

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



*Una Institución Adventista*

Eficiencia de la Moringa Oleífera como agente coagulante natural para la  
remoción de los contaminantes en el efluente del camal Municipal  
Ninacaca – Pasco – Perú

**Autores:**

Sheyla Heidy Campos De La Sota

Sally Rosmery Collachagua Giron

**Asesor:**

Mg. Joel Hugo Fernández Rojas

**Lima, diciembre de 2019**

**DECLARACIÓN JURADA**  
**DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS**

Yo Mg. Hugo Fernández Rojas, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Qué, el presente informe de investigación titulado: "Eficiencia de la Moringa Oleífera como agente coagulante natural para la remoción de los contaminantes en el efluente del camal municipal Ninacaca–Pasco–Perú." constituye la memoria que presenta las Bachilleres en Ingeniería Ambiental Sheyla Heidy Campos De La Sota y Sally Rosmery Collachagua Giron para aspirar al título de Profesional de Ingeniero Ambiental, lo cual ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Considerando que las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Lima, 08 de noviembre del 2019.



---

Mg. Hugo Fernández Rojas

Eficiencia de la Moringa Oleífera como agente coagulante natural  
para la remoción de los contaminantes en el efluente del camal  
Municipal Ninacaca – Pasco – Perú

# TESIS

Presentada para optar el Título profesional de Ingeniero Ambiental

## JURADO CALIFICADOR

Mg. Iliana Del Carmen Gutiérrez Rodríguez  
**Presidenta**

Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga  
**Secretaria**

Dr. Alex Rubén Huamán De La Cruz  
**Vocal**

Ing. Nancy Curasi Rafael  
**Vocal**

Mg. Joel Hugo Fernández Rojas  
**Asesor**

Lima, 11 de diciembre del 2019

## **Dedicatoria**

En primer lugar, a Dios por estar siempre presente y por darme la bendición de tener a mis padres Nelly De La Sota Huaricapcha y Julio Cesar Santiago Atencio que son mi motor y motivo para seguir adelante y lograr mis objetivos, que, gracias a sus palabras sabias, los valores que inculcaron en mí y el apoyo incondicional, tanto moral como económico, todo fue posible. A mis hermanos(as) que siempre estuvieron brindándome su apoyo y de manera especial a mis maestros que influenciaron de manera progresiva en nuestra formación profesional.

*Sheyla Heidy Campos De La Sota*

A mis padres Hugo Collachagua Pizarro y Janet Giron López por confiar en mí y brindarme su apoyo incondicional para poder alcanzar mis objetivos. A mis tres hermanos, Christian, Jhonny y Lionel que me dieron fuerzas para seguir y avanzar día con día profesionalmente.

*Sally Rosmery Collachagua Giron*

## **Agradecimientos**

A Dios en primer lugar por estar presente en las altas y bajas que tuvimos durante nuestras vidas, por ayudarnos a levantarnos cada vez que nos caímos siendo más fuertes y así cumplir con cada objetivo propuesto

A nuestros padres por el apoyo tanto emocional como económico y por depositar su confianza en cada paso que dimos día a día sobre todo por la paciencia, el amor y la comprensión en cada momento difícil que pasábamos. también agradecer a nuestros dictaminadores Dr. Alex Huamán e Ing. Nancy Curasi por transmitir su conocimiento y brindarnos apoyo en cada paso de la tesis.

Agradezco infinitamente a mi asesor Hugo Fernández Rojas quien nos dio su apoyo en todo momento desde el inicio hasta el final de la tesis para lograr nuestra meta.

Un agradecimiento especial al Ph D. Noé Benjamín Pampa Quispe y al Ing. Daniel Lovera de la UNMSM quienes nos apoyaron desde un inicio de la tesis brindándonos ayuda a buscar información y orientándonos a realizar esta investigación como también por compartir su conocimiento y teniéndonos paciencia en todo momento. Así también agradecer al médico veterinario del camal municipal de Ninacaca Elder E. Aliaga Poma y a Cristian Santos que nos brindaron su apoyo. Y a las ingenieras Jocelyn Torres y Marita de La Vega encargadas de laboratorio que estuvieron apoyándonos en la ejecución de la investigación.

De la misma manera a nuestros amigos Luis Flores, David Cosio, Renato Aquisé, por el apoyo que nos brindaron en la ejecución de la investigación como también a aquellas personas nos dieron su apoyo incondicional y darnos palabras de apoyo y motivación en cada momento.

## Índice

<b>Dedicatoria .....</b>	<b>ii</b>
<b>Agradecimientos .....</b>	<b>iii</b>
<b>Índice de Tablas .....</b>	<b>viii</b>
<b>Índice de Figuras.....</b>	<b>ix</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>x</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>xii</b>
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>15</b>
<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>15</b>
1.1. Identificación del problema.....	15
1.2. Objetivos .....	16
1.2.1. Objetivo general .....	16
1.2.2. Objetivos específicos .....	17
1.3. Justificación .....	17
1.4. Presuposición filosófica .....	18
<b>2. CAPITULO II .....</b>	<b>20</b>
<b>REVISIÓN DE LA LITERATURA.....</b>	<b>20</b>
2.1. Antecedentes de Investigación.....	20
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	20
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	21
2.1.3. Antecedentes del camal municipal.....	23
2.2. Procesos del camal municipal - Ninacaca .....	25
2.2.1. Acopio de ganado .....	25
2.2.2. Mercado .....	25
2.2.3. Capacidad .....	25
2.3. Proceso de faneamiento de ganado y camélido .....	26
2.3.1. Transporte y recepción de amínales:.....	26
2.3.2. Área de corrales: .....	26
2.3.3. Control sanitario .....	27
2.3.4. Sacrificio y faenado.....	27

2.4.	Marco legal .....	29
2.4.1.	Constitución política del Perú - 1993 .....	30
2.4.2.	Ley general del ambiente N° 28611 .....	30
2.4.3.	Ley general de aguas D.S. N° 261-69 .....	31
2.4.4.	Ley de recursos hídricos – Ley N° 29338 .....	31
2.4.5.	Decreto supremo N° 021-2009- Vivienda .....	31
2.5.	Marco teórico .....	32
2.5.1.	Contaminación del agua .....	32
2.5.2.	Aguas residuales .....	33
2.5.3.	Aguas residuales industriales: .....	33
2.5.4.	Aguas residuales en los camales .....	33
2.6.	Parámetros físicos-químicos .....	34
2.6.1.	Potencial de hidrógeno (pH) .....	34
2.6.2.	Color .....	35
2.6.3.	Turbidez .....	35
2.6.4.	Demanda química de oxígeno (DQO) .....	35
2.6.5.	Temperatura .....	36
2.6.6.	Grasas y aceites .....	36
2.7.	Tratamiento de las aguas residuales .....	36
2.7.1.	Tratamiento preliminar .....	36
2.7.2.	Tratamiento primario .....	37
2.7.3.	Tratamiento secundario .....	37
2.7.4.	Tratamiento terciario .....	37
2.8.	Coagulantes y coloides .....	38
2.8.1.	Partículas coloidales .....	38
2.8.2.	Clase de partículas coloidales .....	38
2.8.3.	Estabilidad coloidal .....	39
2.8.4.	Propiedades de los coloides .....	40
2.9.	Coagulación .....	41
2.9.1.	Cinética y etapas de coagulación .....	42
2.10.	Floculación .....	44
2.10.1.	Mecanismo de la floculación .....	44

2.10.2. Factores que intervienen en la floculación .....	44
2.11. Polímeros.....	45
2.11.1. Polímeros naturales.....	45
2.11.2. Polímeros sintéticos .....	46
2.12. Moringa Oleífera .....	47
2.12.1. Moringa Oleífera en el tratamiento de las aguas. ....	48
2.13. Prueba de Jarras .....	49
2.13.1. Descripción del equipo de prueba de jarras .....	49
2.13.2. Condiciones de la prueba de jarras.....	50
2.14. Diseño compuesto central rotacional (DCCR).....	51
3. CAPITULO III.....	53
MATERIALES Y MÉTODOS.....	53
3.1. Población y muestra .....	53
3.1.1. Población .....	53
3.1.2. Muestra .....	53
3.2. Ámbito de estudio .....	55
3.3. Lugar de ejecución.....	55
3.4. Diseño de investigación .....	55
3.4.1. Tipo de estudio .....	55
3.4.2. Diseño experimental .....	56
3.5. Identificación de variables.....	58
3.5.1. Variable dependiente .....	58
3.5.2. Variable independiente .....	58
3.6. Operacionalización de variables .....	59
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	60
3.8. Materiales y equipos utilizados en el experimento .....	61
3.8.1. Materia prima e insumo .....	61
3.8.2. Equipos.....	61
3.8.3. Materiales .....	62
3.9. Métodos .....	62
3.9.1. Preparación de la Moringa Oleífera como coagulante. ....	62
3.9.2. Obtención del coagulante a partir de la semilla de Moringa Oleífera. ....	64

3.9.3. Extracción del aceite de la semilla Moringa Oleífera .....	64
3.9.4. Extracción Soxhlet .....	65
3.9.5. Obtención del coagulante .....	67
3.9.6. Metodología para la toma de la muestra del agua residual. ....	68
3.9.7. Método de Prueba de Jarras .....	69
4. CAPITULO IV .....	73
RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	73
4.1. Caracterización inicial del agua residual .....	73
4.2. Resultados del diseño de post- tratamiento .....	74
4.2.1. Análisis de la remoción de Turbidez utilizando como coagulante natural la Moringa Oleífera. ....	74
4.2.2. Análisis de la remoción de la demanda biológica de oxígeno (DBO5) utilizando como coagulante natural la Moringa Oleífera.....	78
4.2.3. Análisis de la remoción de la demanda química de oxígeno (DQO) utilizando como coagulante natural la Moringa Oleífera. ....	81
4.2.4. Análisis de la remoción de los sólidos suspendidos totales (SST) utilizando como coagulante natural la Moringa Oleífera. ....	85
CAPITULO V .....	89
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	89
RECOMENDACIONES .....	90
Referencias.....	91
Anexos.....	102

## Índice de Tablas

Tabla 1. Nivel de contaminación de las aguas residuales de un camal. ....	34
Tabla 2. Objetivo del proceso de pretratamiento.....	37
Tabla 3. Clasificación taxonómica de la Moringa Oleífera. ....	47
Tabla 4: Análisis de la semilla de la Moringa Oleífera.....	48
Tabla 5. Coordenadas geográficas del camal municipal Ninacaca.: ....	55
Tabla 6. Niveles y factores para el diseño de superficie de respuesta (DRCC).....	57
Tabla 7. Diseño Central Compuesto Rotación (DRCC) para la eficiencia de remoción de contaminantes .....	57
Tabla 8. Descripción del tipo de variable dependiente.....	58
Tabla 9. Descripción del tipo de variable independiente .....	58
Tabla 10. Variables Independientes y Dependientes del proyecto .....	59
Tabla 11. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	60
Tabla 12. Materiales de Laboratorio .....	62
Tabla 13. Valores de concentración (%) de Moringa Oleífera y el tiempo de sedimentación (min) a emplear en cada jar test.....	72
Tabla 14. Características del agua antes de someterse a la prueba de jarras. ....	73
Tabla 15. Análisis de varianza (ANOVA) de la remoción de la turbidez.....	74
Tabla 16. Análisis de varianza (ANOVA) de la remoción de la Demanda Biológica de Oxígeno.....	78
Tabla 17. Análisis de varianza (ANOVA) de la remoción de la Demanda Química de Oxígeno.....	81
Tabla 18. Análisis de varianza (ANOVA)de la remoción de los Sólidos Suspendidos Totale.	85
Tabla 19: Número mínimo de muestras puntuales por cada muestra compuesta. ....	104
Tabla 20: Datos del pre análisis de las características del agua residual .....	104
Tabla 21: Datos del post análisis de las características del agua residual.....	105

## Índice de Figuras

Figura 1: Ubicacion de Camal Municipal -Ninacaca.....	24
Figura 2: Acopio de ovinos y bovinos. ....	25
Figura 3: Flujo de los procesos que se realizan y se generan en el camal municipal.....	29
Figura 4 Estabilidad de Coloides .....	39
Figura 5: Comportamiento de las partículas en el proceso de coagulación. ....	42
Figura 6: Modelo esquemático del proceso de coagulación .....	43
Figura 7: Representación esquemática de la desestabilización de coloides utilizando proteínas catiónicas de Moringa Oleífera como coagulante. ....	46
Figura 8: Árbol de la Moringa con sus semillas .....	48
Figura 9: Equipo de Prueba de Jarras. ....	50
Figura 10: Relación matemática para los recipientes de 2lt.....	51
Figura 11: Mapa de ubicación del proyecto .....	54
Figura 12: Procesos de la preparación de la moringa sin aceite. ....	63
Figura 13: .Flujo de la extracción del coagulante de la semilla de Moringa Oleífera. ....	64
Figura 14: Aparato de Soxhlet .....	65
Figura 15: Diagrama de proceso para la obtención de la solución al 10 % de Moringa .....	67
Figura 16. Muestreo de la salida del agua residual. ....	69
Figura 17: La Prueba de Jarras por cada muestra. ....	70
Figura 18: Sifoneo de la muestra para su respectivo análisis. ....	71
Figura 19: Diagrama de Pareto para la Turbidez del agua residual. ....	75
Figura 20: Superficie de contorno de la concentración de Moringa y el tiempo de sedimentación. ....	75
Figura 21: Superficie de Respuesta de la concentración de Moringa y el tiempo de sedimentación en la remoción de la Turbidez.....	76
Figura 22: Diagrama de Pareto para la Demanda Biológica de Oxígeno del agua residual. ...	78
Figura 23:Superficie de contorno de la concentración de Moringa y el tiempo de sedimentación. ....	79
Figura 24:Superficie de Respuesta de la concentración de Moringa y el tiempo de sedimentación en la remoción de la Demanda Biológica de Oxígeno. ....	79
Figura 25: Diagrama de Pareto para la Demanda Química de Oxígeno del agua residual. ...	82
Figura 26: Superficie de contorno de la concentración de Moringa y el tiempo de sedimentación. ....	82
Figura 27: Superficie de Respuesta de la concentración de Moringa y el tiempo de sedimentación en la remoción de la Demanda Química de Oxígeno. ....	83
Figura 28 Diagrama de Pareto para la Sólidos Suspendidos Totales del agua residual. ....	86
Figura 29: Superficie de contorno de la concentración de Moringa y el tiempo de sedimentación. ....	86
Figura 30: Superficie de Respuesta de la concentración de Moringa y el tiempo de sedimentación en la remoción de los Sólidos Suspendidos Totales.....	87

## Anexos

Anexo 1: Matriz de consistencia. ....	102
Anexo 2: Parámetros del decreto supremo. ....	103
Anexo 3: Muestreo y frecuencia de muestreo pre análisis.....	104
Anexo 4: Pre análisis del agua sin tratamiento y post análisis del agua tratada.....	102
Anexo 5: Toma del efluente en el camal municipal para el pre análisis. ....	105
Anexo 6: Visita al camal y toma de muestras preliminares.....	106
Anexo 7: Preparación de la Moringa.....	106
Anexo 8: Desengrasado de la Moringa Oleífera.....	106
Anexo 9: Preparación de las concentraciones de Moringa oleífera.....	106
Anexo 10: Pre análisis de la dosis optima .....	106
Anexo 11: Prueba de Jarras.....	106
Anexo 12: Coagulación del agua de camal después de la solución e moringa.....	106

## **Simbología**

**OEFA:** Organismo de evaluación y Fiscalización Ambiental

**MVCS:** Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento

**SENASA:** Servicio Nacional de Sanidad Agraria

**VMA:** Valores máximos admisibles

**UTM:** Sistemas de Coordenadas transversal de Mercator

**UNT:** Unidad Nefelometría de Turbidez

**DBO<sub>5</sub>:** Demanda Biológica de Oxígeno

**DQO:** Demanda Química de Oxígeno

**SST:** Sólidos Suspendidos Totales

**NMP:** Número más probable

**rpm:** Revoluciones por minuto

**KDa:** Kilo Dalton

## Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la eficiencia de la semilla de Moringa Oleífera como coagulante natural en el tratamiento primario de las aguas residuales del efluente del camal Municipal del distrito de Ninacaca, Pasco - Perú. Para ello, una muestra del efluente conteniendo 50 L fue recolectado, del cual 3 L fueron enviados a un laboratorio acreditado para el caracterizado previo de sus parámetros fisicoquímicos: turbidez, sólidos suspendidos totales (SST), demanda química de oxígeno (DQO), y la demanda biológica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>). El volumen restante fue utilizado en la prueba de Jarras, utilizando un diseño estadístico compuesto central rotacional (DCCR), donde fueron considerados, las dosis de moringa, y el tiempo de sedimentación. La moringa fue pre-tratado para posteriormente ser utilizado como coagulante. Fue realizado un análisis de varianza al 95% de intervalo de Confianza. Los resultados mostraron que, la dosis de moringa (10-15%) fue el que más influencio en la remoción de todos los parámetros fisicoquímicos, en conjunto a una velocidad de mezcla lenta de 40 rpm, y tiempo de 40 – 68 min. Logrando así la remoción de turbidez en un 97%, DQO en 64%, DBO<sub>5</sub> en 65% y SST en 98. Concluimos que la moringa actuó como un buen coagulante natural para la remoción de la mayoría de los parámetros fisicoquímicos.

**Palabra Clave:** Coagulación, físico-químicos, parámetros, moringa y tratamiento.

## **Abstract**

The objective of this work was to evaluate the efficiency of Moringa Oleifer seed as a natural coagulant in the treatment of wastewater from the effluent of the Municipal canal of the district of Ninacaca, Pasco - Peru. To do this, a sample of the effluent containing 50 L was collected, of which 3 L were sent to a laboratory accredited for the prior characterization from its physicochemical parameters: turbidity, total suspended solids (SST), chemical oxygen demand (DQO), and the biological demand for oxygen (BOD). The remaining volume was used in the Jar test, using a central rotational composite statistical design (DCCR), where was used moringa in different doses, and sedimentation time was also considered. Moringa was pre-treated and subsequently used as a coagulant. An analysis of variance was performed at 95% Confidence Interval. Results showed that, the dose of moringa (10-15%) it was the most influencing in the removal of all physicochemical parameters, together at a slow mixing speed of 40 rpm, and time of 40 – 68 min. Thus achieving the removal of turbidity by 97%, DQO at 64%, DBO<sub>5</sub> at 65% and SST in 98. We conclude that moringa acted as a good natural coagulant for the removal of most physicochemical parameters.

Keyword: Coagulation, Physicochemical, parameters, moringa and treatments.

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCION**

#### **1.1. Identificación del problema**

En la actualidad uno de los grandes problemas ambientales más relevantes se ve enfocado en la contaminación del agua, como consecuencia del crecimiento poblacional y los avances tecnológicos debido al exceso consumo de los recursos naturales, seguido de la gran cantidad de aguas residuales que se vierten a los diversos cuerpos de agua ya sea directa o indirectamente sin ningún tipo de tratamiento generando impactos negativos ambientales sobre la salud pública y el medio ambiente. Particularmente los efluentes finales de la actividad económica de los camales que se caracterizan por su alto contenido de carga orgánica en términos de DBO<sub>5</sub>, DQO y SST que por sus características son considerados altamente contaminantes (Rubio, 2009).

A Nivel de América Latina el 70% de las aguas residuales no son tratadas, por lo que dificulta alcanzar el ciclo del agua, particularmente en lo que concierne al reúso debido a su gran contaminación gran contaminación (Yee-Batista, 2013). En el Perú solo alguna de las ciudades realiza un adecuado tratamiento de las aguas residuales, esto debido a la falta de información sobre el funcionamiento, operación y mantenimiento; inadecuada adaptación al medio; baja capacidad local para su sostenimiento y sobre todo por los altos costos de operación y mantenimiento. Cabe mencionar que de acuerdo al Plan Nacional de Saneamiento

Urbano y Rural 2006-2015 solamente se ha ejecutado el 30% de la inversión pública en tratamiento de agua (MVCS, 2015).

El gran problema de los camales es que muchas veces las aguas son vertidas a los distintos cuerpos de agua, o sencillamente a las redes de alcantarillado público, entonces la procedencia de éstos desagües con su alto nivel de contaminación genera la presencia de vectores, malos olores y en consecuencia a largo plazo problemas de salud pública (Guaman & Sanchez, 2018). Por ello a raíz de éste lo que se busca son alternativas para que permitan cumplir ciertas exigencias establecidas por las normativas y que mejor si éstas alternativas son eficientes, naturales y económica.

En el departamento de Pasco se cuenta con un aproximado de 13 camales, de las cuales una de ellas se encuentra dentro del distrito urbano de Ninacaca aproximadamente a 4300 m.s.n.m, y el gran problema que aqueja a la población y a las autoridades, son las aguas residuales provenientes del camal que se vierten a la red de alcantarillado sin ningún tratamiento alterando las características residuales propias de las aguas residuales domesticas del distrito que muchas veces provoca la obstrucción de grandes residuos provenientes de ellos (grasa, tripa, lana, etc.).

Por lo expuesto anteriormente, en el presente trabajo de investigación se utilizará la semilla Moringa Oleífera como coagulante natural en las aguas residuales de un camal municipal del distrito de Ninacaca – Pasco.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Evaluar la eficiencia de la Moringa Oleífera como agente coagulante natural para la remoción de los contaminantes en el efluente del camal Municipal de Ninacaca – Pasco – Perú.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar los parámetros fisicoquímicos del agua residual del camal municipal de Ninacaca.
- Determinar la solución óptima de la Moringa Oleífera como coagulante.
- Determinar el tiempo de sedimentación del efluente tratado luego de la prueba de jarras.
- Evaluar la eficiencia de la Moringa Oleífera en la remoción de los parámetros (turbiedad, DBO<sub>5</sub>, DQO, SST).

### 1.3. Justificación

Actualmente se busca que, tanto la sociedad y el medioambiente tengan una relación estrechamente eco-amigable, es por ello, que en muchos países sobre todo en los países en desarrollo exista un gran interés por desarrollar métodos alternativos que tengan un menor impacto en el ambiente con lo que respecta al tema del tratamiento de las aguas residuales, es por ello, que se han realizado distintas investigación con referencia a biocoagulantes las cuales pueden obtenerse de distintos orígenes como mineral, animal o vegetal, como viene a ser el caso de la semilla de Moringa Oleífera que gracias a sus propiedades actúa como un buen agente coagulante.

Uno de las funciones primordiales del uso de los biocoagulantes es la formación de lodo residual sin residuos químicos como plomo, sales férricas o alumbre que mayormente están presentes en cantidades mayores por el mismo hecho de que la cantidad másica es menor que la de los coagulantes sintéticos, quienes afectan a la calidad del agua por dejar los residuos ya mencionados, además, con respecto a los lodos que se sedimentan no son tóxicos y pueden ser utilizados como abono fertilizante (Espinoza, 2017).

Bravo (2017) menciona que la Moringa Oleífera actúa como agente microbiano, por su capacidad de eliminar ciertos coliformes totales y fecales presentes en el agua a tratar. Todo ello le atribuye a que contiene 4-(4'-O-acetila-L-ramnospiranosiloxi)-isotiocionato de bencilo que es capaz de flocular bacterias de Gram positivo y Gram negativo. Entonces, cuando se habla de una agroindustria, que en éste caso es un centro de beneficio, a simple vista se observa en su efluente un alto contenido de materia orgánica y con ello coliformes.

En las distintas investigaciones a nivel del Perú se han realizado distintas comparaciones de coagulantes químicos y naturales en las distintas industrias y fuentes de aguas donde se ven afectados las características naturales del agua, que como resultado son muy positivos. Sin embargo, si mencionamos directamente alguna planta de tratamiento de aguas residuales utilizando coagulante natural no la hay en el Perú (Aldana, 2012). Es por ello que, será de gran utilidad ésta investigación ya que nos ayudará a prevenir daños potenciales tanto a sus cuerpos receptores como a la comunidad cercana a este, ya que estos efluentes no son tratados, siendo estos vertidos a un cuerpo receptor sin tratamiento alguno, ocasionando un desequilibrio en el ciclo de carbono e hidrogeno ya que estos se dan de forma natural, por lo que sin dudar afectarían la relación que tienen con el ambiente siendo letal.

Por otro lado, a nivel práctico, el estudio permitirá determinar la efectividad de la Moringa Oleífera en los efluentes del camal municipal, para poder brindar una alternativa para poder reducir los daños tanto al medio ambiente y a la comunidad.

#### **1.4. Presuposición filosófica**

Ante los grandes retos de la humanidad, la ecología es una de las ciencias que está alcanzando una mayor notoriedad entre la población ya que estudia las tensiones que puedan amenazar la biodiversidad y la sostenibilidad de los recursos naturales así proponiendo soluciones para los problemas existentes en ese ambiente. Sus conclusiones son tan

apabullantes que no es de extrañar que haya muchos grupos ecologistas incluso partidos que intenten divulgar su enseñanza.

El ecologista encuentra tremendas dificultades para poner en practicar las soluciones que se propusieron ya que diferentes actividades cumplen la inercia consumista siendo que deben conformarse con concientizar a las personas mas no que estas la pongan en práctica o lo sigan transmitiendo.

En el libro titulado como “Inteligencia Emocional “apela a los consumidores y empresas productoras para que pongan en marcha esta “inteligencia ecológica”, de manera que sirva para tener en cuenta las consecuencias que el consumismo puede traer para el medioambiente. El objetivo, entonces, será ajustar nuestros comportamientos de consumo para comprar solo aquello que sea respetuoso con el entorno (Goleman, 2009).

Goleman está convencido de que el ecologismo en este sentido no está reñido con el interés de los fabricantes y productores de maximizar sus beneficios, y que solo hay que encontrar la forma de compatibilizar uno y otro.

Moisés después de partir el mar Rojo hizo que los pueblos anduvieran en el desierto por tres días consecutivos siendo que no podían beber sus aguas ya que eran amargas, entonces su pueblo murmuro ¿Qué hemos de beber? Y Moisés clamó a Jehová y este le mostro un árbol y lo hecho en las aguas del Mara, endulzándolas, por lo que Jehová puso sus ordenanzas y estatutos para que el pueblo hiciera lo correcto ante sus ojos y guardaran sus mandamientos, y llegaron a Elim donde se encontraba doce fuentes de aguas, palmeras y les dio la opción de acampar y respetar lo mandado por Jehová (éxodo 15:27) esto quiere decir que Dios nos da riqueza en la naturaleza y que cada uno de sus hijos debemos respetar y valorar todo lo que nos ofreció.

## **2. CAPITULO II**

### **REVISIÓN DE LA LITERATURA**

#### **2.1. Antecedentes de Investigación**

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Caldera, Mendoza, Briceño, García, & Fuentes, (2007) el trabajo de investigación que realizó para la potabilización del agua tuvo el objetivo de utilizar semillas de Moringa Oleífera en los efluentes provenientes de la planta de tratamiento de Pueblo Viejo, estado de Zulia, Venezuela; en los cuales se determinó los parámetros fisicoquímicos. Los resultados mostraron la eficiencia de la semilla para remover la turbidez desde 75 y 150 UNT a valores mínimos de 14.9 y 8.5 UNT respectivamente, mostrando una mayor eficiencia de remoción a un valor mayor de Turbiedad inicial.

Cuadro & Rodas, (2019) demostraron que los componentes orgánicos moleculares de la semilla de Moringa son efectivos en el tratamiento de aguas superficiales. Las muestras de agua fueron tomadas del Rio Vince, Ecuador; dando como resultado la disminución de la materia orgánica en un 61.25%, un porcentaje de remoción del 97.5% disminuyendo la turbiedad de 78 UNT a 1.60 UNT, y un 100% en la remoción de coliformes fecales.

Guaman & Sanchez, (2018) determinaron mediante análisis fisicoquímicos que la preparación en diferentes dosificaciones de biocoagulantes a partir de la semilla de Moringa coagulan con la particularidad que difieren en los rangos de tiempo en la formación de los

flóculos y su precipitación. Tomaron como muestra aguas domesticas urbanas que son vertidas sin tratamiento en el Estero Salado en el suburbio de la ciudad de Guayaquil, Ecuador; donde las casas cuentan con sistemas de drenaje rudimentario adaptados por los mismos pobladores. El resultado fue que la disolución formada por cloruro de sodio 0.5M y polvo de semilla de moringa oleífera con extracción de aceite presentaba un porcentaje de remoción del 95% y un pH 7,5.

Zeas & Càrdenas (2018) la Harina de la semilla de moringa oleífera tuvo una eficiencia del 98% removiendo turbidez en las muestras de agua del Río Guayas (Ecuador) superando el rendimiento del poli cloruró de aluminio, sulfato de aluminio y sulfato de hierro II. En esta investigación se realizaron 32 pruebas de test de jarra siendo las concentraciones para cada coagulante de 5,10, 15 y 20 miligramos por cada litro de agua a tratar, dándose el proyecto en un tiempo de 4 meses así comparando los parámetros técnicos y económicos de la semilla Moringa Oleífera.

