

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**“LA TUNA (*Opuntia ficus indica*) EN LA REDUCCIÓN DE LA
TURBIDEZ DE LAS AGUAS DEL RÍO DE LURÍN - LURÍN”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
Para optar el Título Profesional de

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER

BENITES CALDERÓN, VÍCTOR JOSUÉ

Villa El Salvador
2019

Dedicatoria

A mi Dios por la fortaleza que estableció en mí, que me permitió dar cada paso en mi vida de manera firme y lograr así mis metas; a mis padres por su amor y afecto, y en especial a mi hermana Abigail quien siempre confió en mí.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULO I	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	8
1.2 Justificación del problema	9
1.3 Delimitación del proyecto	9
1.3.1 Teórica.....	9
1.3.2 Temporal	9
1.3.3 Espacial.....	10
1.4 Formulación del Problema	10
1.4.1 Problema general	10
1.4.2 Problemas específicos.....	10
1.5 Objetivos	11
1.5.1 Objetivos generales	11
1.5.2 Objetivos específicos.....	11
CAPÍTULO II	12
MARCO TEÓRICO.....	12
2.1 Antecedentes	12
2.2 Bases teóricas.....	14
2.2.1 El Agua	14
2.2.2 Coagulación y floculación	16
2.2.3 Rio Lurín	17
2.2.4 La Tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i> Miller)	19
2.2.5 Ensayo de jarras.....	22
2.3 Definición de términos básicos	22
CAPÍTULO III	24
DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL	24
3.1. Modelo de solución propuesto	24
3.1.1 Diseño metodológico	24
3.1.2 Materiales y equipos.....	24

3.1.3 Procesamiento para la obtención del polvo de tuna (<i>Opuntia ficus indica</i>)	25
3.1.4 Toma de muestras del agua	30
3.1.5 Montaje y operación de las pruebas de coagulación	32
3.1.6 Diseño de investigación	34
3.2 Resultados.....	37
3.2.1 Reducción de la turbidez	37
3.2.2 Análisis descriptivo	41
3.2.3 Tablas de frecuencia.....	42
3.2.4 Prueba de normalidad.....	44
3.2.5 Análisis de varianza	49
3.2.6. Correlación	50
CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
ANEXOS	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Taxonomía de la Opuntia ficus-indica	21
Tabla 2 Composición química del Opuntia ficus-indica	22
Tabla 3 Materiales y equipos por utilizar	24
Tabla 4 Remoción de turbidez del ensayo N° 1	37
Tabla 5 Remoción de turbidez del ensayo N° 1	38
Tabla 6 Remoción de turbidez del ensayo N° 2	38
Tabla 7 Remoción de turbidez del ensayo N° 2	39
Tabla 8 Remoción de turbidez del ensayo N° 3	40
Tabla 9 Remoción de turbidez del ensayo N° 3	40
Tabla 10 Resumen descriptivo	41
Tabla 11 Resumen de datos válidos y perdidos	42
Tabla 12 Frecuencia para RPM.....	42
Tabla 13 Frecuencia para dosis	42
Tabla 14 Frecuencia para efluente	43
Tabla 15 Resumen de procesamiento de casos para efluente vs. RPM	44
Tabla 16 Análisis descriptivo para efluente vs. RPM.....	45
Tabla 17 Prueba de normalidad para efluente vs. RPM.....	46
Tabla 18 Resumen de procesamiento de casos para efluente vs. dosis	46
Tabla 19 Análisis descriptivo para efluente vs. dosis	47
Tabla 20 Prueba de normalidad para efluente vs. dosis.....	48
Tabla 21 Análisis de varianza efluente vs. RPM.....	49
Tabla 22 Análisis de varianza efluente vs. dosis	50
Tabla 23 Correlación de variables	51
Tabla 24 Porcentaje de los resultados	52
Tabla 25 Porcentaje de disminución con mejores resultados.....	53
Tabla 26 Presupuesto del proyecto	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur	10
Figura 2. Opuntia ficus-indica.....	19
Figura 3. Flujograma de actividades	24
Figura 4. Pencas de tuna (opuntia ficus-indica) recolectadas	26
Figura 5. Reducción de la pulpa de cactus	26
Figura 6. Tiras de cactus en el proceso de secado	27
Figura 7. Molienda del cactus seco opuntia ficus-indica.....	27
Figura 8. Polvo del cactus opuntia ficus-indica.....	28
Figura 9. Extracción del pigmento	28
Figura 10. Secado en estufa del polvo de tuna	29
Figura 11. Solución del coagulante	30
Figura 12. Toma de muestras de agua del río Lurín.....	30
Figura 13. Ubicación de la zona de estudios.....	31
Figura 14. Montaje de la prueba de jarras.....	32

INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes retos de la humanidad para afrontar en el futuro sobre la escasez de agua, es la conservación y protección de este líquido elemento, toda vez, que es imprescindible para garantizar la existencia del ser humano, y a su vez, contribuye en el desarrollo del sostenimiento del equilibrio medio ambiental, y de los ecosistemas que de acuerdo con el incremento de la población actual crece aún más las demandas masivas de este recurso hídrico.

En el caso de río Lurín, debo precisar que viene siendo alterado su esencia natural, debido a la contaminación que se viene generando por parte de las actividades antropogénicas; toda vez, que los pobladores aledaños al río carecen de hábitos y de conocimiento de la importancia de su conservación del agua que fluye de esta fuente natural que puede ser aprovechado para cubrir necesidades básicas y para uso de la actividad agrícola libre de contaminación.

Ante estos hechos, se puede aplicar diferentes tecnologías para recuperar las aguas del indicado río, como es por medio del proceso de coagulación y floculación, procesos, por los cuales, se cumplen con aglutinar las partículas en masas pequeñas con un peso superior al del agua, a la que se denominan flóculos, los que sedimentan y permiten la separación de los sólidos en el agua, que son esenciales y eficaces para el tratamiento de las aguas, cuyos parámetros operacionales que sirve para determinar su eficacia es la turbiedad y el color que miden la concentración de las partículas de manera indirecta. Muchos agentes coagulantes se utilizan para tratar las aguas, siendo uno de los más conocidos el sulfato de aluminio siendo este muy efectivo para la remoción de la turbidez; sin embargo, generan efectos negativos para la salud. Esto ha motivado la búsqueda de alternativas que puedan sustituir total o parcialmente los coagulantes sintéticos por coagulantes naturales y económicos.

