

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



TESIS

REMOCION DE MATERIA ORGANICA DEL EFLUENTE DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE ANTA POR COAGULACION – FLOCULACION USANDO SEMILLAS DE MANGO (Mangifera indica L)

PRESENTADO POR:

Bach. ROSMERY ROJAS LIGAS

Bach. BRISAYDA HUAMAN SANTA CRUZ

PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO QUÍMICO

ASESORA:

DRA. ING. AMANDA ROSA MALDONADO FARFAN

CUSCO – PERÚ
2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

La que suscribe, asesora del trabajo de investigación: **“REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DEL EFLUENTE DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE ANTA POR COAGULACION – FLOCULACION USANDO SEMILLAS DE MANGO (Mangifera indica L)”** presentado por: **ROJAS LIGAS, Rosmery** identificada con DNI 47747900 y **HUAMAN SANTA CRUZ, Brisayda** identificada con DNI 70146404, para optar al Título Profesional de Ingeniero Químico. Informo que el Trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 03 veces, mediante el software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de laUNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de **7%**.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en condición de asesora, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 06 de enero de 2025



Dra. Ing. Amanda Rosa MALDONADO FARFAN

DNI: 23822559

ORCID: 0000-0002-4870-7078

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio:

<https://unsaac.turnitin.com/viewer/submissions/oid:27259:419435066?locale=es-MX>

ROJAS LIGAS ROSMERY / HUAMAN SANTA CRUZ B...

REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DEL EFLUENTE DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINICA DE ANTA POR COAGU...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:419435066

Fecha de entrega

5 ene 2025, 11:34 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

5 ene 2025, 11:39 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DEL EFLUENTE DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINICA DEpdf

Tamaño de archivo

2.7 MB

95 Páginas

17,367 Palabras

93,947 Caracteres




7% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 20 palabras)

Fuentes principales

- 7%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

PRESENTACIÓN

Señor decano de la Facultad de Ingeniería de Procesos de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, dando cumplimiento con el reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Química, presentamos a vuestra consideración la tesis titulada: **“REMOCION DE MATERIA ORGANICA DEL EFLUENTE DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE ANTA POR COAGULACION - FLOCULACION USANDO SEMILLAS DE MANGO (Mangifera indica L)”**, que previo dictamen favorable nos permitirá optar el Título Profesional de Ingeniero Químico.

DEDICATORIAS

A Dios, quien ilumina mi vida y guía mis pasos, con su gran amor y sabiduría quien me da salud y fortaleza para seguir firme y llegar hasta aquí y lograr mis metas.

A mis amados padres, Mario Rojas Bañares y Trifonia Ligas Hilares a quienes les dedico el esfuerzo y fruto del éxito, por todas las enseñanzas a lo largo de mi vida, por ser los principales inspiradores de mis sueños, gracias a ellos por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por confiar y creer en mí, por su motivación constante que me ha permitido culminar este proyecto de tesis.

A mis hermanos (as) Elizabeth, Evelin y Jhonatán por esos consejos y apoyo que recibí durante mi vida universitaria; Luz y Carlos Enrique por ser el motivo que me impulsaron a salir adelante gracias a sus consejos, amor incondicional que me dieron en todo momento.

Bach. Rosmery Rojas Ligas

El principal agradecimiento a Dios quien me ha guiado y me ha dado la fortaleza para seguir adelante, por estar conmigo en cada momento de mi vida.

A mis queridos padres Pablo Huamán Aucca y Jesusa Santa Cruz Phuyo por darme la vida, que con su amor y dedicación supieron velar por mi bienestar y educación, todo con la finalidad de verme realizada.

A mis queridos hermanos (as) Elsa y Alex Cesar por su apoyo incondicional que supieron mantenerme firme ante las adversidades de la vida; Raúl, Fredy y Merced por brindarme sus consejos y por todas las vivencias a lo largo de mi vida Estudiantil.

A mis queridas sobrinas Medaly Dayana y Camila Tais por ese amor tierno y sincero que me dieron en los momentos más difíciles.

Bach. Brisayda Huaman Santa Cruz

AGRADECIMIENTO

En nuestros pasos por la vida nos embarcamos en proyectos que sería imposibles de realizar sin la colaboración de otros en este caso queremos expresar nuestros más sinceros agradecimientos:

A Dios por brindarnos sabiduría y fortaleza necesaria en este proceso de la obtención de lo que hemos anhelado desde el primer momento que iniciamos la carrera, convertirnos en Ingenieros Químicos.

Agradecemos a nuestra asesora Dr. Ing. Amanda Maldonado Farfán que sin su apoyo no hubiera sido fácil desarrollar esta tesis.

A nuestras familias por el apoyo incondicional, por ser los inspiradores de nuestros sueños y ser parte importante para la ejecución de esta tesis.

A nuestros docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Química por las enseñanzas a lo largo de nuestros años de estudio.

Agradecer a las autoridades del Camal Municipal de la Provincia de Anta que no dudaron en proporcionarnos la información y el acceso para la realización de toma de muestras que han contribuido en el desarrollo de esta tesis.

CONTENIDO

PRESENTACIÓN.....	II
DEDICATORIAS	III
AGRADECIMIENTO	IV
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN	2
CAPITULO I.....	3
GENERALIDADES.....	3
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2. OBJETIVOS.....	4
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	5
CAPÍTULO II	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1. ANTECEDENTES	7
2.2. BASES TEÓRICAS	10
2.2.1. La industria del camal.....	10
2.2.2. Efluentes de la Industria del Camal.....	10
2.2.3. Camal Municipal de la Provincia de Anta.....	11
2.2.3.1. Diagrama de Bloque del Faenado del Camal Municipal de la Provincia de Anta.....	12
2.2.4. Aguas Residuales y su clasificación.....	15
2.2.4.1. Aguas residuales industriales.....	15
2.2.4.2. Aguas residuales domésticas.....	15

2.2.4.3. Aguas residuales municipales.....	15
2.2.5. Parámetros de Aguas Residuales.....	15
2.2.5.1. Parámetros físicos.....	16
2.2.5.2. Parámetros químicos.....	17
2.2.5.3. Parámetros biológicos.....	18
2.2.6. Procesos fisicoquímicos de clarificación de agua.....	18
2.2.7. Coagulación.....	18
2.2.8. Etapas o Fase de la Coagulación.....	20
2.2.9. Factores que Influyen en el Proceso de Coagulación.....	21
2.2.9.1. pH.....	22
2.2.9.2. Concentración de coloides o turbiedad.....	22
2.2.9.3. Dosis del coagulante.....	22
2.2.9.4. Energía y tiempo de mezclado.....	23
2.2.10. Principales Coagulantes.....	23
2.2.10.1. Coagulantes Químicos.....	23
2.2.10.2. Coagulante Natural.....	23
2.2.11. Tipos de Coagulación.....	24
2.2.12. Floculación.....	25
2.2.13. Factores que Influyen en la Floculación.....	26
2.2.14. Tipos de Floculación.....	26
2.2.15. Sedimentación.....	26
2.2.16. Eficiencia de remoción.....	27
2.2.17. Ensayo de prueba de jarras.....	27
2.2.18. Semilla de mango (<i>Mangifera indica L</i>).....	27
2.2.19. Caracterización de la Semilla de Mango (<i>Mangifera indica L</i>).....	28

CAPÍTULO III.....	30
MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1. MUESTRA.....	30
3.1.1. Floculante	30
3.1.2. Efluente.....	30
3.2. MATERIALES, EQUIPOS E INSTRUMENTOS.....	30
3.3. MÉTODOS.....	32
3.3.1. Muestreo de efluente	32
3.3.2. Caracterización fisicoquímica de las semillas de mango (<i>Mangifera indica L</i>).....	33
3.3.3. Caracterización fisicoquímica del efluente del Camal Municipal de la Provincia de Anta.	34
3.3.4. Etapas del proceso de coagulación –floculación.	35
3.3.4.1. Preparación del Coagulante -Floclante	35
3.3.4.2. Preparación de la solución coagulante	38
3.3.5. Proceso de coagulación y floculación	39
3.3.6. Operacionalización de variables	41
3.3.7. Diseño de Investigación.....	42
3.4. PARÁMETROS DEL PROCESO DE COAGULACIÓN - FLOCULACIÓN	44
CAPÍTULO IV	45
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
4.1. CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE ANTA	45
4.2. CARACTERIZACIÓN DE FLOCULANTE	47
4.3. PROCESO DE COAGULACION Y FLOCULACIÓN	48

4.3.1. Remoción de DQO	48
3.3.2. Remoción de DBO.....	51
4.3.3. Remoción de la turbidez.....	54
4.3.4. Análisis estadístico	59
4.3.4.1. DQOe.....	59
4.3.4.2. DBOe.....	63
4.3.4.3. Turbiedad eliminada.....	67
4.4. DETERMINACION DE LOS PARÁMETROS DE LA DOSIS DEL COAGULANTE-FLOCULANTE, pH DEL PROCESO, VELOCIDAD Y TIEMPO DE FLOCULACIÓN SOBRE EL PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA Y TURBIEDAD.....	71
CONCLUSIONES.....	74
RECOMENDACIONES	75
FUENTES BIBLIOGRÁFICAS	76
ANEXOS.....	83
ANEXO A: MÉTODOS ESTÁNDARES PARA EL ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS.....	83
ANEXO B: REGLAMENTO DE VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (VMA) PARA LA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES NO DOMESTICAS EN EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y SUS ANEXOS. DECRETOSUPREMON021-2009-VIVIENDA.....	86
ANEXO C: VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO.....	92
ANEXO D: BALANCE DE MASA DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE COAGULANTE – FLOCULANTE DE LA SEMILLA DE MANGO (<i>MANGIFERA INDICA L</i>).	93

ANEXO E: PROCESO DE OBTENCIÓN DEL COAGULANTE DE SEMILLAS DE MANGO <i>(MANGIFERA INDICA L)</i>	94
ANEXO F: DESARROLLO DE LA PARTE EXPERIMENTAL	95
ANEXO G: CERTIFICADO DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LA SEMILLA DE MANGO <i>(MANGIFERA INDICA L)</i>	98
ANEXO H: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO PARA LA VALIDACIÓN DE RESULTADOS.	99
MATRIZ DE CONSISTENCIA	102

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación del Camal Municipal de la Provincia de Anta	12
Figura 2 Resumen de las etapas del proceso de faenado del Camal Municipal de la Provincia de Anta.....	14
Figura 3 Neutralización de cargas	19
Figura 4 Diagrama del Mecanismo de coagulación.....	21
Figura 5 Proceso de floculación.....	25
Figura 6 Mango (<i>Mangifera indica L</i>) Quillabamba	28
Figura 7 Muestra obtenida para el análisis experimental.	33
Figura 8 Proceso de obtención del polvo de semilla de mango.....	36
Figura 9 Etapas del proceso de obtención de polvo de semillas del mango (<i>Mangifera indica L</i>).....	37
Figura 10 Preparación de la solución coagulante	38
Figura 11 Formación de floc y precipitación después de la agitación.....	40
Figura 12 Remoción de DQO (mg/L).....	51
Figura 13 Remoción de DBO.	54
Figura 14 Remoción de TURBIEDAD (NTU).....	57
Figura 15 Diagrama de Pareto estandarizada para DQOe (eliminado)	61
Figura 16 Grafica de efectos principales para la remoción de DQOe (%)	62
Figura 17 Diagrama de Pareto estandarizada para DBOe (eliminado).....	65
Figura 18 Grafica de efectos principales para la remoción de DQOe (%)	66
Figura 19 Diagrama de Pareto Estandarizada para TUE (eliminado).....	69
Figura 20 Grafica de efectos principales para la remoción de Turbiedad (%)	70
Figura 21 Balance de masa del proceso de extracción de coagulante - floculante de la semilla de mango (<i>Mangifera Indica L</i>).....	93

Figura 22 Proceso de obtención de coagulante de semilla de mango (<i>Mangifera indica</i> L...	94
Figura 23 Población de la Provincia de Anta – Google Maps (satelital), ubicación del Camal Municipal.....	95
Figura 24 Punto de descarga hacia el dren y punto de toma de muestra.....	95
Figura 25 Etapa de preparación de los vasos a diferentes combinaciones de condiciones	96
Figura 26 Formación de floc y precipitación después de la agitación.....	96
Figura 27 Muestras después del tratamiento.....	97

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1 Valores Máximos Admisibles (VMA) al sistema de alcantarillado.	11
Tabla 2 Análisis proximal del polvo de la semilla de mango (<i>Mangifera indica</i> L).	28
Tabla 3 Lista de materiales, equipos e instrumentos	30
Tabla 4 Lista de Reactivos	31
Tabla 5 Parámetros y normas para la caracterización fisicoquímicas de las semillas de mango (<i>Mangifera indica</i> L).	34
Tabla 6 Parámetros fisicoquímicos y métodos de ensayo.....	35
Tabla 7 Variables e indicadores presentes en el proceso de coagulación -floculación.....	41
Tabla 8 Factores y niveles.....	42
Tabla 9 Plan experimental del trabajo de investigación.	43
Tabla 10 Resultados de la caracterización fisicoquímica del efluente del Camal Municipal de la Provincia de Anta.	45
Tabla 11 Resultados de la caracterización fisicoquímica del floculante.	47
Tabla 12 Resultados de DQO removido del efluente del Camal Municipal de la Provincia de Anta con tratamiento.	49
Tabla 13 Resultados de DBO de efluente del Camal Municipal de la Provincia de Anta con tratamiento.	52
Tabla 14 Resultados de Turbiedad (NTU) de efluente.	55
Tabla 15 Resumen de resultados del promedio porcentual de DQOe, DBOe y TU(e) NTU del efluente tratado del Camal Municipal de la Provincia de Anta.	58
Tabla 16 Efectos estimados para % DQOe.....	59
Tabla 17 Análisis de varianza para el porcentaje DQOe (eliminado).....	60
Tabla 18 Efectos estimados para el porcentaje de DBO5e(eliminado).	63
Tabla 19 Análisis de varianza para el porcentaje de DBOe.....	64

Tabla 20 Efectos estimados para el porcentaje de TUE (eliminado).....	67
Tabla 21 Análisis de Varianza para el porcentaje para el porcentaje de TUE (eliminado).....	68
Tabla 22 Parámetros que lograron mayor remoción de materia orgánica y turbiedad.	72
Tabla 23 Matriz de consistencia.....	102

RESUMEN

La presente tesis tuvo como objetivo principal evaluar la remoción de la materia orgánica del efluente del Camal Municipal de la Provincia de Anta por coagulación - floculación determinando la influencia de la dosis del coagulante-floculante, pH del proceso, velocidad y tiempo de floculación sobre el porcentaje de remoción de la materia orgánica usando semillas de mango (*Mangifera indica L.*).

Para ello se caracterizó fisicoquímicamente las semillas de mango (*Mangifera indica L.*), en la que se determinó mayor presencia de carbohidratos, en un 57.45 % que actúan como agentes de coagulación - floculación.

Para corroborar los objetivos planteados en la investigación se realizó el análisis de turbidez (NTU), Demanda Química de Oxígeno (mg/L) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L), a diferentes dosis del coagulante-floculante 245 ppm, 250 ppm y 255 ppm, pH del proceso 6, 6.5 y pH real, velocidad de floculación 30 rpm, 35 rpm y 40 rpm y tiempo de floculación 10 min, 20 min y 30 min sobre el porcentaje de remoción de la materia orgánica con ayuda del método de prueba de jarras; obteniendo como resultados, después del tratamiento, mayor porcentaje de remoción en turbidez, materia orgánica (DQO) y DBO, 69% , 77.8% y 69.9% respectivamente, a un pH 7.1, se determinó que la dosis adecuada de coagulante-floculante es de 255mg/L, velocidad de floculación de 40 rpm y tiempo de 30 minutos.

Palabras claves: coagulación - floculación, efluente, camal municipal, turbidez, materia orgánica, semillas de mango.

INTRODUCCIÓN

En el tratamiento de aguas, la coagulación es un proceso esencial y uno de los principales pasos para eliminar la turbidez, color y materia orgánica, utilizando generalmente coagulantes sintéticos y naturales (Katayon y otros, 2007). Muchos de los coagulantes sintéticos se utilizan para la eliminación de impurezas y partículas coloidales de las aguas residuales y aguas naturales (Bergamasco y otros, 2009). Sin embargo, existen desventajas asociadas al uso de estos coagulantes, como altos costos de adquisición, producción de grandes volúmenes de lodos y el hecho de que afectan significativamente el pH del agua tratada (Yin, 2010).

Los coagulantes naturales representan una opción viable con ventajas comprobadas en la adsorción de contaminantes, la eliminación de la turbidez, la producción de lodos en menor cantidad y rápidamente biodegradables y siendo sustancias consumibles no representan riesgos tóxicos para la salud. El uso de materiales vegetales como semillas y plantas para la clarificación de aguas se ha venido usando por décadas para el tratamiento de aguas de consumo humano generalmente en áreas rurales tropicales (Arias Hoyos y otros, 2017).

El presente trabajo de investigación titulado “Remoción de la Materia Orgánica del Efluente del Camal Municipal de la Provincia de Anta por Coagulación - Floculación usando semillas de mango (*Mangifera indica L.*)”, está motivado a la búsqueda de opciones que reemplacen los coagulantes comúnmente utilizados (coagulantes químicos) por coagulantes económicos, inocuos y amigables con el ambiente en la remoción de grandes concentraciones de materia orgánica que presentan los efluentes del Camal Municipal de la Provincia de Anta.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Los camales y/o centros de faenado de ganado producen aguas residuales con alta carga orgánica que son vertidas a los sistemas de alcantarillado, y muchas instalaciones no cuentan con sistemas de tratamiento de estas aguas residuales. El Perú desde 2012 presenta deficiencias en el cumplimiento del Reglamento Sanitario de faenamiento de animales de abasto, dispositivo que exige a los mataderos presentar su plan de adecuación medioambiental al Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria - SENASA (Stefani, 2017).

En la actualidad la problemática con los efluentes provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Anta - Cusco, se debe a que contiene un alto grado de materia orgánica, sólidos suspendidos como (sangre, heces, orina, grasas y otros), y al encontrarse en una zona urbana donde hay presencia de centros de estudios, establecimientos comerciales, estos generan efectos negativos para la salud pública ya que estas personas corren el riesgo de contraer enfermedades o de ser atacados por los animales como canes, roedores, insectos y aves que son atraídos por los olores y presencia de los restos de vísceras, y sangre ya que estos animales se concentran en el punto de vertimiento de las aguas residuales. A su vez también constituye un problema ambiental ya que se aprecia el deterioro y la degradación del ecosistema del río Hatunmayo.

El Camal Municipal de la Provincia de Anta no cuenta con un sistema de gestión ambiental ni un sistema de gestión de riesgos, lo cual ha provocado problemas sociales entre la población afectada y los directivos del Camal Municipal; además, se ha observado que el río Hatunmayo es empleado para el riego agrícola y bebida de animales, lo que nos lleva a la búsqueda de soluciones para tratarlas mediante la disminución de parámetros fisicoquímicos que generan efectos negativos.

1.1.1. Problema General

- ¿Cuál es el potencial de remoción de materia orgánica de las semillas de mango (*Mangifera indica L*) para uso en efluentes del Camal Municipal de la Provincia de Anta por Coagulación - Floculación?

1.1.2. Problemas Específicos

- ¿Qué características fisicoquímicas presenta el efluente del Camal Municipal de la Provincia de Anta?
- ¿Qué características fisicoquímicas presenta las semillas de mango (*Mangifera indica L*)?
- ¿Cuál el efecto de la dosis del coagulante - floculante, pH del proceso, velocidad de floculación y tiempo de floculación sobre el porcentaje de remoción de la materia orgánica?
- ¿Cuáles son los parámetros adecuados de la dosis del coagulante - floculante, pH del proceso, velocidad de floculación y tiempo de floculación sobre el porcentaje de remoción de la materia orgánica?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

- Evaluar la remoción de la materia orgánica del efluente del Camal Municipal de la Provincia de Anta por Coagulación -Floculación usando semillas de mango (*Mangifera indica L*).

1.2.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar fisicoquímicamente el efluente del Camal Municipal de la Provincia de Anta.
- Caracterizar fisicoquímicamente las semillas de mango (*Mangifera indica L*).

- Determinar la influencia de la dosis del coagulante - floculante, pH del proceso, velocidad de floculación y tiempo de floculación sobre el porcentaje de remoción de la materia orgánica.
- Establecer los parámetros adecuados de la dosis del coagulante - floculante, pH del proceso, velocidad de floculación y tiempo de floculación sobre el porcentaje de remoción de la materia orgánica.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación se justifica técnicamente en el hecho de que, desde su inicio de sus actividades del faenado de ganado, el Camal Municipal de la Provincia de Anta no cuenta con un tratamiento previo de sus aguas residuales para ser desembocado al río Hatunmayo y en la actualidad el tratamiento de aguas por el proceso de coagulación-floculación es el más accesible, debido a que los coagulantes naturales son una opción viable por su bajo costo; además respecto a lo social, las aguas residuales provenientes del Camal contienen un alto grado de materia orgánica que genera efectos negativos para la salud pública y esta investigación busca soluciones para tratarlas mediante la disminución de parámetros fisicoquímicos por lo que se optó el uso de un coagulante - floculante natural como las semillas de mango (*Mangifera indica L*), como una alternativa para mejorar la calidad del agua residual antes de ser vertida a río Hatunmayo.

Respecto a la importancia ambiental, actualmente el Camal Municipal de Anta no cuenta con un sistema de gestión ambiental ni un sistema de gestión de riesgos. Este estudio contribuirá al Camal Municipal de la Provincia de Anta en la disminución de los parámetros fisicoquímicos del agua residual; así mismo, cumplir con los parámetros de los Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de actividades agroindustriales tales como planta de camales y plantas de beneficio. El coagulante - floculante natural a utilizar serán las semillas de mango (*Mangifera indica L*) provenientes de la Provincia de la Convención, que es un residuo del sector

agroindustrial aprovechable para utilizarlo como coagulante - floculante natural, sin poner en riesgo la salud humana; además, que son biodegradables y a su vez contribuirá a la economía circular.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

Martinez Morris, Marquina Gelvez, Carrasqueo, & Martinez Soto, (2017), reportaron la investigación “ El extracto de semillas de mango (*Mangifera indica L*) como coagulante natural en la potabilización de aguas”; donde realizaron la caracterización fisicoquímica, y obtuvieron un valor de concentración de aceite y grasa extraíble del 15.08%, humedad de 2.70% y cenizas de 3.17%. También determinaron la dosis adecuada de la semilla de mango mediante pruebas de jarras para eliminar parámetros de color, turbidez y cambios de pH, para lo cual prepararon agua sintética con diferentes niveles de turbidez inicial, mediante prueba de jarras en agua de baja turbidez (15 UNT). El porcentaje obtenido con la aplicación del coagulante fue del 80.5% a la dosis adecuada de 100 mg/L; la mayor tasa de remoción se obtuvo en agua con turbidez media (75 UNT), logrando así una tasa de remoción del 97.7%, también en agua de alta turbidez (200 UNT) se obtuvo dosis adecuada entre 10 y 100 mg/l, logró un porcentaje superior al 95% y en la remoción del color se logró obtener valores máximos de 75%. Este estudio demostró el poder del coagulante en la eliminación de los parámetros fisicoquímicos. Realizando una comparación con coagulante químico no hubo diferencias significativas en aguas con niveles de turbidez inicial, media y alta.

