 2002, 2003)
- Tamarindo (Mishra *et al.*, 2006)
- *Samanea saman* (González *et al.*, 2006)
- *Algas marinas* (Kawuamura, 1991).
- Alubia blanca (Iiew *et al.*, 2004)
- Cactus (Zhang *et al.*, 2006)
- Tuna opuntia *Cochinellifera* (Almendárez de Quezada, 2004)
- Maíz dulce (Raghuwanshi *et al.*, 2002)

Los polímeros naturales o biopolímeros son producidos por todos los organismos vivos. Se acepta que son biodegradables ya que se producen de forma natural, aunque con polímeros como la lignina, la biodegradación puede ser muy lenta (Swift, 1997).

Los biopolímeros constituyen uno de los sustitutos potenciales a los floculantes inorgánicos especialmente aquellos que se comportan como polielectrolitos catiónicos capaces de coagular partículas cargadas negativamente no solo a través de puentes o fuerzas electrostáticas, sino también a través de interacciones hidrofóbicas (Parazok *et al.*, 1988), el quitosano, polielectrolito catiónico, es un promisorio agente para purificación de agua como se ha reportado en recientes patentes (Renault *et al.*, 2009).

Los polímeros son moléculas unidas que forman moléculas grandes (Jaimes, 1995). Se han empleado polímeros naturales para purificar agua. Sin embargo, comparados con aluminio, algunas ventajas del uso de polímeros en el tratamiento de aguas son (Bolto y Gregory, 2007):

- Se requieren dosis bajas
- Se produce menos lodo
- Es poco el incremento en la carga orgánica del agua tratada
- Reduce el nivel de aluminio en el agua tratada
- Ahorro en costo hasta 25-30%

Moringa oleifera

La semilla de *Moringa oleifera* es el coagulante natural, de origen vegetal más conocido y estudiado en la actualidad *Moringa oleifera* (Figura 5) fue en su origen un árbol ornamental del Sudán, plantado durante la ocupación británica. *Moringaceae* es el nombre de la familia de plantas que engloba a más de 14 especies conocidas, endémicas de los países africanos, Madagascar, Arabia y la India. La mitad de ellas son relativamente comunes en la actualidad y son esporádicamente cultivadas, aunque sólo la *Moringa oleifera* es cultivada en toda el área tropical.



Figura N° 4: Árbol *Moringa oleífera* (Izqda.). Semilla de *Moringa oleífera* (Dcha.)

Esta especie posee un gran interés, debido a los múltiples usos que posee: las vainas, hojas y semillas son un alimento vegetal con un poder nutricional elevado, el aceite extraído de las semillas, se emplea para cocinar, fabricar jabón y cosméticos, como combustible para calefacción e iluminación, la pulpa de la madera se emplea para fabricación de papel, la madera es ligera, así que no puede utilizarse para construir estructuras sólidas, aunque si tiene uso como leña para cocinar, las hojas son un buen fertilizante y las semillas en polvo se emplean para curar o aliviar infecciones bacterianas de la piel (Garcia, 2007).

El uso más conocido de la semilla de *Moringa oleifera* es el tratamiento del agua, debido a sus propiedades coagulantes (Sutherland *et al.*, 2004), antibióticas (Eilert *et al.*, 1981; Olsen, 1987) y antifúngicas (Chuang *et al.*, 2007).

2.3 METODOLOGIA

Muestra de Efluente

Como material de estudio se usó el efluente generado de la última etapa del agua de bombeo de la empresa Industrial Hayduc ubicada en puerto Malabrigo, distrito de Razuri, Provincia de Paijan Región La Libertad. Se recolectó 40 litros de efluente en un recipiente cerrado y se transportó al laboratorio de Investigación y Desarrollo de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Trujillo.

Caracterización del agua de bombeo.

La caracterización físico-química de los efluentes del agua de bombeo de la industria pesquera se realizó con métodos estandarizados en la cual se muestran a continuación:

PARAMETRO	MÉTODO
pH	Potenciométrico
Turbidez	Nefelométrico

Coagulación Floculación.

Los efluentes provenientes de la Industria pesquera presentan un pH de 5.5, y para el proceso de coagulación y floculación se acondicionó la muestra a un pH de 9.

Para el tratamiento de coagulación y floculación, se utilizó 1000 ml de muestra que fueron sometidas en el equipo de prueba de jarras que cuenta con una programación de 6 jarras, teniendo en cuenta la siguiente metodología.

Para la coagulación se programó el equipo a una agitación rápida de 120 rpm por un tiempo de agitación de 5 minutos. Los coagulantes añadidos fueron sulfato férrico y amina cuaternaria.