Feria, Roa, & Estrada (2014) usaron la semilla de moringa oleífera como coagulante natural para evaluar la eficiencia de la turbidez y qué efectos tiene sobre el pH y la alcalinidad de las aguas del Rio Sinú, considerado la principal fuente de abastecimiento de agua en Córdoba. Se tomaron muestras simples del rio y se aplicaron dosis desde 2.5mg/l hasta 30 mg/l. en solución salina. Siendo que para evaluar la eficiencia de remoción de la turbidez se generó un modelo cubico de superficie de respuesta donde se obtuvo que la semilla de moringa oleífera, en dosis que van entre los 4.5 mg/l y 17.5mg/l, tuvieron una eficiencia mayor al 90% para una turbidez inicial de 90 UNT.

#### 2.1.2. Antecedentes nacionales

Aldana, (2012) realizó estudios en el Rio Rímac para el tratamiento de agua para consumo humano con el objetivo de evaluar la efectividad del extracto de la semilla de Moringa Oleífera

como coagulante natural primario y como ayudante de coagulación, aplicando el extracto de la semilla en muestras con distintos valores de turbiedad (30, 500 y 110 UNT respectivamente) alcalinidad (86, 95 y 91 mg/lit CaCO<sub>3</sub>) y dureza (168, 193 y 184 mg/lit de CaCO<sub>3</sub>) demostrando con el resultado que el extracto de semilla de moringa cuenta con un alto poder coagulante tanto como agente coagulante, así como ayudante de coagulación; esto debido a que remueve la turbiedad a valores que se encuentran dentro de la normativa nacional.

Alfonzo, (2017) para la reducción de coliformes termo tolerantes en los Pantanos de Villa, con el objetivo de evaluar la eficiencia de la semilla de Moringa oleífera, utilizando el test de prueba de jarras, se pudo comprobar que a una dosis de 0.5 ml la remoción de escherichiacoli es más efectiva ya que reduce un 80% del contaminante inicial (2400 NMP/100 ml a 1000 NMP/100 ml) y que a una velocidad menor su resultado es óptimo, concluyendo que el floculante orgánico Moringa oleífera posee un alto poder bactericida.

Así mismo Barrios, (2017) realizó estudios para el tratamiento de aguas residuales de la industria alimentaria en Zárate, San Juan de Lurigancho; teniendo como objetivo evaluar el uso del polvo de Moringa oleífera y el sulfato de aluminio durante el proceso de coagulación, mediante la prueba de jarras, concluyendo que el polvo de Moringa oleífera es un coagulante natural efectivo para remover el contaminante fisicoquímico en aguas residuales teniendo como claro ejemplo la eficiencia de remoción de turbidez del 98.96%.

Alvarez (2019) demostró que el extracto de moringa oleífera tuvo una efectividad del 92.25% y 94.16% con muestras de agua de la producción de néctar de maracuyá cuya turbidez era de 335 NTU y 500 NTU respectivamente. Los resultados fueron analizados mediante un diseño central compuesto (CCD) donde hubo seis puntos centrales y mediante el Método de superficie de Respuesta (RSM). Las dosis que se utilizaron fueron de 290mg/l y 400mg/l.

Además, se utilizó el método de electroforesis en gel poliacrilamida para el extracto de moringa siendo estos los principales responsables de la coagulación y floculación en el efluente.

Vela (2016) demuestra que la semilla de moringa oleífera resulta eficaz para la remoción de turbiedad (297 NTU) en las aguas del Río Alto Chicama ubicado en el departamento de La Libertad. Se realizaron 16 pruebas con 3 repeticiones siendo que de las cuatro dosis (15ml, 18ml, 20ml y 25ml) y cuatro velocidades ((200 rpm (2') con 60 rpm (15') - 300 rpm (2') con 80 rpm (15') - 200 rpm (15') con 80 rpm (2') - 300 rpm (15') con 60 rpm (2')) que se probaron se concluyó que la mejor para disminuir la turbidez es el de 20 ml y la mejor velocidad de agitación la de 300 rpm (2') con 80 rpm (150') logrando una efectividad del 93.10 %.

### 2.1.3. Antecedentes del camal municipal

El camal municipal del distrito de Ninacaca fue creado aproximadamente por los años de 1999. En esos años el camal brindaba servicios poli específicos (todo tipo de animales), y contaba con una infraestructura de material noble poco acondicionada para dicho fin, pero a medida que pasaban los años aumentó la demanda por lo que muchos de los usuarios venían de los distintos lugares de la provincia de Pasco y Junín. Entonces, para su prospera continuación debía de cumplir con las normas SENASA, y es así que en cada ocasión de visita de la entidad se implementaba o sustituía algún material, equipo o área, de las cuales la Municipalidad Distrital de Ninacaca como ente directo responsable se hacía cargo de la remodelación. Además, cabe mencionar que las aguas residuales eran vertidas directamente a la red pública sin ningún tratamiento por lo que en el año 2007 se construyó 6 pozos sépticos para la disposición de las aguas residuales, que a causa de los pocos criterios de construcción ésta no funcionó muy bien hasta ahora.

Actualmente el camal municipal es uno de los grandes ingresos con las que cuenta la municipalidad. Las operaciones se realizan manualmente, pero cuenta con un sistema de

rieles aéreos para el transporte de la carcasa. Se trabaja con aproximadamente con 30 personales entre ellos se encuentran el personal administrativo, matarifes y menudencieros. Y en vista a la gran demanda que se tiene en el camal, la nueva gestión edil dentro de sus proyectos ésta considerando construir un nuevo Camal Regional.

**a) Ubicación y extensión**

El camal Municipal del distrito de Ninacaca Pasco tiene una extensión de aproximadamente 3.520 m2 y está ubicada en la Av. Mariscal Catilla S/N barrio Recuay dentro de la población urbana



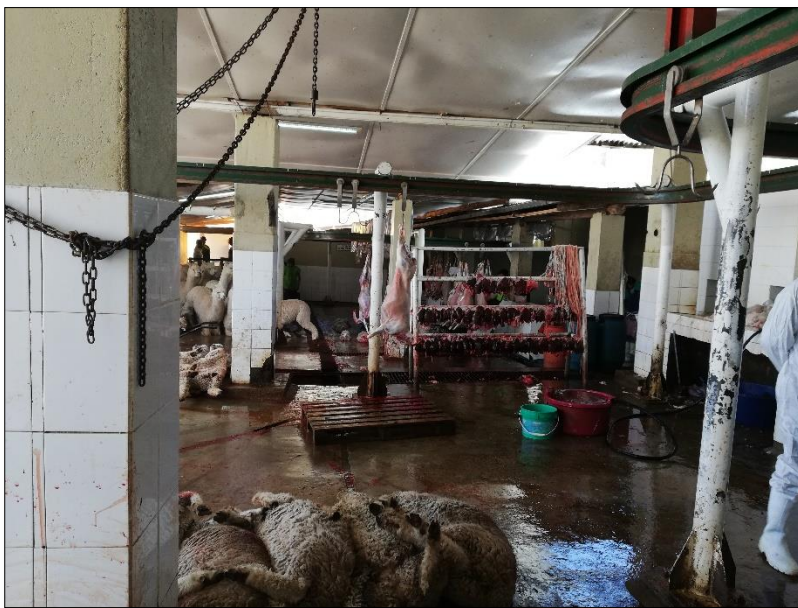
*Figura 1: Ubicación de Camal Municipal -Ninacaca*

(Google Earth Pro)

## 2.2. Procesos del camal municipal - Ninacaca

### 2.2.1. Acopio de ganado

El camal acopia ganado y camélido en su mayoría de toda la provincia de Pasco y pocas veces de la provincia de Junín.



*Figura 2: Acopio de ovinos y bovinos.*

### 2.2.2. Mercado

La comercialización del ganado y camélido abarca en su mayoría la capital de Lima y en pocas cantidades en la misma región de Pasco.

### 2.2.3. Capacidad

Según su diseño cuenta con la capacidad de beneficiar 300 animales por día entre ganado y camélido. Pero, éstas actualmente superan su capacidad, ya que, hay días en la que se llega a beneficiar hasta 400 – 500 ganados, sobre todo en los días de feriados (navidad, año nuevo, fiestas patrias, día de la madre, entre otros).

En el año 2007 a causa de los problemas ambientales que se estaban suscitando por la mala disposición de las aguas residuales que se vertían directamente a la red pública, ocasionó la intervención de la SENASA, lo cual solicito de inmediato que construyera un sistema para dar solución a las aguas residuales, es ahí entonces que la gestión al mando llevó a cabo la construcción seis (6) pozos de percolación. Las cuales fueron construidas sin las debidas especificaciones, causando una mala inversión que hasta ahora se viene ocasionando, ya que mensualmente se invierte un promedio de 2500 soles en el mantenimiento de los pozos.

En ese mismo año, algunos componentes del camal fueron modificados e implementados, por ejemplo, se implementó un sistema de pre tratamiento con el objetivo de retener los residuos sólidos gruesos que consiste en rejas sencillas de limpieza manual, tamices y trampa de grasas.

## **2.3. Proceso de faneamiento de ganado y camélido**

### **2.3.1. Transporte y recepción de amínales:**

El ganado es traído en camiones por proveedores de la zona y para ello se cuenta con un área especial a las afueras del camal las cuales permiten la inspección; selección de ganado y camélido; además del conteo de las mismas, después son directamente trasladados a los corrales especiales.

### **2.3.2. Área de corrales:**

Éstas se encuentran divididas en varios corrales, las cuales permiten un orden según corresponde al usuario y descanso de los animales por un aproximado de 12 horas.

### 2.3.3. Control sanitario

Éste control es realizado por un médico veterinario especialista que se percata de los daños o enfermedades que pueda tener el animal. Es el médico quien determina si el animal es apto o no para poder ser beneficiado.

### 2.3.4. Sacrificio y faenado

#### **a) Noqueo**

Para éste proceso se cuenta con un área implementado de canales que facilitan el transcurso de la sangre. El noqueo se realiza a través de un método de aturdimiento de puntilla, éste permite que el animal nos sufra mucho y a la vez permite un adecuado sangrado en el momento de ser degollado, en éste proceso es recomendable que el aturdimiento no sobrepasar los 3 minutos, ya que podría ocasionar una baja acidez en la carne.

#### **b) Sangrado e izado**

Ya después de haber Noqueado al animal, se limpia el área inmediatamente para que las pieles no sean manchadas con la sangre del animal y sean retiradas de la carne con mucho cuidado para después ser colgadas a unos ganchos especiales que permiten retirar las vísceras y las demás piezas cárnicas. Aquí se hace uso de abundante agua para el lavado de las piezas cárnicas, las cuales generan aguas residuales con alto contenido de sangre; contenido ruminal y residuos sólidos (grasas, cuernos, entre otros.). Dicho líquido provoca el incremento de la demanda química de oxígeno (DQO), algo muy importante que mencionar es que las aguas son totalmente mezcladas y llegan a un sistema de rejillas donde son separados los sólidos, pero no en su totalidad.

#### **c) Retirado de las vísceras**

Cuando ya los animales están colgados en los ganchos se prosigue a retirar las vísceras mediante una incisión con un cuchillo por la línea media ventral y así retirar el conjunto de

órganos que se encuentran categorizados en dos: vísceras rojas (hígado, corazón, pulmones, tráquea esófago y riñones) y vísceras blancas (estomago e intestinos). Cabe mencionar que las vísceras extraídas pasan por una inspección sanitaria inmediatamente antes de ser combinadas con las demás vísceras sanas donde se determina si es apto o no para consumo o de lo contrario se desecha para posteriormente ser incinerados.

En éste proceso, al momento de lavar algunas vísceras se genera una gran cantidad de rumial las cuales llegan a parar a un mismo punto para mezclarse con las aguas provenientes de los canales de sangre.

#### ***d) Limpieza de la carne***

Después de haber retirado las vísceras, con la ayuda de mangueras con gran presión de agua se procede a lavar la carne para ya finalmente ser trasladados mediante rieles aéreos a una zona de oreo donde permanece la carcasa un aproximado de 8 horas.

#### ***e) Pasado y transporte***

Ya habiendo transcurrido las 8 horas de oreo, cada propietario tiene un horario específico para poder pesar los animales para luego ser transportadas a la ciudad de Lima para su posterior venta.

#### ***f) Limpieza de las instalaciones***

Finalmente se hace la limpieza de todas las áreas del camal utilizando detergente, lejía y desengrasantes.

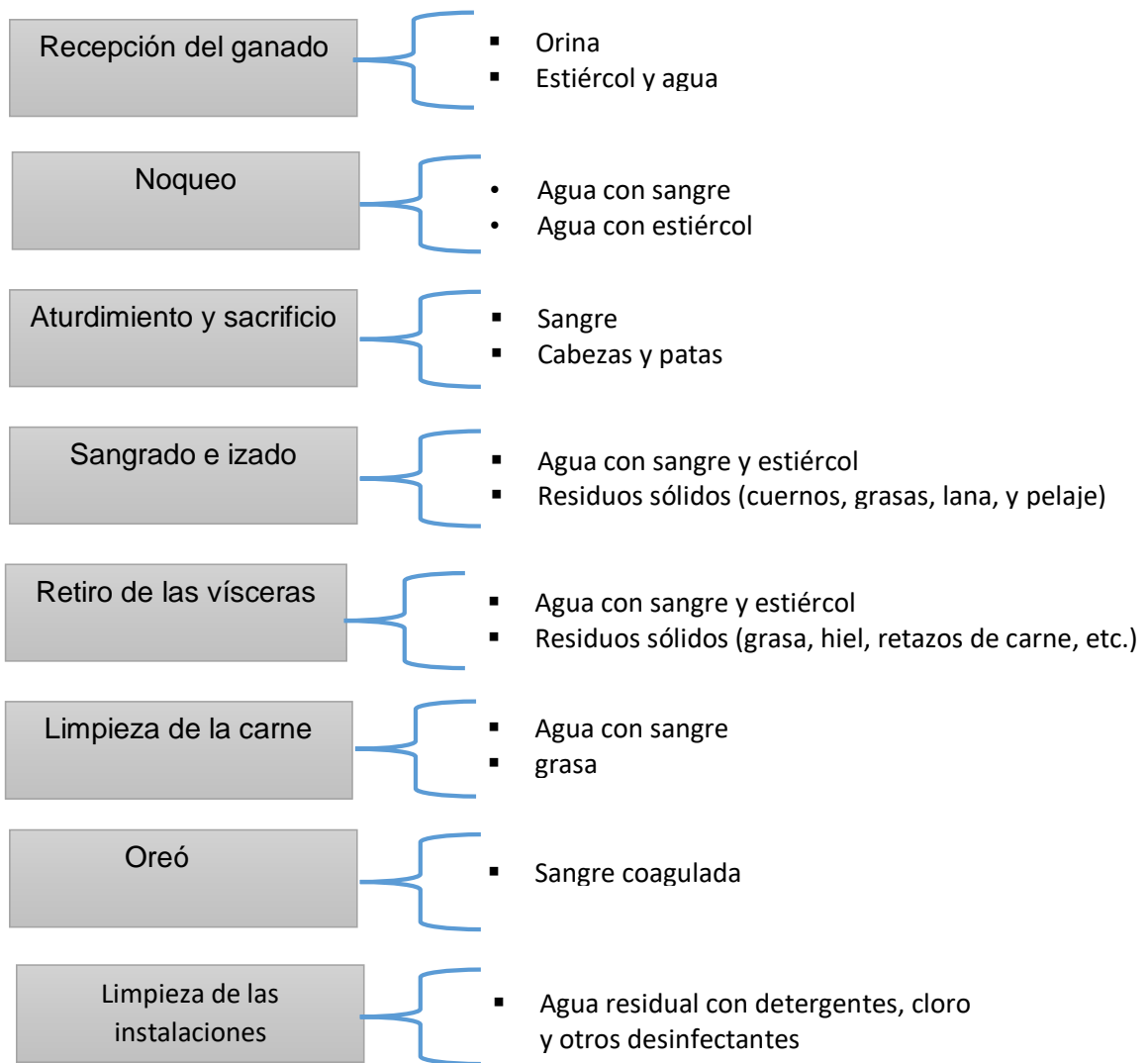


Figura 3: Flujo de los procesos que se realizan y se generan en el camal municipal

#### 2.4. Marco legal

En nuestro marco normativo peruano existe una serie de Leyes, Decretos, reglamentos etc. que rigen nuestra sociedad para poder lograr una adecuada calidad de vida, a nivel socioeconómico y ambiental, de las cuales tenemos:

#### 2.4.1. Constitución política del Perú - 1993

En el Art. 2 donde se refiere a los derechos fundamentales de la persona se dice que toda persona tiene derecho a “A la vida, a su identidad, a su integridad moral, psíquica y física y a su libre desarrollo y bienestar. Y concebido es sujeto de derecho en todo cuanto le favorece.”, además en el inciso 21 del mismo artículo se menciona que “toda persona tiene derecho a “La paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como gozar de un ambiente equilibrado y adecuado de su vida”, así mismo. En el Capítulo II se hace mención del Ambiente y los recursos naturales en la cual en el Art. 66 menciona que “Los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación, el estado es soberano en su aprovechamiento” y el Art, 68 “Conservación de la biodiversidad biológica y áreas naturales protegidas”.

#### 2.4.2. Ley general del ambiente N° 28611

En el artículo 121 menciona que el estado emite en base a la capacidad de carga de los cuerpos receptores, una autorización previa para el vertimiento de aguas residuales domésticas, industriales o de cualquier otra actividad desarrollada por personas naturales o jurídicas, siempre que dicho vertimiento no cause deterioro de la calidad de las aguas como cuerpo receptor, ni se afecte su reutilización para otros fines.

Así mismo en el artículo 122 menciona que las empresas o entidades que desarrollan actividades extractivas, productivas, de comercialización u otras que generen aguas residuales o servidas, son responsables de su tratamiento, a fin de reducir sus niveles de contaminación hasta niveles compatibles con los LMP, los ECA y otros estándares establecidos en instrumentos de gestión ambiental, de conformidad con lo establecido en las normas legales vigentes.

#### 2.4.3.Ley general de aguas D.S. N° 261-69

En el capítulo II, artículo 57, menciona que ningún vertimiento de residuos ya sea sólido, líquido o gaseoso podrá ser efectuado en las aguas marítimas o terrestres del país si previa autorización de Autoridad Sanitaria.

También en el capítulo IV, artículo 143<sup>a</sup> menciona que los desagües y efluentes provenientes de la industria, deberán ser evacuados preferentemente en redes o canales especialmente contruidos para estos fines, permitiéndose hacerlo en las redes y alcantarillados de las poblaciones, solamente previo los tratamientos requeridos para evitar el deterioro de dichas redes.

#### 2.4.4.Ley de recursos hídricos – Ley N° 29338

En el Título V Artículo 79 sobre el vertimiento de las aguas residuales, menciona que la Autoridad Nacional debe disponer las medidas adicionales que hagan desaparecer o disminuyan el riesgo de la calidad del agua, que puedan incluir tecnologías superiores, pudiendo inclusive suspender las autorizaciones que se hubieran otorgado al efecto. En caso de que el vertimiento afecte la salud o modo de vida de la población local, la Autoridad Nacional suspende inmediatamente las autorizaciones otorgadas.

#### 2.4.5.Decreto supremo N° 021-2009- Vivienda

Aprueban Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, en el Artículo 1 menciona su finalidad de 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.

En los Anexo 2 se presenta dos cuadros los cuales se usará como guía donde los siguientes valores son:

(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 CIIU. 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.

## **2.5. Marco teórico**

### **2.5.1. Contaminación del agua**

Se le considera agua contaminada al exceso contenido de materia o energía que provoca de alguna u otra manera daños serios a la salud humana, plantas, animales, bienes, que perturba de manera negativa las actividades que se desarrollan fuera o dentro del agua, causando daños o muerte a la flora y fauna (Pèrez, 1997).

Arias, Hernández, Castro, & Sánchez(2017) comenta que el uso del agua en los camales, es de mucha importancia por lo que ayuda a desarrollar cada uno de los procesos que se requiere, de una manera correcta y limpia para mantener las buenas condiciones higiénicas y sanitarias dentro del camal. Entonces, todo ello amerita que haya una gran demanda de consumo de agua siendo descritas las actividades principales de contaminación del agua de los camales se originan por las heces, orina, sangre, pelusa, lavado de residuos de carne, grasas, alimentos no digeridos por los intestinos de los animales sobre todo en los procesos de lavado externo e interno de los animales, limpieza de los ambientes utilizados y de los equipos (Muñoz, 2005).Lo cual implica que las aguas residuales provenientes de los centros de beneficio contengan altos porcentajes de contaminantes.

### 2.5.2. Aguas residuales

OEFA,(2014) señala que son consideradas aguas residuales a aquellas aguas que han sido modificados sus características naturales, debido a las diversas actividades que realiza el hombre, que ante ello requiere un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo de agua o a las redes de alcantarilla.

### 2.5.3. Aguas residuales industriales:

Las aguas residuales industriales son aquellas aguas que se generan por las diversas actividades productivas que desarrolla el hombre, entre ellas se encuentran las actividades mineras, agroindustrial (dentro de ellas centros de beneficio), agrícola, entre otros (Moreno, 2018).

### 2.5.4. Aguas residuales en los camales

Las aguas residuales generadas en los camales contienen altas concentraciones de contaminantes, entre ellas contenido de materia orgánica, y grasas, siendo ésta última la más relevante, causando un tanto difícil el buen tratamiento de las aguas residuales. La composición de las aguas residuales en los camales varía según al tiempo y caudal de acuerdo a las actividades que se desarrolla durante el proceso de sacrificio y limpieza, pero el tratamiento de las vísceras provocan los más altos niveles de carga orgánica, turbidez y color, sin embargo durante el lavado se tiene menor carga pero mayor caudal, con altos porcentajes en cloruros y desinfectantes (Espinoza, 2017)

Desde un punto de vista se puede deducir que las aguas residuales producto de los camales constituyen un gran problema ambiental, teniendo en cuenta los distintos procesos de sacrificio que provocan focos y puntos críticos de contaminación. Cabe mencionar, por ejemplo, el sangrado de los animales provoca en el agua una elevada carga orgánica; el lavado de la carne aporta grasas y proteínas y por último el lavado de las menudencias que expulsa al agua

grandes cantidades de bazofia que aumenta más aun la carga orgánica al agua residual (Cantos & Erazo, 2008)

Tabla 1.  
*Nivel de contaminación de las aguas residuales de un camal.*

<b>DETERMINACIÓN</b>	<b>CARGA CONTAMINANTE mg/L</b>
DBO <sub>5</sub>	1800 - 2500
DQO	4000 - 6000
SS	1500 - 3000
GRASAS	100 - 200
NTK	250 - 500
P	20 - 30

*Fuente:* (Lopez & Casp, 2004)

Estos valores van a variar de acuerdo al periodo de lavado, al sistema de filtrado para la separación de los sólidos, tipo de ganado a sacrificar, si se realiza el vaciado y limpieza de la bazofia que contiene las tripas y el estómago del animal, etc., entonces este ofrece una referencia del tipo de agua residuales que se generan en la industria de los camales (Lopez & Casp, 2004).

Oré Asparrin, (2017) menciona que en general todos los efluentes provenientes de una industria de camal o mataderos, estarán compuestos de sangre, estiércol, pelos, lana, grasas, proteínas y de más contaminantes solubles. Entonces la composición de los efluentes, dependerá mucho de cuan eficiente pueda ser al momento de tratar las aguas o considerando ciertas alternativas como la separación, en la descarga de cada actividad, sobre todo la sangre y el contenido ramial.

## **2.6. Parámetros físicos-químicos**

### **2.6.1. Potencial de hidrógeno (pH)**

El potencial de Hidrogeno es muy importante en la determinación del estado del efluente, ya que este nos sirve muchas veces para controlar la dosificación de los productos químicos

en la neutralización y otros, además nos sirve para poder hacer un seguimiento a la descarga final del efluente.

#### 2.6.2. Color

Refiere la capacidad de absorber radiaciones del espectro visible, en ello el color del agua indica la presencia de algunos contaminantes afectando la estética del agua inicial provocado por un potencial colorante de ciertos productos que se utiliza en los procesos. El color normalmente se analiza en el laboratorio, ya sea por comparación con estándar establecido por medio de cloruro de cobalto ( $\text{Cl}_2\text{Co}$ ), o también con cloro platino de cobalto ( $\text{Cl}_6\text{PtK}_2$ ), y son expresadas en Pt-Co (unidades Hazen). La eliminación del color puede según a la procedencia en la cual puede hacerse uso de coagulación, filtración o adsorción de carbón activado (García, 2012).

#### 2.6.3. Turbidez

Es considera la dificultad del agua para transmitir la luz, debido a la concentración de materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos, las cuales no son muy fáciles de decantar y filtrar, dando así la generación de depósitos en las conducciones del agua, equipos de proceso, etc. La medición se realiza mediante la comparación con la turbidez inducida por diferentes sustancias, en ello las mediciones más comunes es en ppm de  $\text{SiO}_2$ . Para poder eliminar o disminuir la turbidez, se pueden utilizar distintos procesos como la coagulación, decantación o filtración (García, 2010)

#### 2.6.4. Demanda química de oxígeno (DQO)

Este parámetro indica la cantidad de oxígeno que necesita las bacterias para descomponer o estabilizar la materia orgánica degradable, todo esté bajo las condiciones aeróbicas, además la  $\text{DBO}_5$  permite cuantificar el grado de polución de una corriente de agua (Quille & Donaires, 2013).

### 2.6.5. Temperatura

Éste parámetros se encuentran muy de la mano con el Oxígeno disuelto y la DBO<sub>5</sub>, prácticamente con las distintas especies acuáticas; por consiguiente, cuando más calientes son las aguas más rápido se van a desarrollar los microorganismos, también a temperaturas frías la concentración del oxígeno disuelto es más elevado por lo que hay posibilidad de que las especies acuáticas sobrevivan (Babu & Chaudhuri, 2005).

### 2.6.6. Grasas y aceites

Estos parámetros incluyen los esteres de ácidos grasos de cadena larga, compuestos con cadenas largas de hidrocarburos, comúnmente con un grupo de ácidos carboxílicos en un extremo, comúnmente son solubles en solventes orgánicos, pero difícil solubles en agua debido a la estructura larga hidrofobia del hidrocarburo. Las grasas y los aceites pueden constituir un problema grave de contaminación, en los mataderos, industrias cárnicas, frigorífico, etc., por lo que directamente afecta a la transferencia de oxígeno hacia los microorganismos, entonces para la disminución o eliminación de las grasas y aceites se puede requerir acidificación o agregación del coagulante (García, 2012).

## **2.7. Tratamiento de las aguas residuales**

### 2.7.1. Tratamiento preliminar

Constituye una de las etapas más importantes para el tratamiento de las aguas residuales, la cual retiene e impide la formación y acumulación de una capa de sólidos flotantes que dificultan el proceso continuo de la planta de tratamiento, principalmente en las zonas de la entrada, cabe mencionar también que el tratamiento preliminar está compuesto por rejilla de barras y desarenadores, teniendo en cuenta que éste va a depender del tipo de desechos, ya que en algunos casos puede llegar a utilizarse trituradores o desintegradores (Rolim, 2000).

Tabla 2.  
Objetivo del proceso de pretratamiento.

PROCESO	OBJETIVO
Rejas o tamices	Eliminación de sólidos gruesos
Trituradores	Desmenuzamiento de sólidos
Desarenadores	Eliminación de arena y gravilla
Desengrasadores	Eliminación de aceites y grasas
Preparación	Control de color y mejoramiento del comportamiento hidráulico.

*Fuente: Tabla adaptado a (Rolim, 2000).*

### 2.7.2. Tratamiento primario

Éste proceso tiene la finalidad de remover ya sea por medios físicos o mecánicos el contenido sustancial de la materia orgánica que representa aproximadamente el 25% y el 40% de la DBO<sub>5</sub> y en un aproximado de 50% a 65% lo que constituye los sólidos suspendidos o flotantes. Dentro de éste proceso se menciona diferentes tipos de tratamiento primario como son: sedimentación primaria, Oxidación química, Coagulación, Floculación, sedimentación, filtración, entre otros. (Arana, 2009).

### 2.7.3. Tratamiento secundario

En éste proceso lo que se requiere es la reducción de la materia orgánica que es transformada en sólidos sedimentables flocúlenos. Para ello se utilizan diversos procesos entre ellas tenemos las que comúnmente se utilizan, los procesos biológicos como, por ejemplo: lodos activos, filtros percoladores, lagunas de estabilización, entre otros (Gavidia, 2011)

### 2.7.4. Tratamiento terciario

Tiene por objetivo remover contaminantes específicos, en su mayoría tóxicos o compuestos biodegradables, a éste grupo pertenece los metales pesados (Espinoza, 2017)

## **2.8. Coagulantes y coloides**

### 2.8.1. Partículas coloidales

Una gran diversidad de contaminantes orgánicos e inorgánicos, materiales proteicos, bacterias, se encuentran suspendidas en el agua en forma de pequeñas partículas. Tales partículas, tienen ciertas características peculiares de especie en disolución, como de partículas más grandes en suspensión, con un diámetro de hasta 0.001  $\mu\text{m}$ , las cuales dispersan la luz blanca como un matriz azul claro observado en ángulo recto a la luz incidente denominado también efecto Tyndall. Los coloides desempeñan un papel muy importante en la determinación de las propiedades y el comportamiento de las aguas naturales o residuales. (Andía, 2000)

### 2.8.2. Clase de partículas coloidales

Los coloides se clasifican en 3 clases

#### **a) Coloides hidrófilos**

Consiste en su mayoría de macromoléculas, como las proteínas, y los polímeros sintéticos, las cuales se caracterizan por su fuerte interacción con el agua, provocando como resultado inmediato la formación de coloides.