Es una alternativa viable los coagulantes y floculantes naturales por tener ventajas, al ser estas, amigables con el medio ambiente.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

A lo largo del tiempo, se ha visto, como la contaminación de diversas fuentes del agua, es un problema ambiental crítico, a pesar, de que hoy en día existen muchas tecnologías para el tratamiento del agua. Se sabe que no todos los focos del problema están cubiertos; y uno de los tratamientos para la clarificación del agua que más se utiliza en el Perú son los coagulantes sintéticos, como el cloruro férrico y el sulfato de aluminio, utilizados para reducir la turbiedad; sin embargo, estos pueden ser asimilado fácilmente por el hombre trayendo consecuencias para su salud.

La cuenca del río Lurín, viene sufriendo alteraciones en su calidad de agua, debido al vertido indiscriminado de aguas residuales domésticas, residuos sólidos, el lavado de ropa, los que contienen sólidos suspendidos disueltos, que muchas veces pueden ser materias orgánicas o inorgánicas. Así mismo, estas aguas son destinadas al riego de agricultura existente en la zona e incluso para el consumo humano, siendo estas nocivas para la salud.

Frente a ello, existe diferentes formas de tratamientos ecoamigables con el medio ambiente, puede ser la *Opuntia ficus-indica* una alternativa para reducir el empleo de coagulantes inorgánicos, razón por el cual, se plantea realizar el siguiente trabajo.

1.2 Justificación del problema

Considerando el contexto descrito anteriormente, se busca alternativas para la utilización de coagulantes de origen natural, por ello, el presente trabajo de investigación tiene por objeto evaluar la efectividad de la tuna (*Opuntia ficus-indica*) como un coagulante natural en el tratamiento del agua. Se eligió la tuna (*Opuntia ficus-indica*), porque es un coagulante natural que no presenta ningún problema para la salud humana, sin embargo, por su condición ayuda a mitigar los problemas de contaminación en el agua y en el medio ambiente.

Como es de observarse que el río de Lurín está contaminado por origen antropogénicas y por el mal uso de los pobladores y por los residuos sólidos que proliferan las industrias del lugar, lo que presentan una alta cantidad de turbidez y de contaminación que repercute a la salud de la población. El presente trabajo busca dar una opción para impulsar el uso de coagulantes naturales de bajo costo para evitar la contaminación ambiental.

1.3 Delimitación del proyecto

1.3.1 Teórica

El biocoagulante obtenido de la especie *Opuntia ficus-indica*, ha sido utilizado a lo largo del tiempo por investigaciones precedentes, los cuales demuestran efectividad de su utilización en el tratamiento del agua. Obteniendo resultados satisfactorios en la disminución de las concentraciones de parámetros.

1.3.2 Temporal

El presente trabajo, se desarrolló desde octubre a diciembre del año 2019.

1.3.3 Espacial

El presente trabajo de investigación se desarrolló en los laboratorios de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur y en el río Lurín.



Figura 1. Mapa de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur

1.4 Formulación del Problema

1.4.1 Problema general

¿Cuál es el efecto de la *Opuntia ficus-indica* en la reducción de turbidez de las aguas el río Lurín?

1.4.2 Problemas específicos

¿Cuál es la dosis óptima de *Opuntia ficus-indica* para la reducción de turbidez de las aguas del río Lurín?

¿Cómo las revoluciones por minuto en los ensayos de la prueba de jarras influyen en la reducción de la turbidez de las aguas del río Lurín mediante el uso de la *Opuntia ficus-indica*?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivos generales

Evaluar el efecto de la *Opuntia ficus-indica* en la reducción turbidez de las aguas del rio Lurín.

1.5.2 Objetivos específicos

Determinar la dosis óptima de la *Opuntia ficus-indica* en la reducción de la turbidez de las aguas del rio Lurín.

Determinar el efecto de las revoluciones por minuto de los ensayos de prueba de jarras en la reducción de la turbidez de las aguas del rio Lurín mediante el uso de la *Opuntia ficus-indica*.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Olivero, Mercado y Montes (2013) hicieron una investigación sobre la concentración del biocoagulante y la velocidad de agitación y determinaron que no influyeron en el proceso de reducir la turbiedad de la muestra. Cabe mencionar, se obtuvieron mejores resultados con el alumbre que con Opuntia, los porcentajes de remoción de turbidez son los siguientes Alumbre: 99.8% y Opuntia: 93.3%. El agua tratada con Opuntia no cumplió con la normativa aplicable aceptable 2 NTU para un máximo valor en la turbidez. Sin embargo, se demostró que el *Opuntia ficus-indica*, es útil como coagulante natural que tiene efectos positivos en la remoción de turbidez del agua. Es importante destacar, que el agua del río Magdalena en Gambote no es apta para consumo de las personas, lo que hace indispensable su tratamiento, siendo el Opuntia la opción más económica, limpia y natural.

Contreras, Mendoza, Salcedo, Olivero y Mendoza (2015) refiere que se puede deducir a través de resultados de los análisis de parámetros como el pH del agua, el cual, no se alteró en gran medida, lo que sí ocurre con la utilización de coagulantes químicos como el sulfato de aluminio. La utilización del mucílago de nopal para el tratamiento de la muestra demostró la eficiencia para la remoción de turbidez, siendo superior al 50 %.

m

Arias, Hernández, Castro y Sánchez (2017) en esta investigación utilizaron otro coagulante natural, aquel obtenido de la semilla de *M. Oleífera*, el cual, ha demostrado su efectividad para el tratamiento de las aguas comprobándose la eficiencia en remoción de turbidez y color; lo que demuestra el poder de este coagulante natural al aplicar a las aguas residuales con alto contenido orgánico. La *M. oleífera* y la *Opuntia ficus-indica* pueden usarse como coagulantes y aplicarse directamente en una PTAR.

López (2018) en una investigación donde determinaron la dosis y concentración óptimas del coagulante natural en polvo obtenido del cactus *Opuntia ficus-indica*; asimismo, se comprobó la eficiencia del coagulante al remover la turbidez de dichas muestras. Las dosis óptimas: 30 y 90 mg/L, se evidencia que no se necesitan grandes cantidades del coagulante en polvo para el tratamiento del agua. La concentración óptima: 0.5% y 2%, se advirtió que la concentración óptima disminuyó a medida que el nivel de turbidez se incrementaba.

Romero (2018) es importante para la presente investigación que durante la parte experimental de este precedente se observó que con una velocidad de 45 RPM y con un tiempo floculación de 20 minutos se obtuvieron los mejores resultados en los ensayos realizados para reducir la turbiedad de la muestra. A continuación, se detallan los % de eficiencia más bajo y alto El % de eficiencia más bajo fue de 51.39 %, El% de eficiencia más alto fue de 70.31 %, El agua tratada con el biocoagulante no cumplió con la normativa en comparación de la calidad de agua apta para el consumo, según lo dispuesto en el D.S. N° 031-2010-SA, que acepta como valor máximo de turbiedad a 5 UNT. Sin embargo, esto puede deberse a la calidad de agua que presenta el río, que recibe descargas industriales como ha sucedido en investigaciones antes estudiadas.