Para la floculación se programó el equipo a una agitación de 40 rpm por un tiempo de agitación de 20 minutos. Se utilizó un floculante aniónico.

Una vez terminado el proceso de coagulación, floculación en el equipo de jarras se dejó reposar por un tiempo de 30 minutos las muestras tratadas para luego tomar alícuotas del sobrenadante para realizar los análisis de turbidez en el Turbidímetro para cada tratamiento realizado.

CAPÍTULO III: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1 Determinación de la Turbidez Inicial del Agua de Bombeo

Para determinar la turbidez inicial del agua de bombeo se utilizó una muestra de 40 litros del efluente generado en la última etapa del agua de bombeo de la empresa Industrial Hayduc ubicada en Puerto Malabrigo, distrito de Rázuri, Provincia de Paiján, Región La Libertad. Se tomó una alícuota de 5 ml de agua de bombeo y se realizó una dilución de 1:20, la cual fue analizada en el turbidímetro por triplicado, cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla N° 02: Turbidez inicial del Agua de Bombeo

Muestra	I	II	II	Promedio	s	%CV
	NTU	NTU	NTU	NTU		
Agua de Bombeo	724	726	725	725	1,0000	0,14

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 02 podemos deducir que dado el valor medio de 725 NTU y la dilución 1:20 de la muestra, la turbidez inicial del agua de bombeo de la empresa industrial Hayduc asciende a 14500 NTU; la cual constituye un agua con una carga muy alta de sólidos suspendidos.

3.2 TURBIDEZ FINAL DEL AGUA DE BOMBEO

Para evaluar el efecto del proceso de coagulación floculación se tuvieron en cuenta 3 variables independientes con 3 niveles cada una. En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos después de llevar a cabo el proceso de coagulación floculación del agua de bombeo empleando sulfato férrico como coagulante, amina cuaternaria como coadyuvante y un floculante aniónico, cada una de ellas en sus dosis baja, media y alta. Cabe

resaltar que las lecturas de turbidez fueron realizadas a los 30 min de culminado el proceso de coagulación floculación.

Tabla N° 03: Turbidez final de agua de bombeo (serie A dosis baja sulfato férrico)

Sulfato Férrico (1500 ppm)		Amina Cuaternaria		
		50 ppm	100 ppm	150 ppm
Floculante aniónico	40 ppm	1450 NTU	378 NTU	291 NTU
	80 ppm	1233 NTU	386 NTU	246 NTU
	120 ppm	731 NTU	261 NTU	224 NTU

Tabla N° 04: Turbidez final de agua de bombeo (serie B dosis media sulfato férrico)

Sulfato Férrico (3000 ppm)		Amina Cuaternaria		
		50 ppm	100 ppm	150 ppm
Floculante aniónico	40 ppm	165 NTU	146 NTU	65,9 NTU
	80 ppm	253 NTU	198 NTU	297 NTU
	120 ppm	223 NTU	145 NTU	399 NTU

Tabla N° 05: Turbidez final de agua de bombeo (serie C dosis alta sulfato férrico)

Sulfato Férrico (4500 ppm)		Amina Cuaternaria		
		50 ppm	100 ppm	150 ppm
Floculante aniónico	40 ppm	90 NTU	49,2 NTU	38,3 NTU
	80 ppm	80,3 NTU	61,9 NTU	37,2 NTU
	120 ppm	90,3 NTU	64,7 NTU	36,3 NTU

En la tabla 02 (serie A), donde se utilizó una dosis baja de sulfato férrico (1500 ppm), se aprecia que existe un efecto de la amina cuaternaria sobre la variable respuesta turbidez cuando cada una de la dosis de floculante anionico se mantienen contantes; es decir, conforme se incrementa la concentración de amina cuaternaria (en cada dosis de floculante anionico) se observa que la turbidez disminuye considerablemente, observándose que el mayor grado de disminución se consigue a 40 ppm de floculante

anionico. Sin embargo, conforme la dosis de floculante anionico incrementa (en cada dosis de amina cuaternaria) el efecto, sobre la variable respuesta turbidez, solo se observa en la dosis baja de amina cuaternaria, toda vez que con las dosis media y alta de amina cuaternaria (100 y 150 ppm) no se observa variaciones significativas en la turbidez del agua de bombeo. En ese sentido, podemos afirmar que la mayor influencia del floculante anionico a dosis baja de coagulante sulfato férrico (1500 ppm) se presenta a 50 ppm de amina cuaternaria (dosis baja) y que a dosis baja de floculante anionico (40 ppm) se produce la mayor influencia de amina cuaternaria; no observándose efectos significativos del floculante aniónico sobre la variable respuesta turbidez a dosis media y alta.