#### **b) Coloides hidrófobos**

Interactúan en menor grado con el agua y son estables debido a su carga eléctrica positiva o negativa. La superficie cargada de la partícula coloidal y los contra iones que las rodean forman una doble capa eléctrica causando que las partículas se repelen.

#### **c) Coloides de asociación**

Consiste en agregados especiales de iones y moléculas llamados micelas. Las micelas pueden visualizarse como gotitas de aceite de aproximadamente 3 - 4 nanómetros de diámetro cubiertas con iones o grupos polares.

### 2.8.3. Estabilidad coloidal

La estabilidad es un factor muy importante ya que determina su comportamiento. En ella están involucrados importantes fenómenos químicos acuáticos, que influyen en la sedimentación, dispersión y aglomeración de células bacterianas y eliminación de contaminantes.

Dentro de los factores desestabilizantes se considera a todas las fuerzas o fenómenos que generan repulsión entre ellos y, por ende, las fuerzas electrostáticas y la hidratación son muy favorables. Las fuerzas de atracción, en cambio, cumplen un papel opuesto y desestabilizan, entre ellas se encuentra la gravedad, movimiento browniano y las fuerzas de Van der Waals. Además, cada fenómeno interactúa de diferente manera como por ejemplo la influencia de la gravedad es despreciable. Las fuerzas de Van der Waals son fuerzas de atracción originadas por acción de dipolos permanentes o inducidos en la partícula, así mismo, son independiente de la carga neta de los coloides y no varían con el pH o con otras características de la fase acuoso, pero solo actúan a distancias muy cortas. Cuando dos partículas se acercan la fuerza de repulsión aumenta para mantenerlas separadas, en cambio si las partículas se acercan lo suficiente, la fuerza de Van der Waals predomina y las partículas comenzaran a unirse. A esta condición se considera que el coloide se ha desestabilizado (Saenz, 2015).

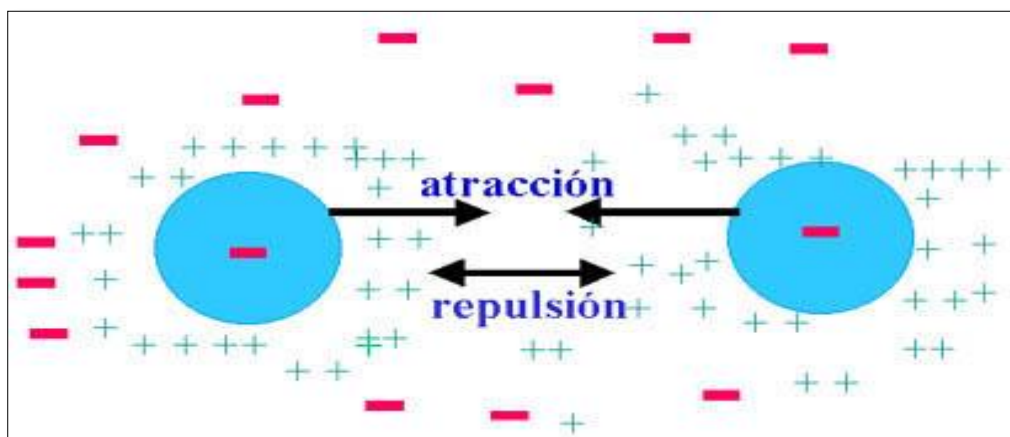


Figura 4: Estabilidad de Coloides

#### 2.8.4. Propiedades de los coloides

Alguna de las principales propiedades por la que se le puede describir a los coloides es por el comportamiento de ellas en el agua ya sean cinéticas, ópticas y electrocinéticas, como en este caso se da la propiedad cinética que se refiere al comportamiento de los movimientos de las partículas coloidales en la interacción con el agua entre ellas se describe:

##### **a) Movimiento Browniano**

Las partículas coloidales dentro del agua muestran un movimiento irregular y constante lo cual es denominado browniano. El nombre proviene gracias a su descubridor Robert Brown (1773-1858), que fue el primero en observar el comportamiento constante de las partículas provenientes de polen con un microscopio.

Cinéticamente se menciona que éste fenómeno se debe a la fuerte repulsión desigual y casual de las partículas en suspensión de las moléculas del tipo de líquido. Cuando hay mayor temperatura en el agua mayor será la energía cinética lo cual causaría el aumento del movimiento browniano

##### **b) Difusión**

Refiere a las partículas que tienden a dispersarse por todas partes del sistema hídrico, en esto se tiene que tener en cuenta sobre la velocidad de la difusión que es menor que la velocidad media de las partículas en el movimiento browniano.

##### **c) Presión Osmótica**

Es el flujo espontáneo que se produce cuando un disolvente (agua) atraviesa una membrana que la separa de un sistema coloidal (agua + coloide), considerando que la membrana solo es permeable al solvente, por tanto, la dilución puede ocurrir únicamente con el movimiento del solvente hacia el sistema coloidal a través de la membrana.

## **2.9. Coagulación**

El principal objetivo de la coagulación es desestabilizar las partículas coloidales que se encuentran en suspensión, para posteriormente favorecer su aglomeración. Además, éste proceso no solo disminuye la turbiedad, sino que también disminuye la concentración de las materias orgánicas y los microorganismos (Andía, 2000).

Los coloides en su mayoría tienen carga negativa, lo cual los mantiene estables en el agua debido a la repulsión electrostática. La repulsión sobrepasa las fuerzas de atracción de Van der Waals provocando que éstas no se aglomeren y no se precipitan.

Según (Guaman & Sanchez, 2018) el proceso de coagulación neutraliza la carga eléctrica del coloide anulando las fuerzas electrostáticas repulsivas. Esta neutralización suele realizarse mediante la utilización de coagulantes sintéticos o naturales los cuales suelen rodear a los coloides dispersos en el agua permitiendo entre ellas el crecimiento de los microflóculos, apenas visibles a simple vista, hasta formar mayores flóculos, mostrando una característica clara del agua, de no ser así lo más probable es que las cargas de las partículas no se han neutralizado y por lo tanto la coagulación no se ha completado, siendo necesario añadir más coagulante.

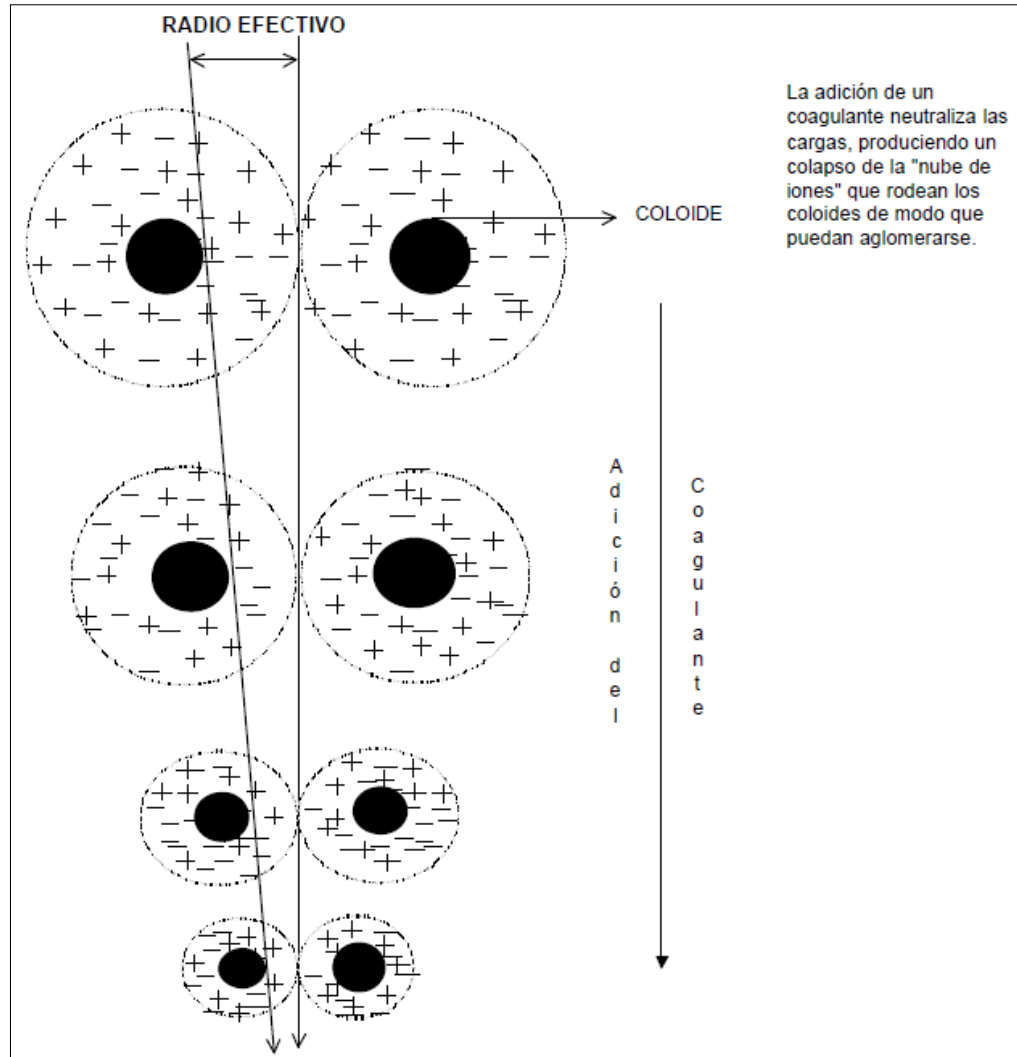


Figura 5: Comportamiento de las partículas en el proceso de coagulación (Andía, 2000).

### 2.9.1. Cinética y etapas de coagulación

Barrenechea, (2004) identificó algunas etapas del proceso de coagulación:

- A. Hidrólisis de los iones metálicos multivalentes y su consecuente polimerización hasta llegar a especies hidrolíticas multinucleadas.
- B. Adsorción de las especies hidrolíticas en la interfaz de la solución sólida para lograr la desestabilización del coloide.

- C. Aglomeración de las partículas desestabilizadas mediante un puente entre las partículas que involucra el transporte de estas y las interacciones químicas.
- D. Aglomeración de las partículas desestabilizadas mediante el transporte de las mismas y las fuerzas de Van der Waals
- E. Formación de los flóculos Precipitación del hidróxido metálico.

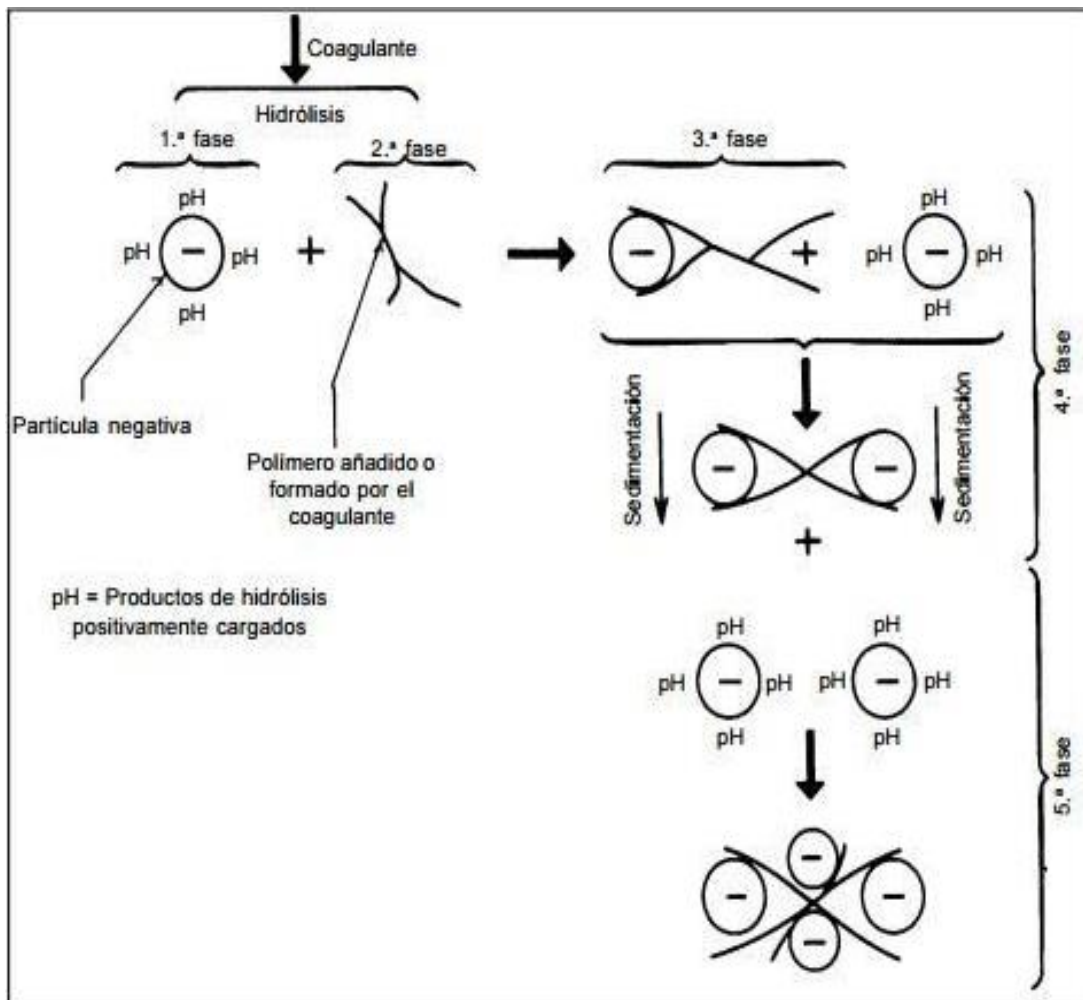


Figura 6: Modelo esquemático del proceso de coagulación (Saini, Sivanesan, & Keum, 2016)

## 2.10. Floculación

La finalidad de la floculación es agrupar las partículas desestabilizadas para posteriormente formar aglomeraciones de mayor peso y tamaño lo cual facilita mayor eficiencia en la sedimentación (Aldana, 2012).

### 2.10.1. Mecanismo de la floculación

En esto interviene principalmente tres mecanismos de transportes:

- a) Una floculación pericinética o browniana, que se da por la energía térmica del fluido.
- b) Floculación ortocinética o también conocido como una gradiente de velocidad, que se da en la masa del fluido en movimiento.
- c) Y la sedimentación diferencial, que se debe a las partículas grandes, que al precipitarse colisionan con las partículas más pequeñas que van descendiendo lentamente y entre ambas se aglomeran (Wu, Giese, & Van Oss, 1999).

### 2.10.2. Factores que intervienen en la floculación

#### **a) *Naturaleza del agua***

Considerando que tanto la coagulación y la floculación son altamente sensibles a las características físicoquímicas de la procedencia del agua a tratar, siendo las principales la alcalinidad, pH, turbiedad y la temperatura. Lo cual, por la generación de cadenas poliméricas de los hidróxidos que se forman o en la interacción de estos polímeros que se utiliza con las partículas coloidales, puede afectar el tiempo de floculación.

### ***b) Tiempo de floculación***

La velocidad de aglomeración de las partículas es proporcional al tiempo, va a depender de determinadas condiciones, esto puede determinarse con ensayos de prueba de jarra.

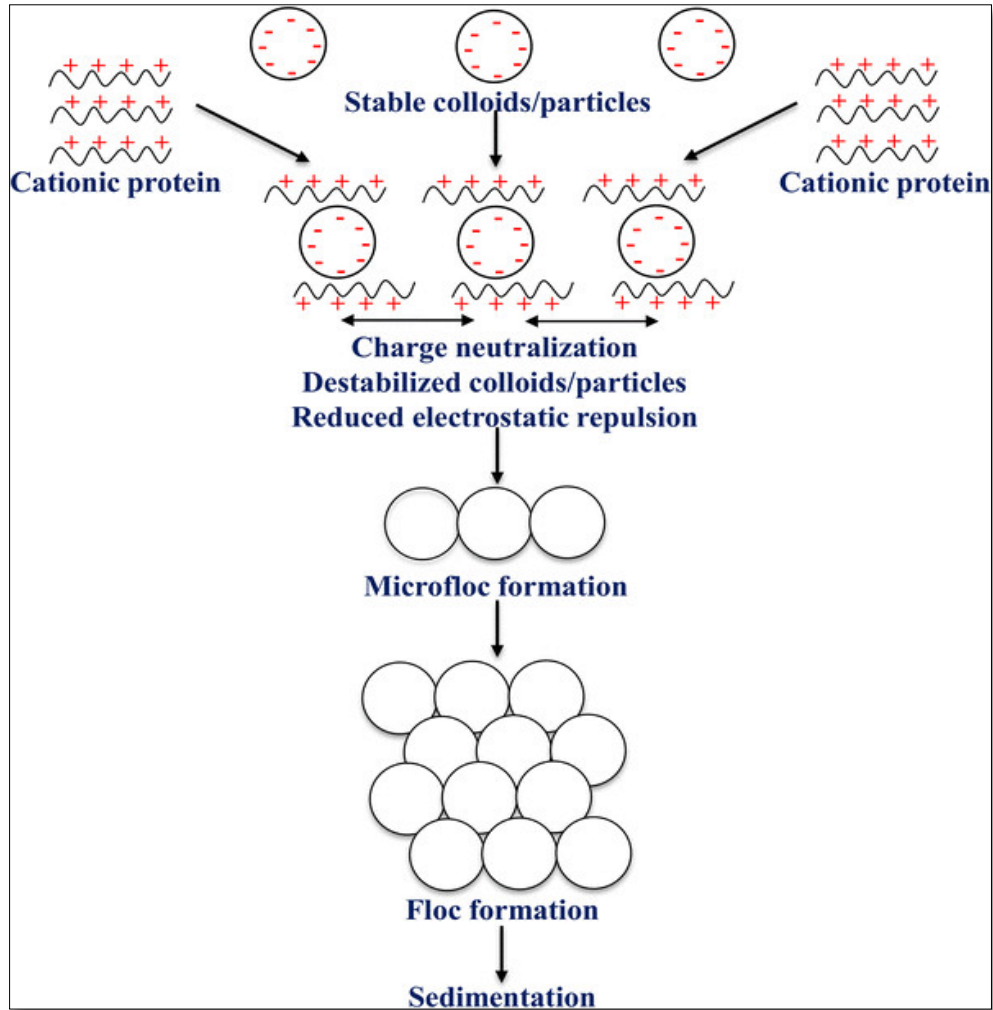
### ***c) Gradiente de velocidad***

Es un factor de proporcionalidad que caracteriza a la velocidad de aglomeración de las partículas en la floculación nortocinética. Cuando mayor sea la gradiente de velocidad, más rápida es la velocidad de aglomeración de las partículas, y a medida que los flóculos aumentan de tamaño crecen también las fuerzas de cizallamiento hidrodinámico, inducidas por el gradiente de velocidad (Amuda & Alade, 2006).

## **2.11. Polímeros**

### **2.11.1. Polímeros naturales**

Son aquellos que se producen de las reacciones bioquímicas naturales en animales y plantas. Están constituidos de polímeros que en la mayoría de veces no tienen una composición química claramente definida que por lo general están constituidas por varios tipos de polisacáridos (almidón, celulosa, glucósidos etc.) y proteínas como (caseína, olieratina, etc.). Algunos de ellos contienen propiedades coagulantes y en muchos países en desarrollo con utilizados como purificados de agua como es el caso de la Moringa Oleífera que antiguamente es utilizado en la India. Muchos de los polímeros naturales son utilizados también como comestible, medicinal, fertilizante entre otros usos (Massé & Masse, 2000)



*Figura 7:* Representación esquemática de la destabilización de coloides utilizando proteínas catiónicas de Moringa Oleífera como coagulante.

### 2.11.2. Polímeros sintéticos

Son los compuestos orgánicos producidos mediante transformación química del carbón y del petróleo, e incluyen a la mayoría de los polímeros de manufactura industrial como es el caso de (sulfato de aluminio y cloruro férrico) que generalmente están constituido por poliacrilamida (no iónico) o poliacrilamida hidrolizada (aniónicos), las cuales son comúnmente utilizados en el mercado (Beltrán & Sánchez, 2009).

## 2.12. Moringa Oleífera

La Moringa Oleífera es un cultivo originario del norte de la India (Guamàn, 2018) Además, la planta presenta una diversidad de nombres de acuerdo a los distintos países como Brasil, Ecuador, Perú en la que se cultiva. La planta puede ser cultivadas en los distintos países en condiciones áridas y semiáridas por medio de las semillas o simplemente por reproducción asexual en suelos ricos o pobres en nutrientes.

Tabla 3.  
*Clasificación taxonómica de la Moringa Oleífera.*

Taxonomía de la Moringa Oleífera	
Familia	Moringáceas
Origen	Capparidales
Clase	Magnoleopsida
Genero	Moringa
	arborea
	Concanensis
	Drocanensis
	Drouhardii
	Hildebrandtii
	Pygmeae
Especies	Peregrina
	Ovalaifolia
	Rospoliana
	Stenopetala
	Rivae
	oleifera
	Borziana

Fuente: (Tobias, 2010)

Ali, Muyibi, Salleh, Alam, & Salleh, (2010) refiere que los coagulantes naturales representan una seguridad para la salud humana, por lo que estudios realizados anteriormente demostraron que la semilla de la Moringa oleífera no son toxicas y por ello recomendaron su uso como coagulante, además éste coagulante natural puede reemplazar al sulfato de aluminio que es ampliamente utilizado en todo el mundo.

Tabla 4:  
Análisis de la semilla de la Moringa Oleífera

Constituyentes	M. oleífera
Contenido de aceite (%)	34.80 ± 0.89
Humedad (%)	8.90 ± 0.20
Fibra (%)	7.54 ± 0.55
Ceniza (%)	6.54 ± 0.65
Proteína (%)	31.65 ± 1.20

Fuente: (Anwar & Rashid, 2007)



*Figura 8:* Árbol de la Moringa con sus semillas (Mangale, Chonde, & Raut, 2012).

#### 2.12.1. Moringa Oleífera en el tratamiento de las aguas.

La semilla de la Moringa Oleífera puede utilizarse como purificador del agua, debido a que posee una proteína llamada pterygospermina, la cual es un compuesto bactericida y fungicida. En el agua su efecto floculante es por diferencia de cargas eléctricas que se establece en las partículas coloidales que se encuentran en suspensión en el agua provocándolas una desestabilización desestabilización (Estrada, Hernández, & Guerrero, 2016).

### **2.13. Prueba de Jarras**

Para el tratamiento de agua, ya sea para consumo humano o residual, se utilizan diversos procesos; la dificultad de estos dependerá de las características del agua a usar siendo uno la Coagulación-Floculación.

La Coagulación tiene como fin desestabilizar partículas coloidales mediante la adición de un agente coagulante, para luego chocar entre si y aglomerarse dándose el proceso de Floculación (Chunculluy, 2011).

Según Restrepo (2009) para determinar la concentración ideal necesaria del agente coagulante y obtener un floculo con buenas características se utiliza el método conocido como prueba de jarras, siendo este un método como una de las técnicas más usadas para simular los procesos de coagulación y floculación a escala de laboratorio siendo el objetivo principal determinar la dosis optima de agentes coagulantes u otros parámetros como el pH optimo del coagulante, concentración de la solución de aplicación y evaluación de la eficiencia y ver si hubo una buena eficiencia. Lorenzo (2006)

#### **2.13.1. Descripción del equipo de prueba de jarras**

El diseño básico del equipo que se usa para realizar la prueba de jarras consta de un sistema de agitación múltiple conformado por seis paletas (ver Figura 6) que mezclan el agua depositada en los vasos precipitados dentro de los cuales se acoplan los deflectores (Pèrez, 1997)



*Figura 9: Equipo de Prueba de Jarras.*

### 2.13.2. Condiciones de la prueba de jarras

Al ser solo una simulación a escala es necesario que se mantengan las condiciones básicas que existen en los procesos industriales (Lorenzo, 2006).

#### **a) Mezcla Rápida**

Manrique & Roa (2014) indican que el objetivo de la mezcla rápida es el de incorporar los agentes al agua en un recipiente de mezcla donde el coagulante se esparcirá por todo el volumen de agua.

#### **b) Mezcla Lenta**

El contacto entre el color, la turbiedad y los flóculos debe ser mediante una mezcla que permita diferencias de velocidad en el agua pero que no exceda la velocidad para que no exista riesgo de que los flóculos se rompan. Esta mezcla considerada como la segunda etapa se llama mezcla lenta (Andía, 2000).

### c) Sedimentación

Mediante este proceso las partículas en suspensión dependiendo de su característica, así como de su concentración empezaran a descender dando como resultado la clarificación del agua (Maldonado, 2001).

### d) Gradiente de Velocidad

También definido como potencia específica dada al fluido es uno de los parámetros necesarios en el proceso de floculación. Es necesario que para la obtención de este exista una relación matemática (ver Figura 10) a partir de la velocidad de rotación de las paletas en el flujo de agua (Restrepo, 2009)

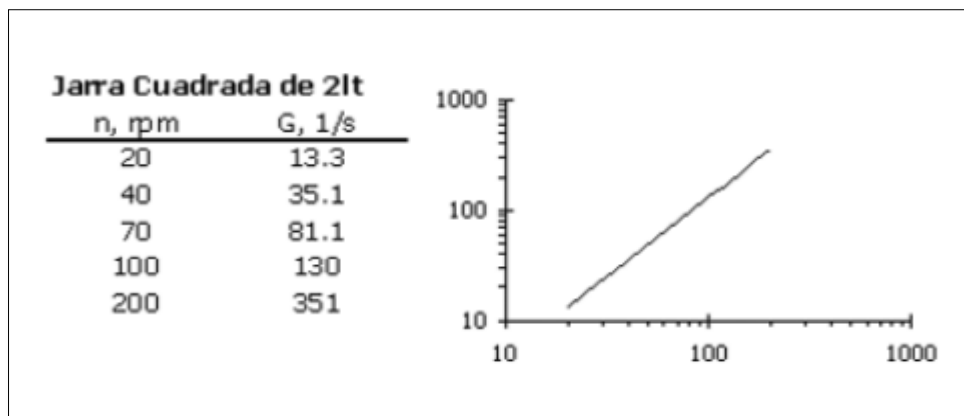


Figura 10: Relación matemática para los recipientes de 2lt

## 2.14. Diseño compuesto central rotacional (DCCR)

La elección del método experimental va depender principalmente del número de variables independientes que van a estar involucrados en el experimento, la viabilidad del número de pruebas que se pueden alcanzar y el costo en el proceso de estudio, tomando en cuenta que debe haber un número mínimo de pruebas que se realizaran así no comprometer la parte de discusión, los resultados y la interpretación, siendo que los planteamiento factoriales deben

seguir una secuencia así lograr el objetivo que plantea la investigación (López & Gómez, 2002).

Un diseño compuesto central rotacional está conformado por formulaciones con condiciones factoriales, axiales y con condición de punto central (repeticiones). Lo cual consiste en  $2^k$  puntos axiales  $(\pm 1, \pm 1, \dots, \pm 1)$ , donde  $k$  es el número de variables que se va analizar, aumentado por  $2^k$  puntos axiales  $(\pm \Psi, 0, \dots, 0), (0, \pm \Psi, \dots, 0), \dots, (0, 0, \dots, \pm \Psi)$ , donde  $\Psi$  es la distancia de los puntos axiales al centro del diseño y  $n_c$  puntos centrales  $(0, 0, \dots, 0)$ , de tal modo que el número total de experimentos que se va dar son  $N = 2^k + 2^k + n_c$ , siendo que los puntos centrales van a determinar el error experimental y la reproducibilidad de los datos (Nikolic et al., 2016) El procesamiento de los datos obtenidos en la investigación se realiza mediante el programa STATISTICA Statsoft (Villanueva, 2018).

### **3. CAPITULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

##### **3.1. Población y muestra**

###### **3.1.1. Población**

Según Rienzo et al., (2009) la población es el conjunto de todos los individuos la cual tienen características medibles y observables en común.

La población considerada en la investigación es el centro de sacrificio de ovinos y bovinos municipales de Ninacaca en Cerro de Pasco.

###### **3.1.2. Muestra**

Según Galbiati, (2004) la muestra es el subconjunto de la población la cual nos brindara información del objetivo a estudiar.

La muestra considerada en la investigación es de 50 litros de los efluentes generados por el camal municipal donde parte del volumen fue utilizado para el análisis físico – química tales como (Turbidez, SST, DBO<sub>5</sub>, DQO, pH, Conductividad) y el resto para la realización de la prueba de jarras.