Torres (2019) evaluó la remoción de la turbidez del agua de un canal de riego por medio del proceso de coagulación-floculación, utilizó dos diferentes métodos de extracción del coagulante *Opuntia ficus-indica* a una escala de laboratorio, a través de un diseño de pruebas para determinar la dosis y concentración óptima., A diferencia de las investigaciones descritas, párrafos arriba, los resultados del tratamiento, sí cumplieron con la normativa en comparación a las características mínimas exigidas por el EPA para riego en áreas verdes restringidas al público, siendo la turbiedad inferior a 30 UNT. Obteniendo como turbiedad más baja a 5.3 UNT y el mayor 18 UNT.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 El Agua

Es un recurso natural que se precipita desde la atmósfera. Esta corre por los ríos y constituye el recurso natural más importante de los últimos tiempos. (Comisión Estatal del Agua de Jalisco, 2013).

a) Composición (H₂O)

Su composición química, se basa en dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, de esa manera forma la molécula del agua.

b) Propiedades

Como compuesto químico, el agua presenta las siguientes propiedades:

- La única sustancia que se presenta en los estados: sólido, líquido y gaseoso.
- El volumen de las sustancias disminuye al enfriarlas.
- Tiene la tensión superficial más altas de todos los líquidos comunes.
- Gran capacidad de cohesión y capilaridad
- Capacidad de diluir la mayoría de las sustancias. (Comisión Estatal del Agua de Jalisco, 2013)

c) Contaminación del agua

Es en resumen la modificación de los componentes del agua, son provocados en general por el ser humano, que la vuelve no apta o peligrosa para el consumo de las personas, la agricultura y la industria, entre otros.

Entre los principales contaminantes de los ríos tenemos:

- Reducción de oxígeno,
- Patógenos,
- Sustancias tóxicas,
- Materia orgánica y
- N, P

d) Partículas coloides

A los coloides se les atribuye la turbiedad y el color del agua, estos tienen un diámetro aproximado entre 1 y 1 000 milimicrómetros. Generalmente tienen carga negativa en su superficie lo que genera que permanezcan de manera estable y suspendida en el líquido. Por ello para su extracción es necesario la adición de un coagulante (Vargas, 2004).

e) Turbiedad

Se emplea para determinar la calidad de las aguas, estas pueden ser vertidas o naturales, en relación con la materia coloidal y residual en suspensión. Su unidad de medida con los UNT (Comisión Estatal del Agua de Jalisco, 2013).

2.2.2 Coagulación y floculación

La coagulación es el proceso de desestabilización de las partículas coloidales que se producen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, mediante la aplicación de reactivos llamados coagulantes y energía de mezcla (Andía, 2000).

“La floculación es la aglomeración de las partículas que se desestabilizaron durante la coagulación, mediante la agitación moderada del agua para formar partículas de mayor tamaño y peso específico superior al agua, denominados flóculos, a fin de que puedan sedimentar con facilidad”. (Andía, 2000).

a) Coagulantes naturales

Son sustancias que por sus propiedades fisicoquímicas son afines al agua, de origen natural (animal o vegetal), las cuales actúan aglomerando las partículas coloidales del líquido facilitando su sedimentación y reduciendo la turbiedad. (Andía, 2000).

b) Coagulantes sintéticos

Son utilizados para el tratamiento del agua de tipo industrial y doméstico (Nieto, 2011) los coagulantes químicos más comunes para la desestabilización de partículas y producir los flóculos son: cloruro férrico y el sulfato de aluminio. (Andia, 2000).

2.2.3 Río Lurín.

El río Lurín con una longitud de 108.57 kilómetros, ubicado en el departamento de Lima, tiene poca disponibilidad de agua, con una importancia para el espacio natural, la misma que provee distintos servicios ambientales para el distrito de Lurín, y otros distritos aledaños donde en la actualidad vienen siendo sus atractivos naturales y potencialidades que son amenazados por los procesos de expansión urbana (Vargas, 2018).

a) Ubicación

La cuenca del río Lurín, tiene un área de 1633.81 km² que desemboca en el Océano Pacífico, con dirección de suroeste, esta limita por norte con el Río Rímac, por el este limita con el río Mala, por el sur con el río Chilca, y por el suroeste con el Océano Pacífico (Vargas, 2018).

b) Hidrografía

Su caudal anual tiene un promedio de 4.50 m³/s, y registra una cantidad hídrica superficial anual al 75% de persistencia de 75,83 MMC, con una demanda de 73,55 MMC en el periodo indicado; y en los meses de febrero, marzo, abril y mayo, crece a un superávit hídrico. (Autoridad Nacional del Agua, 2012).

c) Población

Se encuentra comprendido dentro de 15 distritos, en la cuenca alta 6 (San José de los Chorrillos, Langa, Lahyatambo, Santiago de Tuna, San Andrés de Tupicocha, San Damián), y en la cuenca media (Antioquía), en la provincia de Huarochirí; y en la cuenca baja (Cieneguilla, Lurín, Pachacamac, Punta Negra, Pucusana, Punta Hermosa, Santa María del Mar y San Bartolo).

De acuerdo con el último Censo Nacional de Población y Vivienda realizado en el año 2017, en el distrito de Lurín tiene una población de 89, 1956 de habitantes. (INEI, 2017)

d) Aspectos

- Ambiental

Los microclimas y las zonas ecológicas presentes en la Cuenca de Lurín tienen una diversidad de especies de flora y de fauna que va cambiando por su ubicación, facilitando el cultivo de distintas especies agrícolas (Vega, 2010).

Existen 32 lagunas según el ANA en la parte alta de la cuenca, y presenta una amplia área de pastizales que sirven de protección para el suelo frente a la erosión, además aquellos pastizales sirven de alimento para algunos animales presentes en la zona como el ganado.

- Productiva

La cuenca de Lurín existe una variedad práctica agrícolas, y de ello, la producción ganadera resulta de importancia en esta cuenca, lo cual genera altas cantidades de ganado vacuno.

la diversificación genera producción agrícola y pecuaria, fruticultura, producción de forrajes, transformación de frutales, comercio y turismo, y en los distritos que pertenecen a la cuenca alta y media, se ha registrado mejoras en sus ingresos económicos de los pobladores del lugar (Claverias y Ilares, 2014).

2.2.4 La Tuna (*Opuntia ficus-indica* Miller)

Las cactáceas son de origen americano, las cuales se generan en una gran variedad de climas, temperaturas y altitudes, debido a su gran capacidad de adaptación lo que explica las muchas formas, tamaños y texturas. Es importante mencionar, a pesar de no requerir un alto porcentaje de agua para vivir en la mayoría de su composición encontraremos este elemento, en un 90%, lo que lo hará fisicoquímicamente semejante a la muestra (Ostolaza, 2011).