Ramírez García, Torres Bustillos, Cervantes Torre, & Corzo Rios, (2015), en su trabajo de investigación “Caracterización química de la semilla de Mango (*Mangifera Indica L.*) y la Valorización de Algunos de sus Componentes”. Se caracterizó su composición química de la semilla de mango valorizando sus componentes como aceite para biodiesel y carbohidratos con efecto coagulante-floculante. Una vez obtenido la harina se procedió a realizar el análisis químico proximal, el cual fue realizado mediante los métodos recomendados por la Asociación

de comunidades Analíticas (AOAC) obteniéndose los siguientes valores; proteína 1.9%, cenizas 2.4%, fibra 0.12%, ELN 85.95%, humedad final 4.15% y lípidos 9.91%. Se determinó actividad coagulante floculante mediante prueba de jarras, y se obtuvieron reducción en parámetros de conductividad, turbidez, color y pH, un aumento en el volumen de lodos, mientras que no se observó un cambio significativo en los valores de DQO y obteniendo en porcentajes mayores; la remoción de turbidez (superior al 60%), dosis adecuada de 60 mg/L; remoción de color (superior al 70%) con dosis adecuada de 90 mg/L y la tasa de remoción de DQO es 43% con una dosis adecuada de 30 mg/L. Se generaron volúmenes de lodo entre 5 a 7 ml.

Guzman C, Taron D, & Nuñez M, (2015), reportaron la investigación “Polvo de la semilla (*Cassia fistula*) como coagulante natural en el tratamiento de agua cruda”. El uso del polvo de la semilla de *Cassia fistula* como un coagulante natural, mediante el ensayo de prueba de jarras se determinando la dosis óptima, los parámetros de color, turbidez, alcalinidad total, y dureza total; utilizando agua del canal del Dique. Se trabajó con concentraciones de (5, 10, 15, 20, 25 y 30 ppm). La dosis adecuada del coagulante fue de (15-25 mg/L), alcanzando valores finales de turbidez 6 NTU y color 25 UC. Mientras que valores de alcalinidad total y pH no presentaron variaciones significativas. Los valores de los parámetros de alcalinidad, turbidez, pH y dureza total están dentro de los estándares establecidos por la norma colombiana que certifican la calidad de agua para el consumo humano.

Irigoín Sánchez & Monteza Chamaya, (2020), reportaron el estudio de investigación “Remoción de la concentración de materia orgánica en aguas residuales del Camal de José Leonardo Ortiz usando semillas de tamarindo (*Tamarindus indica*), Lambayeque, Perú. Se determinó la adición de diferentes concentraciones de semilla de (*Tamarindos indica*), y el efecto del pH, como agente coagulante - floculante, en la remoción de materia orgánica de las aguas residuales del matadero de José Leonardo Ortiz. Las semillas de tamarindo se caracterizaron, por Espectrofotometría

Infrarrojo por reluctancia total atenuada, lo cual identifico la presencia de los grupos funcionales O-H, C=C, C-N, C-H, C-O, N-H, donde los grupos carboxilo y amino fueron los responsables de la coagulación. Se ejecutó análisis de materia orgánica, DBO5, conductividad y turbidez para la caracterización y el tratamiento de las aguas residuales del camal, a diferentes concentraciones de coagulante de semilla de tamarindo (200,400,600) ppm, a diferentes pH (6,7.5, 9), por el método de prueba de jarras; obteniendo mayor porcentaje en remoción de materia orgánica (DQO), turbidez y DBO5 (34.68%, 43.46% y 57.83%) aun pH de 6 con concentración de coagulante de 600pm.

Carpio Hernandez, (2019), alcanzaron la investigación “Evaluación del uso de semillas de *Mangifera indica L* (mango) como coagulante natural para el tratamiento de aguas residuales de la PTAR Munives de VES - Lima” Villa El Salvador - Lima”. En el presente trabajo se evaluó el uso de la semilla de mango mediante pruebas de jarras obteniendo una dosis adecuada del coagulante natural de 50 mg/L para una turbidez inicial de 19.9 UNT con la que obtuvo una turbidez final de 3.92 UNT y un porcentaje de remoción de 80.3% y para una turbidez inicial de 209 UNT la dosis adecuada de coagulante natural fue 250 mg/L obteniéndose 53.5 UNT de turbidez final con lo que se obtuvo 53.5 UNT de turbidez final y un porcentaje de remoción de 74.4%, concluyendo que no es necesario utilizar grandes cantidades de coagulante en polvo en el proceso de coagulación. No se produjo ningún cambio significativo en el valor de pH, encontrándose en rango óptimo de 6.5 a 8.5 presentando una ventaja al no necesitar el empleo de modificadores de pH.

Calizaya & Flores, (2013), reportaron la investigación “Tratamiento de efluentes líquidos y sólidos de Camal Municipal Ilave”. Se estudió los efluentes del matadero Municipal de la Ciudad de Ilave, en el proceso de obtención de productos cárneos comestibles de calidad. Sus efluentes contienen alta cargas orgánicas contaminantes siendo sus parámetros iniciales de pH 7.4, DBO5 854 ppm y DQO 1758 ppm. Por lo que se realizó un estudio del sistema de tratamiento mixto

CAL – Floculación (Lechada de cal-sulfato de aluminio), llegando a remover un 75% DBO5, un 73%DQO, un 95% de fosfatos y 99% de sólidos suspendidos, y a su vez la reducción de coliformes totales, finalmente usando el rumen del matadero como su materia prima se pudo realizar el compostaje.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. La industria del camal

La industria del camal o matadero es un servicio público teniendo como objetivo principal el sacrificio de animales en carne y productos cárneos comestibles de calidad, de modo que satisfagan al cliente o consumidor. Esta industria usa grandes cantidades de agua en la mayoría del proceso de obtención de productos cárneos generando cantidades significantes de materia orgánica e inorgánica en forma soluble, coloidal o particulado que son descargados en los alcantarillados. La composición de estas aguas procedentes del camal depende básicamente, de la especie que se procesa (Barraza Felix & Palpa Chavez, 2011).

El tratamiento de los efluentes provenientes de camales y plantas procesadoras de carne es una necesidad de higiene pública. Las principales fuentes de contaminación de los efluentes de los camales contienen: pelos, excremento, grasas, sólidos suspendidos, aceites, sangre, contenido estomacal y otros productos, presentando pH básicos. Y de vapor condensado procedente del tratamiento de los despojos (Muñoz Muñoz, 2005).

2.2.2. Efluentes de la Industria del Camal

Las principales fuentes generadoras de residuos líquidos industriales en los mataderos son las aguas de lavado y las corrientes provenientes de los procesos de desangrado y evisceración (Romero Rojas J. A., 2004). Considerándose el contenido gastrointestinal (intestino delgado y grueso) como un residuo líquido cuyo proceso de limpieza necesita agua, y a su vez el agua es utilizada para la limpieza de las instalaciones después de cada rutina de trabajo, estos efluentes son evacuados al sistema del alcantarillado.

Se puede mencionar que estos líquidos en el trayecto provocan la putrefacción de estos residuos orgánicos debido a que son descargados sin previo tratamiento, provocando malestares a la población aledaña y generando olores y gases al ambiente. Los principales riesgos asociados a la actividad de mataderos, derivan de un inadecuado manejo de sus efluente líquidos, los mismos que por su procedencia se caracterizan por tener una alta concentración de materia orgánica, la cual al ser descargada en un cuerpo hídrico provoca serios problemas que se manifiestan en ausencia de oxígeno disuelto en las aguas, lo cual; además, de matar animales, causa malos olores, atentando contra la salud de las personas que viven cerca de dicho lugar (López, 2004). La Tabla 1, muestra los valores Máximos Admisibles (VMA) al sistema de alcantarillado.

Tabla 1

Valores Máximos Admisibles (VMA) al sistema de alcantarillado.

Parámetros	Unidades	LMP
Ph		6,0 – 9,0
SST	mg/L	500
DBO5 -20°C	mg/L	500
DQO	mg/L	1000
Aceites y grasas	mg/L	100

Nota: Basado en el Decreto Supremo de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda (DS 021-2009-VIVIENDA)

2.2.3. Camal Municipal de la Provincia de Anta

El Camal Municipal de la Provincia de Anta se encuentra ubicado en el Distrito de Anta, Provincia de Anta, Departamento del Cusco, inició su labor de faenado de ganado desde el año 2013, donde se registró el permiso Municipal con número de certificado N°

0011, para realizar labores de animales por un tiempo indefinido. Posteriormente en el año 2014, logra su autorización temporal del faenado de ganados, del ministerio de agricultura y riego Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego - MINAGRI, Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú - SENASA, por un año para sacrificio de animales, centro de procesamiento de alimentos y cámaras frigoríficas, para producción de alimentos fresco. Para estas operaciones se utilizan recursos como agua y electricidad, que facilitan la labor de faenado, este proceso produce residuos sólidos y líquidos que son vertidos al río Hatunmayo sin ningún tipo de tratamiento, afectando negativamente al ecosistema del río y a la población que vive a sus alrededores.

Figura 1

Mapa de ubicación del Camal Municipal de la Provincia de Anta



Nota: Adaptado de [Anta – Cusco], de google (Earth, s.f.)

2.2.3.1. Diagrama de Bloque del Faenado del Camal Municipal de la Provincia de Anta

En el matadero, el faenado de los animales se realizan para separar las partes comestibles, y dentro de este proceso se generan residuos sólidos y líquidos que son vertidos al río Hatunmayo.

A continuación, se describe los principales procesos involucrados:

Recepción del ganado: Consiste en la recepción del ganado en los corrales.

Ayuno y/o reposo: Encierro con horas de antelación al sacrificio.

Lavado del ganado: Eliminación de tierra, estiércol, o cualquier otro contaminante de la piel de los animales.

Aturdimiento: Golpe o choque eléctrico para insensibilizar al animal.

Sangrado o izado: El sangrado realiza inmediatamente después del aturdimiento e izado para que fluya la sangre.

Separación de partes y desollado: Separación de la cabeza, patas y cola, en seguida se realiza el desollado con la precaución de no desgarrar músculos.

Evisceración: Corte en el pecho para extraer vísceras y demás órganos.

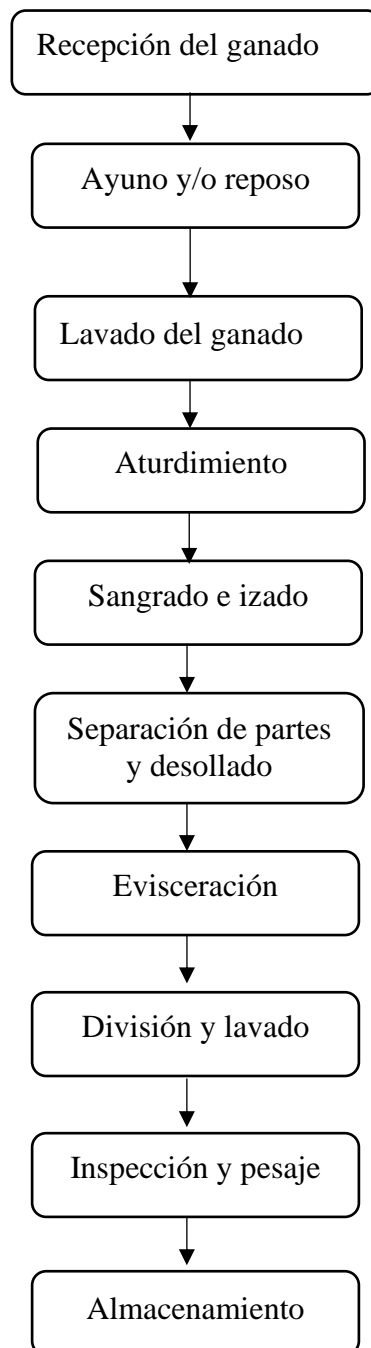
División y lavado: Corte longitudinal del animal, para el lavado con el fin de eliminar restos de sangre.

Inspección y pesaje: Se clasifica y se pesa el animal.

Almacenamiento: la carne se almacena en un ambiente adecuado.

Figura 2

Resumen de las etapas del proceso de faenado del Camal Municipal de la Provincia de Anta.



Nota: Diagrama de bloques del proceso de faenado del Camal Municipal de la Provincia de Anta.

2.2.4. Aguas Residuales y su clasificación

Son aguas mezcladas con residuos sólidos y líquidos, generadas por establecimientos públicos, industrias y por centros comerciales los cuales emiten olores y gases malolientes, provocados por la descomposición de la materia orgánica; además, estas contienen diversos microorganismos patógenos y compuestos tóxicos que pueden causar enfermedades; así como, nutrientes que causan el crecimiento de plantas acuáticas (Metcalf, 1995). En tanto para Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA (2014) aguas con características originales que han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un previo tratamiento antes de poder ser reutilizadas, vertidas a fuentes naturales de agua o enviadas al sistema del alcantarillado.

Según OEFA (2014), las aguas residuales se clasifican en:

2.2.4.1. Aguas residuales industriales

Son aguas que resultan del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras.

2.2.4.2. Aguas residuales domésticas.

Son aguas provenientes de la actividad humana, de origen residencial y comercial que contienen desechos orgánicos, entre otros, y deben ser dispuestas adecuadamente.

2.2.4.3. Aguas residuales municipales.

Estas aguas residuales para ser aprobadas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado, pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial previamente tratadas.

2.2.5. Parámetros de Aguas Residuales

Las aguas residuales provenientes de matadero o centros de sacrificios se pueden clasificar en físicos, químicos y biológicos, que permiten establecer las cargas orgánicas y sólidos que se transportan. Los parámetros a evaluar son la Demanda Bioquímica de Oxígeno

(DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Potencial de Hidrógeno (pH), Sólidos Totales Disueltos (STD), Coliformes Totales, Color y Temperatura, Turbiedad, Aceites y Grasas (A y G) (Espinosa Peralta, 2017).

2.2.5.1. *Parámetros físicos*

Turbidez: Propiedad que es originada por la acumulación de sólidos en suspensión en forma de partículas de diversas dimensiones, estas pueden estar compuestas por coloides, limo, arcillas, materia orgánica como también inorgánica y microorganismos (Romero Rojas J. A., 2002); la unidad de medida de la turbidez es NTU (Unidades Nefelométricas de turbidez), para agua de consumo es 1 NTU y no debe pasar de 5 NTU, mientras que para agua para riego no debe ser mayor a 30 NTU” (Paitan De la Cruz & Sifuentes Cateño, 2018).

pH: En el proceso de tratamiento de aguas naturales y residuales el pH es un parámetro importante. En aguas residuales con pH inadecuados, presentan dificultades en el proceso de tratamiento biológico; el efluente puede modificar el pH en el agua natural, si estas son descargadas sin previo tratamiento. El valor de pH es un parámetro regulado por Límites Máximos Permisibles (LMP), en descargas de aguas residuales al alcantarillado o a cuerpos receptores; también es un parámetro de calidad del agua para usos de actividades agrícolas y para el consumo humano. (Marin Ocampo & Oses Perez, 2013).

Color: La presencia de color en el agua se manifiesta por su interacción con materia orgánica en curso de descomposición, taninos, ácido húmico y metales como el hierro y el manganeso en disolución (Ceron Perez, 2016). Estas sustancias tienen la característica de poseer partículas con carga negativa; la aplicación de un coagulante con carga positiva trivalente como el Al^{+3} y el Fe^{-3} logra su remoción (Castrillon Bedoya & Giraldo, 2012).

2.2.5.2. *Parámetros químicos*

Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO5): Se detalla como el nivel de oxígeno que requieren los microorganismos, para eliminar o degradar de forma biológica la materia orgánica biodegradable, transcurridos cinco días de reacción y a 20 °C (Sainz Sastre, 2005).

Demanda Química de Oxígeno (DQO): Indica la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica presente en el agua, que es susceptible de una oxidación por un oxidante químico fuerte, la determinación se puede hacer en medio alcalino, o en medio ácido (Maza Estrada, 2013).

Sólidos totales: El parámetro de sólidos totales es una unidad de medida (mg/L) de toda materia sólida presente en las aguas, que perduran como residuo aún después del proceso de evaporación o secado de 103 °C a 105 °C (Maza Estrada, 2013).

Nitrógeno: Es primordial para el desarrollo de las plantas y microorganismos. Sin embargo, los vertidos constantes de efluentes líquidos a las fuentes de agua como los canales, ríos, lagos y lagunas hace que estos sean ricos en nitrógeno y fósforo, quienes contribuyen especialmente a la eutrofización y por ende en el agotamiento del oxígeno (Sainz Sastre, 2005).

Fósforo: Es primordial para el crecimiento de los microorganismos y el crecimiento biológico. En el agua residual se encuentran en tres formas, en ortofosfatos solubles, poli fosfatos inorgánicos y en fosfatos orgánicos, haciéndose más sencillo para su asimilación por los microorganismos en forma de orto fosfato. A igual que el nitrógeno, el fósforo puede estimular un aumento en la propagación de algas de manera excesiva en aguas receptoras, provocando

la disminución del nivel de oxígeno disuelto y posteriormente, graves problemas de contaminación (Briceño Soto & Castillo Cevallos, 2009).

2.2.5.3. *Parámetros biológicos*

Coliformes Totales y Coliformes Fecales: Estos se encuentran con mayor presencia en los efluentes, siendo indicadores principales de bacterias, también estas pueden ser determinadas por los métodos número más probable (NMP) o por el método de membranas. Para el desarrollo y crecimiento de los microorganismos los componentes que favorecen su crecimiento son el nitrógeno y el fósforo debido a la elevada carga orgánica de los efluentes residuales (Briceño Soto & Castillo Cevallos, 2009).

2.2.6. Procesos fisicoquímicos de clarificación de agua

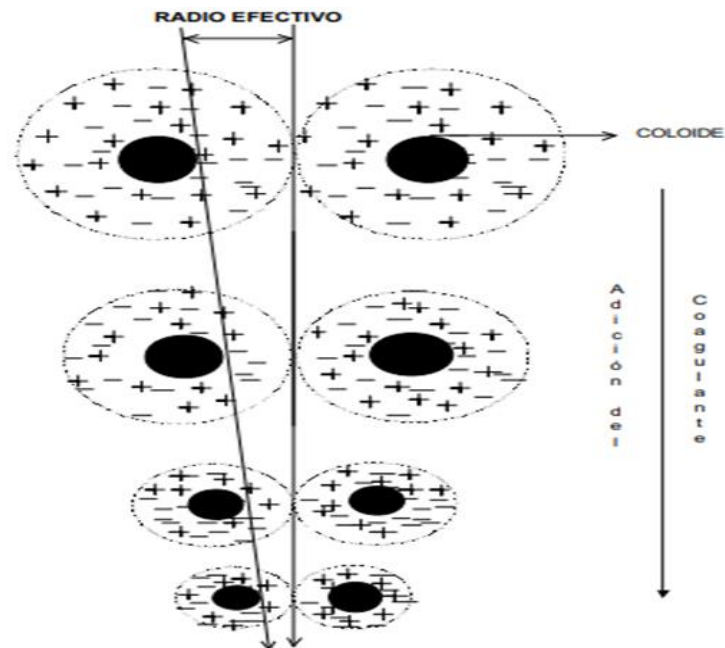
El objetivo de la clarificación del agua es eliminar los sólidos suspendidos, sólidos finamente divididos y las sustancias coloidales, convirtiéndolas en partículas de mayor tamaño y más fáciles de eliminar. Es un proceso utilizado tanto en sistemas de tratamiento de aguas municipales con el fin de obtener agua potable para consumo humano, como en sistemas de tratamiento de aguas industriales que comprenden el tratamiento individual del agua proveniente de acueductos municipales de acuerdo con su uso final (Cogollo Florez, 2011).

2.2.7. Coagulación

Es el proceso de desestabilización de las partículas suspendidas de modo que se reduzcan las fuerzas de separación entre ellas lo que produce que se aglutinen en pequeñas masas llamadas microfloculos tal que su peso específico supere a la del agua (Ciencia Abierta, 2007). La coagulación no solo elimina la turbiedad sino también la concentración de las materias orgánicas y los microorganismos, esto se lleva a cabo por la adición de un coagulante, ya sea este natural o sintético (Andía Cárdenas, 2000).

Figura 3

Neutralización de cargas



Nota: Con la adición de un coagulante ocurre la reducción de la nube de iones o el radio efectivo se da con la adición de un coagulante. Adaptado de Tratamiento de Agua, Coagulación y Floculación (Andía Cárdenas, 2000).

El coagulante agregado al agua a tratar es capaz de:

- Desestabilizar los coloides.
- Neutralizar o anular las cargas electronegativas de los coloides que se encuentran en el agua a tratar.
- Generar un precipitado.

Las desestabilizaciones de las partículas coloidales pueden distinguirse por los siguientes mecanismos fisicoquímicos.

Mecanismo de doble capa.

Consiste en la desestabilización de un coloide por un coagulante (Andía Cárdenas, 2000). Se produce cuando se incrementan en la solución los iones de carga opuesta

disminuyendo la curva de repulsión eléctrica por lo cual decrece la curva resultante de interacción; por lo tanto, las partículas pueden acercarse suficientemente para la desestabilización por la energía atractiva fija de van del Waals (Perez Parra, 1981).

Adsorción y Neutralización de cargas.

Es la considerada como la anulación del potencial obtenido Z a valores casi nulas por adición de productos de coagulantes de carga positiva (Perez Parra, 1981), 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 (Andía Cárdenas, 2000).

Atrapamiento de partículas en un precipitado.

Los precipitados de $Al(OH)_3$, $Fe(OH)_3$ atrapan los coloides efectuando una coagulación de barrido, la cual predomina en algunas soluciones de concentración coloidal baja. (Perez Carrion y otros, 1984). Existen dos procesos que influyen en este mecanismo de coagulación: sobresaturación de hidróxidos y presencia de altas concentraciones de aniones y coloides (Andía Cárdenas, 2000).

Adsorción y puente.

El proceso de adsorción de las partículas coloidales se puede generar en diferentes lugares de un polímero debido a los grupos químicos del coagulante. En cualquier caso ante la utilización de un polímero anicónico se obtiene un tratamiento más económico, cuando las partículas están cargadas negativamente (Bratby, 1980).

2.2.8. Etapas o Fase de la Coagulación

El proceso de coagulación se desarrolla en un tiempo muy corto (casi instantáneo) (Andía Cárdenas, 2000), en el que comprende de las siguientes etapas o fases:

Fase 1: Hidrólisis de los coagulantes y desestabilización de las partículas en suspensión.

Fase 2: Producción de Compuestos químicos poliméricos.

Fase 3: Adsorción de cadenas poliméricas por las partículas coloidales.