**Unidad de Análisis:** 24 litros ubicado en la prueba de jarras.

Estas muestras serán evaluadas un antes y después del tratamiento en el laboratorio de la Universidad Peruana Unión sede Lima, así determinar si el tratamiento tuvo una eficiencia o no.

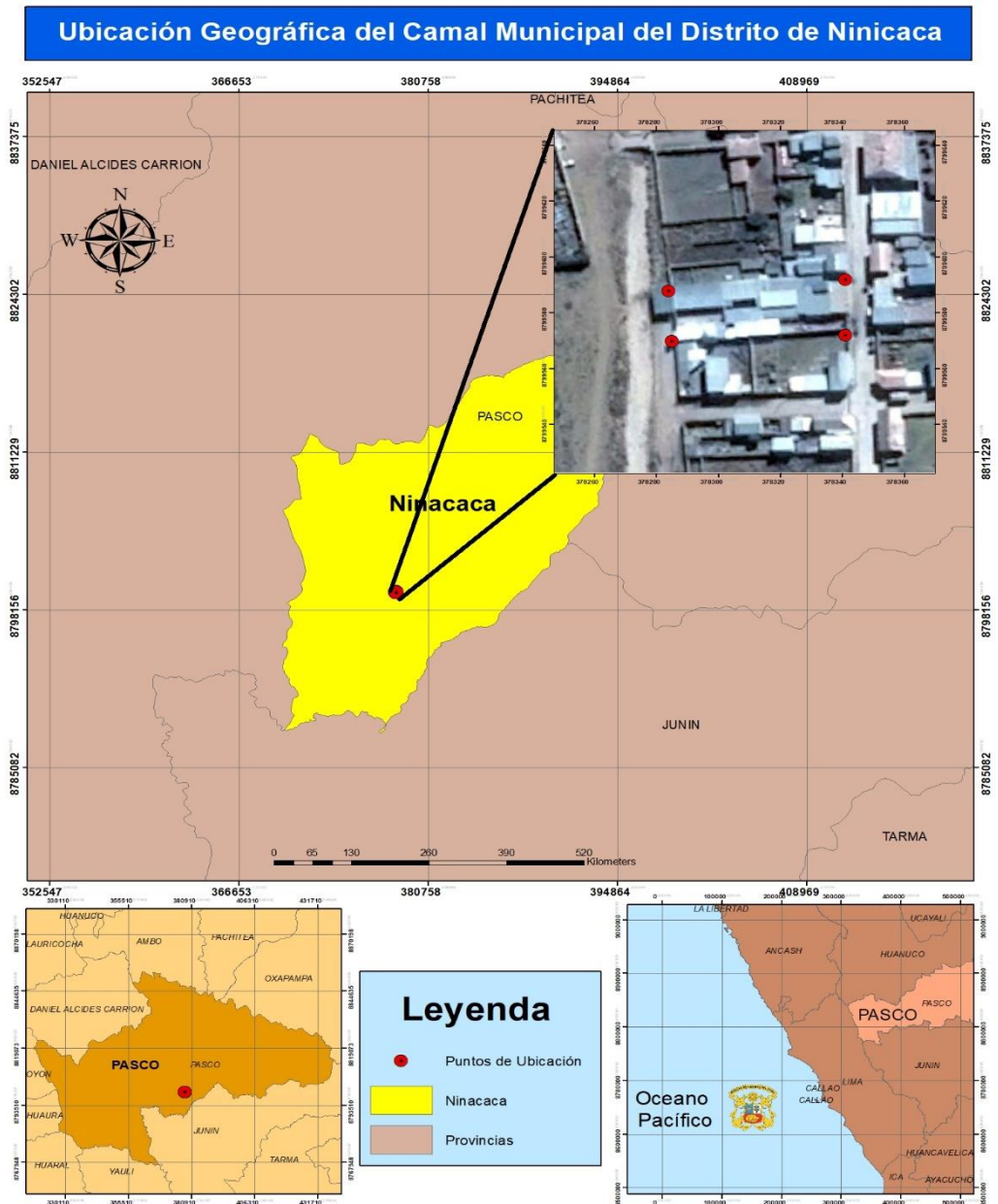


Figura 11: Mapa de ubicación del proyecto

### 3.2. **Ámbito de estudio**

La investigación se dará en los efluentes de camal municipal del Distrito de Ninacaca provincia de Pasco, departamento de Pasco, ubicado a una altitud de 4 140 m.s.n.m.

El predio que ocupan las instalaciones del Camal, tiene forma poligonal siendo sus coordenadas:

Tabla 5.  
*Coordenadas geográficas del camal municipal Ninacaca.:*

	X	Y
Coordenadas geográficas DATUM	378283	8799586
WGS 84	378290	8799572
	378340	8799571
	378344	8799587

### 3.3. **Lugar de ejecución**

La investigación se desarrollará en los laboratorios de la Universidad Peruana Unión en la Escuela profesional de Ingeniería Ambiental – Laboratorio de Monitoreo Ambiental, ubicada en el Km 19.5 de la carretera central- Ñaña-Lima.

### 3.4. **Diseño de investigación**

#### 3.4.1. Tipo de estudio

El estudio de la investigación es de un enfoque cuantitativo y experimental, ya que se utilizará métodos estadísticos para obtener un resultado después de la variable de un antes y después del tratamiento, además se recopilará datos que se obtuvieron en campo (temperatura, color, sabor, pH, turbidez, etc.) que fueron analizados por el laboratorio Delta Lab para posteriormente hacer las comparaciones con los parámetros del tratamiento de agua residual.

### 3.4.2. Diseño experimental

El estudio tiene el enfoque de un diseño experimental ya que se va manipular una o más variables independientes para así analizar las consecuencias de una o más variables dependientes

Para la eficiencia de remoción de contaminantes del efluente del camal municipal, serán investigados usando un diseño rotativo compuesto central (DRCC) con un diseño factorial  $2^2$  que consiste de cuatro puntos factoriales, cuatro puntos axiales y tres puntos centrales, totalizando 12 experimentos (Manrique & Roa, 2014). Los rangos y niveles de las variables independientes que serán usados en la forma codificada y no codificada en este estudio son mostrados en la Tabla 6Tabla 7

Los experimentos serán ejecutados en orden aleatorio y los datos analizados por regresiones múltiples usando un método de mínimos cuadrados. La variable dependiente (Y) fue respuesta de modelos de función lineal, cuadrático e interactivo y los datos experimentales serán ajustados al modelo polinomial de segundo orden como se muestra en la ecuación:

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^2 \beta_i X_i + \sum_{i=1}^2 \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i \neq j=1}^2 \beta_{ij} X_i X_j$$

Donde:

Y: Respuesta predicha medida

$\beta_0$ : Coeficiente intercepto

$\beta_i$ ,  $\beta_{ii}$  y  $\beta_{ij}$ : Coeficientes del modelo (lineal, cuadrático e interacción, respectivamente)

$X_i$  y  $X_j$ : Valores codificados de las variables independientes.

Tabla 6.  
Niveles y factores para el diseño de superficie de respuesta (DRCC)

Factores	Niveles				
	-1.4142	-1	0	1	1.4142
Moringa (%)	2.9	5	10	15	17.1
Tiempo (min)	11.7	20	40	60	68.3

Tabla 7.  
Diseño Central Compuesto Rotación (DRCC) para la eficiencia de remoción de contaminantes

Tratamientos	Variables independientes				Variables dependientes			
	Codificado		No codificado		UNT	DBO <sub>5</sub>	DQO	SST
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Moringa (%)	Tiempo (min)				
1	-1	-1	5	20	-	-	-	-
2	-1	1	15	20	-	-	-	-
3	1	-1	5	60	-	-	-	-
4	1	1	15	60	-	-	-	-
5	-1.4142	0	10	11.7	-	-	-	-
6	1.4142	0	10	68.3	-	-	-	-
7	0	-1.4142	2.9	40	-	-	-	-
8	0	1.4142	17.1	40	-	-	-	-
9	0	0	10	40	-	-	-	-
10	0	0	10	40	-	-	-	-
11	0	0	10	40	-	-	-	-
12	0	0	10	40	-	-	-	-

El gráfico de superficie de respuesta tridimensional y el gráfico de contorno serán generados de los coeficientes de regresión de la ecuación polinomial reducida. Los gráficos serán usados para mostrar la relación entre la respuesta y los niveles de cada variable independiente y deducir las condiciones de remoción óptima. El modelo de regresión polinomial será evaluado por el análisis de varianza (ANOVA). Todos los análisis estadísticos serán realizados a un nivel de significancia de 5% ( $p \leq 0.05$ ) usando el software STATISTICA versión 13.1 (Arruda, Pereira, & Pastore, 2016).

### 3.5. Identificación de variables

#### 3.5.1. Variable dependiente

Tabla 8.  
*Descripción del tipo de variable dependiente*

Tipo de Variable	Variable	Dimensiones	Indicadores
Dependiente	Efluentes del camal municipal	Parámetro Físico	Turbidez
		Parámetros Químicos	SST DBO <sub>5</sub> DQO

#### 3.5.2. Variable independiente

Tabla 9.  
*Descripción del tipo de variable independiente*

Tipo de Variable	Variable	Indicadores	Unidad
Independiente	Eficiencia de la Moringa como coagulante natural	Concentración (dosis)	%
		Tiempo	Min

### 3.6. Operacionalización de variables

Tabla 10.  
*Variables Independientes y Dependientes del proyecto*

VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Eficiencia de la Moringa como coagulante natural	Semilla de la Moringa	Concentración ( dosis )	%
		Tiempo	Min
VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Efluentes del camal municipal	Parámetro Físico	Turbidez	NTU
	Parámetros Químicos	SST	mg/L
		DBO <sub>5</sub>	mg/L
		DQO	mg/L

### 3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se utiliza fichas de observación así obtener datos desde la primera toma de muestra del efluente luego se da las acciones de muestreo, medición y análisis para obtener las características antes de tratamiento a aplicar.

Tabla 11.  
*Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

ETAPA	TECNICA	INSTRUMENTO	RESULTADO
Recolección y caracterización de las muestras	Análisis físico - químico de los efluentes del camal	Medidor de pH Termómetro Turbidímetro Multiparametro	Caracterización física – química del efluente del camal
Obtención del coagulante de la semilla Moringa Oleífera	Descascarar la semilla de Moringa oleífera, triturlarla, tamizarla y procesarla mediante el desengrasado. Para luego ser prepara como solución.	Método manual Método Soxhlet	Coagulante de la semilla Moringa para aplicar en la Prueba de Jarras
Coagulación, floculación con semilla de Moringa oleífera	Adición del coagulante al efluente, considerando en diferentes dosis y tiempo.	Método Prueba de Jarras	Reducción de los parámetros físicos - químicos del efluente del camal municipal.

### **3.8. Materiales y equipos utilizados en el experimento**

#### 3.8.1. Materia prima e insumo

- Semilla de Moringa Oleífera 100% natural
- Éter de petróleo.
- Agua destilada
- Refrigerante
- Ácido Sulfúrico (preservante)
- Cloruro de Sodio 5%

#### 3.8.2. Equipos

- Multiparametro – marca HANNA INSTRUMENTS-modelo C214
- Turbídmetro – marca HANNA INSTRUMENTS – modelo HI93703
- Medidor de pH – marca HANNA INSTRUMENTS – modelo HI9025
- GPS – marca GARMIN – modelo eTrex 30x
- Balanza Analítica de gran exactitud \_ marca CGOLDENWALL\_ 03 dígitos
- Cámara fotográfica

### 3.8.3. Materiales

Tabla 12.  
*Materiales de Laboratorio*

<b>Materiales</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Cantidad</b>
Vasos precipitados	2000 ml	4
Vasos precipitados	500 ml	8
Vasos precipitados	5ml	12
Probeta	1000 ml	1
Fiola	100 ml	2
Pipeta graduada	1 ml	3
Pipeta graduada	10 ml	3
Jeringas hipodérmicas c/aguja	25 ml	12
Bagueta	--	6
Deflectores	--	12
Sifón/ tomador de muestra	--	12
Varillas	--	6
Piseta	500 ml	3
Fuente mediana	--	1
Tamiz	--	1
Recipiente	50 Lt	1
Guantes quirúrgicos	--	4p
Papel filtro paso rápido	--	2

### 3.9. Métodos

#### 3.9.1. Preparación de la Moringa Oleífera como coagulante.

Se realizó la compra de la semilla desvainada en el mercado central de Los Olivos, que en total fueron 2.5 Kg.

- Ya obteniendo la semilla se procedió a descascarar y se dejó secar expuesto al sol del día en el distrito de Chosica por los motivos de que en dicho lugar el sol está más radiante que todos los días (por semana y media), se trituro la semilla con un molino mecánico unas tres vueltas seguidas hasta quedar una especie de harina. (mostró un color amarillo pálido y bastante húmedo).

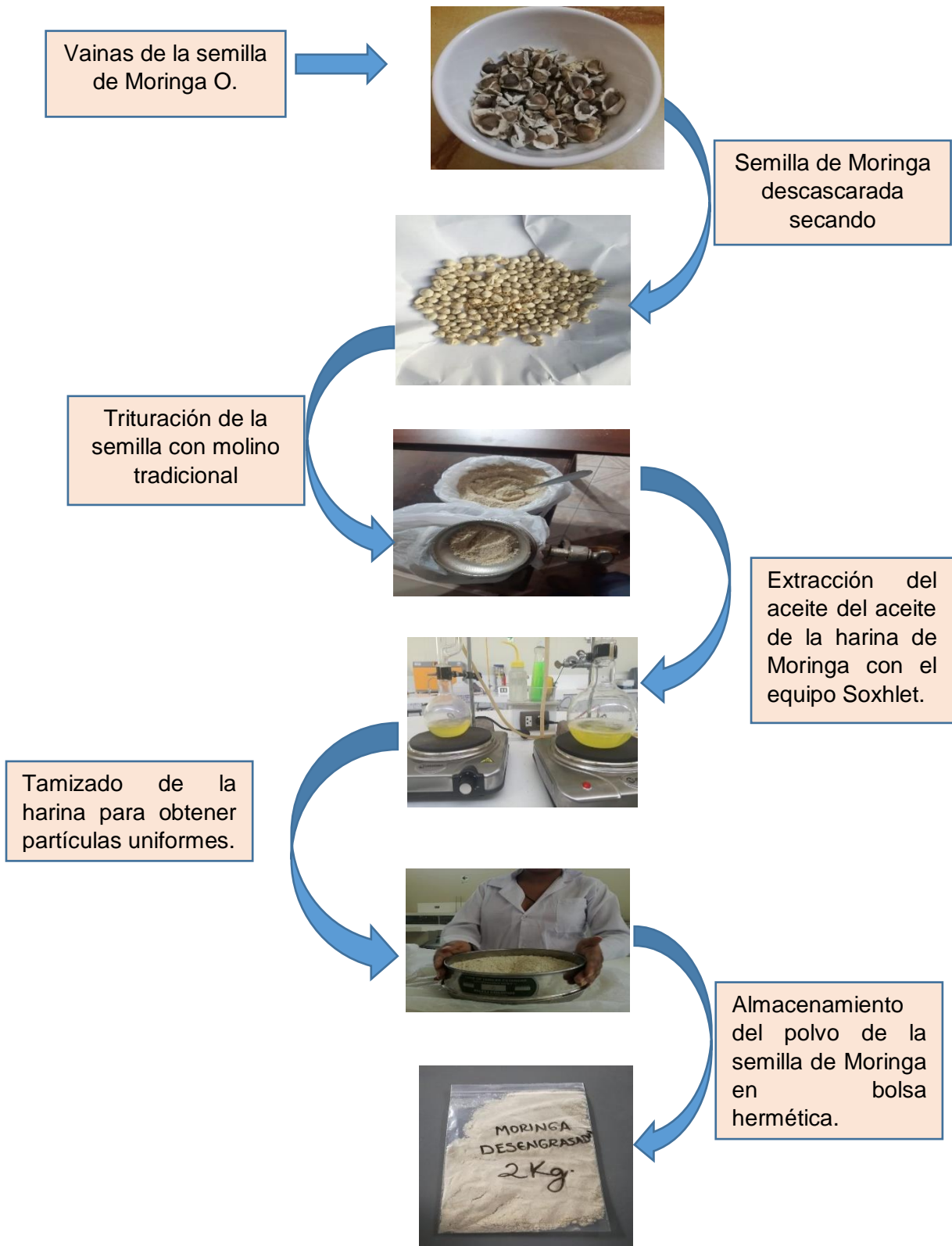
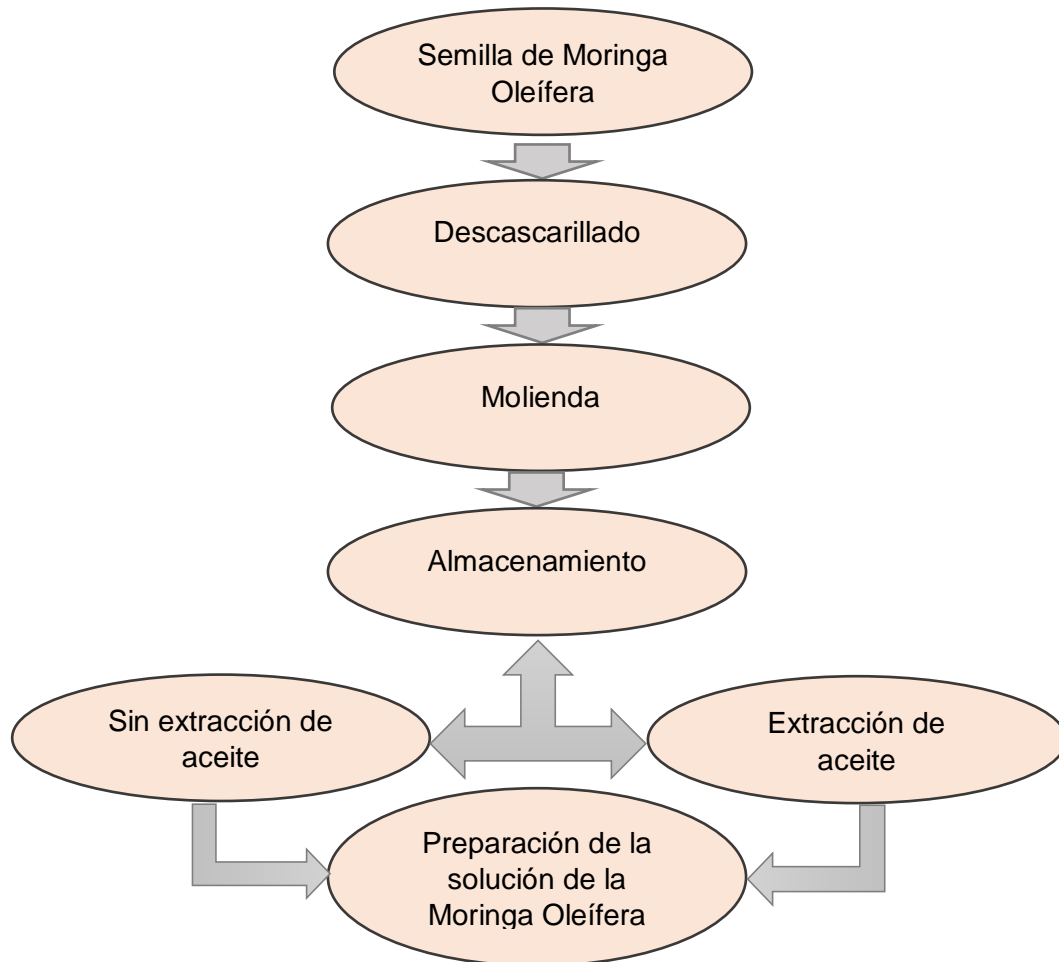


Figura 12: Procesos de la preparación de la moringa sin aceite.

### 3.9.2. Obtención del coagulante a partir de la semilla de Moringa Oleífera.



*Figura 13:* .Flujo de la extracción del coagulante de la semilla de Moringa Oleífera.

### 3.9.3. Extracción del aceite de la semilla Moringa Oleífera

La semilla de la Moringa Oleífera posee aproximadamente un 40% de aceite de su peso total y ésta conformado por un 73 % de ácido oleico , las cuales hacen que la semilla pierda esa propiedad coagulante, y para lograr una adecuada extracción del aceite se procede a descascarar la semilla para después mediante el método de presado extraer el aceite y las grasas (Guaman & Sanchez, 2018). Sin embargo, Valencia (2018) en su tesis titulada “Métodos

de extracción de aceite esencial de la semilla de Moringa (Moringa Oleífera)” en la cual se utilizó tres métodos para determinar la efectividad de extracción del aceite, siendo así la extracción por Soxhlet, arrastre de vapor y prensa manual, de las cuales, con un alto porcentaje de rendimiento resultó ser más efectivo la extracción por el método de Soxhlet

#### 3.9.4.Extracción Soxhlet

Ésta es una técnica de separación de sólido-líquido que comúnmente es utilizada para poder determinar el contenido de grasa en las muestras de diferente naturaleza. A la extracción que realiza se le denomina como operación de transferencia de masa, que, mediante un disolvente, se extrae selectivamente el soluto que se encuentra entre la matriz sólida (Merlos & Padilla, 2016).

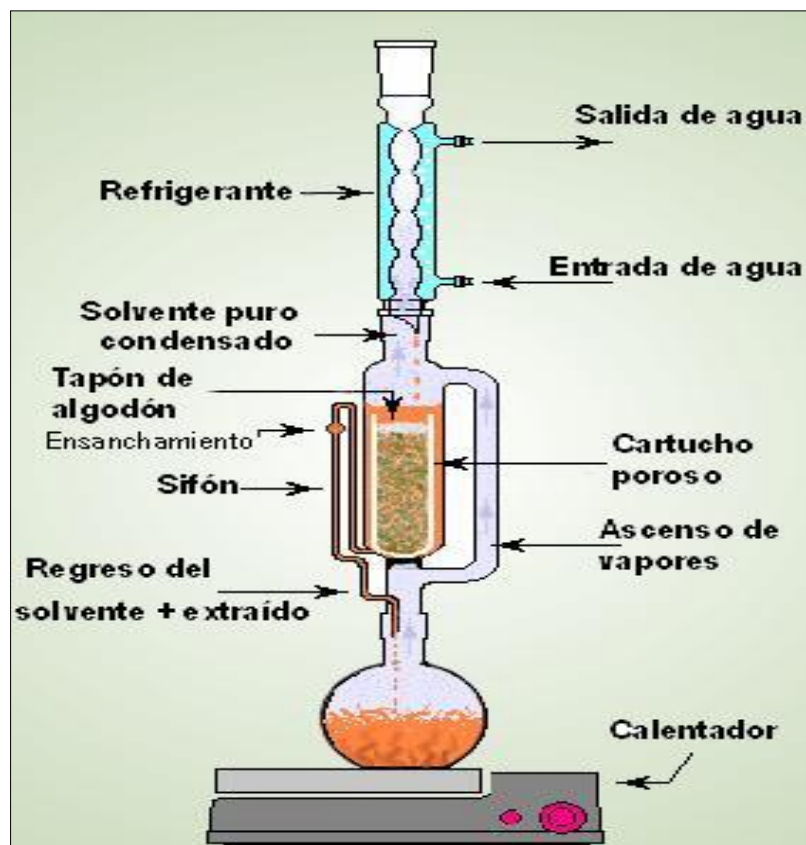


Figura 14: Aparato de Soxhlet

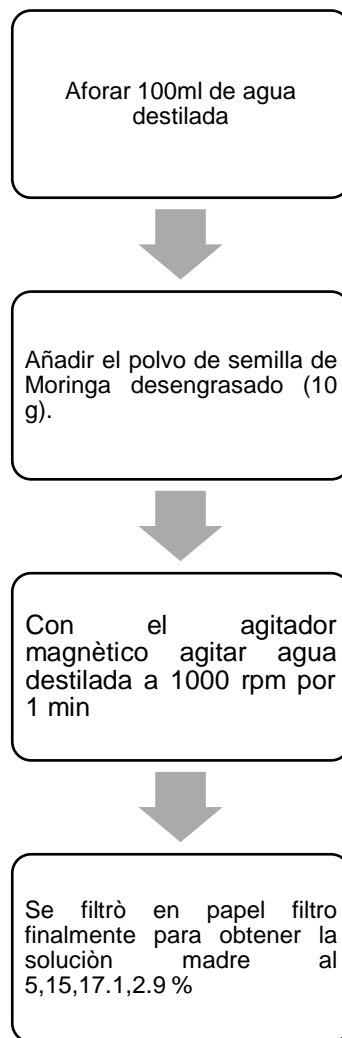
(Núñez 2008)

**a) Descripción del procedimiento por método de Soxhlet**

- Armado correctamente del aparato Soxhlet que ya una vez lista se conecta a una fuente de calor permanente a una temperatura controlada. Considerando que el solvente a utilizar es el éter de petróleo su temperatura de evaporación es de 30 a 40 °C.
- Se coloca la cantidad de la semilla triturada en un papel filtro que permite al solvente entrar y salir reteniendo al sólido, según la capacidad del aparato, que según el Manual Internacional de Métodos Oficiales de Análisis AOAC, 50 gramos por cada corrida.
- Se procede a echar el solvente a través del condensador hacia la recámara Soxhlet que seguidamente cae al balón aforado, con la finalidad de empezar la destilación.
- El solvente empieza a evaporarse transcurriendo por el ascensor de vapores hasta el ascensor de vapores hasta el condensador.
- El éter cae nuevamente en forma de goteo lento a la recámara de Soxhlet y se mezcla con la semilla de Moringa.
- En la recámara de Soxhlet hay un nivel de solución la cual permite que el éter y el aceite extraído nuevamente descienda al balón aforado para comenzar la destilación. Así, repetitivamente se convierte en un ciclo que puede demorar de 16 a 18 horas.
- Transcurrido las horas se procede a retirar la muestra en un recipiente la cual será introducido a un horno por 74 °C por 30 minutos con la finalidad de evaporar por completo el solvente y obtener la muestra libre de ello.

### 3.9.5. Obtención del coagulante

Polvo de semillas de la Moringa Oleífera en suspensión de 10 g en 100ml de agua destilada se agito usando un agitador magnético durante 1 minutos en 1000 rpm para extraer el componente de coagulación activo. La solución se filtró luego a través de un papel de filtro. (5A, cuantitativa sin cenizas; ADVANTEC) con aproximadamente 7 mm de tamaño de poro (MOC-SC), De esa manera finalmente se obtiene la solución (Okuda, Aloysius, Nishijima, & Okada, 2001). Y se utilizó la misma metodología para las diferentes dosis (5,15,17.1,2.9)



*Figura 15:* Diagrama de proceso para la obtención de la solución al 10 % de Moringa Oleífera. (Okuda et al., 2001)

- Preparación de la solución de Moringa Oleífera para obtener la solución del coagulante se realizó utilizando la metodología (Aldana, 2012).
- La solución, para las diversas concentraciones, se preparó agregando la semilla ya preparada y desengrasada a un volumen de solución de agua y se le agitó con la ayuda del agitador magnético hasta obtener una solución homogénea. Para hallar la concentración se utilizó la siguiente formula:

$$\%C = \frac{W}{V} \times 100\%$$

Donde:

C: concentración de la solución del coagulante natural (10 000 mg/lit <>1%),

W: peso de la extracción de la Moringa pulverizada en gr

V: Volumen de la solución de agua destilada en ml.

#### 3.9.6. Metodología para la toma de la muestra del agua residual.

Como objetivo del muestreo de agua residual es obtener una muestra representativa para que esta pueda ser analizada y obtener las variables fisicoquímicas de interés. El muestreo se realizó en el punto de descarga donde el agua se encuentra en estado cruda, en el cual se extrae muestras simples donde el volumen de cada muestra debe ser proporcional al caudal de descarga al momento de su toma.

##### **a) Muestreo**

Se



*Figura*

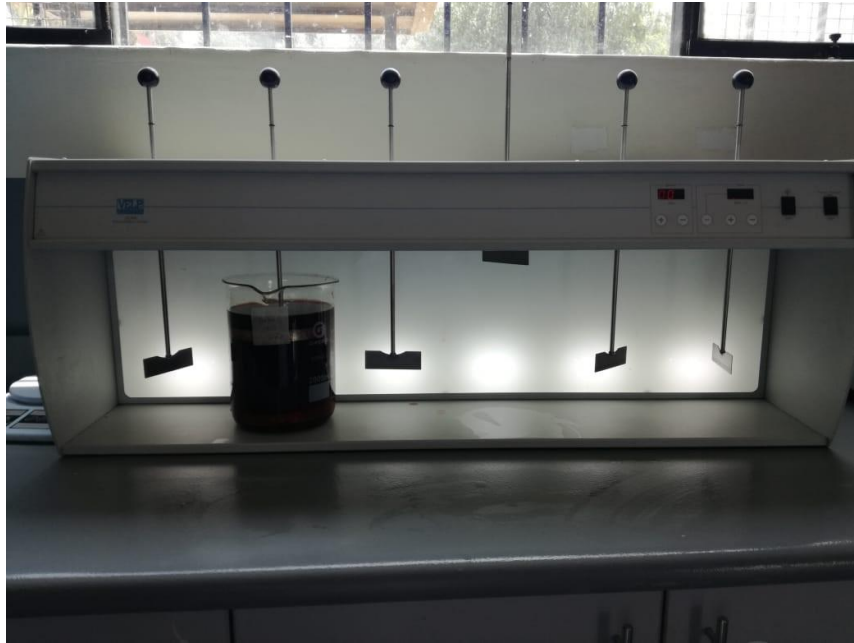
### 3.9.7. Método de Prueba de Jarras

Para los ensayos de laboratorio se hizo la prueba de jarras donde se busca determinar la concentración óptima de algún coagulante para el tratamiento de aguas para así evaluar su efectividad como floculante/coagulante.