Figura 2. *Opuntia ficus-indica*
Fuente: (Torres, 2019)

a) Origen

Datan de la época del Horizonte Pre-agricola, y se encontraron en la cueva de Pachamachay cercanas al lago de Junín que tiene una latitud de 4,200 msnm. (Amaya, 2009).

b) Naturalización

Los navegantes en el siglo XVIII, los navegantes consumieron y distribuyeron a gran parte del mundo, y se ha producido sus cambios genotipos y fenotípicas en los países donde se naturalizaron, y no puede registrar datos sobre forma espinosa. (Amaya, 2009).

c) Propiedades nutricionales y medicinales

Investigaciones científicas han demostrado que los cladodios del nopal pueden ser eficientemente usados como fuente de nutrientes y fitoquímicos de importancia nutricional y funcional. Los cladodios del nopal presentan características funcionales promisorias debido a sus propiedades promotoras de la salud. (FAO y CIZA, 2018).

d) Importancia ecológica

En la economía rural, y por adaptarse y crecer en terrenos que no son favorables para muchas otras especies vegetales.

e) Taxonomía

La *Opuntia ficus-indica* es una planta que pertenece a la familia Cactácea y se detalla su taxonomía:

Tabla 1
Taxonomía de la Opuntia ficus-indica

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Caryophyllales
Familia	Cactaceae
Subfamilia	Opuntioideae
Tribu	Opuntieae
Género	<i>Opuntia</i>
Subgénero	<i>Opuntia</i>
Especie	<i>Opuntia ficus-indica</i>
N.Común	<i>Tuna (Perú y Bolivia)</i> <i>Nopal (México)</i>

Fuente: (Torres, 2019)

f) Hábitad

Condiciones climáticas

Crecen en terrenos que carecen de agua, con un grado de temperaturas que va entre 16° a 26° C, y con 55% a 85% de humedad relativa.

Condiciones físicas

- Se adecua bien hasta los 2000 msnm,
- Deben ser moderados las lluvias o los riegos
- El exceso de humedad del suelo perjudica a la tuna.
- Requiere de suelos no compactados.
- Suelos con pH alcalino y otros.

Composición química

Tabla 2
Composición química del Opuntia ficus-indica

En 100 g de <i>Opuntia ficus-indica</i>	
Composición	g %
Calorías	55.6
Humedad	81.4
Proteína	1.05
Grasa	0.43
Fibra	3.1
Cenizas	0.52
Carbohidratos	13.4

Fuente: Mella, 1989

2.2.5 Ensayo de jarras

Los ensayos de jarras se utilizan para determinar la dosis, concentración y velocidad de agitación óptimas de un coagulante para una muestra de agua específica durante un proceso de coagulación y floculación. Además, se puede determinar el tiempo y velocidad de sedimentación.

2.3 Definición de términos básicos

- **Biocoagulante:** es un compuesto biodegradable, soluble en agua y puede ser de origen vegetal o animal. Además, es capaz de tratar aguas contaminadas mediante un proceso de coagulación y floculación.
- **Sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$):** es una sal inorgánica que por sus propiedades fisicoquímicas es capaz de agrupar sólidos suspendidos en el agua.
- **Cloruro férrico ($FeCl_3$):** es un compuesto químico que se utiliza como coagulante sintético para el tratamiento de aguas y efluentes.
- **Dosis óptima:** es la mínima cantidad de coagulante que reduce el mayor porcentaje de turbiedad de la muestra.

- **RPM:** es una unidad de frecuencia que es utilizada para establecer la velocidad de la agitación en el ensayo de jarras, las revoluciones por minuto (rpm) indican el número de rotaciones completadas cada minuto por el agitador que gira alrededor de cada una de las jarras.
- **UNT:** la unidad nefelométrica de turbidez (en adelante, UNT) es la unidad de medida de la turbidez de un fluido, sólo utilizable para líquidos.
- **Confiabilidad:** en estadística la confiabilidad es necesaria para garantizar la validez y precisión del análisis. En pocas palabras, la fiabilidad es una medida de la consistencia.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

3.1. Modelo de solución propuesto

3.1.1 Diseño metodológico

El desarrollo del trabajo de ingeniería se realizó de acuerdo con las siguientes actividades:

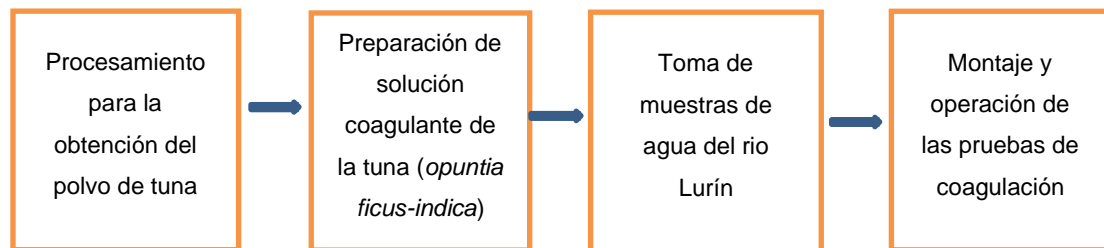


Figura 3. Flujograma de actividades

3.1.2 Materiales y equipos

Tabla 3

Materiales y equipos por utilizar

Materiales	Equipos
✓ Pilon	✓ Balanza analítica
✓ Mortero	✓ Cronometro
✓ Vaso biker	✓ Turbidímetro portátil
✓ Mortero de laboratorio	✓ Equipo de prueba de jarras
	✓ Estufa

<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fiola 1L ✓ Luna reloj ✓ Etanol al 96% ✓ Agua destilada ✓ Pizeta ✓ Espátula ✓ Bandeja ✓ Pipeta ✓ Propipeta ✓ Bureta ✓ Tamiz ✓ Mangueras ✓ Vagueta 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Equipo soxhlet ✓ Agitador magnético ✓ Cocina eléctrica
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Procesamiento para la obtención del polvo de tuna (*Opuntia ficus indica*)

Se ubicó una empresa que comercializaba la tuna (100% Pura Vida), donde se adquirió la materia prima para la elaboración del proceso, y para ello, se utilizó dos cladodios de tuna grandes como materia prima, los cuales inicialmente tenían un peso total de 7,673.23 Kg, las que fueron lavadas con agua.



Figura 4. Pencas de tuna (*opuntia ficus-indica*) recolectadas

a) Reducción

Posteriormente se procedió a retirar las espinas y la capa externa (epidermis) de las pencas de cactus, a fin de separar la pulpa para después cortar en trozos pequeños y delgados para facilitar el proceso de secado después se colocaron en bandejas de aluminio.