En las tablas 04 y 05, donde se utilizaron dosis media y alta de coagulante sulfato férrico (3000 y 4500 ppm, respectivamente), se observaron comportamientos similares a los observados en la tabla 03, sin embargo, el efecto producido por el incremento de la dosis de amina cuaternaria a diferentes dosis de floculante iónico es mucho menor que al presentado en la tabla 03; asimismo, el incremento de la dosis de floculante no produce variaciones significativas en la turbidez con el aumento de la dosis de amina cuaternaria.

3.3 ANALISIS ESTADISTICO DE RESULTADOS

Según Gutiérrez Pulido, 2012 el diseño factorial 3^k (con tres niveles), es una de las alternativas experimentales que permite estudiar efectos de curvatura, además de los efectos lineales y de interacción que solo necesitan dos niveles de prueba (2^k). El problema es que de antemano no se sabe cómo será el efecto del factor y a veces se corre el riesgo de utilizar dos niveles cuando en realidad se requieren al menos tres. Entonces se recomienda como estrategia experimental, para detectar la presencia de curvatura, agregar puntos al centro de un diseño 2^k , que fue lo que se hizo en la presente tesis.

Con la intención de evaluar la posible curvatura de los efectos producidos por las variables estudiadas se procedió a graficar en un sistema de ejes coordenados los valores obtenidos en las tablas 03, 04 y 05; cuyos resultados se muestran en la siguiente figura:

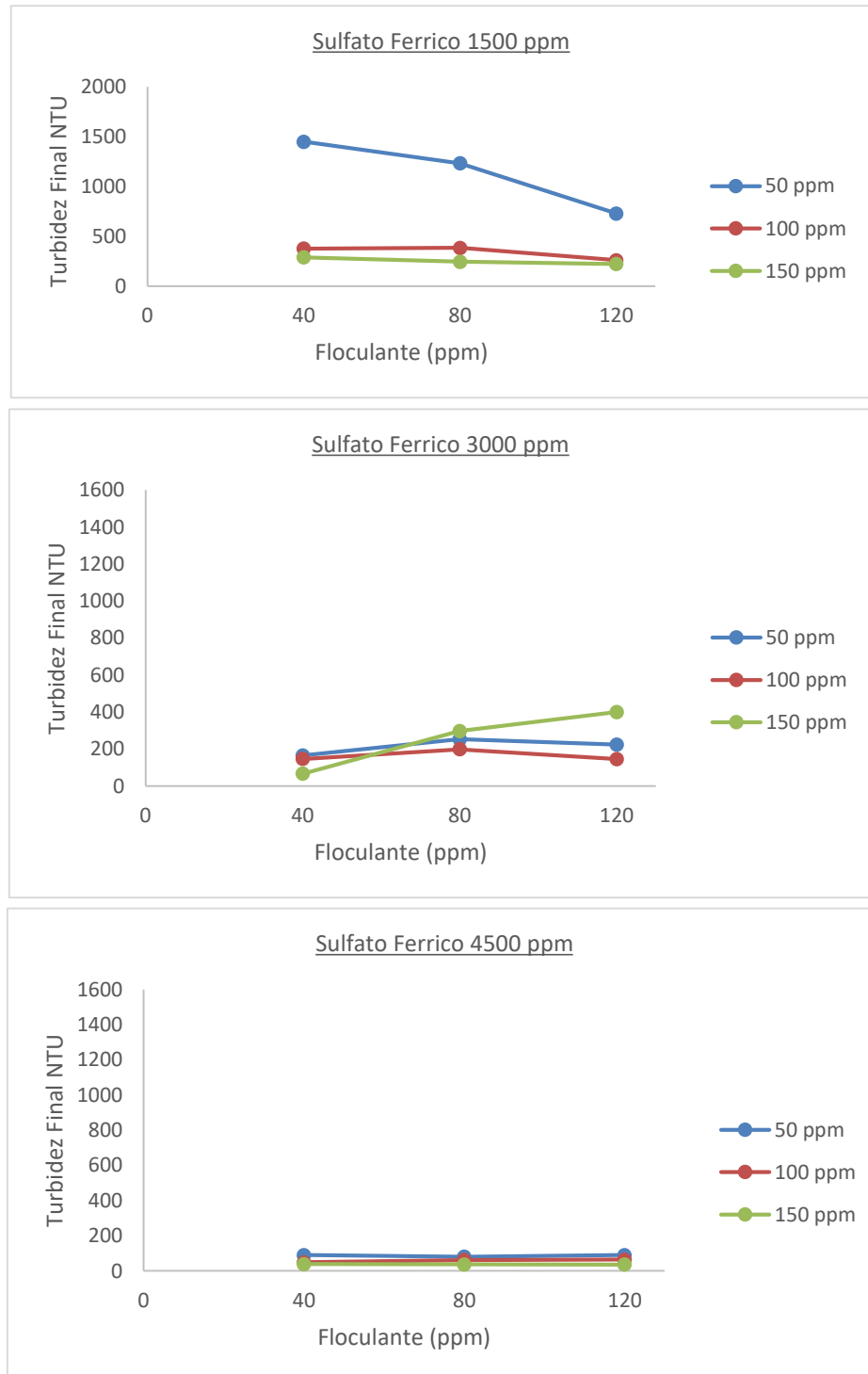


Figura N° 05: Determinación del grado de curvatura de los efectos

En la figura 05 podemos observar que las tres gráficas tienen un comportamiento aproximadamente lineal en la variable respuesta turbidez, por lo que podríamos afirmar que las variables estudiadas, en los niveles propuestos, no tienen efectos de curvatura que justifiquen el tratamiento estadístico de un diseño 3^k ; razón por la cual, se procedió a realizar el análisis estadístico de resultados empleando un diseño factorial 2^k ; es decir, las tres variables propuestas (coagulante, coadyuvante y floculante) y cada una de ellas solo con un nivel bajo y alto.

Con las tres series propuestas en las tablas 02,03 y 04 se procedió a realizar los análisis estadísticos de resultados efectuando comparaciones dos a dos; es decir, serie A vs serie C, serie B vs serie C y serie A vs serie B, cuyos resultados se muestran a continuación.

3.3.1 Serie A vs Serie C

La matriz de diseño 2^k a fin de evaluar estadísticamente las series A y C se muestra a continuación:

Sulfato Férrico	Amina Cuaternaria	Floculante	Turbidez Final
ppm	ppm	ppm	NTU
1500	50	40	1450
4500	50	40	90
1500	150	40	291
4500	150	40	38.3
1500	50	120	731
4500	50	120	90.3
1500	150	120	224
4500	150	120	36.3

El procesamiento de estos datos se realizó con el software Minitab 16.1.0 según la secuencia:

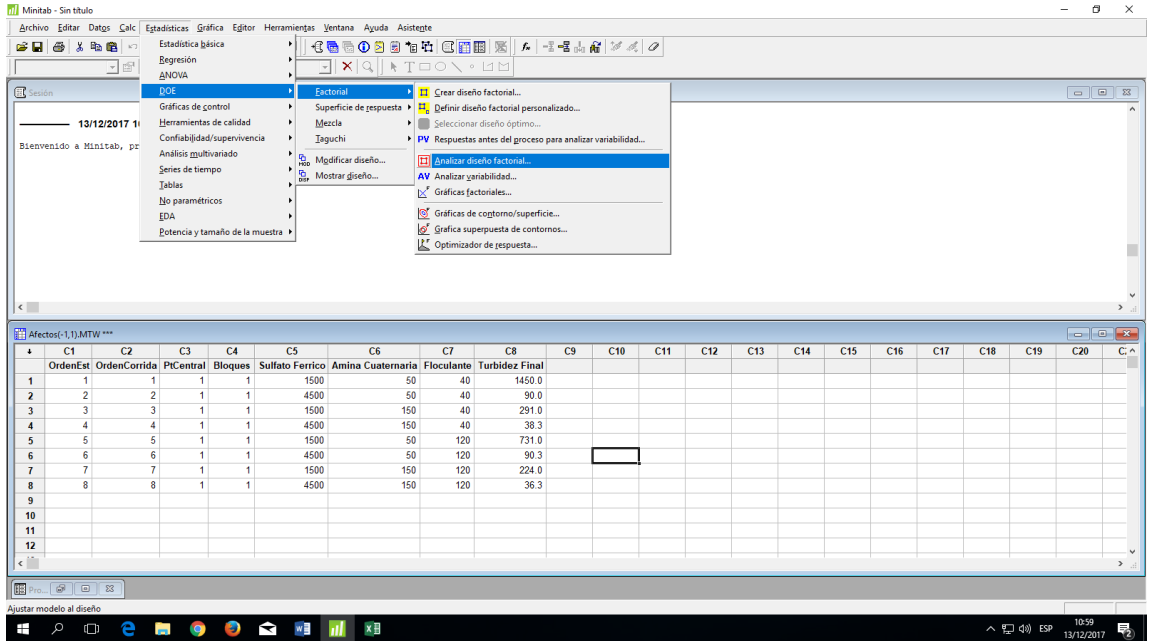


Figura N° 06: Secuencia de medición de efectos

Los resultados de este análisis se muestran en la siguiente figura:

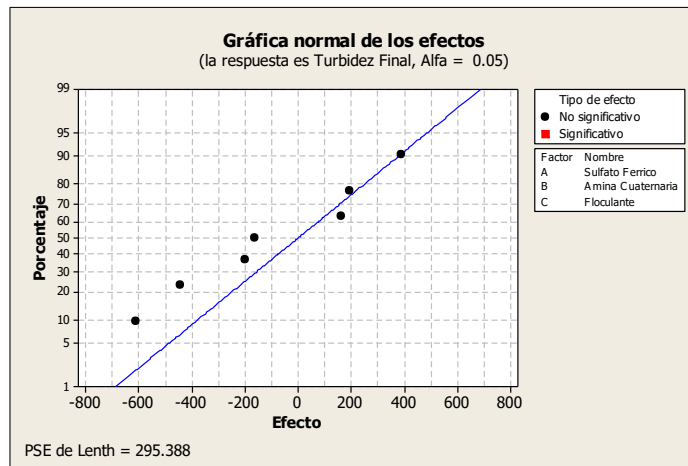


Figura N° 07: Grafica normal de efectos serie A vs C

En la figura 07, se puede observar que, en los niveles estudiados, las variables no presentan efectos significativos sobre la variable respuesta turbidez con un nivel de confianza del 95%, razón por la cual la evaluación de los efectos en estos niveles es riesgosa y podría conllevar a errores de determinación.

3.3.2 Serie B vs Serie C

De la misma forma como se evaluó la comparación anterior se procedió a elaborar la matriz de diseño 2^k a fin de evaluar estadísticamente las series B y C cuya matriz se muestra a continuación:

Sulfato Férrico	Amina Cuaternaria	Floculante	Turbidez Final
ppm	ppm	ppm	NTU
3000	100	80	198
4500	100	80	61.9
3000	150	80	297
4500	150	80	37.2
3000	100	120	145
4500	100	120	64.7
3000	150	120	399
4500	150	120	36.3

De la misma manera el procesamiento de estos datos se realizó con el software Minitab 16.1.0 según la secuencia descrita en la figura 06. Los resultados de este análisis se muestran en la siguiente figura:

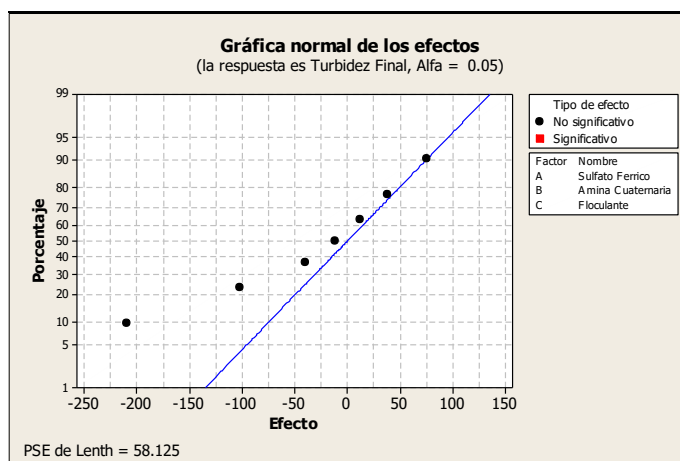


Figura N° 08: Grafica normal de efectos serie B vs C

En la figura 08 se puede observar que, en los niveles estudiados, las variables tampoco presentan efectos significativos sobre la variable respuesta turbidez con un nivel de confianza de los 95%, resultados que corroboran lo anteriormente dicho en la sección 3.2.

3.3.3 Serie A vs Serie B

Finalmente se procedió a elaborar la matriz de diseño 2^k a fin de evaluar estadísticamente las series A y B cuya matriz se muestra a continuación:

Sulfato Férrico	Amina Cuaternaria	Floculante	Turbidez Final
Ppm	Ppm	ppm	NTU
1500	50	40	1450
3000	50	40	165
1500	100	40	378
3000	100	40	146
1500	50	80	1233
3000	50	80	253
1500	100	80	386
3000	100	80	198

El procesamiento de estos datos se realizó con el software Minitab 16.1.0 según la secuencia descrita en la figura 06. Los resultados de este análisis se muestran en la siguiente figura:

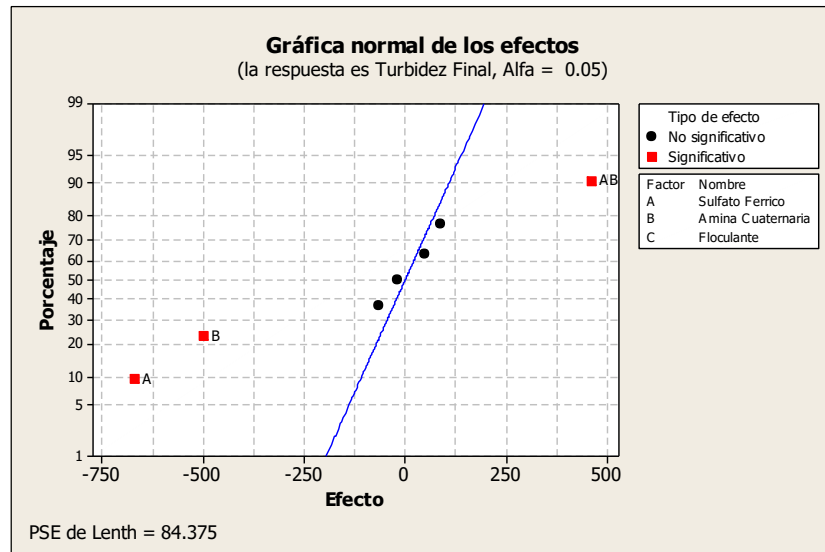


Figura N° 08: Grafica normal de efectos serie A vs B

Del análisis de estas series podemos afirmar que existen efectos significativos, sobre la variable respuesta turbidez, sólo de las variables Sulfato férrico (A) y amina cuaternaria (B), sin embargo, la variable floculante (C) no produce efecto significativo en la turbidez del agua de bombeo a las condiciones de estudio. Hecho que se comprobó con el Diagrama de Pareto mostrado en la siguiente figura y donde se puede observar que solamente las variables sulfato férrico y amina cuaternaria en los niveles propuestos presentan efectos significativos en la variable respuesta.

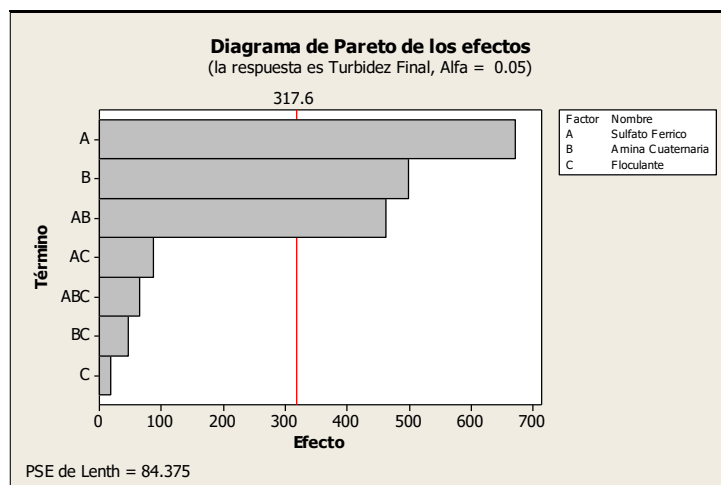


Figura N° 09: Diagrama de Pareto

A fin de corroborar lo representado en las gráficas se procedió a realizar un análisis de varianza cuyos resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla N° 06: ANOVA de dos factores

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Amina Cuaternaria	1	496506	496506	68.96	0.001
Sulfato Férrico	1	901153	901153	125.16	0.000
Interacción	1	425503	425503	59.10	0.002
Error	4	28801	7200		
Total	7	1851963			

S = 84.85 R-cuad. = 98.44% R-cuad.(ajustado) = 97.28%

De esta tabla podemos afirmar que, valores de $p < 0,05$ nos demuestran que los efectos principales de la variable dosis de Sulfato Férrico (A) y dosis de Amina Cuaternaria (B) están activos, así como el efecto debido a la interacción de estos dos factores. Por lo tanto, hay que analizar solamente los efectos principales de A, y B así como el efecto de la interacción entre ellos BC; Sin embargo cuando un factor aparece significativo en una interacción y al mismo tiempo en un efecto principal, se recomienda que no se analice el efecto principal y solo se considera el análisis del efecto de su interacción (Gutiérrez Pulido, 2012), lo cual se muestra en la siguiente figura:

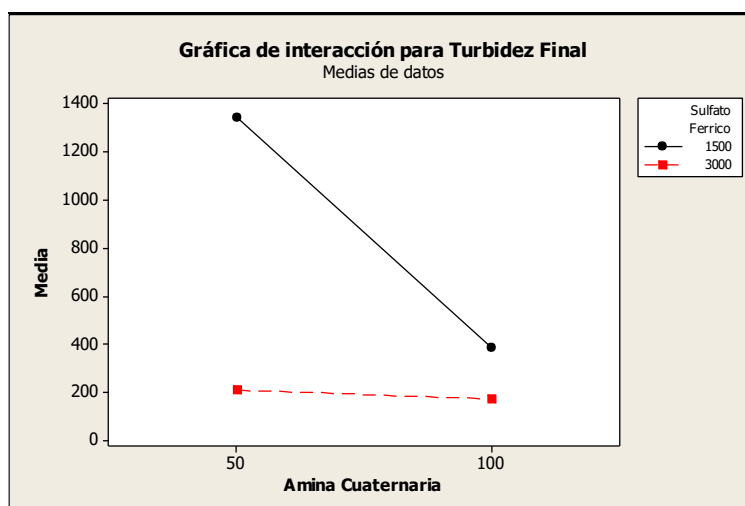


Figura N° 10: Interacción de variables Amina cuaternaria y sulfato férrico

De la figura 10 podemos afirmar que cuando la amina cuaternaria se encuentra en su nivel alto, la concentración de sulfato férrico no afecta de manera significativa la turbidez; por el contrario, cuando la amina se encuentra en su nivel bajo la concentración de sulfato férrico tiene un efecto considerable sobre la turbidez. En otras palabras, al estar la amina cuaternaria en su nivel alto la turbidez será baja sin importar la concentración de sulfato férrico.

En ese sentido, como lo que se desea es minimizar la turbidez, por lo cual se debe utilizar el tratamiento de 100 ppm de amina secundaria y cualquier concentración de sulfato férrico ya que ambos logran prácticamente los mismos resultados, por lo que la decisión de cuál de los dos usar se puede hacer teniendo en cuenta otras variables que afecten el proceso de coagulación floculación, como por ejemplo el tiempo de agitación, velocidad de agitación, etc.

Con la interpretación hecha en la gráfica de interacción se tiene más conocimiento sobre el proceso de coagulación floculación en las variables y niveles estudiados en la presente tesis; cosa que no se hubiese logrado si solo nos hubiéramos limitado a interpretar los efectos principales. Cuando hay interacción, las conclusiones que se obtienen a partir de los efectos principales no siempre son ciertas; en general sólo se interpretan los efectos principales de aquellos factores que no interactúan con ningún otro.

La comparación de lo que se logró demostrar con la interacción de las variables dosis de sulfato férrico y amina cuaternaria (en los niveles estudiados) permite destacar la importancia de esta en los procesos de coagulación floculación, y recordar que el análisis moviendo un factor a la vez, prácticamente nunca logrará captar el efecto de la interacción entre las variables sulfato férrico y amina cuaternaria.

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el trabajo experimental podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- La mayor influencia del floculante anionico, a dosis baja de coagulante sulfato férrico (1500 ppm), se presenta a dosis bajas de amina cuaternaria (50 ppm) y que a dosis baja de floculante anionico (40 ppm) se produce la mayor influencia de amina cuaternaria.
- A las concentraciones de estudio, el incremento de la dosis de floculante no produce variaciones significativas en la turbidez con el aumento de la dosis de amina cuaternaria.
- En los niveles de estudio, las variables sulfato férrico, amina cuaternaria y floculante anionico, no tienen efectos de curvatura.
- Las variables sulfato férrico y amina cuaternaria influyen de manera significativa sobre la variable respuesta turbidez, por el contrario, la

variable floculante anionico no produce efecto significativo en la turbidez del agua de bombeo a las condiciones de estudio.

- Para disminuir la turbidez, en los niveles del estudio, se debe utilizar el tratamiento de 100 ppm de amina secundaria y cualquier concentración de sulfato férrico ya que ambos logran prácticamente los mismos resultados.
- Con el análisis de la interacción de variables se tiene más conocimiento sobre el proceso de coagulación floculación en las variables y niveles estudiados; cosa que no se hubiese logrado si solo se interpretan los efectos principales.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un análisis de los lodos que sedimentan producto de la coagulación floculación a fin de buscar alternativas de tratamiento antes de su disposición final.
- Realizar una evaluación económica a fin de poder aplicar la metodología realizada a nivel de planta industrial.
- Realizar un estudio de coagulación y floculación de la industria pesquera, de acuerdo al tipo de especie que se procesa a fin de evaluar las variaciones que existen.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ahumada, R y Rudolp, (1989). "Residuos Líquidos de la industria Pesquera: alteraciones ambientales y estrategias de eliminación". *Amb y Des*, Vol. V – N° 1.
2. Alva, R. (2009). Calidad de Recepción de materia prima y aumento de eficiencia en recuperación de aceite a partir del agua de bombeo en una planta pesquera.
3. Andia, Y (2000). Tratamiento de agua: coagulación y floculación. Sedapal.
4. AOAC (2011) Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, 15 th Edition, Arlington, Virginia, USA.
5. APHA, AWWA, WPCF,(1998). Standar Methods for the examination of Water and Wastewater, 20th edition.
6. APHA, AWWA, WPCF. (1992) *Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales*
7. Burgos Soto C (2014) "Tratamiento del agua de bombeo para la recuperación de aceite y sólidos en la empresa pesquera tecnológica de alimentos S.A." Informe de Experiencia Profesional para Optar el Título de Ing. Agroindustrial, Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote.
8. Cabrera, C. (2002) Contaminación de las aguas costeras de la Bahía de Chancay y propuesta de recuperación. Tesis Magister Geog. FIGMMG_UNMSM. Lima Perú.
9. DIGESA.GESTA AGUA.Parámetros organolépticos en aguas residuales.
10. DIVAKARAN, R.,Y Sivasankara, V. (2002b). Flocculation of river silt using chitosan. *Water Research*, 36(9), 2414-2418. <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/viewFile/4228/3379>