Para llevar a cabo esta etapa se preparó la concentración de moringa oleífera mediante un test preliminar (prueba de probeta) así determinar la posible dosis óptima del floculante/coagulante; por lo cual se va describir la primera etapa ya que consiste de varias pruebas por los datos que se manejan.

1. Se colocaron los vasos precipitados de 2000ml con sus respectivos reflectores (amazonas que ocasionan colisión con las partículas, ayudan al proceso de mezcla y

coagulación evitando la formación del vértice) dentro del equipo por lo que se trabajó 1 vaso por cada equipo.



*Figura*

2. Se inició la prueba con 300 rpm y en 3 segundos se inyectó la concentración de moringa oleífera (esto corresponde a la fase de la mezcla rápida, ocurre la desestabilización del coloide, formando parte de la coagulación) manteniendo a esa velocidad por 5 segundos.
3. Pasado los 5 segundos se baja la velocidad a 40 rpm por un tiempo de 20 min (ocurre la fase de floculación, donde se disminuye la velocidad para llevar a cabo la mezcla lenta así formando el floculo)
4. Posteriormente se bajó la velocidad, es decir a 0. Se subió las paletas y se retiró los vasos del equipo con sumo cuidado y de forma lenta para no ocasionar algún movimiento. De igual forma se retiran los deflectores y se colocan los sifoneadores en cada vaso.



*Figura*

5. Por último, se va a cronometrar el tiempo de sedimentación según la muestra relacionada con la concentración y tiempo que se trabajó Tabla 13, un minuto antes de que termine la fase de sedimentación; se debe drenar un poco de muestra y luego se extrae 30 a 40 ml de muestra.

Tabla

<b>Muestra</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Concentración de moringa oleífera (%)</b>
Muestra 1	20	5
Muestra 2	20	15
Muestra 3	60	5
Muestra 4	60	15
Muestra 5	11.7	10
Muestra 6	68.3	10
Muestra 7	40	2.9
Muestra 8	40	17.1
Muestra 9	40	10
Muestra 10	40	10
Muestra 11	40	10
Muestra 12	40	10

En cada una de las pruebas se van a comparar los valores del agua residual inicial (A.R.I) con los valores obtenidos después de la aplicación del tratamiento con Moringa Oleífera (A.R.F).Para luego analizar si se obtuvo un eficiencia de los parámetros DBO<sub>5</sub>.DQO.SST Y la

T

u

r

$$Reduccion = \frac{A.R.I - A.R.F}{A.R.I} * 100 \quad \text{----} \quad \text{----} \quad \text{----} \quad \text{----} \quad (Ecuación 1:Reducción )$$

i

d

e

z

r

e

m

o

v

i

d

a

## 4. CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1. Caracterización inicial del agua residual

En la Tabla 14 se muestra los resultados fisicoquímicos iniciales del agua residual a ser tratada. Donde fueron analizados por el laboratorio de la universidad Peruana Unión y el laboratorio DeltaLab.

Observándose que los parámetros físico- químicos mostrados en la tabla de pre-análisis superan los valores Limites Admisibles para la descarga de aguas residuales no domesticas en el sistema de alcantarillado sanitario del decreto supremo como se puede observar en el Anexo 2.

Tabla 14.  
*Características del agua antes de someterse a la prueba de jarras.*

Parámetros	Unidad	Pre - análisis
Turbiedad	UNT	2008
Color verdadero	UC	>100
pH		7.53
Conductividad	umho/cm (25°C)	1490
Temperatura	°C	10.4
DBO <sub>5</sub>	mg/L	4247
DQO	mg/L	8930
SST	mg/L	2150

## 4.2. Resultados del diseño de post- tratamiento

### 4.2.1. Análisis de la remoción de Turbidez utilizando como coagulante natural la Moringa Oleífera.

En la Tabla 15, se muestra el análisis de varianza (ANOVA) de la remoción de la turbiedad donde se observa un coeficiente de determinación  $R^2 = 0.80$  y un coeficiente de determinación ajustado  $R\text{-adj} = 0.63$  al 95% de nivel de confianza, donde se muestra que el Lack of fit es estadísticamente significativa, quiere decir que el ajuste de la regresión(L) y (Q) del modelo no es predictivo.

Tabla 15.  
*Análisis de varianza (ANOVA) de la remoción de la turbidez.*

Factores	SS	df	MS	F	p
(1)Tiempo (min)(L)	6.0769	1	6.07686	387.695	0.000286
Tiempo (min)(Q)	1.1346	1	1.13457	72.384	0.003411
(2)Dosis de Moringa (%) (L)	71.8727	1	71.87275	4585.372	0.000007
Dosis de Moringa (%) (Q)	57.6802	1	57.68021	3679.909	0.00001
1L by 2L	0.1987	1	0.19866	12.674	0.037817
Lack of Fit	34.4312	3	11.47707	732.22	<b>0.000085</b>
Pure Error	0.047	3	0.01567		
Total SS	170.5376	11			

(\*) Efecto significativo: L=Lineal, Q, cuadrático y la Significancia  $p < 0.05$

En la Figura 19 Se detalla gráficamente que las variables fueron significativas ( $p < 0.05$ ) en la remoción de turbiedad mediante el diagrama de Pareto dando a conocer que más significancia es la dosis de moringa (%) (Lineal), Dosis de Moringa (%) (Q), Tiempo de sedimentación (Min) (L), Tiempo de sedimentación (Min) (Q) y la interacción del tiempo de sedimentación y la dosis de moringa, así mostrando que entre la Moringa y el Tiempo si hay significancia.

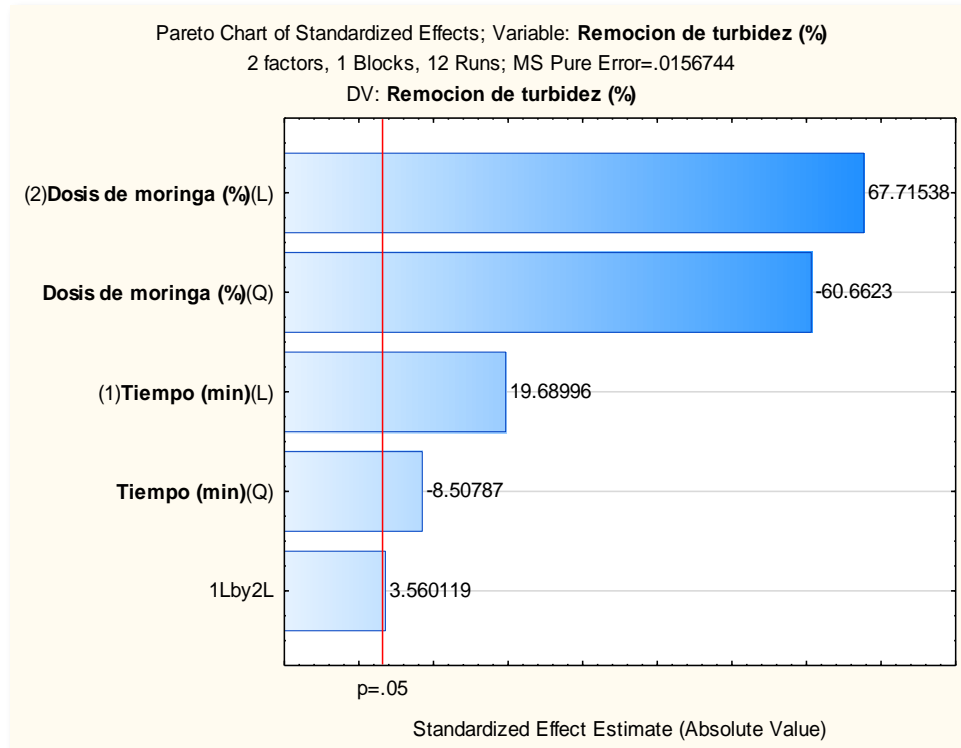


Figura 19: Diagrama de Pareto para la Turbidez del agua residual.

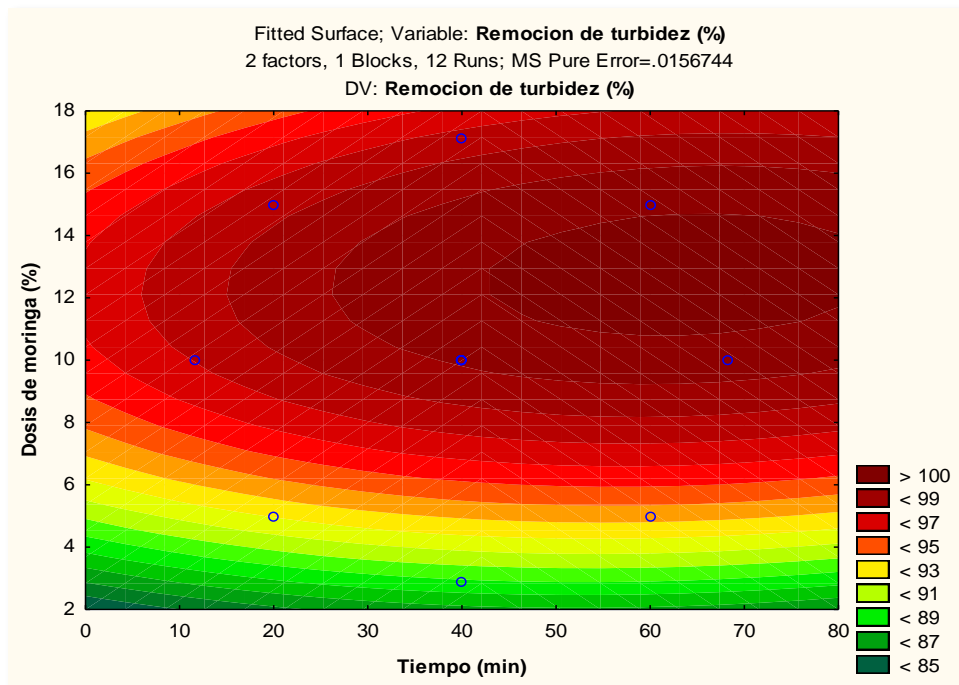
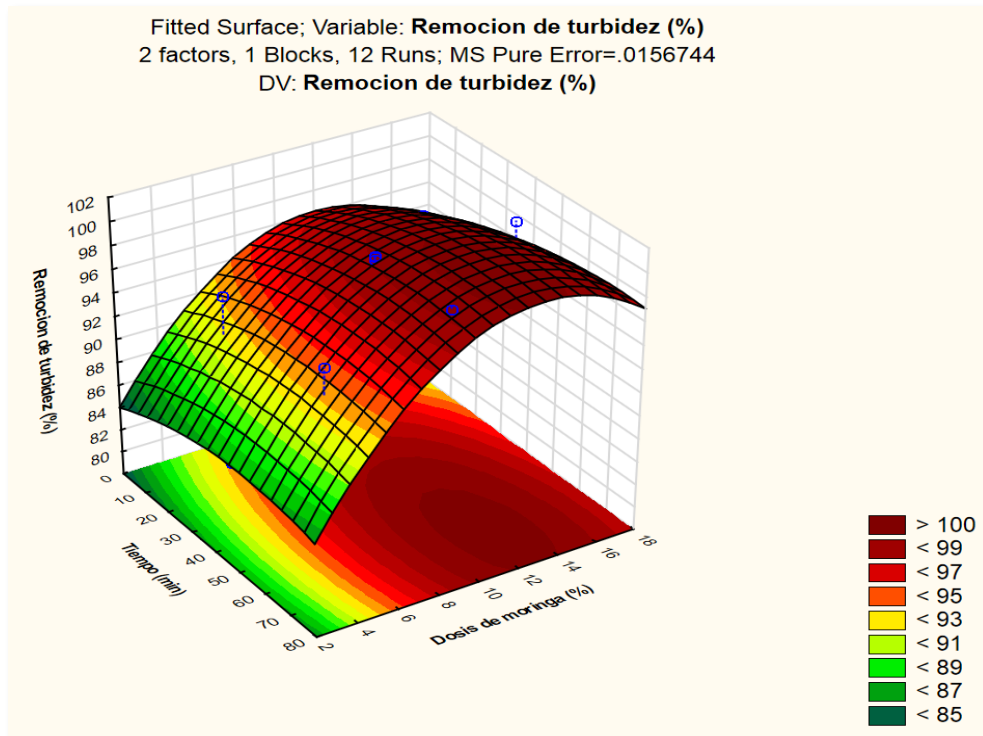


Figura 20: Superficie de contorno de la concentración de Moringa y el tiempo de sedimentación.



*Figura 21:* Superficie de Respuesta de la concentración de Moringa y el tiempo de sedimentación en la remoción de la Turbidez.

Mediante el grafico de contorno (Figura 20) y el de superficie de respuesta (Figura 21) nos permite interpretar los resultados de la concentración de la turbidez, donde se va representar en tres dimensiones como un pictograma del tipo de semáforo, siendo que el color verde representa menor remoción de la turbidez y el color rojo mayor remoción, por lo que observamos que si aplicamos aproximadamente intervalos entre 10 a 14% de Moringa y a un tiempo entre 50 a 80 min se obtendrá un remoción al 99%, Además, (Alvarez, 2019) nos menciona que si la dosis de la moringa oleífera es muy alta se neutraliza la carga total de las partículas así generando microfloculos muy pequeños siendo que estos no se puedan precipitar fácilmente donde ocasionan el incremento de la turbiedad en la mayoría de casos; asimismo (Andía, 2000) indica que a dosis bajas de moringa oleífera no se neutraliza las cargas de la partícula por lo que se genera una baja cantidad de microfloculos y por ende

persiste la Turbidez en el agua, siendo recomendable determinar la dosis optima donde va permitir la máxima remoción de este parámetro.

Vela (2016) Observó en su investigación realizada que en su prueba en blanco, donde explica que se dejó sedimentar el agua tomado del rio Alto por una hora se notó que la turbidez final no disminuyo a la turbidez inicial de agua, siendo que en la otra prueba aplicaron moringa oleífera como tratamiento en diferentes dosis y velocidades dando como resultados eficientes, por lo que tuvieron una remoción del 93%,asi dando a conocer la eficiencia de la moringa como un agente coagulante.

Por otro lado Arias et al., (2017) Realizo una investigación utilizando la moringa oleífera como sustancia coagulante en el tratamiento de aguas residuales que proviene de una planta de sacrificio animal, teniendo como turbidez inicial de 1144 NTU donde se aplicó una dosis a una concentración de 5% obteniendo una remoción del 73% ,dando a conocer que el uso de la semilla de moringa oleífera como coagulante es una gran alternativa, ya que es una tecnología de bajo costo y también de un uso fácil para depurar aguas contaminadas. (Mera, Gutiérrez, Montes, & Paz, 2016) Evaluaron los efectos de la moringa oleífera como coagulante y floculante natural de una planta de café teniendo como turbidez inicial mayor a 2000 NTU aplicaron dosis de 4% en 600 ml del agua a obtenida de la planta de café donde lograron reducir en un 92%, explicando que el uso de moringa como una alternativa de coagulante no perjudica al ecosistema y es eficiente para algunos parámetros de calidad por lo que el comportamiento es similar a nuestro estudio de investigación.

4.2.2. Análisis de la remoción de la demanda biológica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) utilizando como coagulante natural la Moringa Oleífera.

En la Tabla 16, se muestra el análisis de varianza (ANOVA) de la remoción de la turbiedad donde se observa un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) = 0.72 y un coeficiente de determinación ajustado ( $R$ - adj) = 0.49 al 95% de nivel de confianza, , Donde se muestra que el lack of fit es estadísticamente no significativa.

Tabla 16.  
Análisis de varianza (ANOVA) de la remoción de la Demanda Biológica de Oxígeno.

Factores	SS	df	MS	F	p
(1) Tiempo (min)	30.9635	1	30.96348	6.96117	0.077762
Tiempo (min)	2.0884	1	2.08837	0.46950	0.542412
(2) Dosis de Moringa (%)	55.1082	1	55.10817	12.38934	0.038921
Dosis de Moringa (%)	6.3863	1	6.38627	1.43575	0.316857
1L by 2L	24.5663	1	24.5663	5.52296	0.100297
Lack of Fit	32.0839	3	10.69462	2.40435	<b>0.245035</b>
Pure Error	13.3441	3	4.44803		
Total SS	163.3619	11			

(\*) Efecto significativo: L=Lineal, Q, cuadrático y la Significancia  $p < 0.05$

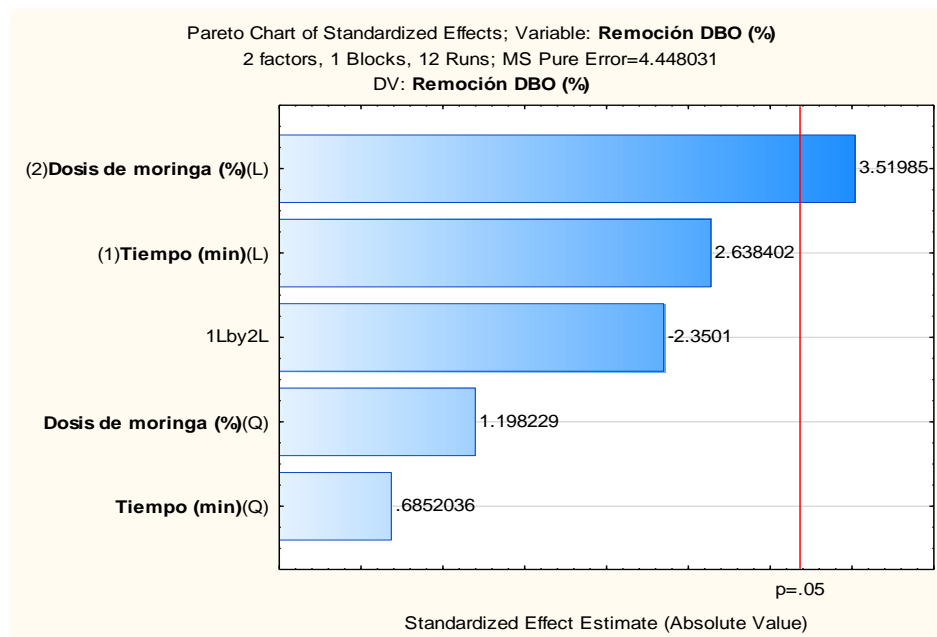


Figura 22: Diagrama de Pareto para la Demanda Biológica de Oxígeno del agua residual.

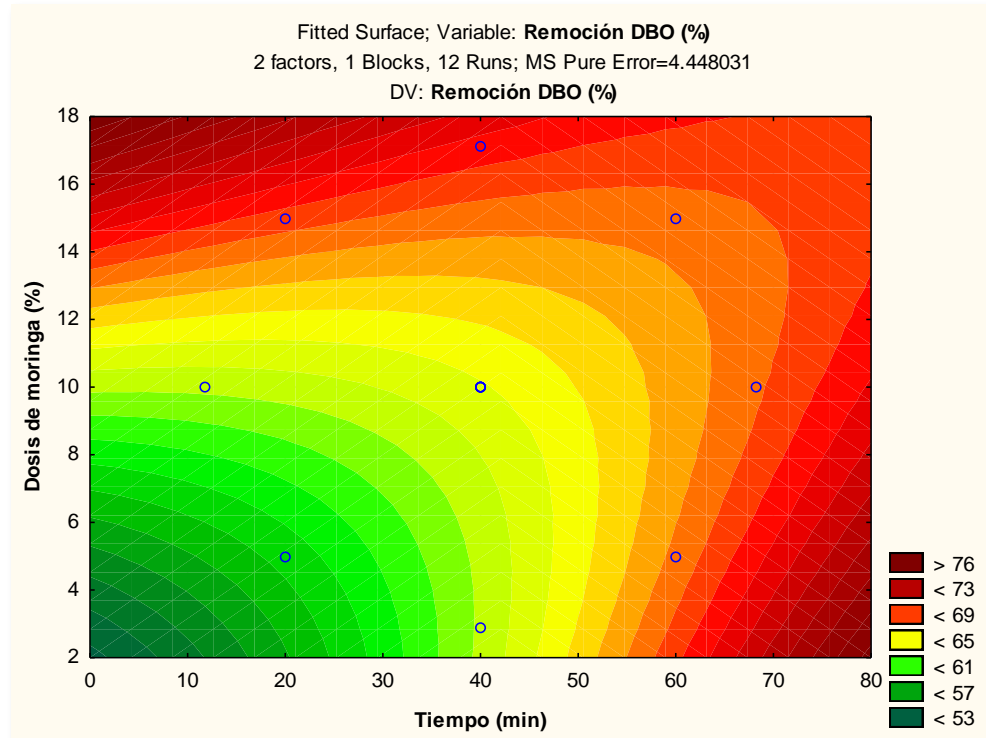


Figura 23: Superficie de contorno de la concentración de Moringa y el tiempo de sedimentación.

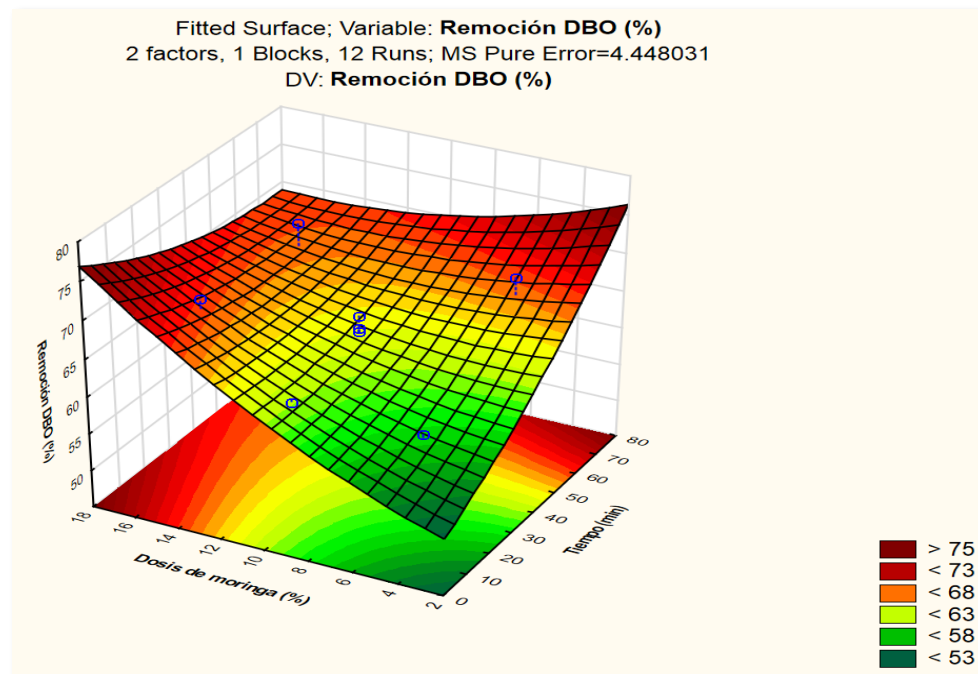


Figura 24: Superficie de Respuesta de la concentración de Moringa y el tiempo de sedimentación en la remoción de la Demanda Biológica de Oxígeno.

Con un porcentaje de remoción del 74% se obtuvo la Demanda Biológica del Oxígeno ( $DBO_5$ ) con una alta significancia se encuentra la concentración de Moringa, que significa que dosis aplicada a los tratamientos fue efectiva para que la  $DBO_5$ . Se menciona en muchos trabajos de investigación que la Moringa también actúa como un agente altamente patógeno, lo cual causa que los microorganismos que se encuentran en las aguas residuales se mueran. En el trabajo de investigación de (Ndabigengesere & Narasiah, 1996) menciona que en aguas residuales de beneficio de animales, el agua es demasiado cargado de materia orgánica, lo que ocasiona un alto límite de temperatura que provoca el aumento y dispersión de los microorganismos y eso demanda mayor consumo de oxígeno, es por ello que solo llega a remover un 55.2% de  $DBO_5$ . (Brilhante et al., 2017) menciona que la Moringa por sus propiedades de coagulación, floculación y sedimentación, su capacidad de mejorar la calidad del agua, al reducir la materia orgánica y la carga microbiana, y además su contenido de lectina soluble en agua, que es responsable de sus propiedades de floculación y sedimentación. Las semillas reducen la turbidez, el contenido de macropartículas y la carga microbiana. Entonces, la proteína catiónica de *M. oleífera* fusiona las membranas internas y externas de las células de *E. coli* la cual provoca severa muerte a los microorganismos.

Boulaadjoul, Zemmouri, Bendjama, & Drouiche, (2018) comenta que el mecanismo de coagulación propuesto de *M. oleífera* utilizado como coagulante primario es una combinación de neutralización de carga parcial y parche electrostático o mecanismo de micro bridas, en el que las partículas negativas de coloides se adsorben en la micro-superficie de las partículas cargadas de *M. oleífera*. formando micro bridas y dando como resultado la formación de flóculos ligeros.

Una ventaja clave de la purificación es que reduce la carga orgánica en los sistemas de tratamiento sin requerir métodos de producción de proteínas más complejos, como la expresión recombinante (heteróloga). Además, la alta termo estabilidad de MOCP y su

capacidad para reducir las poblaciones microbianas contribuyen a su atractivo como floculante (Ghebremichael, Gunaratna, Henriksson, Brumer, & Dalhammar, 2005).

#### 4.2.3. Análisis de la remoción de la demanda química de oxígeno (DQO) utilizando como coagulante natural la Moringa Oleífera.

En la Tabla 17, se muestra el análisis de varianza (ANOVA) de la remoción de la turbiedad donde se observa un coeficiente de determinación ( $R^2=0.78$ ) y un coeficiente de determinación ajustado ( $R\text{-adj} = 0.60$ ) al 95% de nivel de confianza, donde se muestra que el lack of fit es estadísticamente no significativa.

Tabla 17.  
*Análisis de varianza (ANOVA) de la remoción de la Demanda Química de Oxígeno.*

Factores	SS	df	MS	F	p
<b>(1) Tiempo (min)</b>	42.2249	1	42.22494	9.61075	0.05329
<b>Tiempo (min)</b>	5.5800	1	5.58002	1.27006	0.341757
<b>(2) Dosis de Moringa (%)</b>	54.0101	1	54.01006	12.29315	0.039306
<b>Dosis de Moringa (%)</b>	4.7325	1	4.73249	1.07715	0.375642
<b>1L by 2L</b>	23.2944	1	23.29441	5.302	0.104738
<b>Lack of Fit</b>	22.3948	3	7.46495	1.69909	<b>0.336973</b>
<b>Pure Error</b>	13.1805	3	4.39351		
<b>Total SS</b>	163.6900	11			

(\*) Efecto significativo: L=Lineal, Q, cuadrático y la Significancia  $p < 0.05$

Según el diagrama de Pareto (Figura 25) se muestra que la variable con más significancia ( $p < 0.05$ ) fue la dosis de moringa (%) (L).

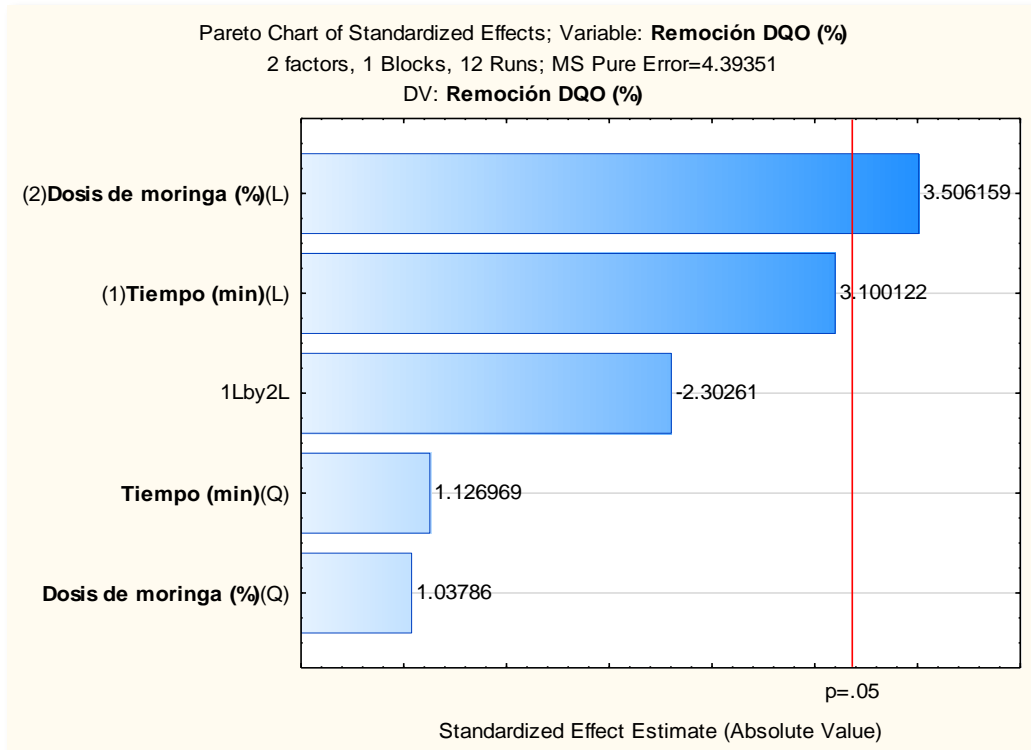


Figura 25: Diagrama de Pareto para la Demanda Química de Oxígeno del agua residual.