Figura 5. Reducción de la pulpa de cactus

b) Secado

Se pasó a secar las muestras en una estufa por un tiempo de 48 horas a 65°C de temperatura. En la figura 6 se aprecia la pulpa de cactus trozada, y en la figura 7 se muestra las tiras de cactus deshidratadas.



Figura 6. Tiras de cactus en el proceso de secado

c) Molienda y tamizado

Posteriormente se retiró los trozos secos de la estufa y se pasó a un proceso de molido y a consecuencia del indicado proceso, dio como resultado 200 g del gramos del producto molido con un color amarillento, después se procedió a tamizar, y para ello, se utilizó un tamiz N°80(0180mm), y una vez pasada por el tamiz, se obtuvo un polvo muy fino de producto final que tenía un peso de 50g.



Figura 7. Molienda del cactus seco opuntia ficus-indica



Figura 8.Polvo del cactus opuntia ficus-indica

d) Extracción del pigmento

Se procedió a eliminar la clorofila , presente en el material triturado, para lo cual se utilizó etanol al 96% como solvente en el equipo Soxhlet y el proceso tuvo una duración de 6 horas aproximadamente, para facilitar y evitar que la muestra se disperse se cubrió con papel filtro.



Figura 9.Extracción del pigmento

e) Almacenamiento

Se dejó secar en la estufa con una temperatura de 40°C y se almaceno en un desecador para su posterior uso.



Figura 10.Secado en estufa del polvo de tuna

Para hacer la prueba con el coagulante natural en el test de jarras ,24 horas antes se preparó el coagulante al 1%para ello, Se pesó 10g el polvo de cactus y se diluyo con 1000 ml de agua destilada, utilizando un matraz aforado; asimismo, para homogenizar esta solución, se utilizó un agitador magnético por dos horas aproximadamente. La solución del coagulante natural al 1% fue almacenada hasta su posterior uso.



Figura 11. Solución del coagulante

3.1.4 Toma de muestras del agua

La muestra para realizar la parte experimental fue tomada del río Lurín una cantidad de 13 litros de agua, las cuales fueron 12 se utilizaron para el análisis en el laboratorio de las pruebas de jarras y un litro para los análisis de turbidez inicial en los laboratorios.



Figura 12. Toma de muestras de agua del río Lurín

Localización de la toma de muestra

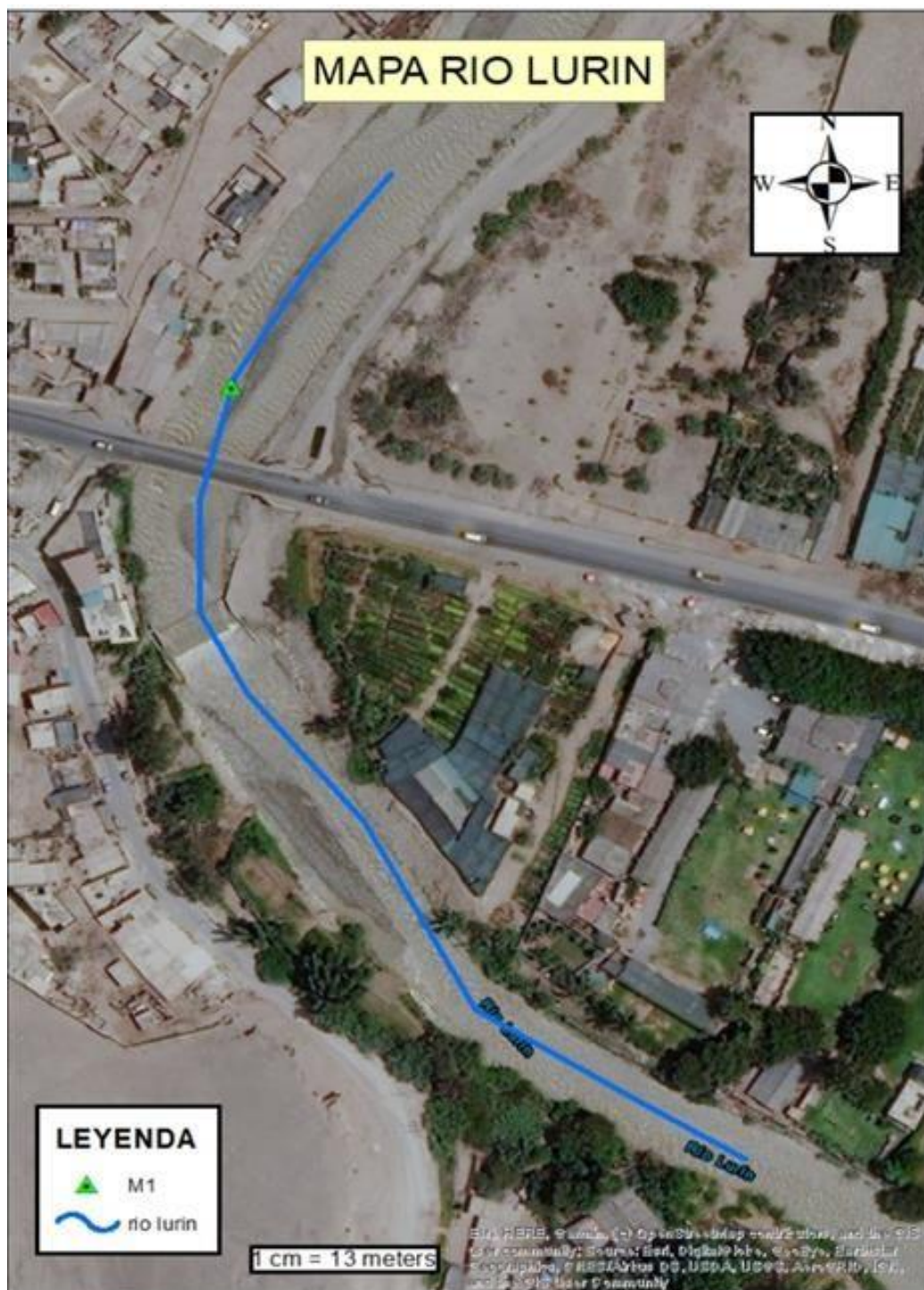


Figura 13. Ubicación de la zona de estudios

3.1.5 Montaje y operación de las pruebas de coagulación

a) Preparación para realizar la prueba de jarras

Es el método de más uso en la escala de laboratorios para la simulación en el proceso de coagulación-floculación y en la obtención de la dosis óptima y para las diferentes velocidades de agitación a continuación, se siguieron los siguientes pasos:

Se agregó 1000ml de agua del río Lurín a cada una de las jarras, luego se adiciono las diferentes dosis (50 mg/l y 150mg/l) se realizó la homogenización, luego un mezclado de 40 rpm y 20 rpm durante 20 minutos para aumentar el contacto entre las partículas coaguladas de tal manera facilito el desarrollo de floculos grandes finalmente se dejó sedimentar por 30 minutos.