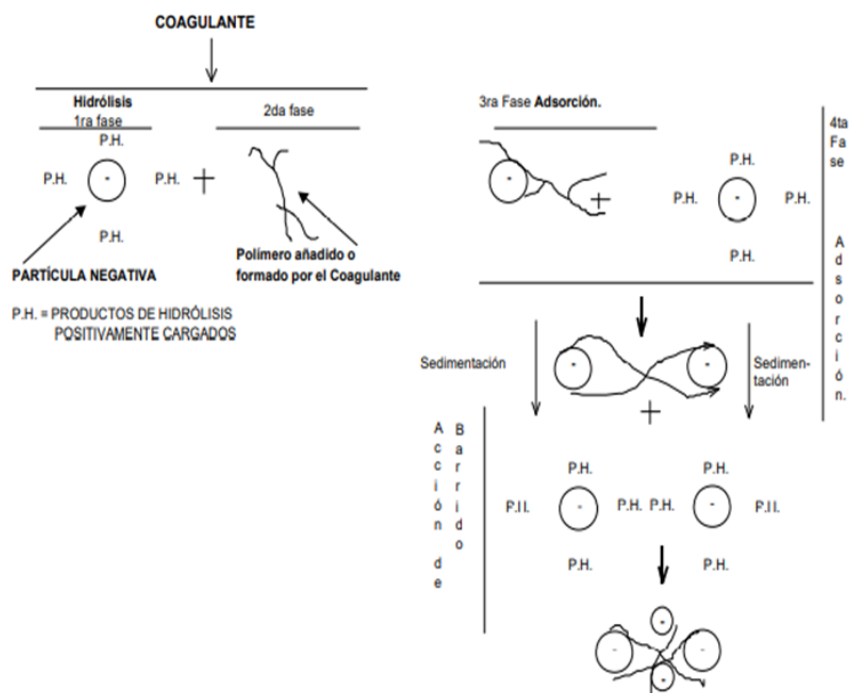
Fase 4: Adsorción mutua de coloides.

Fase 5: Acción de barrido.

El proceso de coagulación se da en el momento de agregar el coagulante y hacer una mezcla uniforme e intensa en toda la masa del agua, produciéndose la reacción química de neutralización y cargas correspondiente (Amirtharajah & Initial, 1989).

Figura 4

Diagrama del Mecanismo de coagulación



Fuente: Tratamiento de Agua Coagulación y Flocculación (Andía Cárdenas, 2000) Sedapal.

2.2.9. Factores que Influyen en el Proceso de Coagulación

Para mejorar el proceso de coagulación es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

2.2.9.1. pH

Una de las variables más importantes a tener en cuenta en el proceso de coagulación – floculación es el pH, toda agua tiene un rango de pH adecuado, ello depende de la naturaleza de los iones y de la alcalinidad del agua, también cada coagulante funciona mejor en un rango de pH específico, para las sales de aluminio la coagulación ocurre en el rango de pH de 6.5 a 8 y para las sales de hierro ocurre en el rango de pH de 5.5 a 8.5 (Andía Cárdenas, 2000).

2.2.9.2. Concentración de coloides o turbiedad.

A diferentes variaciones de turbiedad se realiza las siguientes predicciones:

- Cada turbiedad tiene una dosis adecuada de coagulante, con el que se obtiene la turbiedad residual más baja.
- A medida que aumenta la turbiedad se debe añadir la cantidad de coagulante pero no demasiado por que la probabilidad de colisión entre las partículas es muy alta; por tanto, el proceso de coagulación se realiza con facilidad; por otro lado cuando la turbiedad es baja la coagulación se realiza difícilmente y la cantidad de coagulante es igual o mayor que si la turbiedad fuese alta (Andía Cárdenas, 2000).
- Teniendo una turbiedad alta, es conveniente realizar una pre decantación natural o forzada.

2.2.9.3. Dosis del coagulante

Existe una relación entre la turbidez del agua bruta y la dosis de coagulante, la cantidad adecuada se determina mediante ensayos de prueba de jarras (jar-test), (Perez de La Cruz & Urrea Mallebrera) para evitar:

- Sobredosificación que rompan la adsorción superficial o re estabilización de los coloides.

- No neutralizan por completo el coloide por consecuencia la formación de microfloculos es nula.

2.2.9.4. Energía y tiempo de mezclado

Dado que las polimerizaciones de estas sales coagulantes se dan en menos de un segundo para reacciones de coagulación por desestabilización de doble capa y por puente químico y entre 1 y 7 segundos para coagulantes por barrido. La energía disipada en la mezcla llamada gradiente de velocidad o gradiente de mezcla debe ser alta por encima de 1000 s^{-1} para que el coagulante se disperse rápidamente (Lozano & Lozano, 2015).

2.2.10. Principales Coagulantes

2.2.10.1. Coagulantes Químicos

Los coagulantes químicos son utilizados en el proceso de tratamiento de aguas, por su capacidad de actuar como coagulantes-floculantes al mismo tiempo. Los más importantes son el: $\text{Al}_2 (\text{SO}_4)_3$, $\text{Fe}_2 (\text{SO}_4)_3$, FeCl_3 y NaAlO_2 , estos suelen ser muy sensibles a un cambio de pH y al no utilizarse en el intervalo requerido su efecto de clarificación es pobre y pueden solubilizar Hierro (Fe) o Aluminio (Al) generando inconvenientes, y al utilizar concentraciones excesivas pueden llegar a ser perjudiciales para la salud humana (Guzman y otros, 2013).

2.2.10.2. Coagulante Natural

Se pueden obtener del tallo, semillas diferente variedad de plantas como la moringa oleífera, la tuna, el frijol, maíz entre otros (Vázquez González, 1994), sus compuestos bioactivos son proteínas, polisacáridos, mucilagos, taninos y alcaloides (Sotheeswaran y otros, 2011), los cuales actúan mediante un proceso de neutralización de cargas cuando se adicionan en extractos, para generar la desestabilización coloidal, incrementando la fuerza iónica del medio, por lo que se reprime la doble capa eléctrica y por tanto cesa la repulsión entre las partículas coloidales (Bratby, 1980). Este mecanismo de coagulación natural está

ligado con propiedades electrocinéticas de los coloides como la represión de la doble capa eléctrica, lo cual forma una ruptura del equilibrio termodinámico. Debido a la sedimentación de sólidos suspendidos, las aguas residuales industriales pueden ser tratadas hasta que la tasa de eliminación de turbidez alcance niveles superiores al 99% (Banchon y otros, 2016).

En el tratamiento de las aguas residuales industriales o potabilización del agua, los coagulantes naturales pueden desestabilizar la contaminación coloidal (sólidos suspendidos) y eliminar los sólidos disueltos en términos de DQO (Sotheeswaran y otros, 2011) no consume alcalinidad respecto a los coagulantes inorgánicos; por tanto, no se producen cambios significativos en el pH (Banchon y otros, 2016). Su efectividad es alta en aguas con baja turbidez, presentando buena eficiencia en aguas industriales. Generalmente tiene poca o ninguna toxicidad (Vázquez González, 1994), siendo seguro y amigable con el medio ambiente (bajo condiciones de uso adecuada) (Sotheeswaran y otros, 2011). A diferencia de los coagulantes sintéticos, los coagulantes naturales presentan generalmente dos tipos de mecanismos:

- la adsorción y la neutralización de carga
- la adsorción y puente entre partículas.

2.2.11. Tipos de Coagulación

Hay dos tipos básicos de coagulación: Por Adsorción y Por Barrido.

Coagulación por adsorción: Se realiza en aguas que contienen alto grado de partículas al estado coloidal. Cuando se agrega coagulante al agua turbia los productos solubles del coagulante son absorbidas por los coloides formando flóculos de manera casi instantánea (Andía Cárdenas, 2000).

Coagulación por barrido: Este tipo de coagulación se realiza en aguas de baja turbiedad y tiene una pequeña cantidad de partículas coloidales. En este caso las partículas son enredadas

al producirse una sobresaturación de precipitado de sulfato de aluminio o cloruro férrico (Andía Cárdenas, 2000).

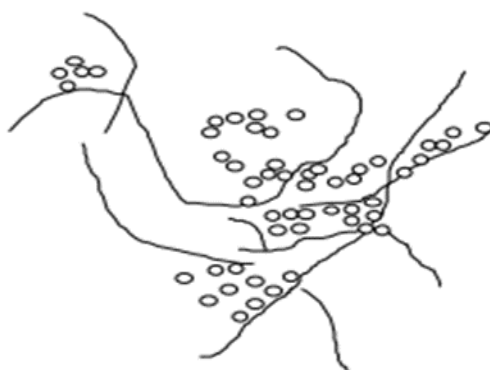
2.2.12. Floculación

Es el Proceso que sigue a la coagulación, mediante el cual se juntan las partículas desestabilizadas o coaguladas para formar un aglomerado más grande llamado floculo y se debe a un mecanismo de formación de puentes químicos o enlaces físico (Cogollo Florez, 2011).

La floculación utiliza un mezclado lento para ocasionar una mejor formación de flóculos ya que estos suelen romperse fácilmente si se emplea un mezclado muy rápido impidiendo una formación con la fuerza y tamaño adecuado, por ende, esta etapa incide tanto en el aumento de su peso como el tamaño de las partículas del flóculo, permitiendo su decantación (Metcalf, 1995).

Figura 5

Proceso de floculación



Nota: El floculante tiende un puente entre las partículas coloidales aglomeradas para formar flóculos más grandes y fácilmente sedimentables. Fuente: (Andía Cárdenas, 2000).

2.2.13. Factores que Influyen en la Floculación.

Concentración y naturaleza de las partículas: La velocidad de formación del floc es proporcional a la concentración de partículas en el agua y del tamaño inicial de estas (Florian Dominguez & Huacanjulca Rebaza, 2019).

Tiempo de detención: La velocidad de aglomeración de las partículas es proporcional al tiempo de detención. Debe estar lo más cerca posible al tiempo óptimo determinado por medio de ensayos de jarras (Florian Dominguez & Huacanjulca Rebaza, 2019).

Gradiente de velocidad: Este es un factor proporcional a la velocidad de aglomeración de las partículas, existen un límite máximo de gradiente que no puede ser sobrepasado, para evitar el rompimiento de los flóculos (Florian Dominguez & Huacanjulca Rebaza, 2019).

2.2.14. Tipos de Floculación

Existen 2 tipos de floculación para promover el crecimiento de los flóculos, Pericinética y Ortocinética.

Floculación Pericinética: Conocido como Movimiento Browniano debido al movimiento natural de las moléculas del agua que están inducidas por la energía térmica (Andía Cárdenas, 2000).

Floculación Ortocinética: Se basa en los choques de las partículas del agua que es inducido por una energía exterior 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 pericinética luego se produce la floculación Ortocinética (Andía Cárdenas, 2000).

2.2.15. Sedimentación

Es la última etapa del proceso de Coagulación-Floculación, que ocurre por el efecto gravitacional de los flóculos formados, siendo estas partículas más pesadas que el agua.

2.2.16. Eficiencia de remoción

La eficiencia de remoción ayuda a tener el porcentaje de contaminante que ha sido removido, esta expresado por la ecuación (1)

$$\%Remoción\ de\ turbidez = \frac{T_i - T_f}{T_i} * 100 \quad (1)$$

Donde:

Ti: turbidez inicial.

Tf: turbidez final.

(Choque Quispe y otros, 2018).

2.2.17. Ensayo de prueba de jarras

La prueba de jarras es una técnica de laboratorio comúnmente utilizada en plantas de tratamiento de agua potable y/o aguas residuales, un método que permite variar las dosis de coagulante o diferentes polímeros, alterando velocidades de mezclado y cambios en el pH, a pequeña escala con el fin de predecir el funcionamiento de una operación a gran escala de tratamiento. Una prueba de Jarras simula los procesos de coagulación y floculación que fomentan la eliminación de los coloides en suspensión y materia orgánica (Ahumada Theoduloz, 2015).

2.2.18. Semilla de mango (*Mangifera indica* L)

El mango (*Mangifera indica* L) pertenece a la familia Anarcadaceas que incluye 14 géneros, se encuentra clasificado como una drupa la cual tiene forma variable, siendo redondeada, ovoide y oblongada; el color y tamaño depende de la variedad, como verde, amarillo - verde, amarillo, rojo, naranja o púrpura, su peso va desde unas pocas onzas hasta más de 2.3 kg (Crane & Balerdi, 2001). La cual contiene una semilla grande rodeada por la pulpa específicamente su almendra ocupa en promedio 15% del peso total de la fruta (Elegbede y otros, 1996).

Figura 6

Mango (Mangifera indica L) Quillabamba



Nota: Mango (*Mangifera indica L*) proveniente de la Provincia de la Convención-Cusco.

2.2.19. Caracterización de la Semilla de Mango (*Mangifera indica L*)

La tabla compara los resultados obtenidos del análisis proximal de polvo de la semilla de mango en este estudio con otros encontrados en la literatura (Changso, 2008), (Nzikou y otros, 2010). Las variaciones encontradas en el análisis proximal pueden ser causadas por la diferencia de la variedad del mango, el clima o el estado de maduración del fruto y las semillas (Chaparro y otros, 2015). En la tabla 2 se muestra el análisis proximal del polvo de la semilla de mango (*Mangifera indica L*).

Tabla 2

Análisis proximal del polvo de la semilla de mango (Mangifera indica L).

Análisis	Valores Obtenidos	Changso , 2008	Nzikou et al., 2010
Humedad (%)	44,85 ± 0,24	40,5	45,2
Proteína cruda (%)	6,39 ± 0,28	1,43	6,36
Grasa cruda (%)	10,70 ± 0,12	4,92	13,0

Fibra cruda (%)	2,38 ± 0,14	3,96	2,02
Cenizas (%)	2,46 ± 0,16	0,83	3,2
Carbohidratos totales (%)	33	48,19	32,24

Fuente: (Chaparro y otros, 2015)

Los carbohidratos presentes en el polvo de la semilla de mango presentan componentes activos como: carboxilos y aminos que son responsables de la actividad de coagulante-floculante la cual podría ser empleada para el tratamiento de aguas crudas, residuales entre otros (Ramírez García y otros, 2015).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

La parte experimental del presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Tecnologías PIQ213 de la Escuela Profesional de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

La investigación fue de enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, de diseño experimental y de alcance explicativo.

3.1.MUESTRA

3.1.1. Floculante

La muestra estuvo constituida por el polvo de las semillas de mango (*Mangifera indica L*) proveniente de la Provincia de la Convención el cual se utilizó como agente coagulante-floculante.

3.1.2. Efluente

El efluente del Camal Municipal de la Provincia de Anta.

3.2. MATERIALES, EQUIPOS E INSTRUMENTOS.

Los materiales que se utilizaron en la investigación se mencionan en la Tabla 3 y los reactivos en la Tabla 4.

Tabla 3

Lista de materiales, equipos e instrumentos

Tipo	Descripción	Características
	Prueba de jarras	Daihan Scientific Model JT-M6CN° 04021932090005
Equipos	Agitador Magnético	Marca CAT; modelo M6

	Cronometro	Digital
Instrumentos	Multímetro	PRASEK PREMIUN PR-75.
	pH metro	Digital tipo lapicero ATC
	Balanza digital	Eurotech modelo: FSF-A2204B
	Vaso de precipitados	De vidrio boro silicato con un volumen de 500 ml.
	Cernidor	
	Pipetas	
	Tamiz	N°80
Materiales	Frascos de muestreo	
	Bureta	
	Espátula	
	Baldes	
	Matraz	Erlenmeyer
	Probetas	
	Pisetas	

Tabla 4

Lista de Reactivos

REACTIVOS
<i>Para el proceso de coagulación-floculación</i>
Agua destilada
H_2SO_4 1M 95 - 97 % Merck kгаа Casno:7664-93-9
Para determinación de <i>DBO</i>

Yoduro de Potasio álcali (KI).

Sulfato de manganeso $MnSO_4$

Ácido sulfúrico H_2SO_4

Solución indicadora de almidón al 1%.

Tiosulfato de sodio $Na_2S_2O_3$ 0.0375 N.

Para determinación de DQO

Ácido sulfúrico H_2SO_4

Solución estándar de dicromato de potasio $K_2Cr_2O_7$ 0.25N.

Sulfato amónico ferroso 0.1N.

Indicador de ferroina $C_{36}H_{24}FeN_{62}^+$

3.3. MÉTODOS

3.3.1. Muestreo de efluente

Las muestras de efluentes del camal Municipal de la Provincia de Anta se tomaron directamente del punto de descarga hacia el dren, siguiendo los protocolos de monitoreo de calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas y municipales (DS 021-2009-VIVIENDA) que es como sigue.

- a) Se utilizó los equipos de protección personal como mascarilla, guantes de nitrilo y mandil.
- b) Se realizó el muestreo en los horarios de labor de faenado, el cual implica mayor cantidad de caudal de agua residual.

- c) Se tomaron 3 muestras con una cantidad total de 20 L (una hora luego de iniciar la jornada, a media jornada y final de jornada), luego se homogenizó formando una muestra compuesta.
- d) La muestra se introdujo en un recipiente de 20 litros (balde de plástico) limpio.
- e) Una vez llenado se procedió al cierre del recipiente y su correspondiente rótulo.
- f) Finalmente se llevó la muestra al laboratorio, donde se tubo cuidado de no exponerla a temperaturas altas.

Figura 7

Muestra obtenida para el análisis experimental.



3.3.2. Caracterización fisicoquímica de las semillas de mango (*Mangifera indica L.*)

La muestra (semilla de mango) fue caracterizada en el porcentaje de humedad, grasas, cenizas, proteínas, fibras y carbohidratos, como se observa en la tabla 5 los parámetros y normas para la caracterización fisicoquímicas de las semillas de mango (*Mangifera indica L.*).

Tabla 5

Parámetros y normas para la caracterización fisicoquímicas de las semillas de mango (Mangifera indica L).

Parámetros	Normas para la caracterización fisicoquímicas de las semillas de mango
Humedad	(NTP 205.002:1979)
Proteínas	(AOCS Ba 4e 93)
Grasa	(NTP 205.006:2017)
Ceniza	(NTP 205.004:2017)
Fibra	(NTP 205.003:2016)
Carbohidratos	Diferencia con el resto de los valores

La caracterización fisicoquímica de las semillas de mango (*Mangifera indica L*) se realizó siguiendo la metodología descrita en las normas técnicas peruanas (NTP) las cuales están mencionadas en la Tabla 5. Estos análisis fueron encargados a un laboratorio químico cuyos resultados permitieron su caracterización en función a su contenido.

3.3.3. Caracterización fisicoquímica del efluente del Camal Municipal de la Provincia de Anta.

La muestra recolectada fue caracterizada fisicoquímicamente en los parámetros de, turbidez, pH, DBO, DQO y sólidos disueltos totales. Se envió muestras de 500 ml al laboratorio QUIMICALAB, los resultados de la caracterización se encuentran en el anexo G que permitió su caracterización al ser comparadas con las normas de los valores máximos admisibles (VMA) para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o Municipales, en la tabla 6 se muestra los Parámetros fisicoquímicos y métodos de ensayo.

Tabla 6

Parámetros fisicoquímicos y métodos de ensayo.

Parámetros	Métodos de Ensayo
Turbiedad	Método SMEWW 2013-B Nefelométrico
Sólidos disueltos totales	Método APHA 2540-D
DBO	Método (5210-B Winkler Modificado)
DQO	EPA 410.2.1999
pH	Método EPA 150.1 PH Electrométrico

Los métodos que se utilizaron para la determinación de los parámetros se detallan en la tabla 6 que están basados en la metodología propuesta en “Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales” (APHA y otros, 2012)

3.3.4. Etapas del proceso de coagulación –floculación.

3.3.4.1. Preparación del Coagulante -Floculante

Se adquirió mangos (*Mangifera indica L*) provenientes de la Provincia de la Convención, los cuales fueron llevados al laboratorio para su posterior proceso de obtención del coagulante natural.

Se detallan los siguientes pasos para la obtención del coagulante donde fue adaptado de acuerdo a (Carpio Hernandez , 2019) .

a) Etapa de lavado y despulpado

Se eliminó las impurezas adheridas en la superficie de fruto de mango (*Mangifera Indica L*) para proceder a retirar la cáscara y la pulpa, quitar los restos de pulpa con abundante agua.

b) Etapa de Extracción de la semilla del mango (*Mangifera indica* L)

Con la ayuda de un cuchillo y martillo se procedió a cortar por la mitad cada pepa de mango para extraer su semilla.

c) Etapa de secado de la semilla de mango (*Mangifera indica* L)

Las semillas de mango extraídas fueron puestas en bandejas de plástico para su deshidratación al medio ambiente en sombra durante 7 días.

d) Etapa de trituración y molienda

Se recogieron las semillas secas y fueron llevadas por un proceso de trituración para reducir el tamaño de partículas, usando un molino mecánico.

e) Etapa de tamizado

Se procedió al tamizado con la ayuda de un tamiz granulométrico cuya malla es N° 80, de acero inoxidable ASTM, con la finalidad de obtener un polvo de consistencia fina con partículas de tamaño de diámetro 0.177 mm con el cual, se logró mejor resultado en un proceso de coagulación- floculación de aguas residuales (Carpio Hernandez , 2019). El producto tamizado se almacenó en un frasco oscuro para su posterior uso. La figura 9 resume las etapas del proceso de obtención de polvo de semillas del mango (*Mangifera indica* L).

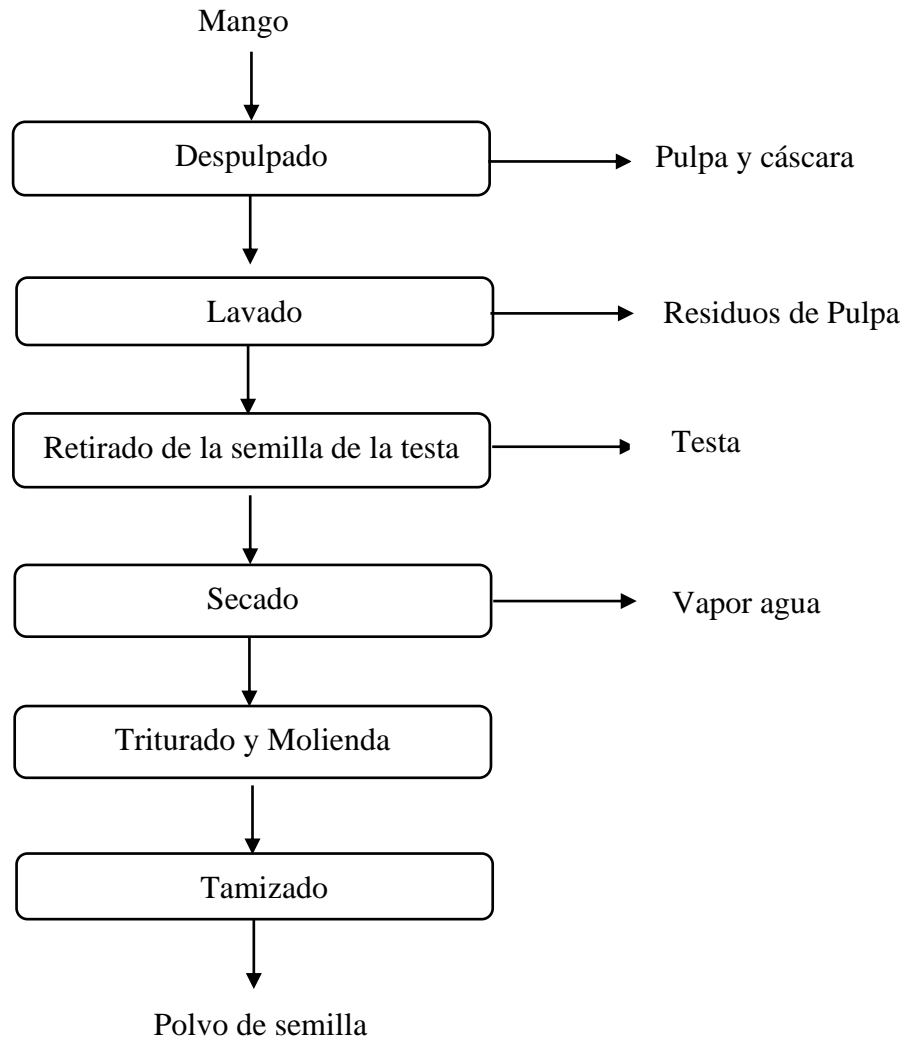
Figura 8

Proceso de obtención del polvo de semilla de mango.