11. JAIMES, M. (1995) Estudios de mezclado en el proceso de Coagulación-Floculación para el tratamiento de aguas residuales industriales. Tesis Ingeniero Químico. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos.
12. Journal of Hazardous Materials (10 November 2014) *Coagulation-flocculation mechanisms in wastewater treatment plants through zeta potential measurements*. [http:// www.elsevier.com/locate/jhazmat](http://www.elsevier.com/locate/jhazmat).
13. KIRCHMER, C. (1977) "Aspectos Químicos y físicos de la coagulación del agua" curso sobre tecnología de tratamiento de agua para países en desarrollo .CEPIS, Lima.37 p.
14. MENDOZA, N., Valladares J, Cifuentes, A. (1998). Conservación de concentrado de agua de cola para la elaboración de harina de pescado integral Universidad de Concepción. Facultad de Farmacia .Dpto. de Bromatología, Nutrición y Dietética, Concepción. Chile. Revista Información Tecnológica.
15. NKHATA, D.(2001) *Moringa as an alternative to aluminium sulphate. An article from people and systems for water, sanitation and health*. Proceedings from 27th WEDC Conference.
16. Nuñez Alvarez, C. (2014). Recuperación de sólidos del agua de cola por coagulación-floculación y cuantificación de Histamina. Tesis para optar el título de Ingeniero Pesquero. Universidad Agraria la Molina. Lima-Perú.
17. PIZARDI, C. (2010). Nueva Tecnología para el tratamiento del agua de bombeo en la elaboración de harina de pescado. Tesis para optar el grado de Doctor en Ingeniería Ambiental. Universidad Nacional Federico Villareal.Lima.
18. Raúl Pizarro C (2007), Tratamiento de efluentes líquidos en la Industria de harina de pescado. Instituto de Ingeniería Química, Universidad Nacional Mayor de San Marcos Disponible online en:

ANEXOS

ANEXO N° 01. MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INDICES	MÉTODOS	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
<i>Problema</i>	<i>Objetivo</i>							
<i>Principal</i>	<i>General</i>							
¿De qué manera influye la dosis del coagulante, dosis de coadyudante de coagulante y dosis del floculante aniónico para la determinación de la turbidez del efluente de agua de bombeo de la Industria Pesquera?	Determinar la influencia de la dosis del coagulante, dosis de coadyudante de coagulante y dosis del floculante aniónico en la determinación de la turbidez de efluente de agua de bombeo de la Industria Pesquera	La dosis de coagulante, coadyudante y floculante influye en la turbidez de los efluentes de agua de bombeo de la Industria Pesquera.	<p>Variable Independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dosis de coagulante. - Dosis de Coadyudante - Dosis de Floculante aniónico <p>Variable Dependiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Turbidez del agua de bombeo 	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración de coagulante. • Concentración de coadyudante • Concentración de Floculante aniónico 	<p>ppm</p> <p>ppm</p> <p>ppm</p> <p>NTU</p>	<p>Tipo de Investigación:</p> <p>Cuantitativa y Aplicada</p> <p>Nivel de investigación:</p> <p>Experimental</p> <p>Diseño de la investigación:</p> <p>Experimental</p> <p>3 factores con 3 niveles</p>	<p>-Observación: Que consiste en trabajo en campo que es el contacto directo del investigador con la realidad, para la obtención de datos. (Hernández, 2014).</p> <p>-Evaluación: Permite obtener información sobre el Pre y del Post test, como resultados de haber aplicado el tratamiento piloto de aguas de la industria minera en los diferentes procesos de estudio</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis de laboratorio, que se realizara en Universidad Nacional de Trujillo. - Medición de turbidez de las muestras de agua de bombeo de la industria pesquera antes y después del tratamiento de coagulación - floculación - Análisis de los resultados para determinar la eficiencia en la disminución de turbidez.

ANEXO N° 02. FOTOS

EQUIPO DE JARRAS



TURBIDIMETRO



MUESTRA DE AGUA DE BOMBEO SIN TRATAMIENTO



MUESTRAS DESPUES DEL TRATAMIENTO