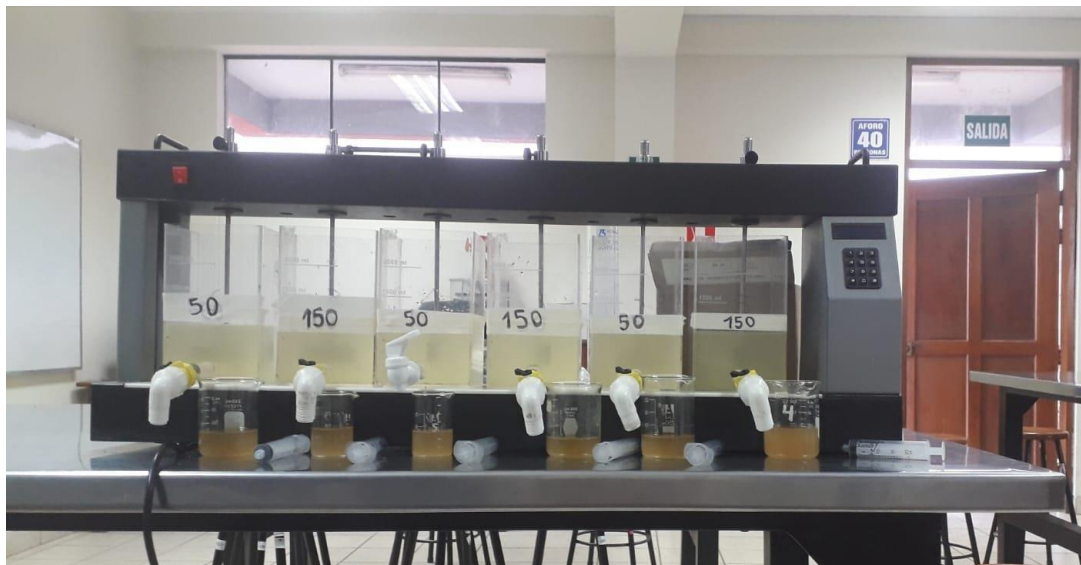


Figura 14. Montaje de la prueba de jarras

Después del periodo de sedimentación se paso a tomar muestras del sobrenadante de cada una de las jarras, que se sitúa aproximadamente 2cm debajo de la parte superior del nivel del agua para ser analizadas en el laboratorio Rlab.S.A.C.

b) Prueba de dosis del coagulante en polvo extraído de la Tuna (*Opuntia ficus- indica*)

Para la prueba se utiliza los resultados obtenidos en los laboratorios antes y después del tratamiento utilizando el polvo extraído de *Opuntia ficus indica* para lo cual se utilizaron dosis de 50,150 mg/L mediante la ecuación de balance de masas se determinó el volumen de coagulante que se añadió, al finalizar de tomo muestras, este proceso se realizó por triplicado.

$$V(ml) = \frac{D\left(\frac{mg}{L}\right) \times Q(ml)}{C\left(\frac{mg}{L}\right)}$$

V=volumen del coagulante que se aplicara en la jeringa (ml)

D= dosis del coagulante (mg/L)

Q=volumen de la muestra en la jarra (ml)

C=concentración de la solución del coagulante (mg/L)

c) Pruebas en la velocidad de agitación con el coagulante extraídos del *Opuntia ficus- indica*.

Se programó el equipo a 20 y 40 rpm para ver la variación de resultados al aplicar las determinadas dosis se prepararon 2 jarras de las dos diferentes dosis y se hicieron agitar a la primera velocidad (20rpm) de igual manera con la segunda velocidad (40rpm) se agregó las dos dosis representativas terminando el proceso se dejó sedimentar y se pasó a tomar de muestras.

3.1.6 Diseño de investigación

Se estableció un diseño experimental bifactorial, que tiene una variable dependiente, (disminución de la turbiedad) y dos variables independientes, (Dosis del coagulante *opuntia ficus-indica*) (50mg/l y 150mg/l) y la velocidad de agitación (2 niveles a diferentes RPM) especificados en la tabla con 3 repeticiones haciendo un total de 12 experimentos con un periodo para sedimentar de media hora.

Variable independiente D

D1	D2
----	----

Variable independiente V

V1	V2
----	----

Diseño bifactorial

	Velocidad 1	Velocidad 2	Total
Dosis 1	D1V1	D1V2	2
Dosis 2	D2V1	D2V2	2
			4

a) Variables, Operacionalización

Variables

- **Variable independiente**

Dosificación

Velocidad de agitación

- **Variable dependiente**

Disminución de la turbidez

b) Población y muestra

Población

Se consideró las aguas del río Lurín

Muestra

Por el modelo bifactorial elegido, se tiene el siguiente tamaño de muestra:

$$N=A \times B \times R$$

Donde:

A: Dosis del coagulante natural (2 dosis)

B: Velocidades (2 RPM)

R: 3 Repeticiones

Se obtiene:

$$N=2 \times 2 \times 3 =12$$

c) Unidad de análisis

Se uso 1000ml de muestra del rio Lurín para el desarrollo de la investigación.

d) Validez y confiabilidad

La validez y confiabilidad de los equipos y materiales a utilizar para desarrollar el presente trabajo es de importancia ya que alcanza un adecuado manejo del equipo.

e) Métodos de análisis de datos

El análisis estadístico del trabajo se realizó con una prueba de normalidad para los datos, un ANOVA bifactorial por que intervienen dos factores; velocidad y dosis y pruebas de correlación de Pearson, estas se desarrollaron con un nivel de significancia de 0.05 y de 0.01 respectivamente.