Figura 9

Etapas del proceso de obtención de polvo de semillas del mango (Mangifera indica L).



3.3.4.2. Preparación de la solución coagulante

Para la solución coagulante-floculante de (*Mangifera indica L*), se preparó una solución madre al 0.5%, para ello se disolvió 2.5 g del polvo de semilla de mango (*Mangifera indica L*) en 500 ml de agua destilada o ionizada en un matraz, colocando un agitador magnético en el matraz por un tiempo de dos horas hasta lograr obtener una mezcla homogénea tomando como referencia el trabajo de, Martinez Morris y otros (2017). A partir de esta solución madre, se realizaron las preparaciones de las soluciones a las siguientes concentraciones (245 - 255 mg/L) (Carpio Hernandez , 2019) .

El volumen de coagulante-floculante que se aplicó a cada jarra en (ml) fue determinada con la siguiente formula según Carpio Hernandez (2019)

$$V = \frac{D*Q}{C} \quad (2)$$

V = Volumen del coagulante-floculante que se aplicará en la jarra con la jeringa (ml)

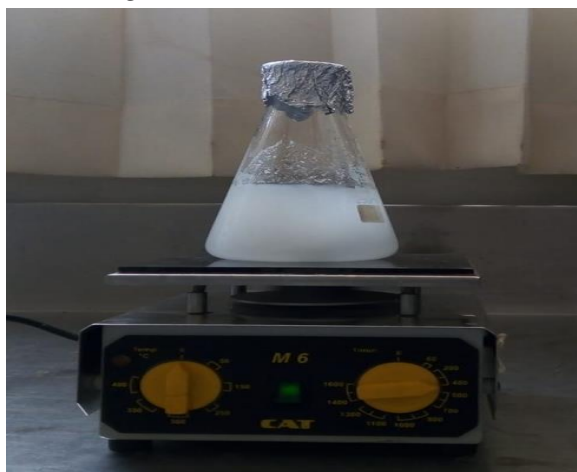
D = Dosis del coagulante-floculante (mg/L)

Q = Volumen de muestra en la jarra (ml)

C = Concentración de la solución del coagulante-floculante (mg/L).

Figura 10

Preparación de la solución coagulante



3.3.5. Proceso de coagulación y floculación

Este proceso se realizó sometiendo la muestra a un equipo de test de jarras que consto de vasos precipitados de 1L y paleta de agitación con regulador de velocidad de 10 a 340 rpm. Se utilizó el coagulante-floculante natural a diferentes dosis y la muestra de agua a diferentes pH, sometiendo el sistema a diferente velocidad de agitación lenta y tiempo de floculación. El ensayo exploratorio se realizó a temperatura ambiente, dónde las muestras compuestas del camal fueron decantadas de aproximadamente 12 horas para su posterior análisis de: pH, DBO, DQO y turbidez.

La secuencia de los pasos a seguir para los experimentos fueron las siguientes:

- Se tomó 500 mL de agua residual por cada vaso precipitado agregándose diferentes dosis de (245-255) mg/L coagulante-floculante para su tratamiento experimental en el equipo de test de jarras.
- Se procedió a realizar la corrida de análisis en el método de Prueba de Jarras a una velocidad de mezclado rápida de 100 rpm durante un tiempo de 2 minutos, luego una mezcla lenta (30 – 40) rpm durante (10-30) minutos para todo los tratamientos y pH (acido 6, 7.1).
- Este proceso finalizó con la etapa de sedimentación, donde se dejó el agua en reposo durante un tiempo de 30 minutos.
- Después del tiempo de sedimentación, se tomó una muestra del sobre nadante de cada vaso en una cantidad de 200 ml para la determinación de los parámetros de pH, DBO, DQO y Turbidez, con el fin de determinar el porcentaje de remoción con respecto a la muestra inicial.

Figura 11

Formación de floc y precipitación después de la agitación.



Variables Dependientes:

- Remoción de la materia Orgánica (%)
- Turbiedad (NTU)

Variables Independientes:

- Dosis de coagulante-floculante natural (mg/L)
- pH
- Velocidad de floculación (rpm)
- Tiempo de floculación (min).

Parámetros:

- velocidad de mezcla rápida.
- tiempo de mezcla rápida.
- tiempo de sedimentación.
- temperatura y presión atmosférica.

3.3.6. Operacionalización de variables

Tabla 7

Variables e indicadores presentes en el proceso de coagulación -floculación.

VARIABLES DEPENDIENTES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
Remoción de Materia orgánica (%)	Reducción del contenido orgánico presentes en el efluente del camal usando un coagulante – floculante natural	Los parámetros de mayor utilización para cuantificar la materia orgánica son: DBO, DQO.	Porcentaje de (%) de disminución de: DBO (mg/L) DQO (mg/L)	Cuantitativa de razón
Turbidez	Es una suspensión estable que es medida por el grado de transparencia aparente del agua.	Parámetro que será medida por un turbidímetro.	Turbidez (NTU)	Cuantitativa de razón
VARIABLES INDEPENDIENTES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
Dosis del coagulante – floculante	Es la cantidad del coagulante - floculante natural para el tratamiento del agua residual, representado en mg/L que se utilizó para reducir la carga orgánica.	Cantidad adecuada de polvo de semillas de mango que fue utilizada en el proceso de coagulación – floculación .	Cantidad (mg/L)	Cuantitativa de razón
pH	Es una medida para determinar el grado de alcalinidad o acidez de una disolución.	pH adecuado para el proceso de coagulación – floculación	(unidad de pH)	Cuantitativa de razón
Velocidad de floculación	Velocidad que rota las paletas de agitación en la etapa de floculación.	Velocidad adecuada para en la etapa de floculación	Velocidad (rpm)	Cuantitativa de razón
Tiempo de floculación	Tiempo que rota las paletas de agitación en la etapa de floculación.	Tiempo determinada en la etapa de floculación	Tiempo (min)	Cuantitativa de razón

3.3.7. Diseño de Investigación

El diseño de investigación comprendió un diseño factorial fraccionado, de cuatro factores a dos niveles cada uno, ($2^4 = 16$) eligiéndose 8 experimentos más tres puntos medios, que corresponde a 11 experimentos. Los factores y niveles se muestran en la tabla 8. Considerando que para cada experimento se desarrolló una réplica, por tanto, en total se realizaron 22 experimentos. La tabla 8 resume el diseño experimental de la investigación 11 experimentos con una repetición.

Tabla 8

Factores y niveles

Factores	Niveles		
	Bajo	Medio	Alto
	-1	0	1
Dosis de coagulante-floculante natural (mg/l)	245	250	255
pH (numero)	6	6.5	7.1
Velocidad de floculación (rpm)	30	35	40
Tiempo de floculación (min)	10	20	30

Tabla 9*Plan experimental del trabajo de investigación.*

N° de Ensayos	Variables Independientes				Variables Dependientes		
	A	B	C	D	DQO (%)	DBO (%)	Turbiedad eliminada (%)
	Dosis de coagulante (mg/L)	pH	Velocidad de floculación (rpm)	Tiempo de floculación (min)			
1	245	6	30	10	-	-	-
2	255	valor real	30	10	-	-	-
3	255	6	40	10	-	-	-
4	245	valor real	40	10	-	-	-
5	255	6	30	30	-	-	-
6	245	valor real	30	30	-	-	-
7	245	6	40	30	-	-	-
8	255	valor real	40	30	-	-	-
9	250	6.5	35	20	-	-	-
10	250	6.5	35	20	-	-	-
11	250	6.5	35	20	-	-	-

Los resultados fueron discutidos para determinar el efecto de las variables independiente sobre las variables dependientes en el proceso de coagulación – floculación. A su vez estos resultados fueron analizados estadísticamente mediante el estudio de los efectos y prueba ANOVA para determinar la significancia de las variables.

3.4. PARÁMETROS DEL PROCESO DE COAGULACIÓN - FLOCULACIÓN

Los parámetros del proceso de coagulación - floculación de dosis del coagulante floculante, pH, velocidad y tiempo de floculación fueron determinados en base a aquellos que lograron mayor eliminación de la materia orgánica y de turbiedad.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE ANTA

Los resultados de la caracterización del efluente del Camal Municipal de la Provincia de Anta se resumen en la tabla 10.

Tabla 10

Resultados de la caracterización fisicoquímica del efluente del Camal Municipal de la Provincia de Anta.

Parámetros	Valor
Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	4440
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	1780
Turbiedad (NTU)	448
pH	7.1

De acuerdo con los resultados de la tabla 10, el efluente contiene valores elevados de DBO que sobrepasa a los Valores Máximos Admisibles (VMA) en 1280 mg/L y DQO que sobrepasa a los valores máximos admisibles en 3440 mg/L, mientras que el pH se encuentra dentro de los valores máximos admisibles (VMA) (DS 021-2009-VIVIENDA).

Respecto al valor de DQO de las muestras, es usual que se encuentren valores próximos si se trata de efluentes de camales y dicha afirmación se corrobora en la investigación de Salazar, C., Puello, y González (2018) que reportan valores de DQO en efluentes de este tipo de establecimientos en rango de 708 a 3657 mg/L de acuerdo con el tipo de sacrificio y tratamiento existente, también se corrobora estos resultados con lo reportado en la

investigación de Irigoín Sánchez & Monteza Chamaya, (2020) quienes reportaron valores de DQO para agua residual de camal en valores de 4218.96 mg/L.

Si bien, el índice de biodegradabilidad de la muestra es 0.4 (relacion entre DBO /DQO) que la hace propicia para un tratamiento biologico a este proceso le deben anteceder tratamientos primarios que conlleven a la remocion de solidos en suspensión, entre ellos la coagulacion y floculacion es una alternativa .

Respecto al valor de turbiedad de las muestras, esta se encuentra dentro del rango de 79 y 1406 NTU que es indicado por Salazar, C., Puello, y González (2018) quienes manifiestan que la turbiedad es diversa dentro del rango indicado los cuales dependen de la capacidad de animales beneficiados. En la investigación desarrollada por Vidal, Riaño, Yarce, Vidal, y Chaparro (2019) reportaron valores de turbidez inferiores (253 NTU) para efluentes de matadero esto se puede deber debido a que la capacidad de beneficio de esta planta es menor. Asi mismo resultados mas cercanos de valores de turbiedad fueron informados por Delgado, Carmona, Rosas, Zárate, & Ramírez (2021) equivalentes a 375 NTU para efluentes de mataderos.

Respecto al valor de DBO de las muestras, es usual que se encuentren en valores tal como menciona, Ticona Flores, (2021) Salazar, C., de acuerdo a sus resultados respecto a este parámetro en su estudio que fue de 2500 mg/L, cuyo valor es alto por tanto es un indicador de alta carga orgánica presente en los efluentes provenientes de los establecimientos como los camales; evidenciando la falta de tratamiento. Lo mencionado anteriormente, también se ratifica en la investigación de Irigoín Sánchez & Monteza Chamaya, que expone valores de 2285.42 mg/L de demanda bioquímica de oxígeno en los resultados de las muestras de agua provenientes de camales.

Finalmente respecto al valor de pH de las muestras, es usual que se reporten valores como los mostrados en la presente investigación (7.1) para efluentes de canales y se corrobora con los resultados de investigaciones como la de Salazar, C., Puello, y González (2018) que reporta valores de pH entre 6,3 y 8,3 de acuerdo al tratamiento existente en dichos establecimiento; asimismo, se tienen resultados de la investigación como el de Ticona Flores, (2021) que reporta valores de pH de 6.72 - 7.4 en efluentes sin tratamiento, así el valor de pH de la muestra de esta investigación está dentro de este rango.

4.2. CARACTERIZACIÓN DE FLOCULANTE

Los resultados de la caracterización del floculante de la semilla de mango se muestran en la tabla 11.

Tabla 11

Resultados de la caracterización fisicoquímica del floculante.

Parámetros	Valor
Humedad (%)	26,71
Proteína (%)	4,63
Grasa (%)	7,55
Ceniza (%)	3,66
Fibra (%)	4,52
Carbohidratos (%)	57,45

Nota: El porcentaje de carbohidratos se determinó por la diferencia los porcentajes de humedad, proteína, grasa, ceniza y fibra.

(Florian Dominguez & Huacanjulca Rebaza, 2019) en su estudio Influencia del tiempo y dosis de polvo de pepa de *Mangifera indica L* (Mango) en coagulación- floculación de aguas residuales de la Agroindustria Viru S.A. obtuvo los siguientes resultados: % de humedad 42.21, % grasas 5.43, % cenizas 13.03 y % carbohidratos 32.14. Así también (Chaparro y otros, 2015)

determino los valores de : % humedad 44.85, % grasas 10.70, % proteína 6.39, % cenizas 2.46, % fibra 2.38 y % carbohidratos 33 para las semillas de mango en su estudio de caracterización funcional de la almendra de las semillas de mango (*Mangifera indica L*), todo estos valores son muy cercanos con los resultados de la tabla 10 salvo el porcentaje de humedad y cenizas que muestra una disminución en nuestra caracterización , esto se puede deber a que se utilizó una semilla semiseca y libre de cascaras para obtener nuestro coagulante, también se puede observar un gran porcentaje de carbohidratos en todo los estudios mencionados, lo que respalda que la semilla de mango posee potencial coagulante como menciona (Dixit y otros, 2015).

4.3. PROCESO DE COAGULACION Y FLOCULACIÓN

4.3.1. Remoción de DQO

Respecto a la influencia de las dosis de coagulante, el pH del proceso, la velocidad y el tiempo de floculación en el porcentaje de remoción de materia orgánica total, se obtuvieron resultados que se muestran en la tabla 12.

Tabla 12

Resultados de DQO removido del efluente del Camal Municipal de la Provincia de Anta con tratamiento.

DQO (mg/l) Inicial	N° de Ensayos	Variables Independientes				Variables Dependientes			
		A	B	C	D	DQO final (mg/L)	DQOfinal (mg/L) replica	DQOfinal (mg/L) promedio	DQOe(%)
4440	M1	245	6	30	10	1130	1270	1200	73.0
	M2	255	7.1	30	10	1070	1030	1050	76.4
	M3	255	6	40	10	1210	1290	1250	71.8
	M4	245	7.1	40	10	1010	1000	1005	77.4
	M5	255	6	30	30	1260	1300	1280	71.2
	M6	245	7.1	30	30	1050	990	1020	77.0
	M7	245	6	40	30	1120	1140	1130	74.5
	M8	255	7.1	40	30	990	980	985	77.8
	M9	250	6.5	35	20	1150	1130	1140	74.3
	M10	250	6.5	35	20	1151	1130	1140.5	74.3
	M11	250	6.5	35	20	1150	1131	1140.5	74.3

Nota: DQOe: demanda química de oxígeno eliminado.

De acuerdo con la Tabla 12, se llevaron a cabo once ensayos diferentes con sus respectivas replicas, etiquetados como M1 a M11, por tanto, se desarrollaron en total 22 ensayos en los cuales se variaron las condiciones experimentales, es decir, las dosis de coagulante, el pH, la velocidad de floculación y el tiempo de floculación, con el fin de evaluar su impacto en la remoción de Demanda Química de Oxígeno (%DQOe).

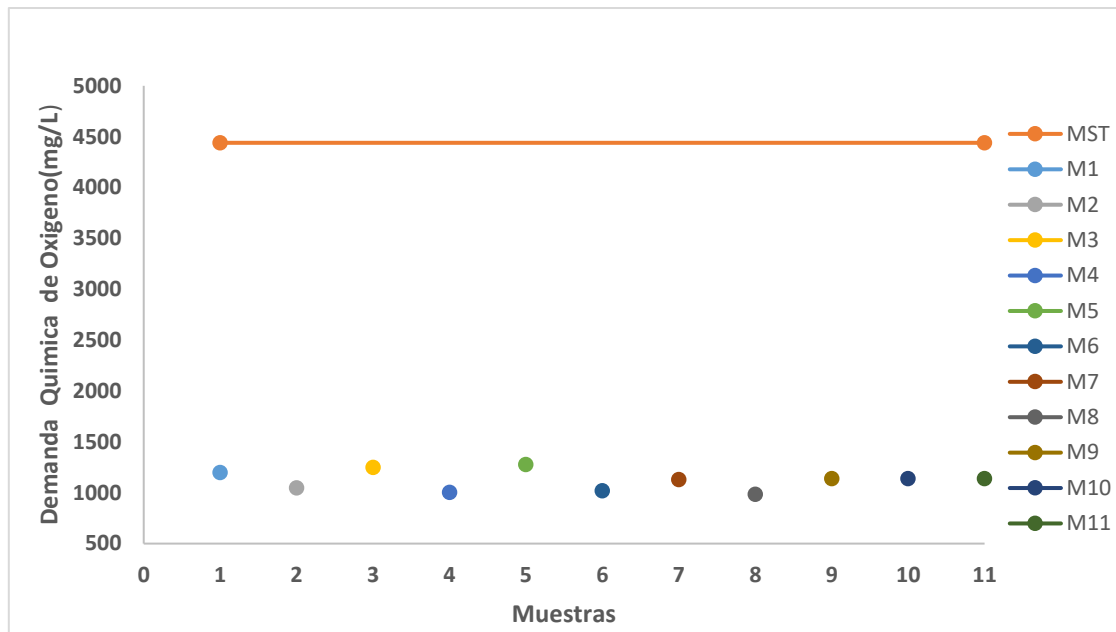
Para analizar los resultados la figura 12 revelan que el ensayo M5, se caracterizó por una dosis de coagulante de 255 mg/L, un pH de 6, una velocidad de floculación de 30 RPM y un tiempo de floculación de 30 minutos, se obtuvo el valor más alto de DQO final, con una remoción del 71.2%. Si se tiene en cuenta que la DQO inicial fue de 4440mg/L; esto sugiere que esta combinación específica de parámetros no condujo a una remoción efectiva de materia orgánica en el efluente.

Por otro lado, el ensayo M8, que utilizó una dosis de coagulante de 255 mg/L, un pH de 7.1, una velocidad de agitación de 40 RPM y un tiempo de floculación de 30 minutos, arrojó el valor más bajo de DQO, con una remoción del 77.8%. Esto indica que esta combinación de condiciones experimentales resultó en una remoción más efectiva de materia orgánica. En cuanto al ensayo M9 y sus dos replicas M10 y M11, se observó que los valores de DQO final es intermedio 1140.3 mg/l. En la figura 10 se muestra gráficamente la cantidad de DQO Final respecto a la DQO inicial de las muestras para los 11 tratamientos.

En la Figura 12, se observa una comparación visual entre los valores de DQO de las muestras con tratamiento y la muestra sin tratamiento (MST).

Figura 12

Remoción de DQO (mg/l).



Nota: Donde MST: muestra sin tratamiento, muestras con tratamiento (M1-M9).

Cada punto en la figura representa el valor de DQO de la muestra después del tratamiento, y la línea horizontal indica el valor de DQO en la muestra sin tratamiento (MST). También se puede observar un cambio significativo en los valores de DQO en las muestras con tratamiento respecto a la muestra sin tratamiento (MST) demostrando la efectividad del floculante de semilla de mango.

3.3.2. Remoción de DBO

Respecto a la influencia de las dosis de coagulante, el pH del proceso, la velocidad y el tiempo de floculación en el porcentaje de remoción de materia orgánica biodegradable, se obtuvieron resultados que se muestran en la tabla 13.

Tabla 13*Resultados de DBO de efluente del Camal Municipal de la Provincia de Anta con tratamiento.*

DBO Inicial (mg/l)	N° de Ensayos	Variables Independientes				Variables Dependientes			
		A	B	C	D	DBO (mg/l)	DBO replica (mg/l)	DBO (mg/l) final PROMEDIO	DBOe (%)
		Dosis de coagulante (mg/L)	pH	Velocidad de floculación (min)	Tiempo de floculación (min)				
1780	M1	245	6	30	10	610	690	650	63.5
	M2	255	7.1	30	10	580	560	570	68.0
	M3	255	6	40	10	650	700	675	62.1
	M4	245	7.1	40	10	550	540	545	69.4
	M5	255	6	30	30	680	710	695	61.0
	M6	245	7.1	30	30	570	540	555	68.8
	M7	245	6	40	30	600	620	610	65.7
	M8	255	7.1	40	30	540	530	535	69.9
	M9	250	6.5	35	20	621	610	615.5	65.4
	M10	250	6.5	35	20	620	611	615.5	65.4
	M11	250	6.5	35	20	621	610	615.5	65.4

Nota: DBOe: Demanda bioquímica de oxígeno eliminado.

De acuerdo con la tabla 13, se llevaron a cabo once ensayos diferentes en las cuales se variaron las condiciones experimentales, es decir las dosis de coagulante, el pH del proceso, la velocidad de floculación y el tiempo de floculación, con el fin de evaluar su impacto en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (%DBOe).

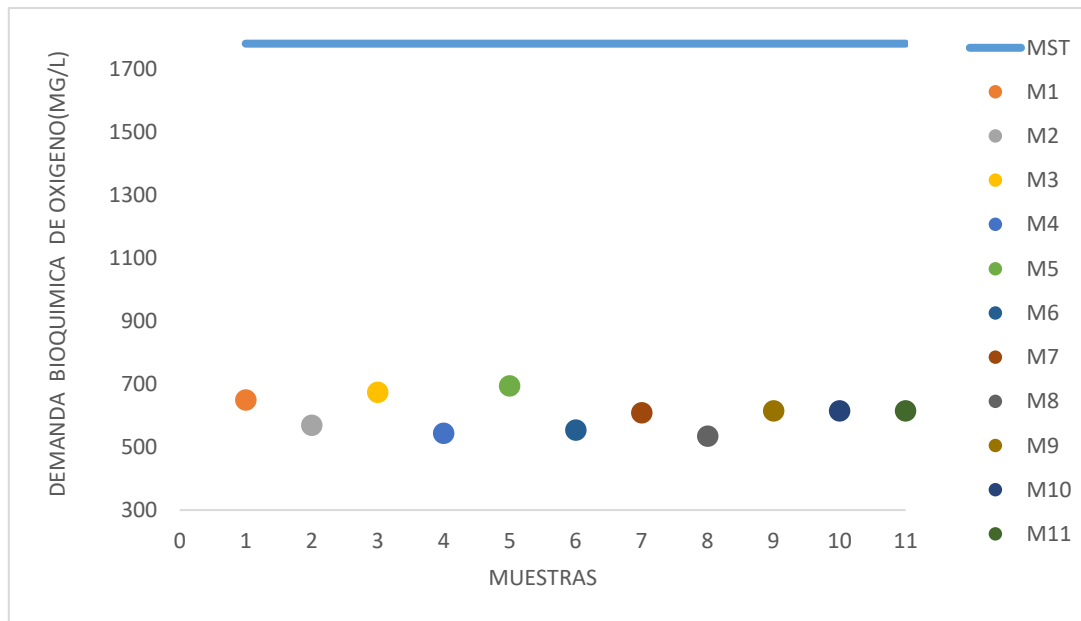
Para analizar los resultados, la figura 13 revela que los ensayos M5 y M3 obtuvieron los valores más altos de DBO, que se caracterizaron por una dosis de coagulante – floculante de 255 mg/L, un pH de 6 una velocidad de floculación de 30 rpm y 40 rpm respectivamente y un tiempo de floculación de 30 minutos y 10 minutos, se obtuvieron valores más alto de DBO final, con una remoción de 61% y 62.1% respectivamente. Teniendo en cuenta que la DBO inicia fue de 1780 mg/l; esto sugiere que esta combinación específica de parámetros no condujo a una remoción efectiva de materia orgánica medida a través de la DBO.