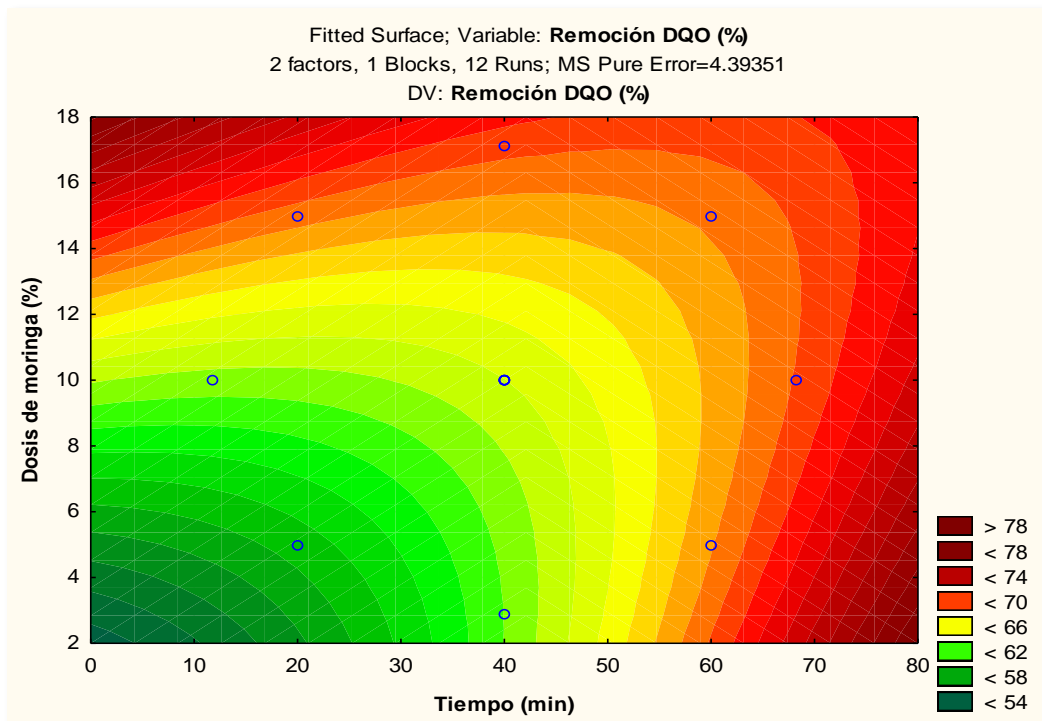


Figura 26: Superficie de contorno de la concentración de Moringa y el tiempo de sedimentación.

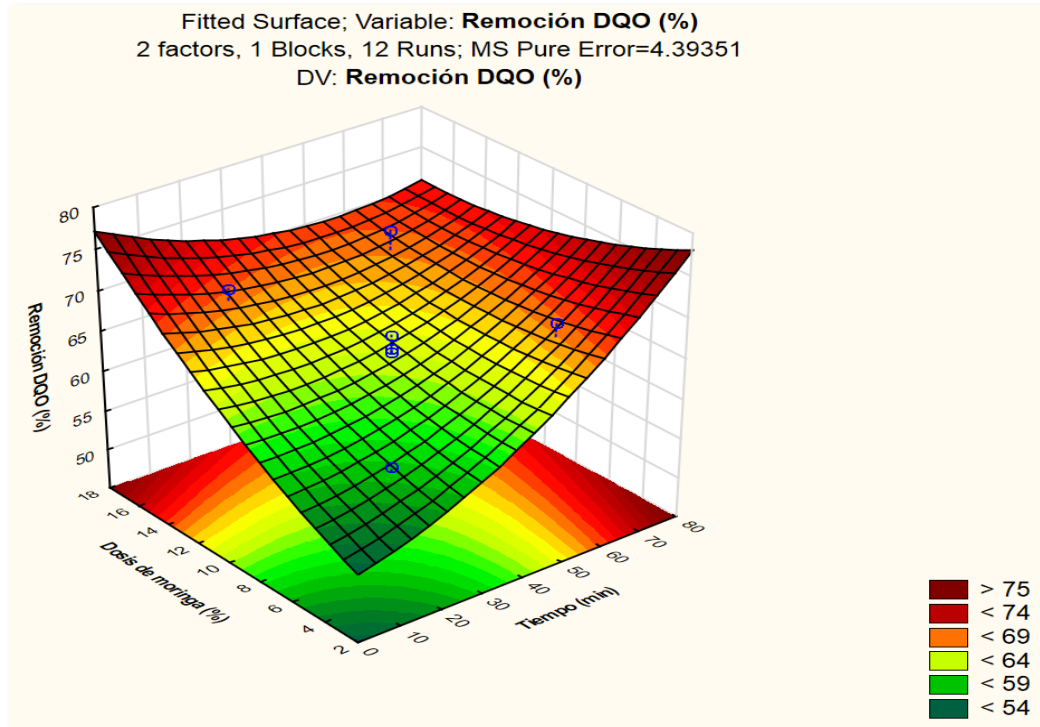


Figura 27: Superficie de Respuesta de la concentración de Moringa y el tiempo de sedimentación en la remoción de la Demanda Química de Oxígeno.

En la Figura 26Figura 27 se va detallar las interacciones que hay entre las dos variables independientes ( Dosis de moringa y tiempo de sedimentación) respecto a la remoción de la Demanda Química de Oxígeno donde nos indica que a menor concentración de Moringa y mayor tiempo de sedimentación hay una gran efectividad como también a mayor concentración de Moringa y un tiempo menor hay una mejor efectividad en la remoción de la DQO (Duran & Gómez, 2017) Menciona que la semilla de moringa oleífera tiene hasta un 40 % de su peso en grasa por lo que afecta el proceso de coagulación, en vez de reducir los parámetros físico-químicos del agua residual , estos en ocasiones pueden aumentar hasta en su 100 % por lo que según la investigación que efectuaron la solución de moringa con grasa hace que aumente los valores de DQO así mismo la solución de moringa sin grasa hace que disminuya los parámetros ,ya que se observa la formación de flóculos en su mayoría en los vasos se van formando floc grandes. Por otra parte (Rondón, Diaz, Rodriguez, Guerra, &

Fernández, 2017). En la investigación que realizó mediante la moringa para tratar aguas residuales municipales obtuvo como resultados una eficiencia de un 80% hasta 95% de remoción de la DQO, tomando como inicial de 1680mg/l y logrando una reducción hasta un 80 mg/, donde nos indica que es importante recalcar la potencialidad de la semilla después de la extracción del aceite así permitiendo la disminución de este parámetro a comparación de otros tratamientos físico-químicos. Por otro lado (Quinteros, 2019) Realizó una comparación entre coagulantes naturales de diferentes plantas ( Moringa oleífera y Jatropha ) ,teniendo como testigo el tratamiento con sulfato de aluminio para aguas residuales de una planta de café donde presento una DQO inicial de 12500 UNT ,aplicando 5 dosis diferentes más la adición de hidróxido de calcio, donde se pudo visualizar que la moringa removió un 40,1% pero cuando se le añadió el hidróxido de calcio hubo una diferencia significativa , donde obtuvieron una remoción de 78.77%, por lo que concluyeron que el uso de la mezcla de hidróxido de calcio con la moringa es más efectivo ya que le permite acondicionar el pH a valores óptimos, por lo que el agua residual de la planta de café presentaba un pH muy ácido. Por otra parte(Olvera, Rustrian, Houbron, & Landa, 2016) en su investigación de uso de moringa como coagulante natural en las aguas residuales de un matadero, uso una dosis de 7gr mostrando que la eficiencia de la moringa aumenta gradualmente ya que el tiempo de sedimentación se da un aumento de absorción, mostrando que en 180 min la mayoría de partículas es capturado, así mostrando valores de remoción hasta un 64% , concluyendo que la captura máxima de las partículas contaminadas se da en un intervalo de mayor de tiempo siendo más eficiente.

Lagasi, Agunwamba, & Aho, (2014) Nos indica que en el tratamiento aplicado por la moringa en aguas residuales de un mataderos tuvo una 49,4 de DQO siendo muy parecidos a nuestra investigación , donde se puede decir que usar moringa oleífera en un aguas de un matadero puede ser una alternativa ya que este no dejara residuos tóxicos en el agua tratada que pudieran afectar al organismo, siendo que este coagulante disminuye gran parte de

contaminantes orgánicos presentes en el agua mediante el proceso de absorción ,al respecto (Gonzales & Fandiño, 2018) que la ventaja de la moringa después del proceso de coagulación, es hacer uso del residuo solido que se sedimenta como una opción de elaborar compost, teniendo en cuenta que es una materia prima orgánica con poca presencia de coliformes debido a la alta remoción de los parámetros mencionados.

#### 4.2.4. Análisis de la remoción de los sólidos suspendidos totales (SST) utilizando como coagulante natural la Moringa Oleífera.

En la Tabla 18, se muestra el análisis de varianza(ANOVA) de la remoción de la turbiedad donde se observa un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) =0.93 y un coeficiente de determinación ajustado ( $R$ - adj) = 0.88 al 95% de nivel de confianza, dónde se muestra que el lack of fit es estadísticamente no significativo.

Tabla 18.  
*Análisis de varianza (ANOVA) de la remoción de los Sólidos Suspendidos Totales.*

Factores	SS	df	MS	F	p
<b>(1) Tiempo (min)</b>	2.06592	1	2.065915	38.3265	0.008489
<b>Tiempo (min)</b>	2.44871	1	2.448711	45.4281	0.006670
<b>(2) Dosis de Moringa (%)</b>	1.41167	1	1.411670	26.1891	0.014441
<b>Dosis de Moringa (%)</b>	7.18284	1	7.182842	133.2549	0.001396
<b>1L by 2L</b>	0.42401	1	0.424013	7.8662	0.067590
<b>Lack of Fit</b>	0.70839	3	0.236131	4.3807	<b>0.128162</b>
<b>Pure Error</b>	0.16171	3	0.053903		
<b>Total SS</b>	13.04543	11			

(\*) Efecto significativo: L=Lineal, Q, cuadrático y la Significancia  $p < 0.05$

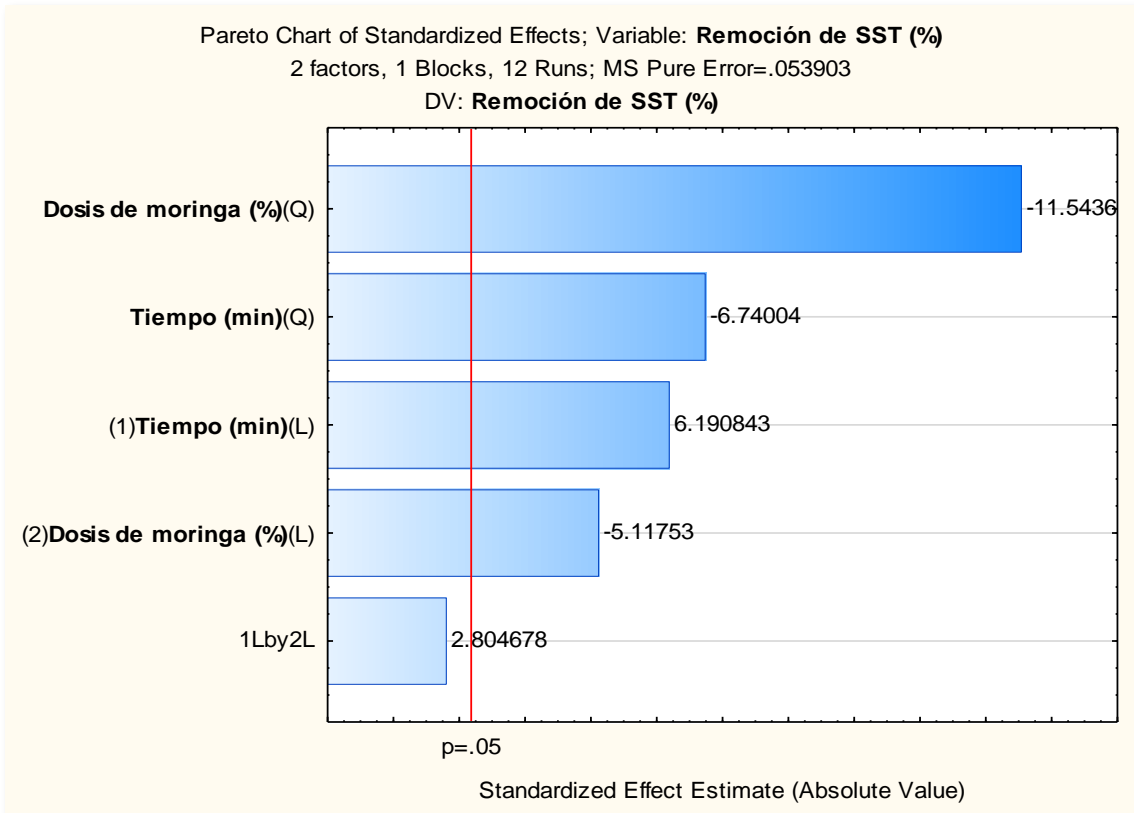


Figura 28 Diagrama de Pareto para la Sólidos Suspendedos Totales del agua residual.

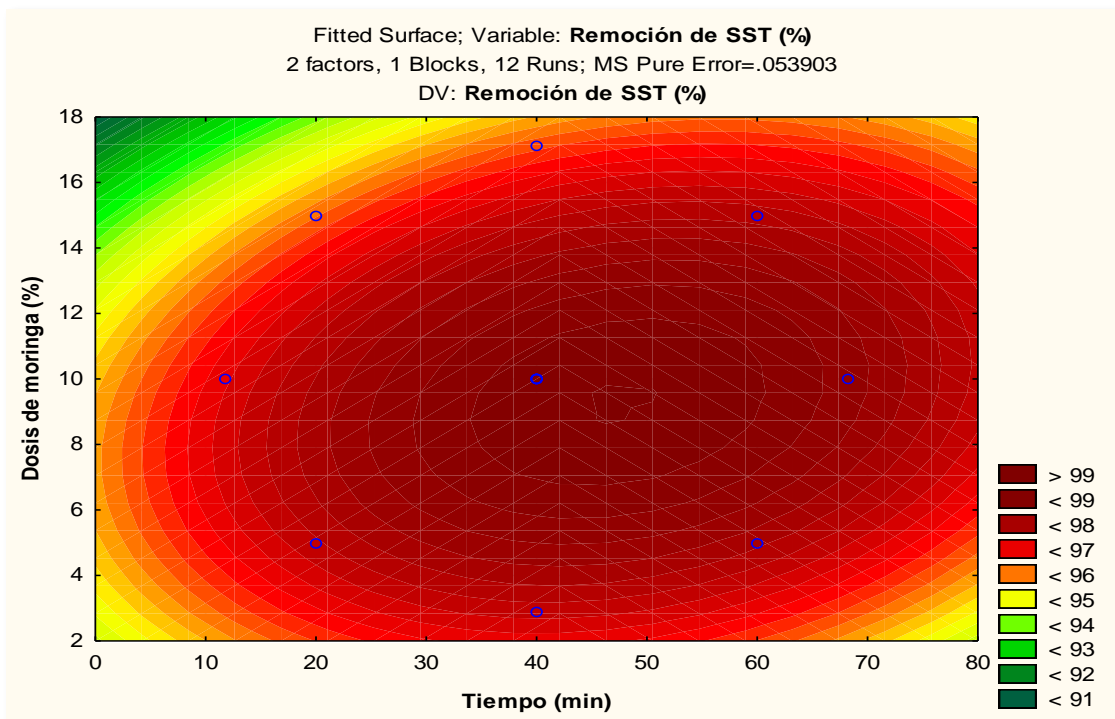


Figura 29: Superficie de contorno de la concentración de Moringa y el tiempo de sedimentación.

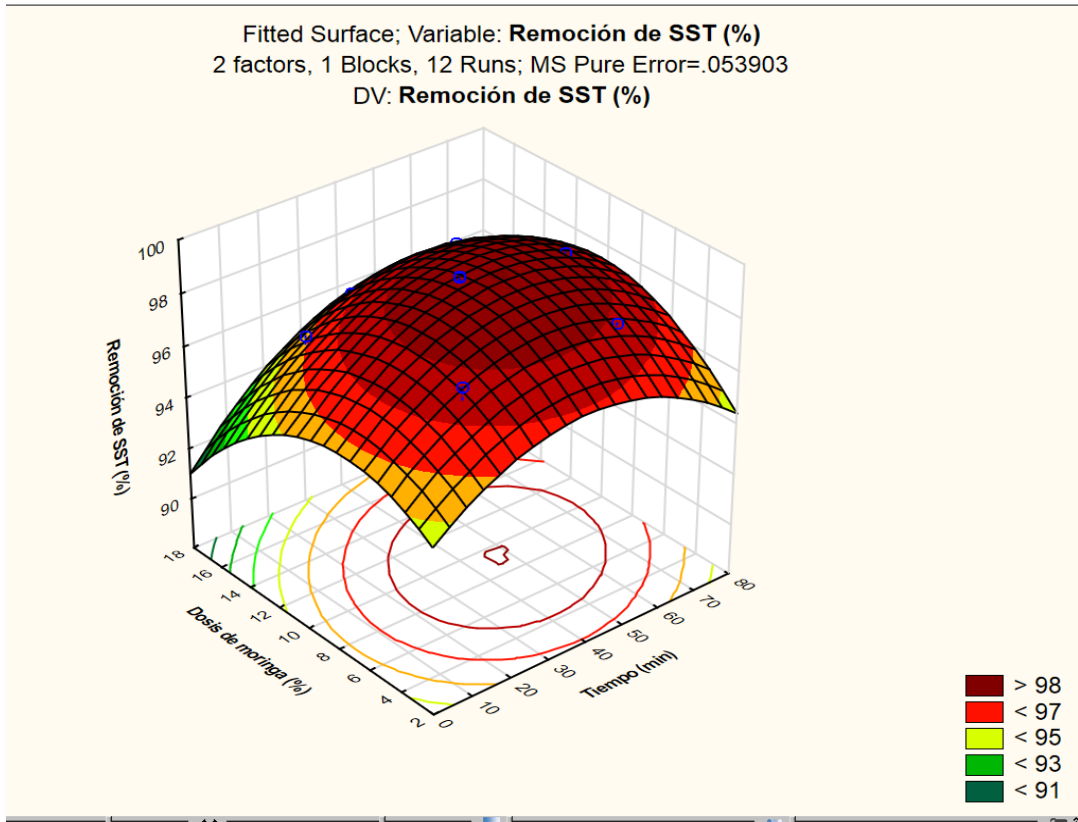


Figura 30: Superficie de Respuesta de la concentración de Moringa y el tiempo de sedimentación en la remoción de los Sólidos Suspendedos Totales.

Según nuestra gráfica de superficie de respuesta (Figura 30) y Pareto (Figura 28) se puede observar que tanto la concentración de Moringa Oleífera como el tiempo de sedimentación son de alguna u otra manera significativos, y claro recalcando a más dosis de Moringa va a ver una mayor sedimentación o también que más tiempo de sedimentación va a ver mejor resultados. Una explicación a ello según Arnoldsson, Lund, Persson, & Matsinhe, (2015) menciona que a una mayor concentración se refleja una eficiencia mejorada en la sedimentación, que cuando más activación del contenido de los agentes activos que se encuentran en las soluciones acuosas de Moringa responden a las proteínas dimeras con un peso molecular de 30 kDa. Los agentes activos de las soluciones salinas de M. oleífera son proteínas de pesos moleculares entre 6 y 5 kDa, formando un heterodímero con un peso

molecular de 11-12 kDa., entonces será mejor la cual permitirá que las partículas coloidales se desestabilizan rápidamente y puedan sedimentarse fácilmente (Sandoval, Laines, & Hernández, 2016)

M, G, & Raut, (2012) menciona que la actividad de coagulación positiva de la Moringa Oleífera se midió sobre la base de la eliminación de la turbidez y el sólido de disolución total (TDS). La mejor eficiencia de eliminación de turbidez se logró cerca del pH neutro con dosis óptimas de 200 mg / L y 220 mg / L para M. Oleífera y Okra y la eficiencia de eliminación de TDS se logró con una dosis óptima de 180 mg / L y 200 mg / L para Moringa oleífera y Okra. De la cual podemos asumir que durante las pruebas de laboratorio se midió los valores de pH que si se encontraban cerca al valor neutro de 6 a 8. Pero por otra parte,(Jadhav & Mahajan, 2014) comenta que en sus valores de pH revelaron que M. oleífera no afectó significativamente el pH del agua tratada, que permaneció casi constante a 7.2–7.5 para todas las dosis aplicadas.

En el trabajo de investigación de Gidde, Bhalerao, & Malusare, (2012) titulado “ Estudio comparativo de diferentes formas de extractos de Moringa oleífera para la eliminación de turbidez” se menciona que los granos de semilla contienen altas cantidades significativas de proteínas que se encuentran, por lo que en un bajo peso molecular las cuales son solubles y adheribles al agua provocando la unión de las cargas negativas de los coloides, causando que bajo un agitación estas crecen en tamaño formidables y se dejan sedimentar por gravedad o simplemente se eliminan por sedimentación.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a la investigación que se realizó se llegaron a las siguientes conclusiones:

Que la eficiencia de la moringa oleífera actuando como agente coagulante natural para la remoción de los contaminantes en el efluente del camal municipal de Ninacaca fueron entre 64% y 98% según la *Tabla 20* y *Tabla 21*.

También, en el trabajo de investigación se caracterizaron de los parámetros fisicoquímicos: turbidez, solidos suspendidos totales (SST), demanda biológica de oxígeno (DBO5), demanda química de oxígeno (DQO) del efluente del Camal Municipal antes y después del tratamiento como muestra la *Tabla 14* y *Tabla 19*.

De acuerdo a la superficie de respuesta se determinó la solución óptima del coagulante natural moringa oleífera con valores que están entre 10% – 14%.

Igualmente, la superficie de respuesta nos determinó que el tiempo de sedimentación del efluente tratado luego de la prueba de jarras fue de 50 a 80 min.

Los resultados aplicando la moringa como coagulante natural demostró ser eficiente durante la remoción de los parámetros fisicoquímicos: turbidez de 97%, Demanda Química de Oxígeno (DQO) de 64%, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) DE 65% y Solidos Suspendidos Totales (SST) de 98%.

## RECOMENDACIONES

- En la siguiente investigación tomar como variable el color aparente, entre otros; para así ver el comportamiento y la eficiencia de la Moringa u otros coagulantes naturales.
- Estudiar de forma minuciosa al biopolímero, tanto como especie como coagulante si ver la calidad de sus proteínas y la capacidad que este tiene.
- Se recomienda en las futuras investigación trabajar con el tiempo de contacto y así ver en que afecta y poder mejorar los resultados.
- Se recomienda la Moringa Oleífera como coagulante natural ya que este no deja desechos químicos y se puede usar a futuro como compost, siendo este beneficioso para el medio ambiente y económico.
- Se recomienda agregar a la Moringa Oleífera algún tipo de catalizador natural (harina de plátano, yuca, etc.) que acelera el proceso de coagulación y floculación.
- Los residuos como la baflo pueden ser depositado en algún tipo de recipiente antes de ser vertidos y combinado con el agua para poder utilizar como abono o biogás.
- Analizar la cantidad de lodo que se genera en la Moringa a comparación con otros polímeros naturales.
- Los sistemas de pre tratamiento en el camal deben estar muy bien adecuados por el mismo hecho de que se perjudica el tratamiento primario con sólidos grandes que atraviesan por las rejillas tamices y otros.
- La muestra a analizar en el traslado al laboratorio debería estar segura y estable para no provocar una contaminación cruzada sobre todo para los análisis químicos.

## Referencias

- Aldana, E. (2012). *Uso del extracto de la semilla de Moringa Oleifera como coagulante natural primario y ayudante de coagulación en el tratamiento de agua para consumo humano (Tesis de Pregrado)* (Universidad Nacional de Ingeniería). Retrieved from [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1130/1/lopez\\_gj.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1130/1/lopez_gj.pdf)
- Alfonzo, N. (2017). *Eficiencia de la semilla "Moringa Oleifera Lam." como coagulante para reducir coliformes termotolerantes en los Pantanos de Villa-Chorillos, 2017*. Universidad César Vallejo.
- Ali, E. N., Muyibi, S. A., Salleh, H. M., Alam, M. Z., & Salleh, M. R. M. (2010). Production of natural coagulant from Moringa Oleifera seed for application in treatment of low turbidity water. *Journal of Water Resource and Protection*, 02(03), 259–266.  
<https://doi.org/10.4236/jwarp.2010.23030>
- Alvarez, H. (2019). *Extracto de Moringa (Moringa oleífera) para la remoción de turbidez de efluentes de la producción de nectar de maracuyà*. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Amuda, O. S., & Alade, A. (2006). Coagulation/flocculation process in the treatment of abattoir wastewater. *Desalination*, 196(1–3), 22–31.  
<https://doi.org/10.1016/j.desal.2005.10.039>
- Andía, Y. (2000). Tratamiento de agua: coagulación y floculación. In *Sedapal*. Retrieved from [http://www.sedapal.com.pe/c/document\\_library/get\\_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154](http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154)
- Anwar, F., & Rashid, U. (2007). Physico-chemical characteristics of Moringa oleifera seeds and seed oil from a wild provenance of Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*, 39(5),

1443–1453.

Arana, V. (2009). Guía para la toma de decisiones en la selección de sistemas de tratamiento de las aguas residuales no convencionales. In D. Romero (Ed.), *GUIAR* (primera, pp. 8–9). Retrieved from [www.ciudad.org.pe](http://www.ciudad.org.pe)

Arias, A., Hernández, J. L., Castro, A., & Sánchez, N. (2017). Tratamiento de aguas residuales de una central de sacrificio: usos del polvo de la semilla de la *M. Oleífera* como coagulante natural. *Biología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, (1), 31–33. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(15\)29-39](https://doi.org/10.18684/bsaa(15)29-39)

Arnoldsson, E., Lund, M., Persson, K., & Matsinhe, N. (2015). Assessment of drinking water treatment using *Moringa Oleífera* natural coagulant. *Applied Research Journal*, 473–477.

Arruda, H. S., Pereira, G. A., & Pastore, G. M. (2016). Optimization of Extraction Parameters of Total Phenolics from *Annona crassiflora* Mart. (Araticum) Fruits Using Response Surface Methodology. *Food Analytical Methods*, 10(1), 100–110. <https://doi.org/10.1007/s12161-016-0554-y>

Babu, R., & Chaudhuri, M. (2005). Home water treatment by direct filtration with natural coagulant. *Journal Of Water And Health*, (July), 27–30.

Barrenechea, A. (2004). *Coagulación* (primera; CEPIS, Ed.). Retrieved from <http://www.ingenieroambiental.com/4014/cuatro.pdf>

Barrios, J. (2017). *Uso del polvo de moringa oleífera Lam y sulfato de aluminio como coagulante en el tratamiento de aguas residuales de la industria alimentaria, urbanización Zárate – San Juan de Lurigancho 2017*. Universidad César Vallejo.

Beltrán, J., & Sánchez, J. (2009). Improvement of water treatment pilot plant with *Moringa oleífera* extract as flocculant agent. *Environmental Technology*, 30(6), 525–534.

<https://doi.org/10.1080/09593330902831176>

Boulaadjoul, S., Zemmouri, H., Bendjama, Z., & Drouiche, N. (2018). A novel use of Moringa oleifera seed powder in enhancing the primary treatment of paper mill effluent.

*Chemosphere*, 206, 142–149. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.04.123>

Bravo, M. (2017). *Coagulantes y floculantes naturales usados en la reducción de turbidez, sólidos suspendidos, colorantes y metales pesados en aguas residuales*. (Universidad

Sistrital Francisco Jose de Caldas). Retrieved from

<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/5609/1/BravoGallardoMonicaAlejandra2017.pdf>

Brilhante, R., Sales, J., Pereira, V., Castelo, D., Cordeiro, R., de Souza Sampaio, C., ...

Rocha, M. (2017). Research advances on the multiple uses of Moringa oleifera: A sustainable alternative for socially neglected population. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 10(7), 621–630. <https://doi.org/10.1016/j.apjtm.2017.07.002>

Caldera, Y., Mendoza, I., Briceño, L., García, J., & Fuentes, L. (2007). Eficiencia de las semillas de Moringa Oleifera como coagulante alternativo en la potabilización del agua.