3.2 Resultados

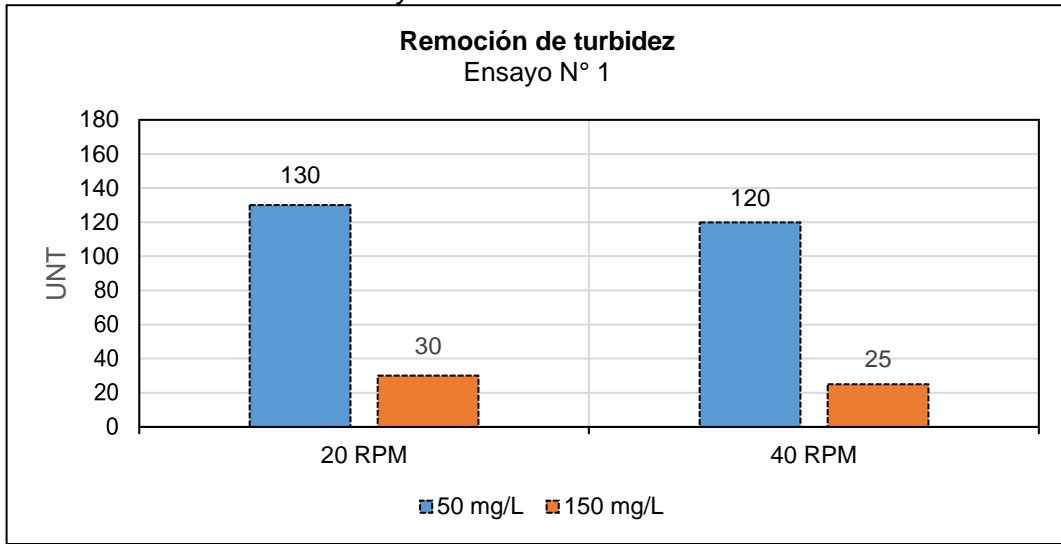
3.2.1 Reducción de la turbidez

Se presentan los ensayos realizados en el laboratorio de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, los cuales fueron analizados por el laboratorio acreditado R-lab S.A.C. utilizando un turbidímetro de marca Hach-2100Q, el cual se utilizó para medir la turbidez del agua antes y después del tratamiento realizado con el biocoagulante obtenido de las pencas. Se evaluó la turbidez a velocidades de 20 RPM y 40 RPM por 20 minutos con dosis de 50mg/l y 150 mg/l del biocoagulante en polvo. Además, en las siguientes tablas se observa que la turbidez disminuye conforme aumenta la dosis del biocoagulante y la velocidad.

Tabla 4
Remoción de turbidez del ensayo N° 1

Medición de la turbidez		
Turbidez inicial: 350 UNT		
Ensayo N° 1	50 mg/L	150 mg/L
20 RPM	130 UNT	30 UNT
40 RPM	120 UNT	25 UNT

Tabla 5
Remoción de turbidez del ensayo N° 1



Fuente: Elaboración propia

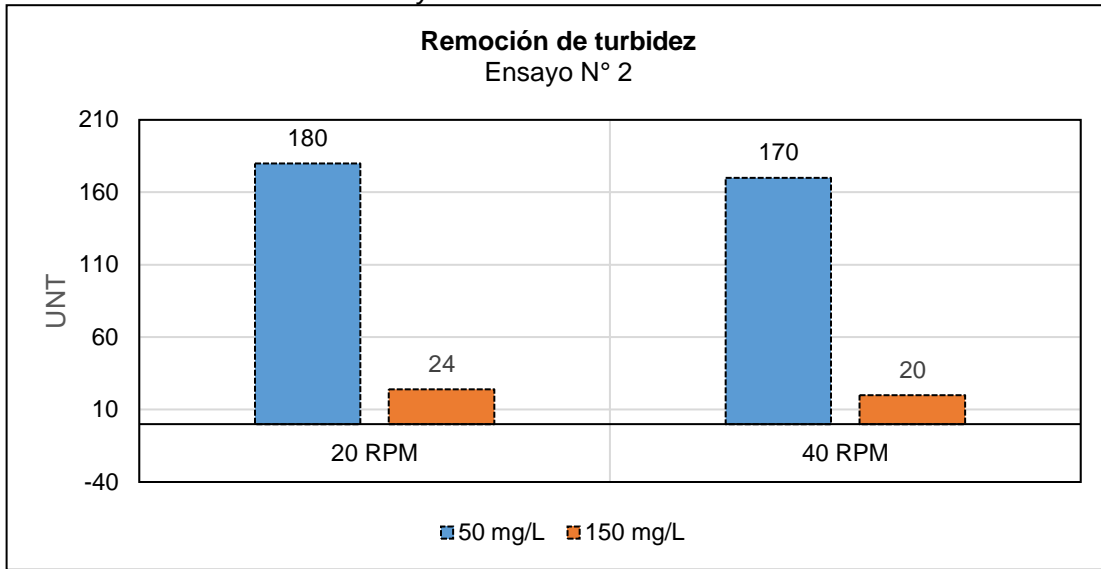
Interpretación:

En la Tabla N° 4 y la Tabla N° 5, se puede observar que la mayor reducción fue 25 UNT, usando una dosis de 150 mg/L y una velocidad de agitación de 40 RPM, con lo cual se demuestra que, a mayor dosis y velocidad, será mayor la remoción de turbiedad, sin embargo, se aprecia que el factor velocidad no es representativo en comparación con la dosis.

Tabla 6
Remoción de turbidez del ensayo N° 2

Medición de la turbidez		
Turbidez inicial: 350 UNT		
Ensayo N° 2	50 mg/L	150 mg/L
20 RPM	180 UNT	24
40 RPM	170 UNT	20

Tabla 7
Remoción de turbidez del ensayo N° 2



Fuente: Elaboración propia

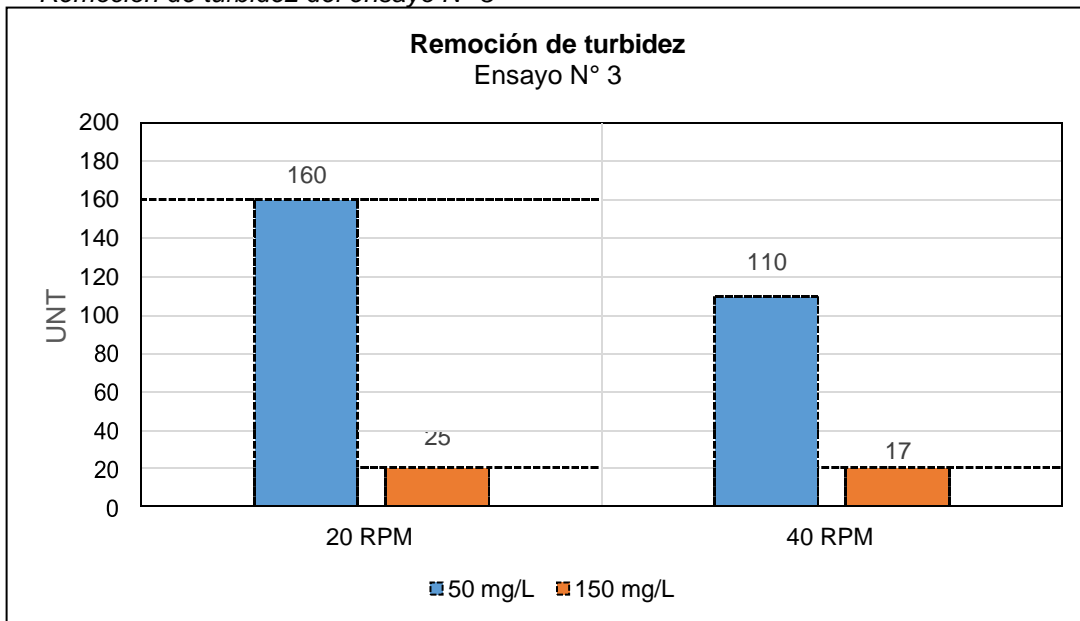
Interpretación:

En la Tabla N° 6 y la Tabla N° 7, se puede observar que la mayor reducción fue de 20 UNT, usando una dosis de 150 mg/L y una velocidad de agitación de 40 RPM, con lo cual se demuestra que, a mayor dosis y velocidad, será mayor la remoción de turbiedad, sin embargo, se aprecia que el factor velocidad no es representativo en comparación con la dosis.