Por otro lado, los ensayos M8 y M4, que utilizaron dosis de coagulante – floculante de 255 mg/L y 245 mg/L, pH de 7.1, velocidad de floculación de 40 rpm y tiempo de floculación de 30 minutos y 10 minutos, se obtuvieron tuvieron valores más bajos de DBO, con una remoción de 77.8% y 77.4%, respectivamente. Esto indica que estas combinaciones de condiciones experimentales resultaron más efectivas en cuanto a la remoción de la materia orgánica. En cuanto a los ensayos M9 y sus dos replica M10 Y M11, se observó que valores de DBO final es intermedia con una remoción del 65.4%.

En la figura 13 se muestra gráficamente la cantidad de DBO final respecto a la DBO inicial de las muestras para los 11 tratamientos.

Figura 13

Remoción de DBO.



Nota: Donde MST: muestra sin tratamiento y muestra con tratamiento (M1- M9).

En la Figura 13, se observa una comparación visual entre los valores de DBO de los ensayos con tratamiento y la muestra sin tratamiento (MST). Cada punto en la figura representa el valor de DBO de los ensayos después del tratamiento, y la línea horizontal indica el valor de DBO en la muestra sin tratamiento (MST). También se puede observar un cambio significativo en los valores de DBO en los ensayos con tratamiento respecto a la muestra sin tratamiento (MST) demostrando la efectividad del floculante de semilla de mango.

4.3.3. Remoción de la turbidez.

Respecto a la influencia de las dosis de coagulante, el pH del proceso, la velocidad y el tiempo de floculación en el porcentaje de remoción de materia orgánica, se obtuvieron resultados que se muestran en la tabla 14.

Tabla 14*Resultados de Turbiedad (NTU) de efluente.*

TURBIEDAD (NTU) INICIAL	N° de Ensayos	Variables Independientes				Variables Dependientes			
		A	B	C	D	TURBIEDAD (NTU)	TURBIEDAD (NTU) (REPLICA)	TURBIEDAD FINAL (NTU) PROMEDIO	TUe (%)
		Dosis de coagulante (mg/L)	pH	Velocidad de floculación (rpm)	Tiempo de floculación (min)				
	M1	245	6	30	10	181	243	212	52.7
	M2	255	7.1	30	10	163	145	154	65.6
	M3	255	6	40	10	217	253	235	47.5
	M4	245	7.1	40	10	146	142	144	67.9
	M5	255	6	30	30	235	254	244.5	45.4
448	M6	245	7.1	30	30	159	140	149.5	66.6
	M7	245	6	40	30	178	186	182	59.4
	M8	255	7.1	40	30	141	139	140	68.8
	M9	250	6.5	35	20	185	176	180.5	59.7
	M10	250	6.5	35	20	186	175	180.5	59.7
	M11	250	6.5	35	20	185	176	180.5	59.7

Nota: NTUe: Turbiedad eliminado

De acuerdo con la tabla 14, se llevaron a cabo once ensayos diferentes en las cuales se variaron las condiciones experimentales, es decir las dosis de coagulante, el pH del proceso, la velocidad de floculación y el tiempo de floculación, con el fin de evaluar su impacto en la remoción de la turbiedad (% TUE).

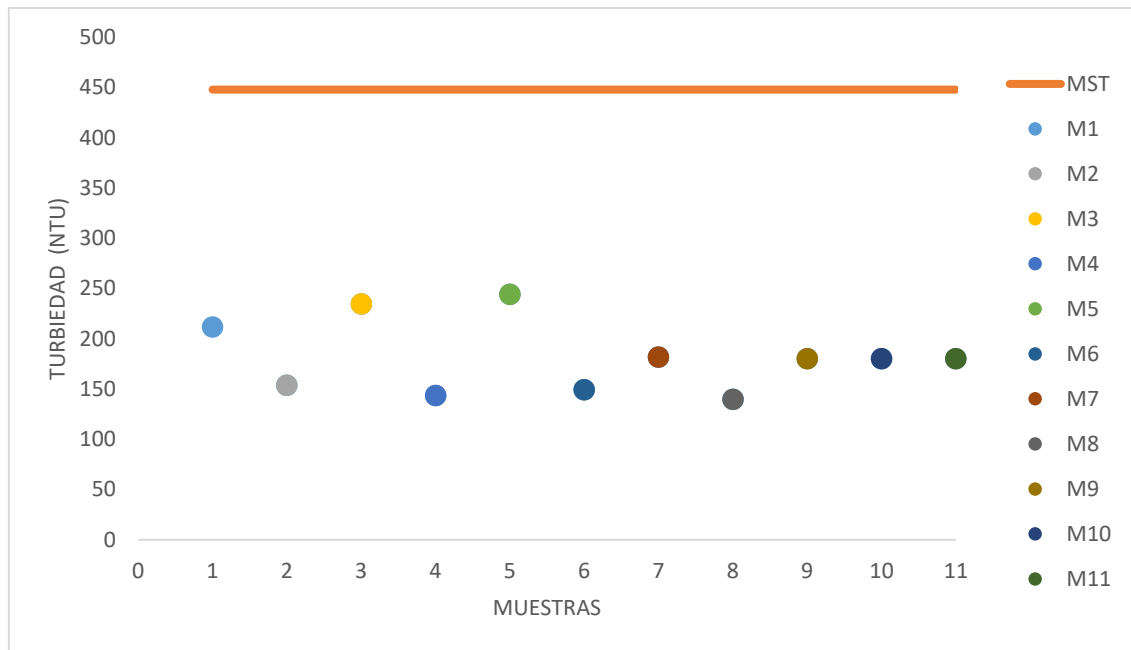
Para analizar los resultados, la figura 14 revela que los ensayos M5 y M3 obtuvieron los valores más altos de turbiedad, que se caracterizaron por una dosis de coagulante – floculante de 255 mg/L, un pH de 6 una velocidad de floculación de 30 rpm y 40 rpm respectivamente, un tiempo de floculación de 30 minutos y 10 minutos respectivamente, se obtuvieron valores más alto de turbiedad final, con una remoción de 45.4 % y 47.5 % respectivamente. Teniendo en cuenta que la turbiedad inicial fue de 448 NTU; esto sugiere que esta combinación específica de parámetros no condujo a una remoción efectiva de turbiedad.

Por otro lado, los ensayos M8 y M4, que utilizaron dosis de coagulante – floculante de 255 mg/L y 245 mg/L, pH de 7.1, velocidad de floculación de 40 rpm y tiempo de floculación de 30 minutos y 10 minutos, se obtuvieron valores más bajos de turbiedad, con una remoción de 68.8 % y 67.9 % respectivamente. Esto indica que estas combinaciones de condiciones experimentales resultaron en una remoción más efectiva de turbiedad.

En la figura 14 se muestra gráficamente la cantidad de turbiedad final respecto a la turbiedad inicial de las muestras para los 11 ensayos.

Figura 14

Remoción de TURBIEDAD (NTU).



Nota: donde MST: Muestra sin tratamiento y muestra con tratamiento (M1 – M9).

De acuerdo con la Figura 14 se puede observar un cambio significativo en los valores de turbiedad NTU en las muestras con tratamiento respecto a la muestra sin tratamiento (MST) demostrando la efectividad del floculante de semilla de mango.

A continuación, en la tabla 15, se muestra el resumen de los resultados promedios porcentuales obtenidos en laboratorio luego de los tratamientos aplicados al efluente.

Tabla 15

Resumen de resultados del promedio porcentual de DQOe, DBOe y TU(e) NTU del efluente tratado del Camal Municipal de la Provincia de Anta.

Condiciones iniciales de operación										
Ensayo	Dosis de	Velocidad de	Tiempo de	pH	DQOe	DBOe	Turbiedad(e)	DQOe %	DBOe %	Turbiedad(e)%
	coagulante									
M1	245	30	10	6	1200	650	212	73.0	63.5	52.7
M2	255	30	10	7.1	1050	570	154	76.4	68.0	65.6
M3	255	40	10	6	1250	675	235	71.8	62.1	47.5
M4	245	40	10	7.1	1005	545	144	77.4	69.4	67.9
M5	255	30	30	6	1280	695	244.5	71.2	61.0	45.4
M6	245	30	30	7.1	1020	555	149.5	77.0	68.8	66.6
M7	245	40	30	6	1130	610	182	74.5	65.7	59.4
M8	255	40	30	7.1	985	535	140	77.8	69.9	68.8
M9	250	35	20	6.5	1140	615.5	180.5	74.3	65.4	59.7
M10	250	35	20	6.5	1140.5	615.5	180.5	74.3	65.4	59.7
M11	250	35	20	6.5	1140.5	621	180.5	74.3	65.4	59.7

Nota: DQOe: demanda química de oxígeno eliminado, DBOe: demanda bioquímica de oxígeno eliminado y TUe: turbiedad eliminada

En términos generales, se observa que la variación en las condiciones experimentales tuvo un impacto significativo en las propiedades del efluente tratado. Se destaca que la dosis de coagulante, el pH y el tiempo de floculación parecen ser factores críticos que afectan la remoción de la materia orgánica y la turbidez.

4.3.4. Análisis estadístico

4.3.4.1. DQOe.

En la tabla 16 se observa los resultados de los efectos para el %DQOe.

Tabla 16

Efectos estimados para % DQOe.

<i>Efecto</i>	<i>Estimado</i>	<i>Int. Confianza</i>
Promedio	74.7273	+/- 0.480753
A:Dosis de coagulante-floculante	-1.175	+/- 1.12746
B:pH	4.525	+/- 1.12746
C:Velocidad de floculación	0.975	+/- 1.12746
D:Tiempo de floculación	0.475	+/- 1.12746
AB+CD	1.075	+/- 1.12746
AC+BD	0.025	+/- 1.12746
AD+BC	-0.075	+/- 1.12746

Nota: DQOe: demanda química de oxígeno eliminado

La tabla 16 muestra el promedio del porcentaje de eliminación de DQO entorno al cual se calculan los efectos de cada una de las variables independientes. La variable de mayor efecto es el pH que indica que un aumento de este es de 6 a 7.1 provoca un incremento en promedio de 4.525 en la variable % de DQO eliminado

seguido de la dosis del coagulante – floculante que indica que un cambio de menor a mayor dosis en promedio el porcentaje de DQO eliminado disminuye en 1.175.

La tabla 17 muestra mediante el análisis de varianza la significancia de los efectos de cada una de las variables

Tabla 17

Análisis de varianza para el porcentaje DQOe (eliminado).

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Dosis	2.76125	1	2.76125	11.00	0.0452
B:pH	40.9513	1	40.9513	163.14	0.0010
C:Velocidad de floculación	1.90125	1	1.90125	7.57	0.0706
D:Tiempo de floculación	0.45125	1	0.45125	1.80	0.2725
AB+CD	2.31125	1	2.31125	9.21	0.0561
AC+BD	0.00125	1	0.00125	0.00	0.9482
AD+BC	0.01125	1	0.01125	0.04	0.8459
Error total	0.753068	3	0.251023		
Total (corr.)	49.1418	10			

De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 17 (ANOVA) se concluye que la dosis de coagulante y el pH son las variables mas significativas al presentar un valor P inferior a 0.05, lo que indica que es significativamente diferente de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

Basados en el error total con 3 g.l (grados de libertad). ($t = 3.18245$) se muestra el resumen del modelo.

R-cuad.	R-cuad.(ajustado)	Error estándar del est.
98.4676%	94.8919%	0.501022

La estadística R- Cuadrada muestra que este modelo, así ajustado, explica el 98.4676% de la variabilidad en el porcentaje de DQOe. El mejor estadístico R- cuadrada ajustada para comparaciones de modelos utilizando diferentes números de variables independientes, es el 94.8919%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0.501022.

El error medio absoluto (MAE) de 0.233058 es el valor promedio de los residuos.

Figura 15

Diagrama de Pareto estandarizada para DQOe (eliminado)

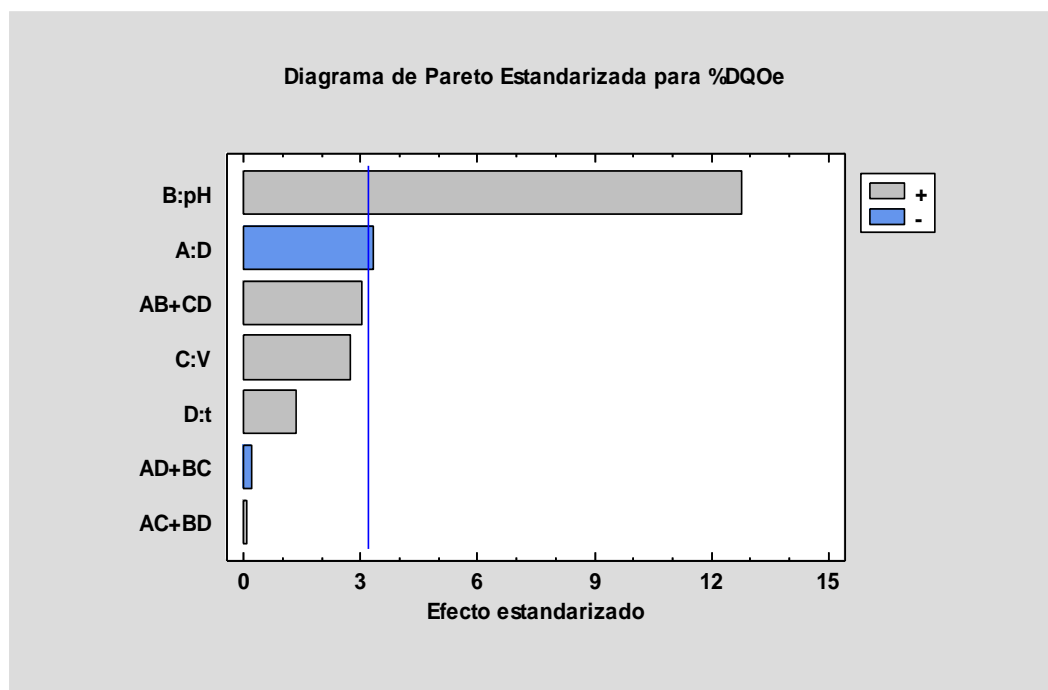
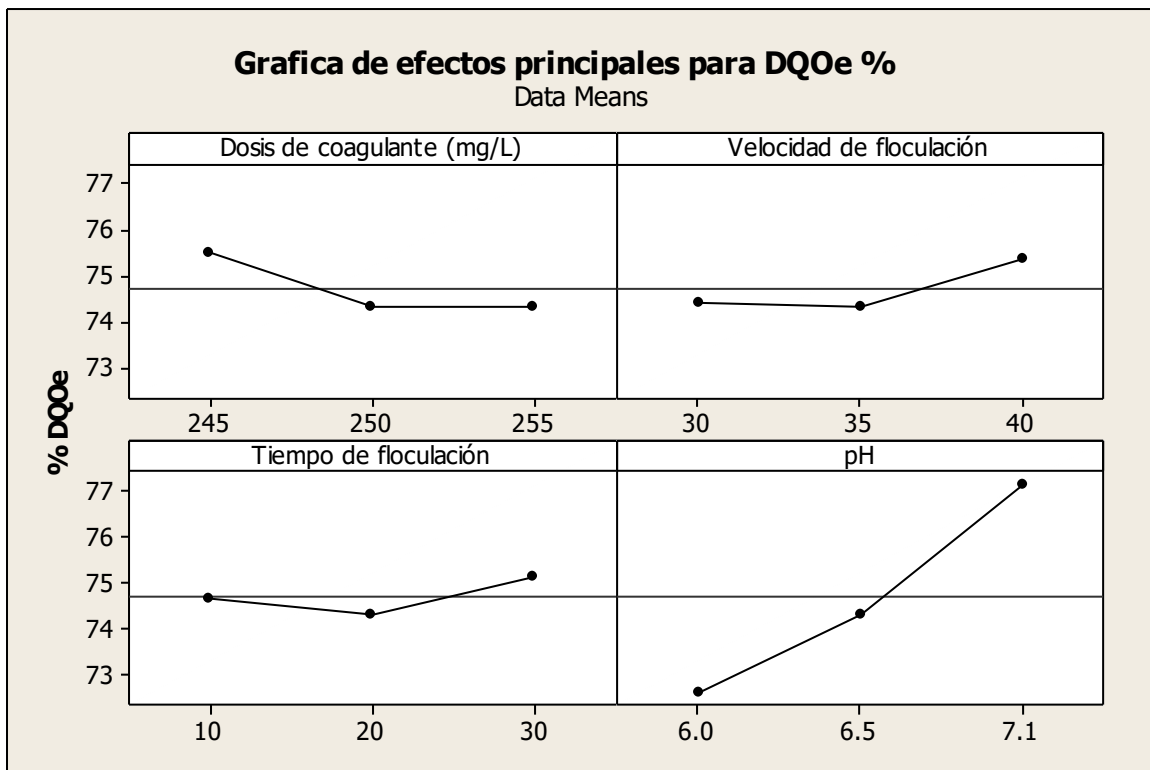


Figura 16

Grafica de efectos principales para la remoción de DQOe (%)



En la figura 15 se puede evidenciar los efectos de las variables independientes y sus interacciones que intervienen en la remoción del DQO en orden de prioridad. Se observa que el pH es el factor más importante, seguido de la dosis del coagulante y la velocidad de floculación, sin embargo, el tiempo de floculación parece tener poco efecto en la variable. Del mismo modo la figura 16, muestra que para la variable dosis de coagulante (mg/L) se observa que a 245 mg/L se obtiene 75.47%, para 250 mg/L se obtiene 74.3 % y para 255 mg/L 74.3 % de remoción DQO, seguida para la variable velocidad de floculación se tiene que para 30 rpm alcanza 74.4 %, a 35 rpm 74.3 % y para 40 rpm alcanza 75.37 % de remoción de DQO y para la variable tiempo de floculación se observa que a 10 minutos se obtiene 74.65 %, para 20 minutos se obtiene 74.3 % y para 30 minutos 75.12 %. Así mismo para la variable pH se tiene que a un pH 6 alcanza 72.63%, a pH de 6.5 un porcentaje de 74.3% y para 7.1 alcanza

77.15 de remoción de DQO. Por lo que para remover el DQO del agua la variable pH es la variable que presenta mayor persecución, seguida de la variable dosis de coagulante. Por otro lado, la variable velocidad de floculación y tiempo de floculación no tienen mayor objeto de interés para el estudio ya no tiene mayor efecto en la remoción de DQO.

4.3.4.2. DBOe.

Tabla 18

Efectos estimados para el porcentaje de DBO5e(eliminado).

<i>Efecto</i>	<i>Estimado</i>	<i>Int. Confianza</i>
Promedio	65.9091	+/- 0.460295
A:Dosis de coagulante	-1.625	+/- 1.07949
B:pH	6.125	+/- 1.07949
C:Velocidad de floculación	1.375	+/- 1.07949
D:tiempo de floculación	0.625	+/- 1.07949
AB+CD	1.375	+/- 1.07949
AC+BD	0.125	+/- 1.07949
AD+BC	-0.125	+/- 1.07949

La tabla 18 muestra los efectos estimados para el % de DBO eliminado, como se puede apreciar la variable de mayor efecto es el pH que indica que un aumento de este de 6 a 7.1 provoca un incremento en promedio de 6.125 en la variable % de DBO eliminado seguido de la dosis del coagulante – floculante que indica que un cambio de menor a mayor dosis en promedio el porcentaje de DBO eliminado disminuye en 1.625. En la tabla 19 se observa los resultados de la prueba ANOVA para el DBOe.

Tabla 19*Análisis de varianza para el porcentaje de DBOe.*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Dosis	5.28125	1	5.28125	22.95	0.0173
B:pH	75.0313	1	75.0313	326.06	0.0004
C:Velocidad de floculación	3.78125	1	3.78125	16.43	0.0270
D:Tiempo de floculación	0.78125	1	0.78125	3.40	0.1626
AB+CD	3.78125	1	3.78125	16.43	0.0270
AC+BD	0.03125	1	0.03125	0.14	0.7370
AD+BC	0.03125	1	0.03125	0.14	0.7370
Error total	0.690341	3	0.230114		
Total (corr.)	89.4091	10			

De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 19 (ANOVA) se concluye lo siguiente:

Que la variabilidad de % DBOe en piezas separados para cada uno de los efectos prueba la significancia estadística de cada efecto al comparar el cuadrado medio y la estimación del error experimental. En este caso, el valor de P para los cuatro efectos es inferior a 0.05, lo que indica que es significativamente diferente de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

Basados en el error total con 3 g.l (grados de libertad). ($t = 3.18245$) se muestra el resumen del modelo.

R-cuad. R-cuad.(ajustado) Error estándar del est.

99.2279% 97.4263% 0.479702

La estadística R- Cuadrada muestra que este modelo, así ajustado, explica el 99.2279% de la variabilidad en el porcentaje de DBOe. El mejor estadístico R- cuadrada ajustada para comparaciones de modelos utilizando diferentes números de variables independientes, es el 97.4263%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0.479702.

El error medio absoluto (MAE) de 0.22314 es el valor promedio de los residuos.