*Bol. Centro Invest. Biol.*, 41(2), 244–254. Retrieved from

[https://www.researchgate.net/profile/Yaxcelys\\_Caldera/publication/303837712\\_EFICIENCIA\\_DE\\_LAS\\_SEMILLAS\\_DE\\_Moringa\\_oleifera\\_COMO\\_COAGULANTE\\_ALTERNATIVO\\_EN\\_LA\\_POTABILIZACION\\_DEL\\_AGUA/links/5756fb0b08ae5c65490421cb.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Yaxcelys_Caldera/publication/303837712_EFICIENCIA_DE_LAS_SEMILLAS_DE_Moringa_oleifera_COMO_COAGULANTE_ALTERNATIVO_EN_LA_POTABILIZACION_DEL_AGUA/links/5756fb0b08ae5c65490421cb.pdf)

Cantos, R., & Erazo, R. (2008). *Evaluación de los impactos ambientales y sus medidas de mitigación, derivados del caml metropolitano de Quito (Tesis de grado)*. Escuela

Superior Politécnica de Chimborazo.

Chunculluy, N. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. *Ingeniería Industrial*,

29(29), 153–170. Retrieved from

[http://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria\\_industrial/article/viewFile/232/208](http://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/viewFile/232/208)

Cuadro, W., & Rodas, J. (2019). *Alternativa para sustitución de coagulantes metálicos aplicando almidón de yuca y Moringa Oleífera en tratamiento de aguas superficiales*.

Universidad de Guayaquil.

Duran, B., & Gómez, C. (2017). Evaluación de tecnologías limpias en los procesos de coagulación y desinfección de la planta de tratamiento de tratamiento agua potable del corregimiento de San Pablo, teorama, norte de Santander; utilizando Moringa como coagulante y radiación ultraviolet (Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña).

Retrieved from

<http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/2290/1/32100.pdf>

Espinoza, S. (2017). *Alternativas de tratamiento de aguas residuales del camal municipal del distrito de Tumbán (Tesis de Pregrado)* (Universidad de Lambayeque). Retrieved from

<http://repositorio.udl.edu.pe/bitstream/UDL/111/1/TESIS 2017 SALLY.pdf>

Estrada, O., Hernández, O., & Guerrero, V. (2016). Múltiples formas de aprovechar los beneficios de moringa (*Moringa oleífera* Lam.). *TECNOCIENCIA Chihuahua*, X, 101–108. Retrieved from

[http://tecnociencia.uach.mx/numeros/v10n2/Data/Multiples\\_formas\\_de\\_aprovechar\\_los\\_beneficios\\_de\\_Moringa\\_oleifera\\_Lam.pdf](http://tecnociencia.uach.mx/numeros/v10n2/Data/Multiples_formas_de_aprovechar_los_beneficios_de_Moringa_oleifera_Lam.pdf)

Feria, J., Roa, S., & Estrada, A. (2014). Eficiencia de la semilla Moringa Oleífera como coagulante natural para la remoción de la turbidez del río Sinú\*. *Producción + Limpia*, 9(1), 9–22. Retrieved from

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-04552014000100001](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552014000100001)

Galbiati, J. M. (2004). Conceptos Básicos De Estadística. Retrieved from Journal of

Classification website: [http://www.jorgegalbiati.cl/ejercicios\\_4/ConceptosBasicos.pdf](http://www.jorgegalbiati.cl/ejercicios_4/ConceptosBasicos.pdf)

García, C. (2012). *Evaluación de la capacidad de remoción de materia orgánica de las aguas residuales de los rastros en un reactor UASB (Tesis de Pregrado)*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

García, M. (2010). *Tratamiento de Aguas Residuales Industriales*. Retrieved from <https://oplusdepuernord.com/es/sectores/industria-pesada-e-industria-metalurgica----->  
-----

Gavidia, J. (2011). *Propuesta de una planta de tratamiento para las aguas residuales del camal municipal (Tesis de Pregrado)*. Universidad estatal Amazónica.

Ghebremichael, K. A., Gunaratna, K. R., Henriksson, H., Brumer, H., & Dalhammar, G. (2005). A simple purification and activity assay of the coagulant protein from Moringa oleifera seed. *Water Research*, 39(11), 2338–2344.  
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2005.04.012>

Gidde, M., Bhalerao, A., & Malusare, C. (2012). Comparative study of different forms of moringa oleifera extracts for turbidity removal. *International Journal of Engineering Research and Development*, 2(1), 14–21. Retrieved from [https://www.idc-online.com/technical\\_references/pdfs/civil\\_engineering/Comparative Study of.pdf](https://www.idc-online.com/technical_references/pdfs/civil_engineering/Comparative Study of.pdf)

Goleman, D. (2009). *Inteligencia ecológica* (Primera ed; E. Intelligence, Ed.). Revista Time.

Gonzales, K., & Fandiño, C. (2018). *Evaluación de la Semilla de Moringa como Coagulante en Aguas Residuales de Curtiembre*. Universidad de la Salle.

Guamàn, C. (2018). *Efectividad de las soluciones coagulantes a partir de la semilla de Moringa Oleifera en tratamiento de aguas residuales urbanas (Tesis de Pregrado)*. Universidad de Guayaquil.

- Guaman, C., & Sanchez, T. (2018). *Efectividad de las soluciones coagulantes a partir de la semillas de Moringa Oleifera en tratamiento de aguas residuales urbanas (Tesis de Pregrado)*. Universidad de Guayaquil.
- Jadhav, M. V., & Mahajan, Y. S. (2014). Assessment of feasibility of natural coagulants in turbidity removal and modeling of coagulation process. *Desalination and Water Treatment*, 52(31–33), 5812–5821. <https://doi.org/10.1080/19443994.2013.816875>
- Lagasi, J., Agunwamba, J., & Aho, M. (2014). Comparative studies on the use of ordinary and De-Oiled Moringa Oleifera in the treatment of abattoir waste water. *The International Journal Of Engineering And Science*, 3(2), 1–7.
- López, J., & Gómez, C. (2002). *Evaluación de las ecuaciones utilizadas para determinar el gradiente medio de velocidad en floculadores mecánicos*.
- Lopez, R., & Casp, A. (2004). *Tecnología de mataderos (Mundi-Pren)*. Madrid: Industrias alimentarias.
- Lorenzo, Y. (2006). Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación-floculación. *Icidca*, 40(1), 10,17. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/2231/223122251008.pdf>
- Maldonado, V. (2001). Sedimentación. In *Tratamiento de agua para consumo humano – plantas de filtración rápida* (1st ed., pp. 1–30). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Mangale, M., Chonde, S., & Raut, P. . (2012). Study of Moringa Oleifera ( Drumstick ) seed as natural absorbent and antimicrobial agent for River water Treatment (Tesis de Pregrado). *Research Journal of Recent Sciences*, 1(3), 31–40.
- Manrique, H., & Roa, M. (2014). *Evaluación tècnica y operativa del proceso del tratamiento del gua potable en la empresa de acueducto del municipio Yopal, casanare*. Universidad Nacional Abierta a Distancia UNAD.

- Massé, D. I., & Masse, L. (2000). Characterization of wastewater from hog slaughterhouses in Eastern Canada and evaluation of their in-plant wastewater treatment systems. *Canadian Biosystems Engineering / Le Genie Des Biosystems Au Canada*, 42(3), 139–146.
- Mera, C., Gutiérrez, M., Montes, C., & Paz, J. (2016). Efecto de la Moringa Oleífera en el tratamiento de aguas residuales en el Cauca, Colombia. *Biotechnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 100. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(14\)100-109](https://doi.org/10.18684/bsaa(14)100-109)
- Merlos, F., & Padilla, T. (2016). Elaboración de una infusión a base de hojas de Moringa oleifera, su análisis sensorial y bromatológico. Universidad “Dr. Jose Matias Delgado.”
- MINAM. (2009). *Limites Màximos Permisibles (LMP) para efluentes de actividades agroindustriales tales como planta de camales y plantas de beneficio*. pp. 1–5.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2009, November 20). D.S. N° 021-2009-VIVIENDA Aprueban Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. *Diario El Peruano*, pp. 406305–406307. Retrieved from [http://www3.vivienda.gob.pe/direcciones/Documentos/DS\\_2009\\_021.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/direcciones/Documentos/DS_2009_021.pdf)
- Moreno, R. (2018). *Tratamiento de aguas residuales del camal municipal, mediante el método de electrocoagulación - Cajamarca 2018 (Tesis de Pregrado)*. Universidad Privada del Norte.
- Muñoz, D. (2005). *Sistema de tratamiento de aguas residuales del matadero: para una población menor 2000 habitantes*. 1, 89–91.
- MVCS. *Plan Nacional de Saneamiento 2006-2015*. , 3 § (2015).
- Ndabigengesere, A., & Narasiah, K. (1996). Influence of operating parameters on turbidity

- removal by coagulation with moringa oleifera seeds. *Environmental Technology (United Kingdom)*, 17(10), 1103–1112. <https://doi.org/10.1080/09593331708616479>
- Nikolic, M., Nguyen, H., Daugaard, A., Löf, D., Mortensen, K., Barsberg, S., & Sanadi, A. (2016). Influence of surface modified nano silica on alkyd binder before and after accelerated weathering. *Polymer Degradation and Stability*, 126, 134–143. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2016.02.006>
- OEFA. (2014). *Fiscalizaciòn Ambiental en Aguas Residuales*. Retrieved from [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)
- Okuda, T., Aloysius, U., Nishijima, W., & Okada, M. (2001). Isolation and characterization of coagulant extracted from Moringa oleifera seed by salt solution. *Water Research*, 35(2), 405–410. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(00\)00290-6](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(00)00290-6)
- Olvera, J., Rustrian, L., Houbbron, E., & Landa, F. (2016). Adsorption of organic pollutants from slaughterhouse wastewater using powder of Moringa Oleifera seeds as a natural coagulant. *Desalination and Water Treatment*, 57(21), 9971–9981. <https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1033479>
- Oré Asparrin, A. (2017). *Influencia del sulfato de aluminio y pH en la remociòn de la materia orgànica para el tratamiento del agua residual del camal municipal de Chupaca (Tesis de Pregrado)* (Universidad Nacional del Centro del Perú). Retrieved from <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3770/OreAsparrin.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pèrez, J. (1997). *Ensayo modificado de jarras para la selecciòn de paràmetro de diseño de floculaciòn y sedimentaciòn*. 4, 33–34.
- Quille, G., & Donaires, T. (2013). Tratamiento De efluentes líquidos y sólidos de camal

- municipal llave (Tesis de Pregrado). *Revista Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Investigation*, 15(01), 65–72. <https://doi.org/10.18271/ria.2013.17>
- Quinteros, L. (2019). Evaluación de la eficiencia de coagulantes naturales en el tratamiento de las aguas residuales del café. (Universidad de Manizales; Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Restrepo, H. (2009). *Evaluación del proceso de coagulación - floculación de una planta de tratamiento de agua potable* (Universidad Nacional de Colombia). <https://doi.org/10.1038/132817a0>
- Rienzo, J., Casanoves, F., Gonzalez, L., Tablada, E., Díaz, M., Robledo, C., & Balzarini, M. (2009). *Estadística para las ciencias agropecuarias* (Septima ed; J. Rienzo & F. Casanoves, Eds.). Córdoba: Editorial Brujas.
- Rolim, S. (2000). *Tratamiento de las aguas residuales*.
- Rondón, M., Díaz, Y., Rodríguez, S., Guerra, B., & Fernández, E. (2017). Empleo de la semilla de Moringa Oleifera en el tratamiento de residuales líquidos. *Scielo*, 38(August), 87–101.
- Rubio, J. (2009). *Tratamiento de aguas residuales provenientes de un camal, mediante un sistema de lodos activados a escala laboratorio (Tesis de Pregrado)*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Saenz, W. (2015). *Utilización de la semilla natural Moringa Oleifera como ayudante de la coagulación en la planta potabilizadora de agua de la ciudad de Caraz provincia de Huaylas Ancash (Tesis de Pregrado)*. Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo.
- Saini, R. K., Sivanesan, I., & Keum, Y. S. (2016). Phytochemicals of Moringa oleifera: a

review of their nutritional, therapeutic and industrial significance. *3 Biotech*, 6(2).

<https://doi.org/10.1007/s13205-016-0526-3>

Sandoval, M., Laines, J., & Hernández, J. (2016). Molecular characterization of crude seed extracts from *Moringa Oleifera*. *Interciencia*, 41(8), 548–551.

Tobias, L. (2010). *Moringa oleifera* el árbol de la nutrición. *Ciencia y Salud*, 2(1), 130–135.

Valencia, M. (2018). *Métodos de extracción de aceite esencial de la semilla de Moringa (Oleifera)*. Universidad Rafael Landívar.

Vela, C. (2016). *Disminución de la turbidez utilizando coagulante natural Moringa oleífera en aguas obtenidas del río Alto Chicama, puente Ingòn, Trujillo 2016*. (Universidad Cesar Vallejo). Retrieved from [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/7597/vela\\_ac.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/7597/vela_ac.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Villanueva, J. (2018). *Efecto de la sustentación parcial de la harina de trigo (Triticum Aestivum) por harina de cáscara de maracuya (Passiflora Edulis) y harina de camote (Ipomoea Batatas) en las características tecnológicas y sensoriales del cupcake* (Universidad Nacional del Santa). Retrieved from <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2557/23177.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Wu, W., Giese, R. F., & Van Oss, C. J. (1999). Stability versus flocculation of particle suspensions in water-correlation with the extended DLVO approach for aqueous systems, compared with classical DLVO theory. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 14(1–4), 47–55. [https://doi.org/10.1016/S0927-7765\(99\)00023-5](https://doi.org/10.1016/S0927-7765(99)00023-5)

Yee-Batista. (2013). Un 70% de las aguas residuales de Latinoamérica vuelven a los ríos sin

ser tratadas. Retrieved from Banco Mundial website:

<https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/02/rios-de-latinoamerica-contaminados>

Zeas, B., & Càrdenas, J. (2018). Estudio técnico económico del uso de la moringa como coagulante- floculante en aguas superficiales (Universidad de Guayaquil). Retrieved from [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/33224/1/401-1329 - uso de la moringa como coagulante-floculante.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/33224/1/401-1329_-_uso_de_la_moringa_como_coagulante-floculante.pdf)

## Anexos

Anexo 1: Matriz de consistencia.

PROBLEMA PRINCIPAL	OBJETIVO GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	METODOLOGIA
<p>¿Cuál es el eficiencia de la Moringa Oleífera como agente coagulante biodegradable natural en el efluente del camal Municipal de Ninacaca?</p>	<p>Evaluar la eficiencia de la Moringa Oleífera como agente coagulante natural para la remoción de los contaminantes en el efluente del camal Municipal de Ninacaca.</p>	<p>Eficiencia de la Moringa como coagulante natural  <b>Indicadores.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentración (%)</li> <li>• Tiempo de sedimentación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño Central</li> </ul>
PROBLEMAS SECUNDARIO	OBJETIVOS ESPECIFICOS	VARIABLE DEPENDIENTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compuesto Rotación</li> <li>• Método de Soxhler</li> <li>• Método de prueba de jarras</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caracterizar los parámetros fisicoquímicos del agua residual del camal municipal de Ninacaca</li> <li>• Determinar la solución óptima de la Moringa Oleífera como coagulante</li> <li>• Determinar el tiempo de decantación del efluente tratado luego de realizar la prueba de jarras.</li> <li>• Evaluación de la eficiencia de la Moringa Oleífera en la remoción de los parámetros (turbiedad, DBO<sub>5</sub>, DQO y SST).</li> </ul>	<p>Efluentes del camal municipal  <b>Indicadores.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Turbidez                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• SST</li> <li>• DBO<sub>5</sub></li> <li>• DQO</li> </ul> </li> </ul>	

Anexo 2: Parámetros del decreto supremo.

Valores Límites Admisibles para (VMA) para descarga de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2009).

PARAMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VMA PARA DESCARGAS
			AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	DBO <sub>5</sub>	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

PARÀMETRO	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	B	0,2
Cianuro	mg/L	CD	1
Cobre	mg/L	Cu	3
Cromo hexavalente	mg/L	Cr <sup>+6</sup>	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 <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	500
Sulfuros	mg/L	S-2	5
Zinc	mg/L	Zn	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	NH <sup>+4</sup>	80
pH (2)	UNIDAD	pH	6-9
Sólidos Sedimentables (2)	MI/L/h	S.S	8.5
Temperatura (2)	°C	T	<35

Fuente:(Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2009)

### Anexo 3: Muestreo y frecuencia de muestreo

Tabla 19:  
*Número mínimo de muestras puntuales por cada muestra compuesta.*

Horas por día que opera el proceso generador de la descarga	Numero de muestras puntuales	Intervalo entre toma de muestras simples (horas)	
		Mínimo	Máximo
Hasta 4	2	1	2
Más de 4 y hasta 8	4	1	2
Más de 8 y hasta 12	4	2	3
Más de 12 y hasta 18	6	2	3
Más de 18 y hasta 24	6	3	4

### Anexo 4: pre análisis del agua sin tratamiento y post análisis del agua tratada

Tabla 20:  
*Datos del pre análisis de las características del agua residual*

Parámetros	Unidad	Pre - análisis
Turbiedad	UNT	2008
Color verdadero	UC	>100
Ph		7.53
Conductividad	umho/cm (25°C)	1490
Temperatura	°C	10.4
DBO5	mg/L	4247
DQO	mg/L	8930
SST	mg/L	2150

*Tabla 21:  
Datos del post análisis de las características del agua residual*

<b>Número de pruebas</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Dosis de Moringa (%)</b>	<b>Turbidez (NTU)</b>	<b>DBO<sub>5</sub> (mg/L)</b>	<b>DQO (mg/L)</b>	<b>SST (mg/L)</b>
<b>M1</b>	20	5	93.3	1745	3645	44
<b>M2</b>	20	15	52	1278	2683	80
<b>M3</b>	60	5	87.2	1295	2720	44
<b>M4</b>	60	15	28	1249	2620	52
<b>M5</b>	11.7	10	93.6	1627	3420	76
<b>M6</b>	68.3	10	15.9	1493	2958	34
<b>M7</b>	40	2.9	293	1657	3482	64
<b>M8</b>	40	17.1	24	1389	2920	84
<b>M9</b>	40	10	21	1530	3208	20
<b>M10</b>	40	10	15.4	1440	3020	19
<b>M11</b>	40	10	17.2	1655	3470	27
<b>M12</b>	40	10	16	1510	3170	29

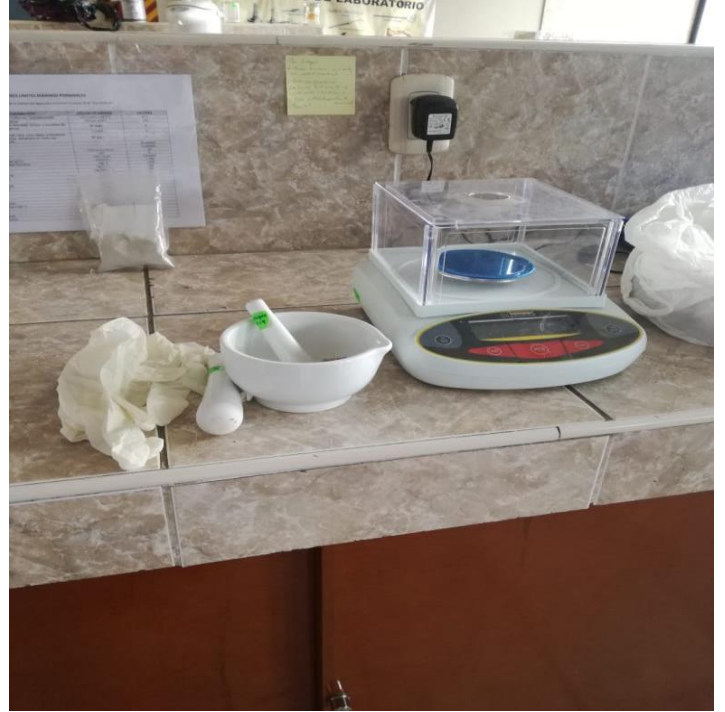
Anexo 5: Toma del efluente en el camal municipal para el pre análisis.



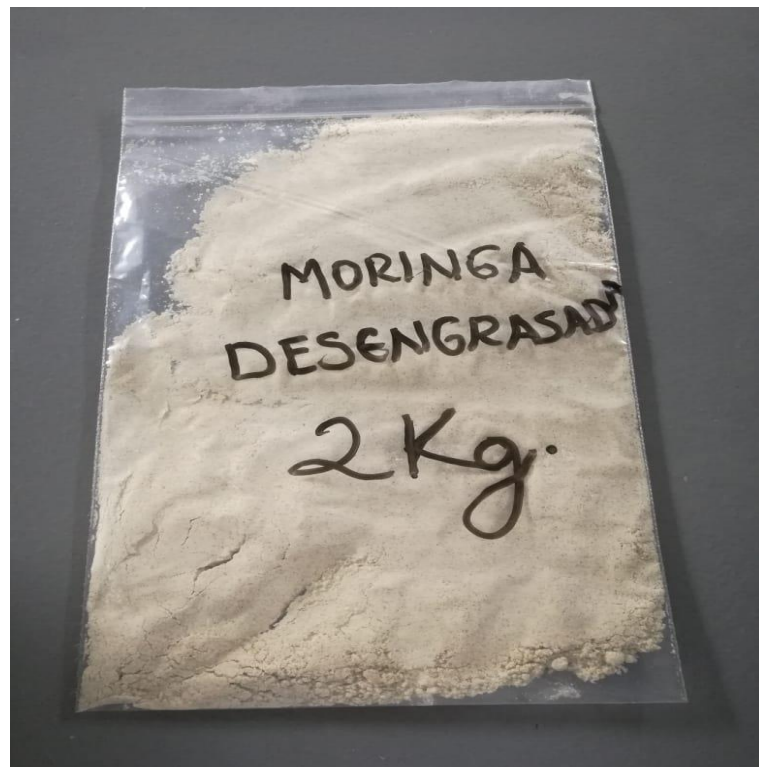
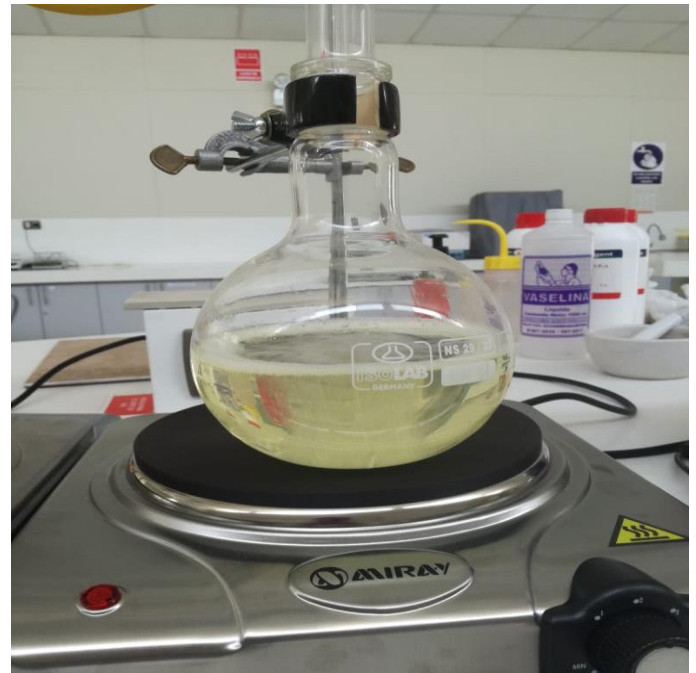
## Anexo 6: Visita al camal y toma de muestras preliminares



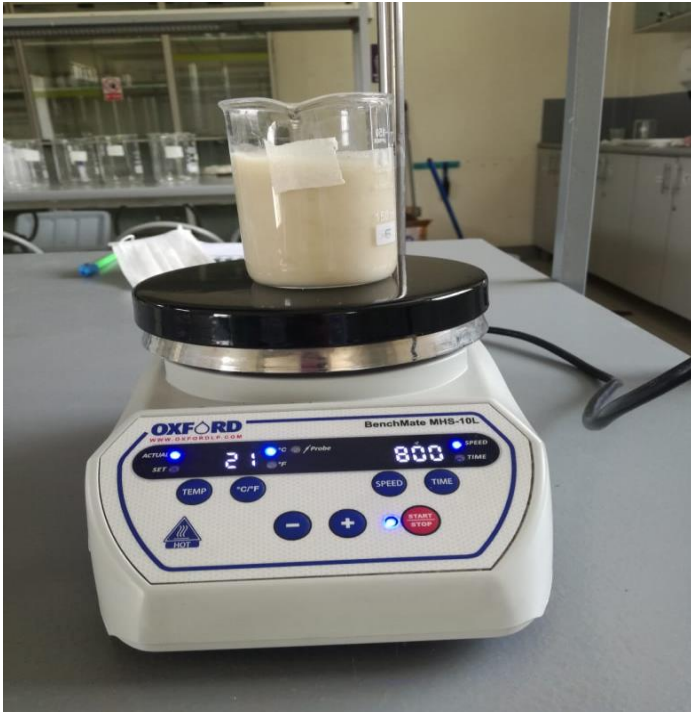
## Anexo 7: Preparación de la Moringa



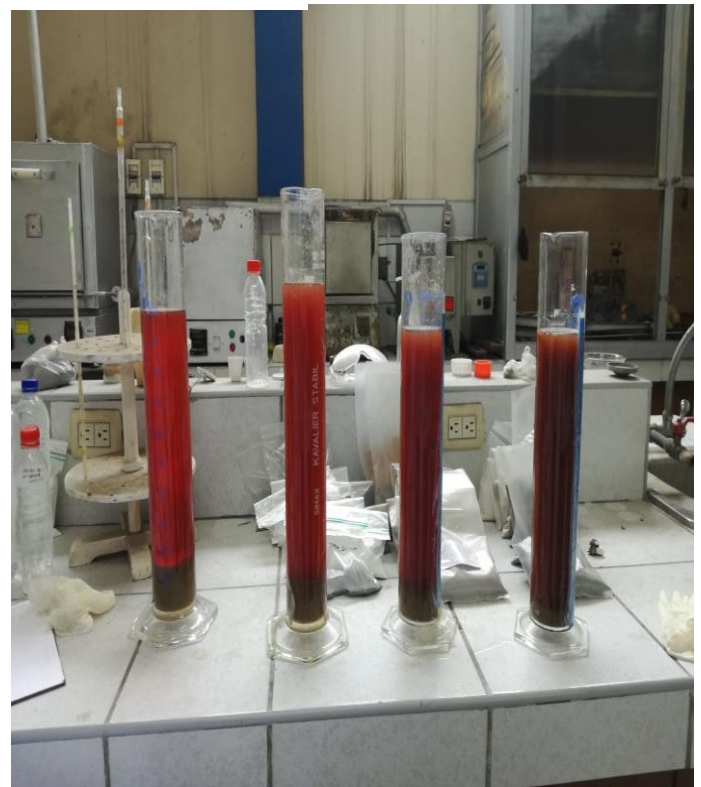
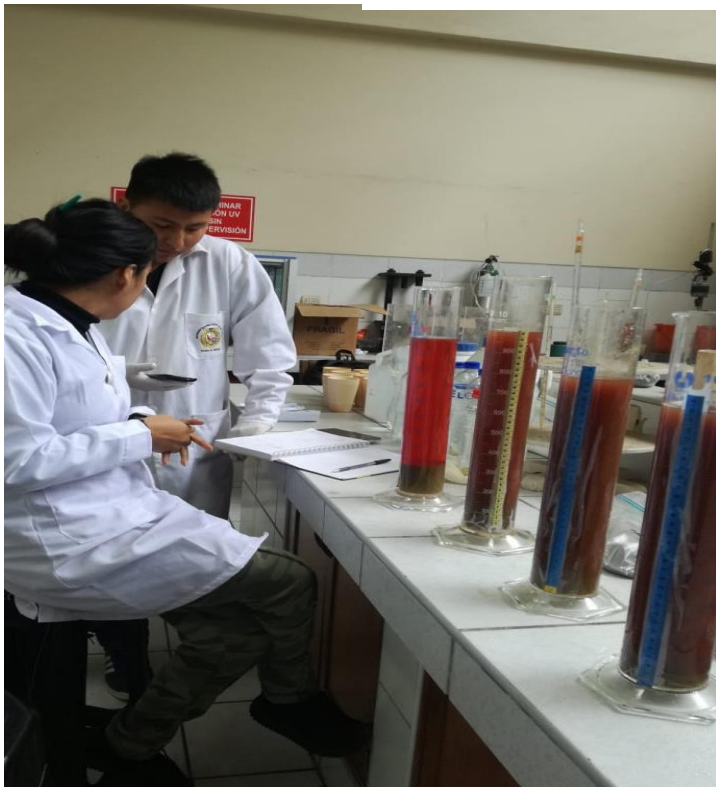
Anexo 8: Desengrasado de la Moringa Oleífera.