Figura 17

Diagrama de Pareto estandarizada para DBOe (eliminado)

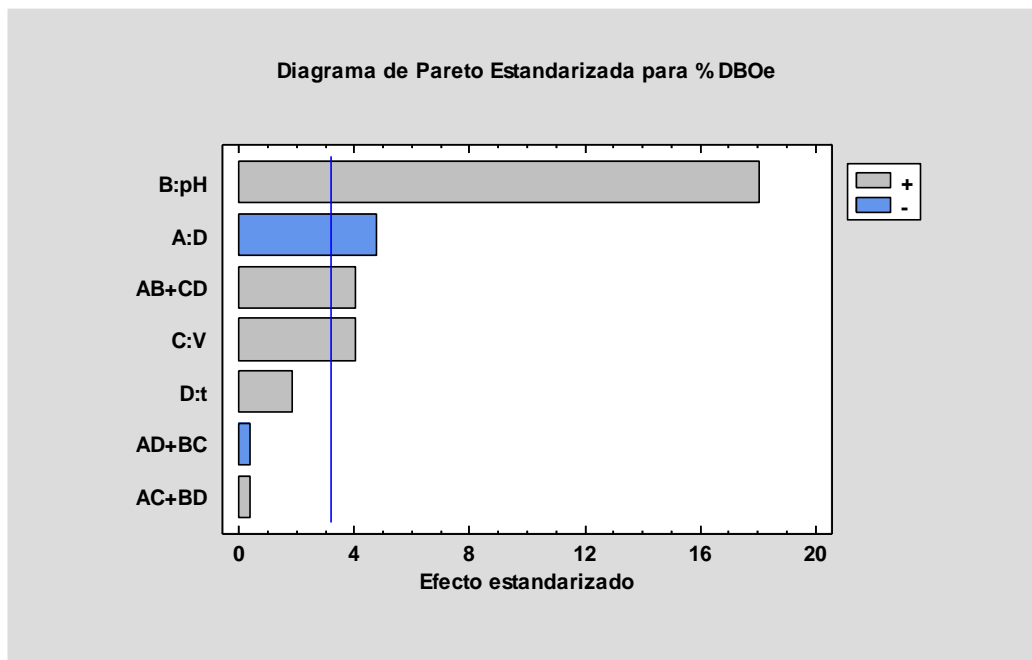
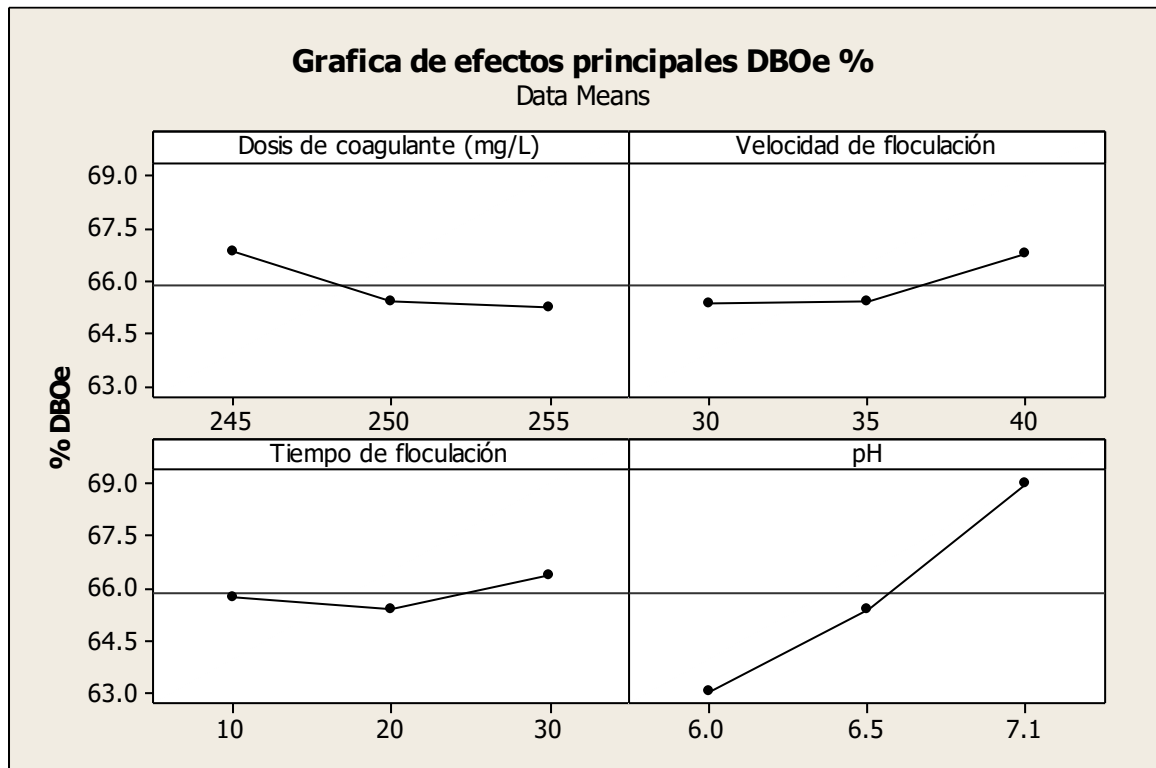


Figura 18

Grafica de efectos principales para la remoción de DQOe (%)



La figura 17 muestra el diagrama de Pareto respectivamente para % DBOe, donde se observa los cuatro variables independientes y sus interacciones en orden de prioridad. Del mismo modo en la figura 18, se observa que las cuatro variables en estudio son significativas, siendo de mayor significancia el pH, el efecto de este factor resultado positivo, en la prueba a pH 6 alcanza 63.07 %, 6.5 65.4 % y para 7.1 alcanza 69.025 de remoción de DBO. Seguida dosis de coagulante (mg/L) donde se observa que a 245 mg/L se obtiene 66.85%, para 250 mg/L se obtiene 65.4 % y para 255 mg/L 65.25 % de remoción DBO. Así mismo para la variable velocidad de floculación se tiene que para 30 rpm alcanzad 65.32 %, a 35 rpm 65.4 % y para 40 rpm alcanza 66.77 % de remoción de DBO. Por otro lado, la variable de tiempo de floculación no tiene

gran efecto en la remoción de DBO observándose que a 10 minutos se obtiene 65.75 %, para 20 minutos se obtiene 65.4 % y para 30 minutos 66.35 %.

4.3.4.3. Turbiedad eliminada.

Tabla 20

Efectos estimados para el porcentaje de TUE (eliminado).

<i>Efecto</i>	<i>Estimado</i>	<i>Int. Confianza</i>
Promedio	59.5455	+/- 0.511439
A:Dosis	-4.75	+/- 1.19943
B:pH	16.25	+/- 1.19943
C:Velocidad de floculación	3.25	+/- 1.19943
D:tiempo d floculación	1.25	+/- 1.19943
AB+CD	4.75	+/- 1.19943
AC+BD	-0.25	+/- 1.19943
AD+BC	-1.25	+/- 1.19943

La tabla 20 muestra los efectos estimados para el % de TUE eliminado. Como se puede apreciar la variable de mayor efecto es el pH que indican que un aumento de este de 6 a 7.1 provoca un incremento en promedio de 16.25 en la variable % de TUE eliminado seguido de la dosis del coagulante – floculante que indica que un cambio de menor a mayor dosis en promedio el porcentaje de TUE eliminado disminuye en 4.75.

También muestra las estimaciones para cada uno de los efectos estimados y las interacciones. Igualmente se muestran los intervalos de confianza del intervalo de confianza del 95.0% para los estimados. Note también que el factor de inflación de varianza (V.I.F.) más grande, es igual a 1.0. Para un diseño perfectamente ortogonal,

todos los factores serían igual a 1. Factores de 10 o más normalmente se interpretan como indicativos de confusión seria entre los efectos

En la tabla 21 se observa los resultados de la prueba ANOVA para la turbiedad eliminado.

Tabla 21

Análisis de Varianza para el porcentaje para el porcentaje de TUE (eliminado).

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Dosis	45.125	1	45.125	158.84	0.0011
B:pH	528.125	1	528.125	1859.00	0.0000
C:Velocidad de floculación	21.125	1	21.125	74.36	0.0033
D:Tiempo de floculación	3.125	1	3.125	11.00	0.0452
AB+CD	45.125	1	45.125	158.84	0.0011
AC+BD	0.125	1	0.125	0.44	0.5545
AD+BC	3.125	1	3.125	11.00	0.0452
Error total	0.852273	3	0.284091		
Total (corr.)	646.727	10			

De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla 21 (ANOVA) se concluye lo siguiente:

Que la tabla ANOVA particiona la variabilidad de % TUE en piezas separadas para cada uno de los efectos. Entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este

caso, 6 efectos tienen un valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

Basados en el error total con 3 g.l (grados de libertad). ($t = 3.18245$) se muestra el resumen del modelo.

R-cuad.	R-cuad.(ajustado)	Error estándar del est.
99.8682%	99.5607%	0.533002

El estadístico R-Cuadrada muestra que el modelo, así ajustado, explica 99.8682% de la variabilidad en % TUE. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 99.5607%.

Figura 19

Diagrama de Pareto Estandarizada para TUE (eliminado)

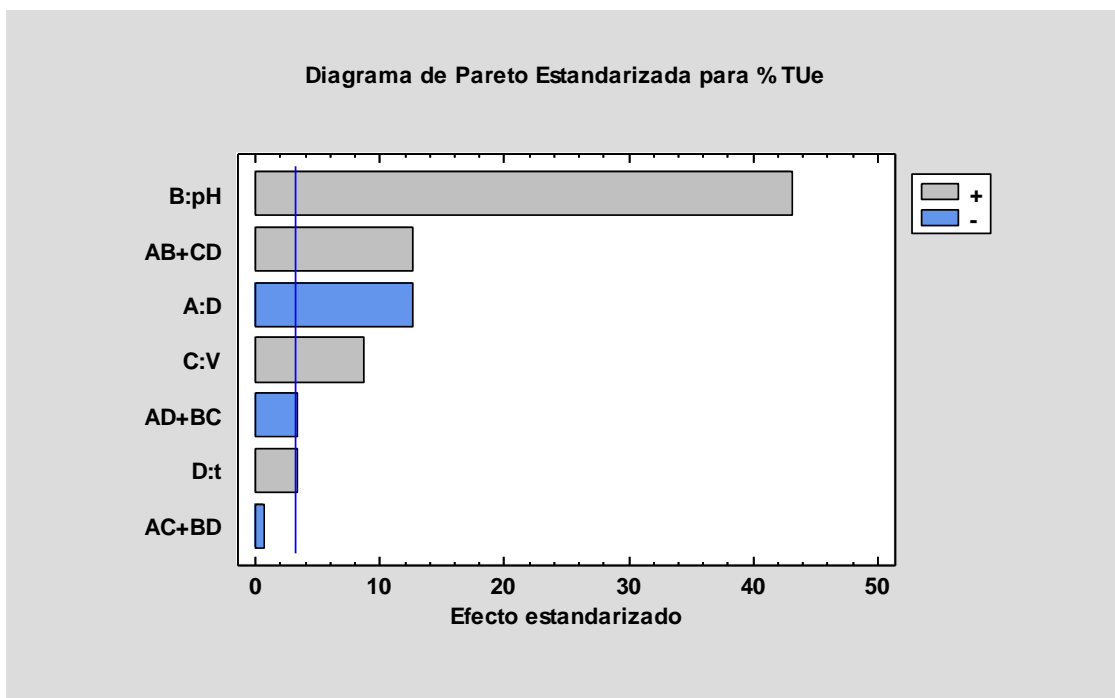
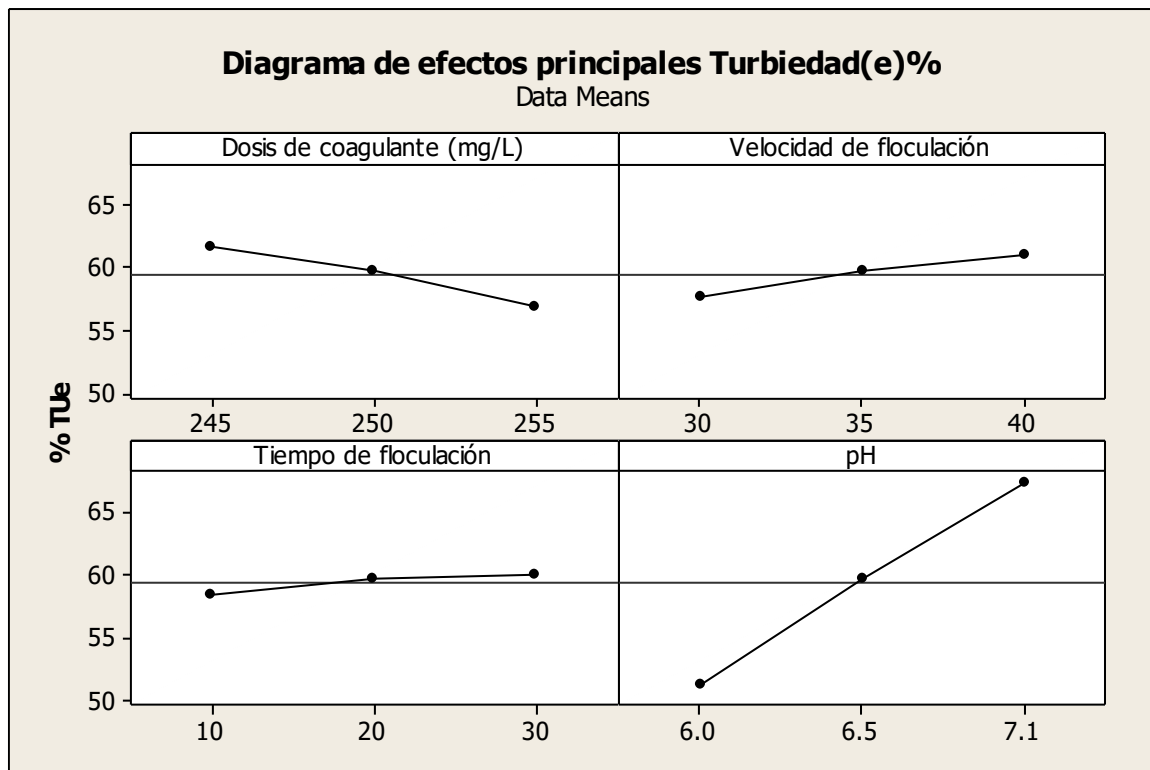


Figura 20

Grafica de efectos principales para la remoción de Turbiedad (%)



En la figura 19 se puede evidenciar los efectos de las variables independientes y sus interacciones que intervienen en la remoción de la turbiedad en orden de prioridad. Del mismo modo la figura 20, muestra que para la variable dosis de coagulante (mg/L) se observa que a 245 mg/L se obtiene 61.65 %, para 250 mg/L se obtiene 59.7 % y para 255 mg/L 56.82% de remoción DQO. seguida para la variable velocidad de floculación se tiene que para 30 rpm alcanza 57.57 %, a 35 rpm 59.7 % y para 40 rpm alcanza 60.9 % de remoción de DQO y para la variable tiempo de floculación se observa que a 10 minutos se obtiene 58.42 %, para 20 minutos se obtiene 59.7 % y para 30 minutos 60.05 %. Así mismo para la variable pH se tiene que para 6 alcanza 51.25, 6.5 59.27 % y para 7.1 alcanza 67.22 % de remoción de DQO. Por lo que para remover la turbiedad del agua la variable pH es la variable que

presenta mayor persecución, seguida de la variable dosis de coagulante. Por otro lado, la variable velocidad de floculación y tiempo de floculación no tienen mayor objeto de interés para el estudio ya no tiene mayor efecto en la remoción de DQO. El modelo utilizado explica una gran parte de la variabilidad en la turbiedad, lo que respalda la importancia de estas variables en la remoción de materia orgánica y en la mejora de la calidad del efluente.

4.4. DETERMINACION DE LOS PARÁMETROS DE LA DOSIS DEL COAGULANTE-FLOCULANTE, pH DEL PROCESO, VELOCIDAD Y TIEMPO DE FLOCULACIÓN SOBRE EL PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA Y TURBIEDAD.

La muestra M4, que se caracterizó por una dosis de coagulante de 245 mg/L, velocidad de floculación de 40 RPM, tiempo de floculación de 10 minutos y un pH de 7.1, mostró resultados sobresalientes en términos de remoción de materia orgánica (DQO y DBO₅) y turbiedad. Esto se evidencia por la alta disminución en los valores de DQO, DBO₅ y turbidez en comparación con las condiciones iniciales. El pH de 7.1 también contribuyó a esta eficiencia. La muestra M4 logró reducir DQO en 77.4 %, la DBO₅ en 69.4 % y la turbidez en 67.9 %. Esta configuración podría considerarse la más efectiva para la remoción de DQO, DBO₅ y turbiedad.

Por otro lado, la muestra M8 que utilizó una dosis de coagulante de 255 mg/L, una velocidad de floculación de 40 RPM, un tiempo de floculación de 30 minutos y un pH de 7.1 también demostró buenos resultados, logrando reducir la DQO en 77.8 %, la DBO₅ en 69.9 % y la turbiedad en 68.8%. Por lo que también esta configuración podría considerarse la más efectiva para la remoción de DQO y DBO₅ y turbiedad. Sin embargo, es importante destacar que el tiempo de floculación más largo puede requerir más recursos y tiempo de proceso, por

lo que se consideró la más efectiva el ensayo M4 con combinación de condiciones experimentales de dosis de coagulante de 245 mg/L, velocidad de floculación de 40 RPM, tiempo de floculación de 10 minutos y un pH de 7.1.

En la tabla 22, presenta la determinación de los parámetros físico químicos de la muestra tratada.

Tabla 22

Parámetros que lograron mayor remoción de materia orgánica y turbiedad.

Variables independientes	Parámetros
Dosis de coagulante – floculante	245 mg/L
Velocidad de floculación	40 rpm
Tiempo de floculación	10 min
pH	7.1

De acuerdo con los resultados obtenidos en la presente investigación mostrados en la Tabla 16 se observan remociones de DQO entre 71.2% a 77.8% DBO_5 y 61% a 69.9% para las dosificaciones de coagulante - floculante añadidos al proceso, velocidades de coagulación-floculación aplicadas y tiempos determinados, además se observan valores de porcentaje de remoción de turbidez entre 45.4% a 68.8%. De acuerdo a resultados obtenidos en investigaciones similares se observan los resultados de Martínez Morris, Marquina Gálvez, Carrasqueo, & Martínez Soto, (2017) que obtuvo la mayor tasa de remoción en agua con turbiedad media (75 NTU) 97.7%, y en agua de alta turbiedad (200 NTU) donde se obtuvo un porcentaje superior al 95%. Siendo estos valores claramente superiores al obtenido en esta

investigación con valor inicial de turbiedad 448 NTU, valor superior al tratado en la investigación de los autores antes mencionados, esto se corrobora en la investigación realizada por Ramírez García, Torres Bustillos, Cervantes Torre, & Corzo Rios, (2015) que obtuvieron un porcentaje de remoción de turbiedad superiores al 60% y valores de remoción de materia orgánica del 43% con dosis de 30 mg/L de floculante (valor inferior al usado en la presente investigación) lo que efectivamente revalida la efectividad del extracto de semilla de mango como coagulante – floculante.

Del mismo modo se validan los resultados con la investigación de Irigoín Sánchez & Monteza Chamaya, (2020), que presentaron un porcentaje de remoción en turbiedad, DQO y DBO_5 , 43.46%, 34.68% y 57.83%, respectivamente, a un pH de 6 con una concentración de coagulante de 600 ppm. Comparando con los resultados obtenidos realizado por Carpio Hernández, (2019) con una dosis de 50 mg/L para una turbidez inicial de 19.9 NTU con la que obtuvo una turbidez final de 3.92 NTU, un porcentaje de remoción de 80.3% y para una turbidez inicial de 209 NTU la dosis adecuada de coagulante natural fue 250 mg/L con lo que se obtuvo 53.5 NTU de turbidez final y un porcentaje de remoción de 74.4%, concluyendo que no es necesario utilizar grandes cantidades de coagulante en polvo en el proceso de coagulación – floculación ya que no se generó variaciones significativas en los valores de pH, las cuales se encontraron en el rango óptimo de 6.5 a 8.5, lo cual no es necesario el empleo de modificadores de pH.

Por lo tanto, es crucial realizar más pruebas y análisis estadísticos para obtener conclusiones más precisas sobre la influencia de cada variable en la remoción de materia orgánica y turbiedad.

CONCLUSIONES

- Se evaluó la remoción de la materia orgánica del efluente del Camal Municipal de la Provincia de Anta por coagulación – floculación usando semillas de mango (*Mangifera indica L*), obteniendo un porcentaje de remoción de DQO DEL 77.4%, DBO5 69.4% y turbiedad de 67.9%.
- La caracterización del efluente del Camal Municipal de la Provincia de Anta presenta los parámetros de DQO 4440 mg/L, DBO₅ 1780 mg/L, Turbiedad 448 NTU, los cuales sobrepasan, DBO₅ en 1280 mg/L, DQO en 3440 mg/L de acuerdo a los valores máximos admisibles (VMA) (DS 021-2009-VIVIENDA).
- Se caracterizó fisicoquímicamente las semillas de mango (*Mangifera indica L*) evidenciando la alta presencia de carbohidratos con valor de 57.45%, siendo responsable de la coagulación – floculación.
- La evaluación del proceso de coagulación y floculación a determinado que las variables de estudio dosis de coagulante – floculante, velocidad de floculación y pH son significativas para la remoción de la materia orgánica. Por el contrario, la variable tiempo de floculación resulta ser menos significativa.
- Se establecieron los parámetros adecuados de la dosis del coagulante - floculante, pH del proceso, velocidad de floculación y tiempo de floculación sobre el porcentaje de remoción del DQO, DBO₅ y turbiedad, evidenciando una dosis de 245 mg/L, velocidad de floculación 40 rpm, tiempo de floculación 10 min y pH de 7.1.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda evaluar la eficiencia de remoción de Coagulante - floculante de la semilla de mango acompañado de un floculante sintético para posteriores investigaciones.
- Estudiar otras variables que intervienen en el proceso de coagulación - floculación como la velocidad de coagulación y tiempo de sedimentación.
- Se recomienda evaluar el costo beneficio de usar semillas de mango como coagulante - floculante.
- Se recomienda a las autoridades de la Municipalidad Provincial de Anta tener un mayor control sanitario, técnico y administrativo del camal, ya que esta tiene deficiencias en proceso de faenado, control de residuos sólidos y tratamiento de efluentes.
- Es recomendable la utilización de coagulante – floculante de la semilla de mango para tipo de aguas tales como de la industrias textil, mineras y aguas para consumo humano.

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- Ahumada Theoduloz, G. (2015). *Tratamiento de Agua Potable*. Chile: Universidad de Chile.
- Amirtharajah, A., & Initial, M. (1989). *The mechanisms of coagulation*. Journal of the American Water Works Association.
- Andía Cárdenas, Y. (2000). *Tratamiento de aguas coagulacion y floculacion-SEDAPAL*. Lima.
- APHA, AWWA, & WEF. (2012). *Standard Methods for examination of water and wastewater*. American Public Health Association. 22 ed. <http://www.standardmethods.org/>
- Arias Hoyos, A., Hernandez Medina, J. L., Castro Valencia, A. F., & Sanchez Pena, N. E. (2017). Tratamiento de aguas residuales de una central de sacrificio: Uso de polvo de la semilla Moleífera como coagulante natural. 15. [https://doi.org/https://doi.org/10.18684/BSAA\(EdiciónEspecial\)29-39](https://doi.org/https://doi.org/10.18684/BSAA(EdiciónEspecial)29-39)
- Banchon , C., Baquerizo, J., Muñoz, D., & Zambrano, L. (2016). Coagulacion natural para la descontaminacion de efluentes industriales.
- Barraza Felix, A. J., & Palpa Chavez, G. (2011). *Comparación de eficiencias en el tratamiento de las aguas residuales provenientes de un camal utilizando en forma independiente eactores Uasb y filtros contenedores a escala piloto*. Lima,Peru: Universidad Nacional e Ingeniería.
- Bergamasco, R., Bouchard , C., Vieira da Silva , F., Hespanhold, M., Reis , M., & Fagundes, M. (2009). An application of chitosan as a coagulant/ flocculant in a microfiltration process of natural water. 205-213. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2008.04.049>
- Bharath, G., Kalavathy, S., & Miranda, L. (2018). Application of eco-friendly coagulants derived from Moringa oleifera and Jatropha curcas for turbidity removal in water treatment. <https://doi.org/https://doi.org/10.5004/dwt.2018.22141>

- Bratby, J. (1980). Coagulation and flocculation with an emphasis on water and wastewater treatment. *Agricultural Sciences*.
- Briceño Soto, K. Y., & Castillo Cevallos, X. A. (2009). *Diagnóstico ambiental y plan de manejo para el camal Municipal de Zapotillo*. Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
- Calizaya, Q., & Flores, D. T. (2013). *Tratamiento de efluentes líquidos y sólidos de camal Municipal Ilave*. Ilave-Puno: Investigaciones Altoandinas.
- Carpio Hernandez , B. M. (2019). Evaluación del uso de semillas de Mangifera indica l (mango) como coagulante natural para el tratamiento de aguas residuales de la PTAR Munives de Ves – Lima. Lima.
- Castrillon Bedoya, D., & Giraldo, M. (2012). *Determinación de las dosis óptimas del coagulante sulfato de aluminio granulado tipo b en función de la turbiedad y el color para la potabilización del agua en la planta de tratamiento de Villa Santana*. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Ceron Perez, V. A. (2016). *Estudio para la Determinacion y Dosificacion optima de Coagulantes en el Proceso de Clarificacion de aguas Crudas en la Potabilizacion de Aguas de la Empresa Empoobando E.SP*.
- Changso, C. (2008). Study of extraction process, chemical and physical properties of mango seed almond fat CV.
- Chaparro, S., Lara Sandoval, A., Sandoval Amador, A., Sosa Suarique, S., Martinez Zambrano, J., & Gil Gonzales, J. (Junio de 2015). Caracterización funcional de la almendra de las semillas de mango (Mangifera indica L). *Scielo*.
- Choque Quispe, Y., Solano Reynoso, A., Ramos Pacheco, B., & Choque Quispe , D. (1 de marzo de 2018). Capacidad floculante de coagulantes naturales en el tratamiento de agua. Andahuaylas, Perú.

- Ciencia Abierta. (2007). *Coagulación y floculación de contaminantes del agua*.
<http://ceeserver.cee.cornell.edu/mw24/projects/SSF/alsol/aluminumsolubility.xls>
- Cogollo Florez, J. M. (2011). Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: Caso de hidroxiclorigenato de aluminio. 78, 18 - 27.
- Crane, H., & Balerdi, C. (2001). El mango en Florida.
- Delgado, G., Carmona, A., Rosas, I., Zárate, G., & Ramírez, M. (2021). Organic load removal in slaughterhouse wastewater using anaerobic baffled reactor and constructed wetland as pretreatment and polishing stages.
- Dixit, S., Yadav, A., Dwivedi, P., & Das, M. (2015). Potential of mango seed kernel extract as a natural coagulant for treatment of turbid water. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5246-8>
- DS 021-2009-VIVIENDA. (s.f.).
https://www.gob.pe/busquedas?term=ds+021&institucion=vivienda&topic_id=&contenido=&sort_by=none
- Earth, G. (s.f.). <https://earth.google.com/web/>
- Elegbede, J., Achoba, I., & Richard, H. (1996). Nutrient composition of mango (*Mangifera Indica*) seed kernel. Nigeria.
- Espinosa Peralta, S. (2017). *Alternativas de tratamiento de aguas residuales del Camal Municipal del distrito de Tuman*. Chiclayo-Peru: Universidad de Lambayeque.
<https://repositorio.udl.edu.pe/xmlui/handle/UDL/111>
- Florian Dominguez, K. M., & Huacanjulca Rebaza, W. (2019). Influencia del tiempo y dosis de polvo de pepa de *Mangifera indica* L (Mango) en la coagulación-floculación de aguas residuales de la Agroindustria Viru S.A. Trujillo, Peru.

- García, J., Sierra, J., & Torres, J. (2017). Coagulation-flocculation of slaughterhouse wastewater with *Moringa oleifera* seed extract as a natural coagulant. <https://doi.org/10.2166/wst.2017.300>
- Guzman C, L., Taron D, A. A., & Nuñez M, A. (2015). *Polvo de la semilla (Cassia fistula) como coagulante natural en el tratamiento de agua cruda*. Cartagena -Colombia: Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial.
- Guzman, L., Villabona, A., Tejada, C., & Garcia , R. (2013). Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales.
- Irigoin Sánchez , A. L., & Monteza Chamaya , P. E. (2020). *Remoción de la concentración de materia orgánica en aguas residuales del camal de José Leonardo Ortiz usando semillas de tamarindo (Tamarindus Indica)*. Lambayeque - Peru: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Katayon, S., Kien Tat, W., Thamer, A., Badronisa, Y., Megat Mohd Noor, M. J., & Abdul Halim, G. (2007). Effect of natural coagulant application on microfiltration performance in treatment of secondary oxidation pond effluent . 204-212. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2006.03.541>
- López, R. y. (2004). *Tecnología de mataderos*. Madrid -España: Ediciones Mundi-prensa.
- Lozano, W., & Lozano, G. (2015). *Potabilización del agua .Principios de diseño ,control de procesos y laboratorio*. Bogota: Universidad Piloto de Colombia.
- Marin Ocampo, A., & Oses Perez, M. (2013). *Operación y mantenimiento de plantas de tratamientos de aguas residuales con el proceso de lodos activados*. (1ra ed.).
- Martinez Morris, U. G., Marquina Gelvez, C. E., Carrasqueo, S., & Martinez Soto, M. E. (2017). *El extracto de semillas de mango (Mangifera indica L) como coagulante natural en la potabilización de aguas*. Madrid -España: Latin American and Caribbean

Maza Estrada, D. E. (2013). *Validación de métodos analíticos para: DBO, DQO, nitritos, sólidos totales, cloruros y dureza total para análisis de aguas naturales, aguas de consumo humano y aguas residuales en el laboratorio de Ingeniería Ambiental (Laboratorios UTPL)*. Loja: Universidad Tecnica Particular de Loja.

Metcalf, E. (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, Vertido y Reutilización*. (Vol. Tercera Edición). España: McGraw Hill.

Muñoz Muñoz, D. (2005). *Sistema de tratamiento de aguas residuales de matadero para una población menor 2000 habitantes*. Cauca-Popoyan.

Naseri, S., Abdul-Rashid, H., A., & Rahman, M. (2014). Application of natural coagulant from *Parkia speciosa* and *Tamarindus indica* in river water treatment. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/19443994.2013.820858>

Nzikou, J., Kimbonguila, A., Matos, L., Loumouamou, B., Pambou, G., . Ndangui, C., . . . Desobry, S. (2010). Extraction and characteristics of seed kernel oil from mango (*Mangifera indica*).

OEFA, O. d. (2014). *Fiscalización ambiental en aguas residuales*. Lima. https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827

Oliveira, T., Silva, T., da Silva, T., de Souza, R., Nogueira, R., & Lima, R. (2020). Photocatalytic degradation of organic matter in tannery wastewater using immobilized TiO₂ nanoparticles: A kinetic study. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11356-020-08759-5>

- Paitan De la Cruz , M. A., & Sifuentes Cateño, G. (2018). *Remoción de contaminantes de aguas residuales de un matadero de equipos por el metodo de electrocoagulación a nivel de laboratorio*. Huancayo-Peru: Universidad Nacional del Centro del Peru.
- Perez Carrion, J., Canepa De Vargas , L., & Richter, C. A. (1984). *Coagulación. Evaluación de plantas de tratamiento de agua. DTIAPA. Manual*.
- Perez de La Cruz, F. J., & Urrea Mallebrera, M. A. (s.f.). *Coagulación Y Foculación*. Universidad Politecnica de Cartagena.
- Perez Parra, J. A. (1981). *Manual de tratamiento de agua*. . Medellin -Colombia: Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/2056>
- Ramírez García, A., Torres Bustillos, L., Cervantes Torre, G., & Corzo Rios, L. J. (2015). *Caracterización química de la semilla de mango (Mangifera indica L.) y la valorización de algunos de sus componentes*. Instituto Politécnico Nacional.
- Romero Rojas, J. A. (2002). *Calidad de agua*. Bogota -Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Romero Rojas, J. A. (2004). *Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño*. En J. A. Romero Rojas. Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Sainz Sastre, J. A. (2005). *Tecnologías para la sostenibilidad: Procesos y operaciones unitarias en depuración de aguas residuales*. Madrid-España: Fundacion EOI Gregorio del Amo.
- Salazar, C., Puello, E., & González, A. (2018). *valuation of organic load and its relation to the water quality index in the effluents of slaughterhouses in Colombia*.
- Sotheeswaran, S., Nand, V., Matakite, M., & Kanayathu, K. (2011). *Moringa Oleifera and other Local Seeds in Water Purification in Developing Countries*.

- Stefani, C. R. (2017). *Disminución de la carga orgánica del efluente del camal Municipal El Porvenir mediante el tratamiento con sulfato de aluminio al 1%*. Trujillo - Peru.
- Ticona Flores, J. C. (2021). *Tratamiento electroquímico de aguas residuales procedentes del camal municipal de Anta, Cusco-2021*. Huancayo.
- Vázquez González, O. (1994). Extracción de coagulantes naturales de nopal y aplicaciones en la clarificación de aguas superficiales. Monterrey, Mexico.
<http://eprints.uanl.mx/id/eprint/7207>
- Vidal, G., Riaño, B., Yarce, J., Vidal, C., & Chaparro, J. (2019). Evaluation of wastewater from a Colombian slaughterhouse using physical, chemical and biological parameters.
- Yin, C. (2010). Emerging usage of plant-based coagulants for water and wastewater treatment. 1437-1444. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procbio.2010.05.030>

ANEXOS

ANEXO A: Métodos estándares para el análisis fisicoquímico de aguas.

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) – (5210-B. Winkler Modificado): La DBO se define usualmente como la cantidad de Oxígeno requerido por las bacterias mientras se estabiliza la materia orgánica putrescible bajo condiciones aeróbicas. Se debe a tres clases de materiales:
 - Materiales Orgánicos Carbonosos.
 - Materiales Nitrogenados oxidables.
 - Compuestos químicos reductores.

La prueba consiste en la determinación del OD, antes y después de un periodo de incubación a 20 °C. El periodo usual de incubación es de 5 días. Si la demanda de oxígeno de la muestra es mayor que la cantidad de oxígeno disuelto, se hace una dilución.

Materiales y equipos

- Recipientes de vidrio.
- Goteros.
- Bureta.
- Embudo.
- Estufa.
- Sulfato de Manganeso. $MnSO_4$
- Ácido Sulfúrico. H_2SO_4
- Yoduro de Potasio. KI
- Tiosulfato de Sodio 0.015N.
- Almidón 1%.

Procedimiento:

- Llenar el recipiente de vidrio con la muestra de agua al tope.
- Agregar 5 gotas de Sulfato de Manganeso $MnSO_4$
- Agregar 10 gotas de Yoduro de Potasio (KI).
- Agregar 10 gotas de ácido sulfúrico concentrado, y tapar el recipiente.
- Esperar aproximadamente 5 minutos.
- Tomar un volumen alícuota de 10 mL.
- Cargarla bureta con Tiosulfato de Sodio al 0.015% y titular.
- Anotar el volumen gastado.

Calculos:

- Oxígeno Disuelto – OD:

$$OD = \frac{Vg[Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O] * 8 * 1000}{Va} \quad (3.)$$

Donde:

Vg = Volumen gastado.

Va = Volumen alícuota.

- Para DQO:
 - Solución estándar de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) 0.25N.
 - Ácido sulfúrico (H_2SO_4).
 - Indicador de ferroina ($C_{36}H_{24}FeN_{62+}$)
 - Sulfato amónico ferroso 0.1N.

- Para Turbidez:

Se utilizó el equipo de turbidímetro HANNA para la medición de la turbiedad por el método nefelométrico, donde se midió la transparencia del agua tratada por presencia de sólidos en suspensión

ANEXO B: Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para la descarga de aguas residuales no domesticas en el sistema de alcantarillado sanitario y sus anexos.

decretosupremon021-2009-vivienda.



Decreto Supremo Nº 021-2009-VIV

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el Artículo 2º de la Ley N° 27792, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, establece que es competencia del Ministerio, formular, aprobar, ejecutar y supervisar las políticas de alcance nacional aplicables en materia de vivienda, urbanismo, construcción y saneamiento, correspondiéndole por tanto dictar normas de alcance nacional y supervisar su cumplimiento;

Que, asimismo el literal a) del Artículo 8º del Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, aprobado por Decreto Supremo N° 002-2002-VIVIENDA, establece que el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento diseña, norma y ejecuta la política nacional y acciones del sector en materia de vivienda, urbanismo, construcción y saneamiento;

Que, la Ley N° 26338, Ley General de Servicios de Saneamientos, en adelante la Ley General, ha declarado que dichos servicios son de necesidad y utilidad pública y de preferente interés nacional, cuya finalidad es proteger la salud de la población y el ambiente;

Que, el Artículo 15º de la Ley General, establece que los usuarios de los servicios de saneamiento tienen la obligación de hacer uso adecuado de dichos servicios, no dañar la infraestructura correspondiente y cumplir con las normas que los Reglamentos de las entidades prestadoras establezcan; asimismo dispone que el daño o la depredación de los equipos e instalaciones de los servicios de saneamiento; así como el uso indebido de los mismos serán sancionados en la forma que establezca el Reglamento de la Ley General y las disposiciones que para el efecto dicte la Superintendencia, sin perjuicio de la responsabilidad penal que tuviese el infractor.

Que, mediante Decreto Supremo N° 023-2005-VIVIENDA se aprobó el Texto Único Ordenado del Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento, en adelante el TUO del Reglamento;

Que, el literal g) del Artículo 56º del TUO del Reglamento establece como derecho de las EPS suspender el servicio de alcantarillado sanitario cuando las características de los efluentes industriales que se vierten en él, no cumplan con los límites máximos permisibles establecidos en la normatividad vigente, quedando la EPS facultada para cobrar por los gastos incurridos en la suspensión y reposición de dicho servicio; por otro lado el literal h) del mismo artículo dispone que en casos especiales las EPS pueden cobrar el costo adicional por las cargas en el sistema de alcantarillado que superen los límites establecidos por cada EPS en su Reglamento de Prestación

de Servicios, indicando que dicho costo adicional será considerado como un servicio colateral;

Que, el tercer párrafo del Artículo 79° de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, establece que corresponde a la autoridad sectorial competente la autorización y el control de las descargas de agua residual a los sistemas de drenaje urbano o alcantarillado;

Que, las descargas de aguas residuales no domésticas en la red de alcantarillado sanitario contienen concentraciones elevadas de sustancias contaminantes o tóxicas que deben ser reguladas, controladas y fiscalizadas, a fin de evitar el deterioro de las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias y equipos, disminuyendo los costos de su operación y mantenimiento, y evitando el deterioro de los procesos de tratamiento de las aguas residuales;

Que, por otro lado la presencia de sustancias nocivas en concentraciones elevadas en las aguas residuales que descargan a las redes de alcantarillado pone en peligro la salud de los seres humanos;

Que, es necesario regular las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, a fin de evitar el deterioro y asegurar el adecuado funcionamiento de los sistemas de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales, garantizando la sostenibilidad del tratamiento de las aguas residuales, estableciendo y aprobando para este caso Valores Máximos Admisibles (VMA) en lugar de Límites Máximos Permisibles, pues estos últimos son parámetros de orden ambiental que se aplican a las descargas de efluentes en cuerpos receptores y tiene influencia en el ecosistema y el ambiente;

Que, en ese sentido resulta necesario modificar e incorporar las disposiciones pertinentes establecidas en el TUO del Reglamento de la Ley General a fin de concordar la nomenclatura y definición de los VMA;

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8) del Artículo 118° de la Constitución Política del Perú, Leyes N° 26338, N° 27792, N° 29338, Decreto Supremo N° 023-2005-VIVIENDA y sus modificatorias, y demás normas pertinentes.

DECRETA:

Artículo 1°.- Finalidad, Ámbito de aplicación y obligatoriedad de la norma

La presente norma regula mediante Valores Máximos Admisibles (VMA) las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario a fin de evitar el deterioro de las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias, equipos y asegurar su adecuado funcionamiento, garantizando la sostenibilidad de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales.





Decreto Supremo

Los Valores Máximos Admisibles (VMA) son aplicables en el ámbito nacional y son de obligatorio cumplimiento para todos los usuarios que efectúen descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario; su cumplimiento es exigible por las entidades prestadoras de servicios de saneamiento - EPS, o las entidades que hagan sus veces.

Artículo 2°.- Aprobación de Valores Máximos Admisibles (VMA) para el sector saneamiento

Apruébese los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario, establecidos en los Anexos N° 1 y N° 2 que forman parte integrante de la presente norma.

Los usuarios cuyas descargas sobrepasen los valores contenidos en el Anexo N° 1, deberán pagar la tarifa establecida por el ente competente, la cual es complementaria al reglamento de la presente norma, pudiéndose llegar en los casos que se establezca en el reglamento, incluso a la suspensión del servicio de alcantarillado sanitario.

Los parámetros contenidos en el Anexo N° 2 no pueden ser sobrepasados. En caso se sobrepase dichos parámetros, el usuario será sujeto de suspensión del servicio.

Artículo 3°.- Definición de Valores Máximos Admisibles (VMA)

Entiéndase por Valores Máximos Admisibles (VMA) como aquel valor de la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos y/o químicos, que caracterizan a un efluente no doméstico que va a ser descargado a la red de alcantarillado sanitario, que al ser excedido causa daño inmediato o progresivo a las instalaciones, infraestructura sanitaria, maquinarias y equipos de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, y tiene influencias negativas en los procesos de tratamiento de las aguas residuales.

Artículo 4°.- Pago por exceso de concentración en la descarga de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario

Las EPS o las que hagan sus veces, podrán cobrar a los usuarios no domésticos el pago adicional, de acuerdo a la normatividad vigente, correspondiente al exceso de concentración de los parámetros: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Aceites y Grasas (AyG), medidos en la caja de registro de la red de alcantarillado o un dispositivo adecuado para este proceso, conforme al procedimiento que se establecerá en el Reglamento de la presente norma.

La metodología para la determinación de los pagos adicionales por exceso de concentración respecto de los valores máximos admisibles, será elaborada y aprobada por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento - SUNASS, en un

plazo no mayor de la fecha de entrada en vigencia del Reglamento de la presente norma. Dicha metodología deberá ser incorporada en el Reglamento de Prestación de Servicios correspondiente a cada EPS o las entidades que hagan sus veces.

Artículo 5°.- Suspensión del Servicio de Alcantarillado

Las EPS o las entidades que hagan sus veces se encuentran facultadas en virtud de la presente norma a imponer el cobro de tarifas aprobadas por la SUNASS e incluso disponer la suspensión del servicio de descargas al sistema de alcantarillado en los casos que se regulen en el reglamento y que deriven de la vulneración de los anexos N°1 y N°2.

Artículo 6°.- Caso fortuito o fuerza mayor

Cuando por caso fortuito o fuerza mayor el usuario no doméstico efectúe descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario superando los Valores Máximos Admisibles (VMA) establecido en el Anexo N° 2 de la presente norma, las EPS o las entidades que hagan sus veces, evaluarán si procede exonerar temporalmente al usuario no doméstico de los alcances del artículo 5°, de acuerdo a lo establecido en el reglamento de la presente norma.

Artículo 7°.- Control de las aguas residuales no domésticas

El monitoreo de la concentración de parámetros de descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario, estará a cargo de las EPS o las entidades que hagan sus veces, contando para ello con la participación de laboratorios debidamente acreditados ante INDECOPI. Los pagos deberán ser asumidos por el usuario no doméstico de acuerdo al procedimiento que el ente competente establecerá concordante con la presente norma. La recolección de las muestras será realizada de manera inopinada, conforme al procedimiento establecido en el reglamento de la presente norma.

Artículo 8°.- Actualización de los VMA

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento se encuentra autorizado a modificar los Valores Máximos Admisibles a través de una Resolución Ministerial. Para tal efecto, la Dirección Nacional de Saneamiento, evaluará y, de ser el caso, sustentará la modificación y actualización de los parámetros de los Valores Máximos Admisibles, señalados en los Anexos N° 1 y N° 2, previo análisis y estudio efectuado por las EPS o las entidades que hagan sus veces, de acuerdo a la caracterización del tipo de descarga no doméstica vertida a los sistemas de alcantarillado.

Artículo 9°.- Prohibiciones

Queda totalmente prohibido descargar directa o indirectamente a los sistemas de alcantarillado aguas residuales o cualquier otro tipo de residuos sólidos, líquidos o gaseosos que en razón de su naturaleza, propiedades y cantidad causen por sí solos o por interacción con otras descargas algún tipo de daño, peligro e inconveniente en las instalaciones de los sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales según lo indicado en el Reglamento de la presente norma.

Decreto Supremo

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

PRIMERA.- La presente norma entrará en vigencia conjuntamente con la aprobación de su Reglamento, el cual será elaborado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en un plazo máximo de trescientos sesenta y cinco (365) días calendario, contados a partir de la publicación de la presente en el Diario Oficial El Peruano.

SEGUNDA.- Los usuarios que a la fecha de entrada en vigencia del presente Decreto Supremo, se encuentren efectuando descargas de aguas residuales no domésticas en los sistemas de alcantarillado sanitario, deberán adecuar sus descargas a las disposiciones establecidas en la presente norma, en un plazo no mayor de cinco (05) años.

En el caso de nuevos usuarios del sistema de alcantarillado sanitario las disposiciones de la presente norma serán de aplicación inmediata.

TERCERA.- El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, mediante Resolución Ministerial, aprobará las normas complementarias que sean necesarias, para la aplicación e implementación del presente Decreto Supremo.

CUARTA.- El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS MODIFICATORIAS

ÚNICA.- Modifíquense los literales g) y h) del Artículo 56° del Texto Único Ordenado del Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento, aprobado por Decreto Supremo N° 023-2005-VIVIENDA y sus modificatorias, con el texto siguiente:

Artículo 56°.- Son derechos de la EPS:

(...)

g) Suspender el servicio de alcantarillado sanitario cuando las características de los efluentes no domésticos que se vierten en él, no cumplan con los Valores Máximos Admisibles (VMA) establecidos en la normatividad vigente. Las EPS o las entidades que hagan sus veces, quedan facultadas para cobrar por los gastos incurridos en la suspensión y reposición de dicho servicio.

h) Cobrar el costo adicional por las cargas contaminantes descargados en el sistema de alcantarillado que superen los Valores Máximos Admisibles (VMA) establecidos por





la normatividad vigente. Dicho pago adicional será incorporado en el Reglamento de Prestación de Servicios de cada EPS o las entidades que hagan sus veces.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS DEROGATORIAS

ÚNICA.- Deróguese todas las normas que se opongan al presente Decreto Supremo.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima a los diecinueve días del mes de noviembre del año dos mil nueve.