Anexo 9: Preparación de las concentraciones de Moringa oleífera.



Anexo 10: Pre análisis de la dosis optima



Anexo 11: Prueba de Jarras.



Anexo 12: Coagulación del agua de camal después de la solución de moringa.



**ANEXO DEL INFORME DE ENSAYO N° 1909005-I**

Ciente	: CAMPOS DE LA SOTA, SHEYLA HEIDY/ COLLACHAGUA GIRON, SALLY ROSMERY
Domicilio legal	: Asoc. de vivienda Villa San Carlos- Mz B-Lt. 9 - Ate Vitarte - Lima - Lima.
Producto	: Agua Residual
Referencia del cliente	: Tesis "Eficiencia de la Moringa Oleifera como agente coagulante natural para la remoción de los contaminantes en el efluente del camal municipal Ninacaca - Pasco"
Procedencia de las muestras	: Muestras enviadas por el cliente indicando lugar de muestreo: Universidad Peruana Unión - Laboratorio Monitoreo Ambiental, Lurigancho Chosica - Lima - Lima.
Referencia del plan de muestreo	: No Aplica
Procedimiento de muestreo	: No Aplica
Fecha de recepción de las muestras	: 2019/09/05

**RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUA RESIDUAL**

Estación	Hora	Fecha	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	Demanda Química de Oxígeno (mg/L)
M 8	16:50	2019/09/04	4 247	8 930

**DATOS DE AGUA RESIDUAL PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE**

Estación	Color Verdadero (UC)	Conductividad (µmho/cm a 25°C)	Turbidez (NTU)	Sólidos Totales Suspendidos (mg/L)
M 8	> 100	1 490	2 008	2 150



Lima, 11 de setiembre del 2019.

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.  
Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. de La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ  
Telefax: (511) 3560230 Celular: 947148233 Email: [servicioalcliente@deltalabsac.com](mailto:servicioalcliente@deltalabsac.com) [www.deltalabsac.com](http://www.deltalabsac.com)

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-077**

Pág. 1/1

**INFORME DE ENSAYO N° 1909005-1**

Cliente : CAMPOS DE LA SOTA, SHEYLA HEIDY/  
 COLLACHAGUA GIRON, SALLY ROSMERY  
 Domicilio legal : Asoc. de vivienda Villa San Carlos- Mz B-Lt. 9 - Ate Vitarte - Lima - Lima  
 Producto : Agua Residual  
 Referencia del cliente : Tesis "Eficiencia de la Moringa Oleifera como agente coagulante natural para la remoción de los contaminantes en el efluente del camal municipal Ninacaca - Pasco"  
 Procedencia de las muestras : Muestras enviadas por el cliente indicando lugar de muestreo: Universidad Peruana Unión - Laboratorio Monitoreo Ambiental, Lurigancho Chosica - Lima - Lima.  
 Referencia del plan de muestreo : No Aplica  
 Procedimiento de muestreo : No Aplica  
 Fecha de recepción de las muestras : 2019/09/05  
 Fecha de inicio del ensayo : 2019/09/05  
 Fecha de término del ensayo : 2019/09/11

Método de Referencia	Ensayo	Limite de Detección del Método	Limite de Cuantificación del Método	Unidad
APHA 5210 B	Demanda Bioquímica de Oxígeno	2	8	mg/L
APHA 5220 D	Demanda Química de Oxígeno	---	50	mg/L

Fecha de muestreo: 2019/09/04

Tipo de muestra: Agua Residual

Código de Laboratorio	Estación de Muestreo	Hora de Muestreo	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	Demanda Química de Oxígeno (mg/L)
1909005-7	M 8	16:50	> 4 000	> 8 000

**Ensayo: Descripción del Método de Referencia:**

Demanda Bioquímica de Oxígeno: SMEWW - APHA-AWWA-WEF Part. 5210 B, 23rd Ed. 2017. 5-Day BOD Test.  
 Demanda Química de Oxígeno: SMEWW - APHA-AWWA-WEF Part. 5220 D, 23rd Ed. 2017. Closed Reflux Method.

**Notas:**

- Condición y estado de la muestra ensayada: Las muestras llegaron refrigeradas y preservadas.
- Las muestras llegaron en frascos de polietileno.
- Las muestras se mantendrán por un periodo de 10 días luego entregado el informe de ensayo a excepción de las muestras perecibles.
- Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido con la Declaración "Suplemento al informe de Ensayo".
- Estos resultados no deben ser utilizados como certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Resultados por debajo del límite de cuantificación del método son referenciales.
- El informe de control de calidad le será proporcionado a su solicitud.

Lima, 11 de setiembre del 2019.



**DELTA LAB S.A.C.**  
**EDISON CASTANEDA OSORIO**  
 JEFE DE LABORATORIO DE FÍSICOQUÍMICA



**DELTA LAB S.A.C.**  
**RAQUEL ROSALES TORRES**  
 SUB GERENTE DE LA CALIDAD  
 CIP N° 209612

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.  
 Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. de La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ  
 Telefax: (511) 3560230 Celular: 947148233 Email: servicioalcliente@deltalabsac.com www.deltalabsac.com

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-077**

Pág. 1/1

**INFORME DE ENSAYO N° 1909011**

Cliente	CAMPOS DE LA SOTA, SHEYLA HEIDY/ COLLACHAGUA GIRON, SALLY ROSMERY
Domicilio legal	Asoc. de vivienda Villa San Carlos- Mz B-Lt. 9 - Ate Vitarte - Lima - Lima
Producto	Agua Residual
Referencia del cliente	Tesis "Eficiencia de la Moringa Oleífera como agente coagulante natural para la remoción de los contaminantes en el efluente del camal municipal Ninacaca - Pasco"
Procedencia de las muestras	Muestras enviadas por el cliente indicando lugar de muestreo: Universidad Peruana Union - Laboratorio Monitoreo Ambiental, Lurigancho Chosica - Lima - Lima
Referencia del plan de muestreo	No Aplica
Procedimiento de muestreo	No Aplica
Fecha de recepción de las muestras	2019/09/06
Fecha de inicio del ensayo	2019/09/06
Fecha de término del ensayo	2019/09/12

Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Unidad
APHA 5210 B	Demanda Bioquímica de Oxígeno	2	8	mg/L
APHA 5220 D	Demanda Química de Oxígeno	---	50	mg/L
APHA 2540 D	Sólidos Totales Suspendedos	2	8	mg/L

Fecha de muestra: 2019/09/06			Tipo de muestra: Agua Residual		
Código de Laboratorio	Estación de Muestreo	Hora de Muestreo	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	Sólidos Totales Suspendedos (mg/L)
1909011-1	M 6	15:10	1 493	2 958	34
1909011-2	M 9	15:25	1 530 <sup>(*)</sup>	3 208	20
1909011-3	M 10	15:45	1 440	3 020	19
1909011-4	M 11	15:58	1 655 <sup>(*)</sup>	3 470	27
1909011-5	M 12	16:15	1 510	3 170	29

**Ensayo: Descripción del Método de Referencia:**


Demanda Bioquímica de Oxígeno: SMEWW - APHA-AWWA-WEF Part. 5210 B, 23rd Ed. 2017. 5-Day BOD Test.  
 Demanda Química de Oxígeno: SMEWW - APHA-AWWA-WEF Part. 5220 D, 23rd Ed. 2017. Closed Reflux Method.  
 Sólidos Totales Suspendedos: SMEWW - APHA-AWWA-WEF Part. 2540 D, 23rd Ed. 2017. Total Suspended Solids Dried at 103 105°C.

**Notas:**

- Condición y estado de la muestra ensayada: Las muestras llegaron refrigeradas y preservadas.
- Las muestras llegaron en frascos de polietileno.
- Las muestras se mantendrán por un periodo de 10 días luego entregado el informe de ensayo a excepción de las muestras perecibles.
- Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido con la Declaración "Suplemento al informe de Ensayo"
- Estos resultados no deben ser utilizados como certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Resultados por debajo del límite de cuantificación del método son referenciales.
- El informe de control de calidad le será proporcionado a su solicitud.
- (\*) El resultado del método de ensayo indicado se encuentra fuera del alcance de acreditación otorgada por INACAL-DA, debido a que la muestra no es idónea para el ensayo.

Lima, 13 de setiembre del 2019.

**DELTA LAB S.A.C.**  
  
**EDSON CASTAÑEDA OSORIO**  
 JEFE DE LABORATORIO DE FÍSICOQUÍMICA

**DELTA LAB S.A.C.**  
  
**RAQUEL ROSALES TORRES**  
 SUB GERENTE DE LA CALIDAD  
 CIP N° 209612

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.  
 Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. de La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ  
 Telefaxis: (511) 3560230 Celular: 947148233 Email: servicioalcliente@deltalabsac.com www.deltalabsac.com

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-077**

Pág. 1/1

**INFORME DE ENSAYO N° 1909102**

Cliente	<b>CAMPOS DE LA SOTA, SHEYLA HEIDY/ COLLACHAGUA GIRON, SALLY ROSMERY</b>
Domicilio legal	Asoc. de vivienda Villa San Carlos- Mz B-Lt. 9 - Ate Vitarte - Lima - Lima
Producto	Agua Residual
Referencia del cliente	Tesis "Eficiencia de la Moringa Oleífera como agente coagulante natural para la remoción de los contaminantes en el efluente del camal municipal Ninacaca - Pasco"
Procedencia de las muestras	Muestras enviadas por el cliente indicando lugar de muestreo: Universidad Peruana Unión - Laboratorio Monitoreo Ambiental, Lurigancho Chosica - Lima - Lima
Referencia del plan de muestreo	No Aplica
Procedimiento de muestreo	No Aplica
Fecha de recepción de las muestras	2019/09/17
Fecha de inicio del ensayo	2019/09/17
Fecha de término del ensayo	2019/09/24

Método de Referencia	Ensayo	Límite de Detección del Método	Límite de Cuantificación del Método	Unidad
APHA 5210 B	Demanda Bioquímica de Oxígeno	2	8	mg/L
APHA 5220 D	Demanda Química de Oxígeno	---	50	mg/L
APHA 2540 D	Sólidos Totales Suspendedos	2	8	mg/L

Fecha de muestre: 2019/09/17

Tipo de muestra: Agua Residual

Código de Laboratorio	Estación de Muestreo	Hora de Muestreo	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	Sólidos Totales Suspendedos (mg/L)
1909102-1	M 1	13:30	1 745	3 645	44
1909102-2	M 2	13:45	1 278	2 683	80
1909102-3	M 3	13:55	1 295	2 720	44
1909102-4	M 4	14:10	1 249	2 620	52
1909102-5	M 5	14:25	1 627	3 420	76
1909102-6	M 7	14:38	1 657	3 482	64
1909102-7	M 8	14:45	1 389	2 920	84

**Ensayo: Descripción del Método de Referencia:**

Demanda Bioquímica de Oxígeno:	SMEWW - APHA-AWWA-WEF Part. 5210 B, 23rd Ed. 2017 5-Day BOD Test.
Demanda Química de Oxígeno:	SMEWW - APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017 Closed Reflux Method.
Sólidos Totales Suspendedos:	SMEWW - APHA-AWWA-WEF Part. 2540 D, 23rd Ed. 2017. Total Suspended Solids Dried at 103 105°C.

**Notas:**

- Condición y estado de la muestra ensayada: Las muestras llegaron refrigeradas y preservadas.
- Las muestras llegaron en frascos de polietileno.
- Las muestras se mantendrán por un periodo de 10 días luego entregado el informe de ensayo a excepción de las muestras perecibles.
- Toda corrección o enmienda física al presente informe de ensayo será emitido con la Declaración "Suplemento al informe de Ensayo"
- Estos resultados no deben ser utilizados como certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce
- Resultados por debajo del límite de cuantificación del método son referenciales
- El informe de control de calidad le será proporcionado a su solicitud.



**DELTA LAB S.A.C.**  
EDISON CASTAÑEDA OSORIO  
JEFE DE LABORATORIO DE FÍSICOQUÍMICA



**DELTA LAB S.A.C.**  
RAQUEL ROSALES TORRES  
SUB GERENTE DE LA CALIDAD  
CIP N° 209612

Lima, 25 de setiembre del 2019.

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.  
Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. de La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ  
Telefax: (511) 3560230 Celular: 947148233 Email: servicioalcliente@deltalabsac.com www.deltalabsac.com

**ANEXO DEL INFORME DE ENSAYO N° 1909102**

Cliente	CAMPOS DE LA SOTA, SHEYLA HEIDY/ COLLACHAGUA GIRON, SALLY ROSMERY
Domicilio legal	Asoc. de vivienda Villa San Carlos- Mz B-Lt. 9- Ate Vitarte- Lima - Lima
Producto	Agua Residual
Referencia del cliente	Tesis "Eficiencia de la Moringa Oleífera como agente coagulante natural para la remoción de los contaminantes en el efluente del canal municipal Ninacaca - Pasco"
Procedencia de las muestras	Muestras enviadas por el cliente indicando lugar de muestreo: Universidad Peruana Unión - Laboratorio Monitoreo Ambiental, Lurigancho Chosica - Lima - Lima
Referencia del plan de muestreo	No Aplica
Procedimiento de muestreo	No Aplica
Fecha de recepción de las muestras	2019/09/17

**DATOS DE LA ESTACIÓN DE MUESTREO**

Estación	Hora	Fecha	COORDENADAS		ALTITUD (m.s.n.m)
			ESTE	NORTE	
M 1	13:30	2019/09/17	0299517	8674021	510
M 2	13:45	2019/09/17	0299517	8674021	510
M 3	13:55	2019/09/17	0299517	8674021	510
M 4	14:10	2019/09/17	0299517	8674021	510
M 5	14:25	2019/09/17	0299517	8674021	510
M 7	14:38	2019/09/17	0299517	8674021	510
M 8	14:45	2019/09/17	0299517	8674021	510




Lima, 25 de setiembre del 2019.

Este informe no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de DELTA LAB S.A.C.  
Los resultados presentados corresponden solo a la muestra indicada

Av. Carretera Central Km. 9.3 Mz. "A" Lt. 6 As. Ntra. Sra. de La Merced - Ate - Lima 03 - PERÚ  
Telefax: (511) 3560230 Celular: 947148233 Email: servicioalcliente@deltalabsac.com www.deltalabsac.com

RESPONSABLE:		CADENA DE CUSTODIA N°:		VERSION:		ROL-UPeU-LAB	
Callechaca Siron Rosamay Saily		CONTACTO: 988866007		Despesta.cj.us@up.edu.pe		Revisión: 01	
Av A - Villosol - Los Olivos		DISTRITO: LOS OLIVOS		LAB: <input type="checkbox"/> RESPONSABLE: <input type="checkbox"/>		Fecha: 2019-09-06	
LUGAR DE MUESTREO:		DISTRITO:		PROVINCIA:		Página 1 de 1	
REFERENCIA DEL PROYECTO:		MUESTREO POR:		PROVINCIA:		Hoja:	
EQUIPOS UTILIZADOS:		DISTRITO:		LAB: <input type="checkbox"/> RESPONSABLE: <input type="checkbox"/>		TELEFONO: -	
DESCRIPCIÓN DEL MUESTREO		PROVINCIA:		LAB: <input type="checkbox"/> RESPONSABLE: <input type="checkbox"/>		DEPARTAMENTO: LIMA	
Dentro del alcance de la acreditación (A) / Fuera del alcance de la acreditación (N) / Subcontrato (S) (marcar con x)		PROVINCIA:		LAB: <input type="checkbox"/> RESPONSABLE: <input type="checkbox"/>		DEPARTAMENTO: LIMA	
PRESERVANTES QUÍMICOS UTILIZADOS		DESCRIPCIÓN DEL MUESTREO		LAB: <input type="checkbox"/> RESPONSABLE: <input type="checkbox"/>		DEPARTAMENTO: LIMA	
ESTACION DE MONITOREO		TIPO DE MATRIZ		COORDENADAS GEOGRÁFICAS (UTM-WGS84)		ALTIMETRIA (m)	
M16	RC	FECHA (aa-mm-dd)	MUESTREO HORA (24:00)	E: 824059.17	N: 861402.4	SAC: 0.000000	PH (unidad de pH)
M17	RP	2019-09-06	10:00	E: 824059.17	N: 861402.4	SAC: 0.000000	<input checked="" type="checkbox"/>
M18	RP	2019-09-06	11:20	E: 824059.17	N: 861402.4	SAC: 0.000000	<input checked="" type="checkbox"/>
M19	RP	2019-09-06	12:00	E: 824059.17	N: 861402.4	SAC: 0.000000	<input checked="" type="checkbox"/>
M20	RP	2019-09-06	13:20	E: 824059.17	N: 861402.4	SAC: 0.000000	<input checked="" type="checkbox"/>
AUTORIZADO POR:		FIRMA		CONDICIONES DE LA MUESTRA (marcar con x)		PARAMETROS MONITOREADOS EN LAB	
NOMBRES Y APELLIDOS:		Saily Rosamay Siron		Correctamente preservado: <input checked="" type="checkbox"/>		TURBIDEZ (NTU)	
FECHA Y HORA:		2019-09-06		Refrigerado: <input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
OBSERVACIONES:				Volumen y recipiente adecuado: <input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
				Dentro del tiempo de almacenamiento: <input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	



## CADENA CUSTODIA

FOI-LUPU-LAB  
Revisión: 01  
Fecha: 2019-09-06  
Página 1 de 1  
Hoja:

---

**RESPONSABLE:** Campos De La Sota Shirely Heidy  
**DIRECCIÓN:** Disc. de us. Villa San Carlos - Vitarte

**CONTACTO:** 93 8763326  
**DISTRITO:** VILLA SAN CARLOS  
**PROVINCIA:** LIMA  
**DEPARTAMENTO:** LIMA

---

**LAB:**  RESPONSABLE   
**DISTRITO:** CHUSACA  
**PROVINCIA:** LIMA  
**DEPARTAMENTO:** LIMA

**VERSION:** \_\_\_\_\_  
**TELEFONO:** \_\_\_\_\_

---

**REFERENCIA DEL PROYECTO:**  
EPIFENICO DE LA HIGIENA OBTENER COMO BIENES COMESTIBLES NUESTROS VOTOS LO DEMOSTRAN DE LOS ESTADISTAS EN EL TENDIENTE DEL CIUDAD HONORABLE AMARACA-BLANCO-PIEDRA

**DEPARTAMENTO:** LIMA  
**DEPARTAMENTO:** LIMA  
**PARAMETROS MONITOREADOS EN LAB:**

---

DATOS DEL RESPONSABLE		EQUIPOS UTILIZADOS		DESCRIPCIÓN DEL MUESTREO		COORDENADAS GEOGRÁFICAS (UTM-WGS84)		ALTITUD ZONA		PH (unidad de pH)	
ESTACIÓN DE MONITOREO	CÓDIGO DE LABORATORIO	TIPO DE MATRIZ	FECHA (aa-mm-dd)	MUESTREO (aa-mm-dd)	HORA (24:00)	DESCRIPCIÓN DEL MUESTREO	E: (UTM-WGS84)	N: (UTM-WGS84)	ALTITUD	ZONA	PH (unidad de pH)
M1		AC	2019-09-17		10:00	Tubo: 18-3 PH: 6.53	E: 059954.1 N: 3874.021		500	masam	X
M2		AF	2019-09-17		10:20	Tubo: 52 PH: 6.61			500	masam	X
M3		AR	2019-09-17		11:10	Tubo: 84-2 PH: 6.72			500	masam	X
M4		AR	2019-09-17		11:40	Tubo: 28 PH: 6.53			500	masam	X
M5		AF	2019-09-17		12:00	Tubo: 03-6 PH: 6.71			500	masam	X
M7		AR	2019-09-17		13:40	Tubo: 213 PH: 6.85			500	masam	X
M8		AR	2019-09-17		13:40	Tubo: 24 PH: 6.3			500	masam	X

---

**AUTORIZADO POR:** \_\_\_\_\_  
**FIRMA:** \_\_\_\_\_

**CONDICIONES DE LA MUESTRA (marcar con x)**

Correctamente preservado:

Refrigerado:

Volumen y recipiente adecuado:

Dentro del tiempo de almacenamiento:

---

**NOMBRES Y APELLIDOS:** Judy Torres Guana

**FECHA Y HORA:** 2019-09-17

---

**OBSERVACIONES:**



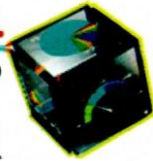


**INLAD S.A.C.**

**ASEGURAMIENTO METROLÓGICO**

**INDUSTRIAS & LABORATORIOS AL DIA S.A.C.**

**Empresa de Servicios Metroológicos**



**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN CON PATRONES TRAZABLES INDECOPI - INACAL.**



**INACAL**  
INSTITUTO NACIONAL DE CALIBRACIÓN

# CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LE-370-2018

Página 1 de 2

**FECHA DE EMISIÓN** 2018-08-28  
**EXPEDIENTE** I.LD-1879-2018

**1. SOLICITANTE** UNIVERSIDAD PERUANA UNION  
**DIRECCIÓN** CAR. CENTRAL KM. 19 VILLA UNION-NANA- LIMA  
LIMA - LURIGANCHO

**2. EQUIPO DE MEDICIÓN** MEDIDOR DE TURBIDEZ

**MARCA** HANNA INSTRUMENTS

**MODELO** HI 93703

**NUMERO DE SERIE** D0000495

**PROCEDENCIA** PRIMARIA

**IDENTIFICACIÓN** NO INDICA

**UBICACIÓN** LABORATORIO

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>ALCANCE DEL EQUIPO</b>
<b>ALCANCE DE INDICACIÓN</b>	0,00 a 50,00 FTU 50 a 1000 FTU
<b>RESOLUCIÓN</b>	0,01 FTU
<b>TIPO</b>	DIGITAL

**FECHA DE CALIBRACIÓN** 2018-08-28

### 3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Determinación del error de indicación por medición directa con soluciones primarias estándar de 0 FTU, 10 FTU y 500 FTU.

### 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó en el laboratorio de INLAD S.A.C.

Ing. Ernesto Rodríguez Morón  
Jefe de Metrología

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición Generalmente el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad aproximadamente 95%.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en el momento la ejecución de una recalibración, la cual es en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición y de las regulaciones vigentes.

INLAD S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SIN EL CONSENTIMIENTO PREVIO DE INLAD S.A.C.

**Av. 28 de Julio Mz. V-1 L-17 Anillo Con. P. de Angélica Gamarral, Los Olivos, Lima - Lima**

**Teléfonos 531 0003, Nextel ( 946480783 51\*648\*783), Claro (965305195), Movistar (939295001)**

**E-mail: metrologia@inladsac.com**

**web site: www.inladsac.com**



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN  
CON PATRONES TRAZABLES  
INDECOPI - INACAL.



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LE-363-2018

Página 1 de 2

FECHA DE EMISIÓN: 2018-08-28

EXPEDIENTE: ILD-1879-2018

1. SOLICITANTE: UNIVERSIDAD PERUANA UNION

DIRECCIÓN: CAR. CENTRAL KM. 19 VILLA UNION-MAÑA - LIMA

2. EQUIPO DE MEDICIÓN: MULTIPARAMETRO

MARCA: HANNA INSTRUMENTS

MÓDELO: C 214 (C 99)

NÚMERO DE SERIE: H92587

PROCEDENCIA: HUMANA

IDENTIFICACIÓN: 3072

UBICACIÓN: LABORATORIO

DESCRIPCIÓN	ALCANCE DEL EQUIPO
ALCANCE DE MEDICIÓN	6.5 - 8.5 pH
RESOLUCIÓN	0.1 pH
TIPO	DIGITAL

FECHA DE CALIBRACIÓN: 2018-08-26

### 3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación de la Indicación del Instrumento con valores asignados a materiales de referencia de pH certificados, tomando como referencia el procedimiento: PC-020 "Procedimiento para la Calibración de Medidores de pH", primera edición del SNM-INDECOPI.

### 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó en el laboratorio de INLAD S.A.C.

*Ernesto Rodríguez Morón*  
Ing. Ernesto Rodríguez Morón  
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE INDUSTRIAS LABORATORIOS AL DIA S.A.C.

Av 28 de Julio Mz. V1 Lt 17 - alt. Cdra. 15 de Angélica Gamarra - Los Olivos, Lima - Lima

Teléfonos 531.0003, Nextel ( 946480783 51\*648\*783), Claro (965305195), Movistar (939295001)

E-mail: [metrologia@inladsac.com](mailto:metrologia@inladsac.com)

web site: [www.inladsac.com](http://www.inladsac.com)

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad aproximadamente 95%. Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en el momento la ejecución de una recalibración, la cual es en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

INLAD S.A.C. no se responsabiliza de las perforaciones que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.





LABORATORIO DE CALIBRACIÓN  
CON PATRONES TRAZABLES  
INDECOPI - INACAL.



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LE-377-2018

Página 1 de 2

FECHA DE EMISIÓN: 2018-08-28

EXPEDIENTE: ILD-1879-2018

1. SOLICITANTE: UNIVERSIDAD PERUANA UNION

DIRECCIÓN: CAR. CENTRAL KM. 19 VILLA UNION-MAÑA- LIMA LIMA - LURIGANCHO

2. EQUIPO DE MEDICIÓN:

MARCA: HANNA-INSTRUMENTS

MODELO: HI 9025-0125

NÚMERO DE SERIE: 00002

PROCEDENCIA: INDICADA

IDENTIFICACIÓN: 3075

UBICACIÓN: LABORATORIO

DESCRIPCIÓN	ALCANCE DEL EQUIPO
ALCANCE DE INDICACIÓN	-2,00 a 16,00 Ph
RESOLUCIÓN	0,01 pH
TIPO	DIGITAL

FECHA DE CALIBRACIÓN: 2018-08-28

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN:

La calibración se realizó por comparación de la indicación del instrumento con valores asignados a materiales de referencia de pH, primera edición del SNM-INDECOPI.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN:

La calibración se realizó en el laboratorio de INLAD S.A.C.

Ing. Ernesto Rodríguez Morón  
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE INDUSTRIAS LABORATORIOS AL DIA S.A.C.

Av 28 de Julio Mz. V1 Lt 17 - alt. Cdra. 15 de Angélica Gamarra - Los Olivos, Lima - Lima  
Teléfonos 531.0003, Nextel ( 946480783 51\*648\*783), Claro (965305195), Movistar (939295001)

E-mail: metrologia@inladsac.com

web site: www.inladsac.com

La incertidumbre reportada en el presente certificado es de incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitar corresponde disponer en el momento la ejecución una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o la reglamentación vigentes.

INLAD S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.





LABORATORIO DE CALIBRACIÓN  
CON PATRONES TRAZABLES  
INDECOPI - INACAL.



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° MM-375-2018

FECHA DE EMISIÓN: 2018-08-28

PAGINA 1 de 3

EXP. ILD-1879-2018

1. SOLICITANTE: UNIVERSIDAD PERUANA-UNION

DIRECCION: CAR. CENTRAL KM. 19 VILLA UNION-ÑAÑA-LIMA-LIMA - LURIGANCHO

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: BALANZA

CLASIFICACION: NO AUTOMATICO

MARCA: OHAUS

MODELO: Adventurer Pro AV264C

N° SERIE: 8030111002

TIPO: ELECTRONICA

CLASE DE EXACTITUD: I

CAPACIDAD MÁXIMA: 280 g

DIVISION DE ESCALA (d): 0,0001 g

DIVISION DE VERIFICACION (e): 0,001 g

CAPACIDAD MÍNIMA: 0,01 g (\*)

CODIGO DE IDENTIFICACION: NO INDICA

COEF. DERIVA TEMPERATURA: 0,0001 / °C

AT LOCAL: 20,0 °C hasta 24,0 °C

3. METODO Y PATRON DE MEDICION

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura y las cargas aplicadas mediante pesas patrón, siguiendo el procedimiento PC-001, Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento No Automáticas de Clase II (Edición 04) del SNM/INDECOPI.

Se utilizó Pesas Patrón con Certificado: LM-C-048-2018 del DM/INACAL.

4. RESULTADO

Temperatura Ambiental: Min. 22,2 °C; Máx. 22,6 °C

La incertidumbre de la medición se ha determinado con un factor de cobertura  $k = 2$ , para un nivel de confianza de 95%.

Los ensayos realizados se encuentran en las páginas 2 y 3 del presente documento.

5. OBSERVACIONES

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO".

De acuerdo a la NMP-003-2009 (2da. Edición), el límite inferior de medida para esta balanza no debe ser menor de 0,01 g (\*) indicado en la balanza.

Se ha redondeado la desviación de las pesas a la división de la balanza.

La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o reglamentos vigentes.

Los resultados se refieren únicamente al equipo ensayado en el momento de la calibración y en las condiciones especificadas en este documento.

*[Firma]*

Ing. Ernesto Rodríguez Morón

Jefe de Metrología

Av 28 de Julio Mz. V1 Lt 17 - alt. Cdra: 15 de Angélica Gamarra - Los Olivos, Lima - Lima

Teléfonos 531 0003, Nextel ( 946480783 51\*648\*783), Claro (965305195), Movistar (939295001)

E-mail: metrologia@inladsac.com

web site: www.inladsac.com