Regístrese, comuníquese y publíquese.




ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República


JUAN SARMIENTO SOTO
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

ANEXO C: Valores Máximos Admisibles para descargas al Sistema de alcantarillado

ANEXO N° 01

PARAMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VMA PARA DESCARGAS
			AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	DBO ₅	500
Demanda Química de Oxígeno(DQO)	mg/L	DQO	1000
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	S.S.T.	500
Aceites y grasas	mg/L	A y G	100

ANEXO N° 02

Valores Máximos Admisibles (1)

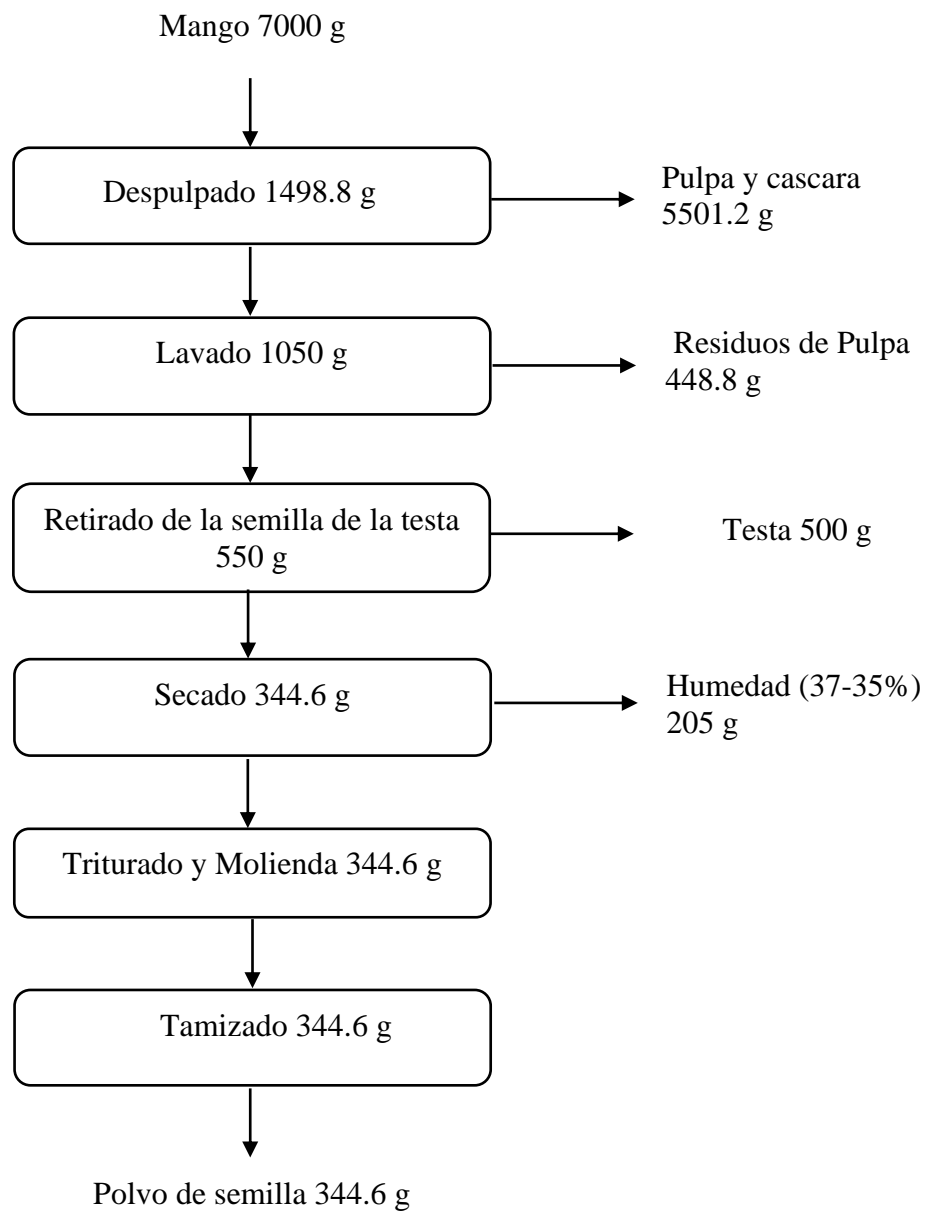
PARAMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VMA PARA DESCARGAS
			AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Aluminio	mg/L	Al	10
Arsénico	mg/L	As	0.5
Boro	mg/L	B	4
Cadmio	mg/L	Cd	0.2
Cianuro	mg/L	CN	1
Cobre	mg/L	Cu	3
Cromo hexavalente	mg/L	Cr ⁶	0.5
Cromo total	mg/L	Cr	10
Manganeso	mg/L	Mn	4
Mercurio	mg/L	Hg	0.02
Níquel	mg/L	Ni	4
Plomo	mg/L	Pb	0.5
Sulfatos	mg/L	SO ₄ ²⁻	500
Sulfuros	mg/L	S ²⁻	5
Zinc	mg/L	Zn	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	NH ⁴⁺	80
pH (2)	unidad	pH	6-9
Sólidos Sedimentables (2)	ML/h	S.S.	8.5
Temperatura(2)	°C	T	<35

- (1) La aplicación de estos parámetros a cada actividad económica por procesos productivos, será precisada en el reglamento de la presente norma tomando como referencia el código CIU. Aquellas actividades que no estén incluidas en este código, deberán cumplir con los parámetros indicados en el presente Anexo.
- (2) Estos parámetros, serán tomadas de muestras puntuales. El valor de los demás parámetros, serán determinados a partir del análisis de una muestra compuesta.

ANEXO D: Balance de masa del proceso de extracción de coagulante – floculante de la semilla de mango (*Mangifera indica L.*)

Figura 21

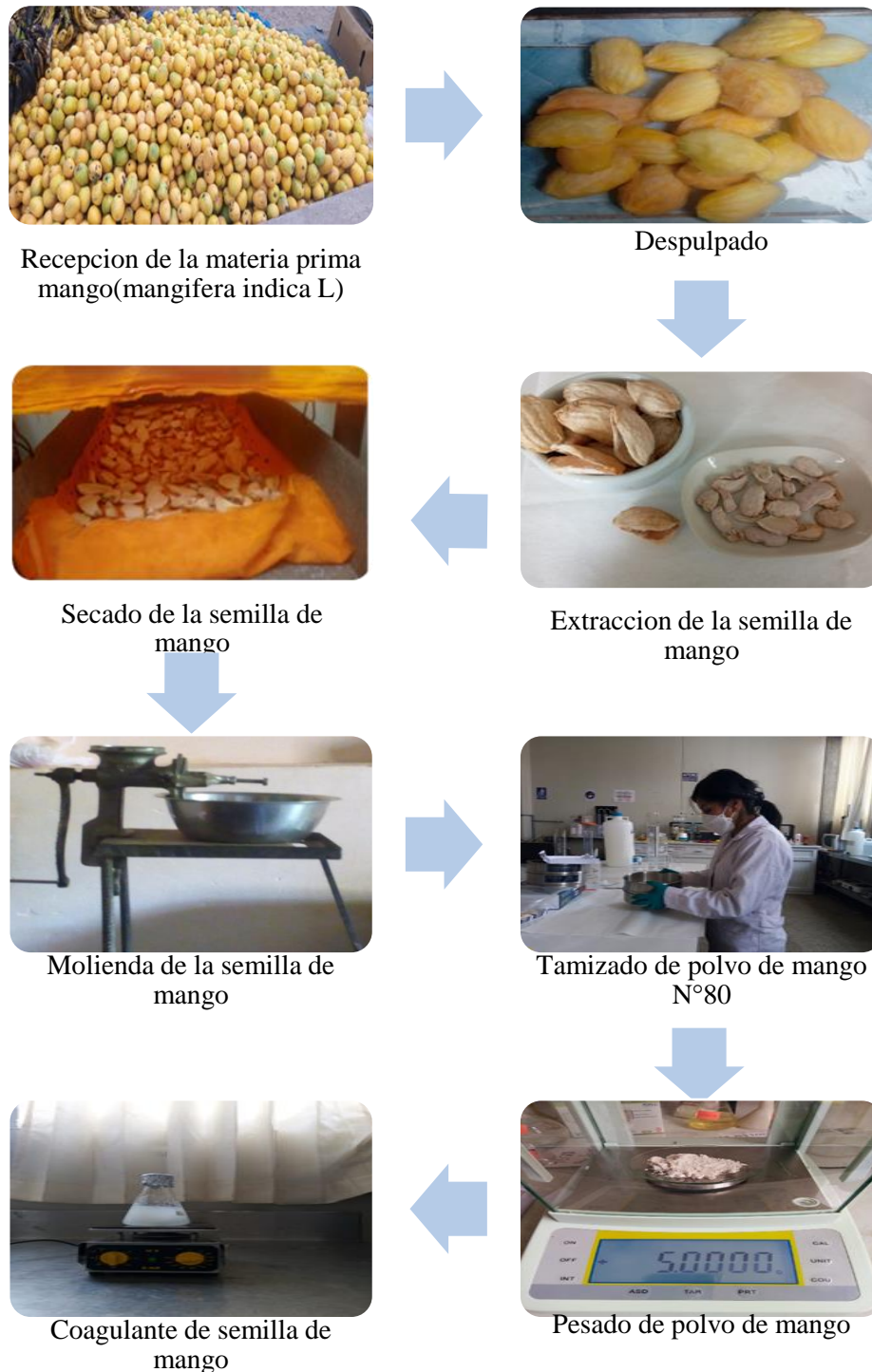
Balance de masa del proceso de extracción de coagulante - floculante de la semilla de mango (Mangifera Indica L).



ANEXO E: Proceso de obtención del coagulante de semillas de mango (*Mangifera indica* L).

Figura 22

Proceso de obtención de coagulante de semilla de mango (Mangifera indica L)



Nota: Recuperado del Laboratorio de Tecnologías de la Escuela profesional de Ingeniería

Química UNSAAC (2023).

ANEXO F: Desarrollo de la parte experimental

Figura 23

Población de la Provincia de Anta – Google Maps (satelital), ubicación del Camal Municipal.

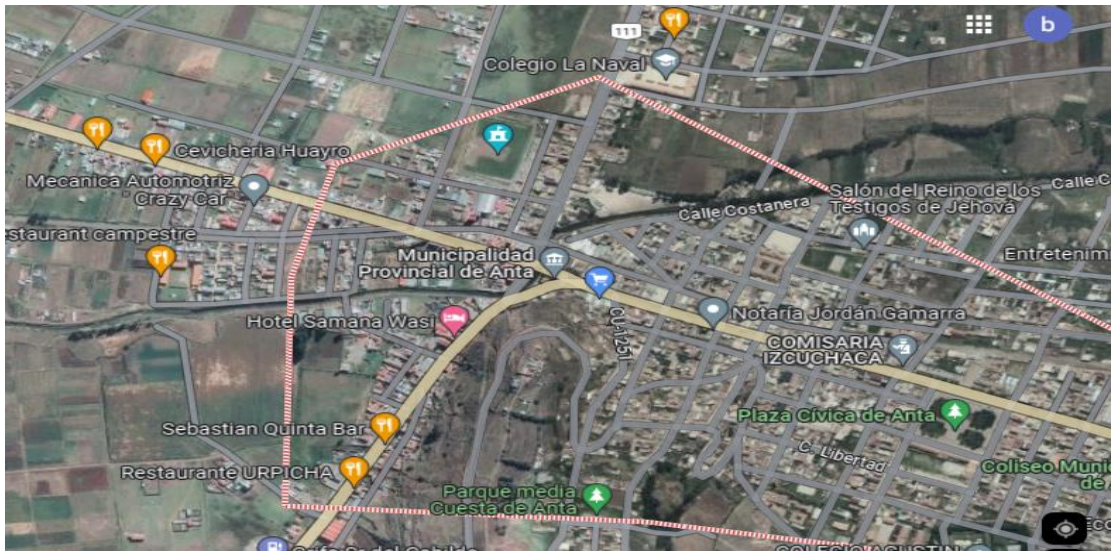


Figura 24

Punto de descarga hacia el dren y punto de toma de muestra



Figura 25

Etapa de preparación de los vasos a diferentes combinaciones de condiciones

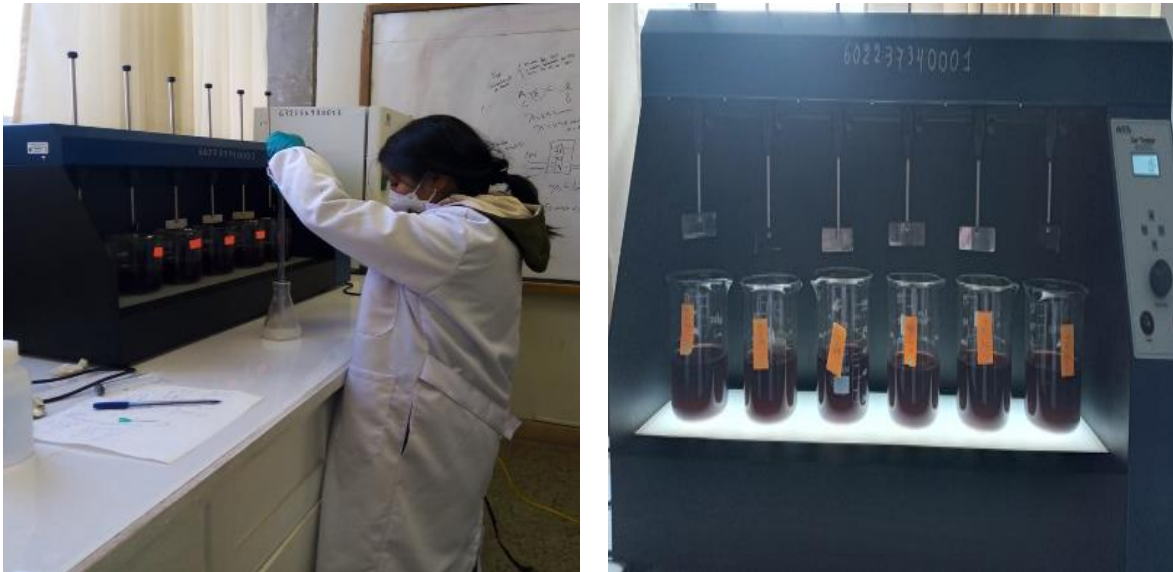


Figura 26

Formación de floc y precipitación después de la agitación.





Figura 27

Muestras después del tratamiento



ANEXO G: Certificado de análisis físico químico de la semilla de mango (*Mangifera indica* L).

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**
FACULTAD DE CIENCIAS
Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú

UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA
INFORME DE ANÁLISIS

Nº0092-23-LAQ

SOLICITANTE : BRISAYDA HUAMAN SANTA CRUZ
ROSMERY ROJAS LIGAS

TESIS : REMOSION DE MATERIA ORGANICA DEL EFLUENTE DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE ANTA, USANDO SEMILLAS DE MANGO (*Mangifera indica* L.)

MUESTRA : SEMILLA DE MANGO



FECHA : C/21/03/2023

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

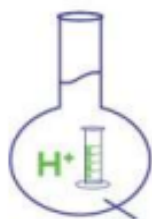
Humedad %	26,71
Proteína %	4,63
Grasa %	7,55
Ceniza %	3,66
Fibra %	4,52
Carbohidratos %	57,45

Métodos: AOAC 931.04, AOAC 970.22, AOAC 963.15, AOAC 972.15, AOAC 930.20.

Cusco, 27 de Marzo 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
Unidad de Prestación de Servicios de Análisis

RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO

ANEXO H: Análisis físico químico para la validación de resultados.



MC QUIMICALAB

De: Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez
LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES
AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE
RUC N° 10465897711 - COVIDUC A4 - SAN SEBASTIÁN Cel: 946887776 - 951562574

INFORME N° LQ 0057-23

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE AGUA RESIDUAL

SOLICITA :

- ROSMERY ROJAS LIGAS
- BRISAYDA HUAMAN SANTA CRUZ

PROYECTO : "REMOCION DE MATERIA ORGÁNICA DEL EFLUENTE DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE ANTA USANDO SEMILLAS DE MANGO (MANGIFERA INDICA L)."

MUESTRA : EFLUENTE DEL CAMAL – MUESTRA INICIAL

DISTRITO : ANTA

PROVINCIA : ANTA

DEPARTAMENTO : CUSCO

FECHA DE INFORME : 16/03/2023

RESULTADOS :

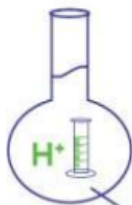
DETERMINACIONES		UNIDAD	M ₀
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	4440
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/L	1780
Turbiedad		NTU	448
pH			7.1

METODOS DE ANALISIS: Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales publicado conjuntamente por AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (WPCF).

NOTA:

- Los resultados son válidos únicamente para la muestra analizada.
- La muestra fue tomada por el solicitante.

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO
H. Cumpa
Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez
INGENIERO QUÍMICO
CIP 234338



MC QUIMICALAB

De: Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez
LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES
AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE
RUC N° 10465897711 - COVIDUC A4 - SAN SEBASTIÁN Cel: 946887776 - 951562574

Activar Windows
Ver configuración para at

INFORME N°LQ 0058-23

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE AGUA RESIDUAL

SOLICITA :

- ROSMERY ROJAS LIGAS
- BRISAYDA HUAMAN SANTA CRUZ

PROYECTO : "REMOCION DE MATERIA ORGÁNICA DEL EFLUENTE DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE ANTA USANDO SEMILLAS DE MANGO (MANGIFERA INDICA L)."

MUESTRAS : EFLUENTES DEL CAMAL CON TRATAMIENTO

DISTRITO : ANTA

PROVINCIA : ANTA

DEPARTAMENTO : CUSCO

FECHA DE INFORME : 16/03/2023

RESULTADOS :

DETERMINACIONES	UNIDAD	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅
Demanda Química de Oxígeno DQO	mg/L	1130	1070	1210	1010	1260
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO ₅	mg/L	610	580	650	550	680
Turbiedad	NTU	181	163	217	146	235
pH		6.1	6.9	6.08	6.85	6.03

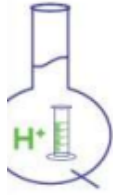
DETERMINACIONES	UNIDAD	M ₆	M ₇	M ₈	M ₉	M ₁₀	M ₁₁
Demanda Química de Oxígeno DQO	mg/L	1050	1120	990	1150	1151	1150
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO ₅	mg/L	570	600	540	620	620	621
Turbiedad	NTU	159	178	141	186	186	185
pH		7	6.15	6.9	6.65	6.67	6.65

MÉTODOS DE ANÁLISIS: Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales publicado conjuntamente por AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (WPCF).

NOTA:

- Los resultados son válidos únicamente para las muestras analizadas.
- Las muestras fueron tomadas por el solicitante.

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO
Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez
INGENIERO QUÍMICO
CIP 234338



MC QUIMICALAB

Activar W
Ve a Configu

De: Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez
LABORATORIO DE CIENCIAS NATURALES
AGUAS, SUELOS, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE
RUC N° 10465897711 - COVIDUC A4 - SAN SEBASTIÁN Cel: 946887776 - 951562574

INFORME N° LQ 0059-23

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE AGUA RESIDUAL

SOLICITA :

- ROSMERY ROJAS LIGAS
- BRISAYDA HUAMAN SANTA CRUZ

PROYECTO :

"REMOCION DE MATERIA ORGÁNICA DEL EFLUENTE DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE ANTA USANDO SEMILLAS DE MANGO (MANGIFERA INDICAL)."

MUESTRA :

EFLUENTES DEL CAMAL CON TRATAMIENTO - REPLICAS

DISTRITO :

ANTA

PROVINCIA :

ANTA

DEPARTAMENTO :

CUSCO

FECHA DE INFORME :

16/03/2023

RESULTADOS :

DETERMINACIONES	UNIDAD	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅
Demanda Química de Oxígeno DQO	mg/L	1270	1030	1290	1000	1300
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO ₅	mg/L	690	560	700	540	710
Turbiedad	NTU	243	145	253	142	254
pH		6.13	6.9	6.0	6.9	5.98

DETERMINACIONES	UNIDAD	M ₆	M ₇	M ₈	M ₉	M ₁₀	M ₁₁
Demanda Química de Oxígeno DQO	mg/L	990	1140	980	1130	1130	1131
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO ₅	mg/L	540	620	530	610	611	610
Turbiedad	NTU	140	186	139	176	175	176
pH		7	6.13	7	6.69	6.69	6.67

MÉTODOS DE ANÁLISIS: Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales publicado conjuntamente por AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION (WPCF).

NOTA:

- Los resultados son válidos únicamente para las muestras analizadas.
- Las muestras fueron tomadas por el solicitante.

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO
Ing. Gury Manuel Cumpa Gutiérrez
INGENIERO QUÍMICO
CIP 234338

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 23

Matriz de consistencia.

"REMOCIÓN DE MATERIA ORGANICA DEL EFLUENTE DEL CAMAL MUNICIPAL DE LA PROVINCIA DE ANTA POR COAGULACION - FLOCULACION USANDO SEMILLAS DE MANGO (<i>Mangifera indica L.</i>)"						
PROBLEMA		OBJETIVO		VARIABLES		
GENERAL	ESPECIFICO	GENERAL	ESPECIFICO	DEPENDIENTES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
	¿Qué características fisicoquímicas presenta las semillas de mango (<i>Mangifera Indica L.</i>)?		Caracterizar fisicoquímicamente las semillas de mango (<i>Mangifera Indica L.</i>).	Remoción de la materia orgánica (%)	DQO (mg/l) DBO (mg/l)	Laboratorio
¿Cuál es el potencial de remoción de materia orgánica de las semillas de mango (<i>Mangifera Indica L.</i>) para su uso en efluentes del Camal Municipal de la Provincia de Anta?	¿Qué características fisicoquímicas presenta el efluente del Camal Municipal de la Provincia de Anta?	Evaluar la remoción de materia orgánica del efluente del Camal Municipal de la Provincia de Anta usando semillas de mango (<i>Mangifera Indica L.</i>).	Caracterizar fisicoquímicamente el efluente del Camal Municipal de la Provincia de Anta.	Turbidez	NTU	Turbidímetro
	¿Cuál es el efecto de la dosis del coagulante-floculante, pH del proceso, velocidad de floculación y tiempo de floculación sobre el porcentaje de remoción de la materia orgánica?		Determinar la influencia de la dosis del coagulante-floculante, pH del proceso, velocidad de floculación y tiempo de floculación sobre el porcentaje de remoción de la materia orgánica.	INDEPENDIENTES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
	¿Cuáles son los parámetros adecuados de la dosis del coagulante-floculante, pH del proceso, velocidad de floculación y tiempo de floculación sobre el porcentaje de la remoción de la materia orgánica?		Establecer los parámetros adecuados de la dosis del coagulante-floculante, pH del proceso, velocidad de floculación y tiempo de floculación sobre el porcentaje de la remoción de la materia orgánica	Dosis del coagulante-floculante pH	Cantidad (mg/l) unidad de pH	Probeta PHmetro
				Velocidad de floculacion	Velocidad (rpm)	test de jarras
				Tiempo de floculacion	tiempo (min)	Cronometro