Tabla 8
Remoción de turbidez del ensayo N° 3

Medición de la turbidez		
Turbidez inicial: 350 UNT		
Ensayo N° 3	50 mg/L	150 mg/L
20 RPM	160 UNT	25 UNT
40 RPM	110 UNT	17 UNT

Tabla 9
Remoción de turbidez del ensayo N° 3



Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En la Tabla N° 8 y la Tabla N° 9, se puede observar que la mayor reducción fue de 17 UNT, usando una dosis de 150 mg/L y una velocidad de agitación de 40 RPM, con lo cual se demuestra que, a mayor dosis y velocidad, será mayor la remoción de turbiedad, sin embargo, se aprecia que el factor velocidad no es representativo en comparación con la dosis.

3.2.2 Análisis descriptivo

Tiene por objeto sintetizar los datos cuantitativos y establecer el número válido de datos trabajados en las pruebas posteriores.

Tabla 10
Resumen descriptivo

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
RPM	12	20	40	30,00	10,445
Dosis	12	50	150	100,00	52,223
Efluente	12	17	180	84,25	66,427
N válido (por lista)	12				

3.2.3 Tablas de frecuencia

Nos permitirá ordenar la data estableciendo frecuencias, porcentajes válidos y acumulados.

Tabla 11
Resumen de datos válidos y perdidos

		RPM	Dosis	Efluente
N	Válido	12	12	12
	Perdidos	0	0	0

Tabla 12
Frecuencia para RPM

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	20	6	50,0	50,0	50,0
	40	6	50,0	50,0	100,0
	Total	12	100,0	100,0	

Tabla 13
Frecuencia para dosis

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	50	6	50,0	50,0	50,0
	150	6	50,0	50,0	100,0
	Total	12	100,0	100,0	

Tabla 14
Frecuencia para efluente

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	17	1	8,3	8,3	8,3
	20	1	8,3	8,3	16,7
	24	1	8,3	8,3	25,0
	25	2	16,7	16,7	41,7
	30	1	8,3	8,3	50,0
	110	1	8,3	8,3	58,3
	120	1	8,3	8,3	66,7
	130	1	8,3	8,3	75,0
	160	1	8,3	8,3	83,3
	170	1	8,3	8,3	91,7
	180	1	8,3	8,3	100,0
	Total	12	100,0	100,0	

3.2.4 Prueba de normalidad

La prueba estadística que se utilizará para el análisis de la normalidad será Shapiro-Wilk ya que los datos son inferiores a 50.

Hipótesis:

Ho: Los datos se adaptan a una distribución normal.

Hi: Los datos no se adaptan a una distribución normal.

Regla de decisión:

Nivel de significancia ≤ 0.05 , entonces se rechaza la Hipótesis nula (Ho) y se acepta la Hipótesis alternativa (Hi).

Nivel de significancia > 0.05 , entonces se acepta Hipótesis nula (Ho) y se rechaza la Hipótesis alternativa (Hi).

Tabla 15

Resumen de procesamiento de casos para efluente vs. RPM

	RPM	Casos					
		Válido		Perdidos		Total	
		N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Efluente	20	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
	40	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%

Tabla 16
Análisis descriptivo para efluente vs. RPM

	RPM		Estadístico	Desv. Error	
Efluente	20	Media	91,50	29,871	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	14,72	
			Límite superior	168,28	
		Media recortada al 5%	90,33		
		Mediana	80,00		
		Varianza	5353,500		
		Desv. Desviación	73,168		
		Mínimo	24		
		Máximo	180		
		Rango	156		
		Rango intercuartil	140		
		Asimetría	,182	,845	
		Curtosis	-2,826	1,741	
		40	Media	77,00	26,546
	95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	8,76	
			Límite superior	145,24	
	Media recortada al 5%		75,17		
	Mediana		67,50		
	Varianza		4228,000		
	Desv. Desviación		65,023		
	Mínimo		17		
	Máximo		170		
Rango	153				
Rango intercuartil	113				
Asimetría	,412	,845			
Curtosis	-1,933	1,741			

Tabla 17
Prueba de normalidad para efluente vs. RPM

	RPM	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Efluente	20	,300	6	,099	,808	6	,069
	40	,288	6	,131	,849	6	,154
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Los datos empleados antes y después del tratamiento con las biocoagulante son normales ya que los niveles de significancia de la turbidez son de 0.069 y 0.154 para 20 y 40 RPM respectivamente, las cuales son mayores a 0.05.

Tabla 18
Resumen de procesamiento de casos para efluente vs. dosis

	Dosis	Casos					
		Válido		Perdidos		Total	
		N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Efluente	50	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
	150	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%

Tabla 19
Análisis descriptivo para efluente vs. dosis

	Dosis		Estadístico	Desv. Error	
Efluente	50	Media	145,00	11,762	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	114,77	
			Límite superior	175,23	
		Media recortada al 5%	145,00		
		Mediana	145,00		
		Varianza	830,000		
		Desv. Desviación	28,810		
		Mínimo	110		
		Máximo	180		
		Rango	70		
		Rango intercuartil	55		
		Asimetría	,000	,845	
		Curtosis	-2,304	1,741	
	150	Media	23,50	1,839	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	18,77	
			Límite superior	28,23	
		Media recortada al 5%	23,50		
		Mediana	24,50		
		Varianza	20,300		
		Desv. Desviación	4,506		
		Mínimo	17		
		Máximo	30		
		Rango	13		
Rango intercuartil		7			
Asimetría		-,118	,845		
Curtosis	,087	1,741			

Tabla 20*Prueba de normalidad para efluente vs. dosis*

	Dosis	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Efluente	50	,199	6	,200*	,917	6	,484
	150	,211	6	,200*	,956	6	,788
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.							
, <.a. Corrección de significación de Lilliefors							

A partir de la tabla anterior los datos empleados antes y después del tratamiento con las biocoagulante son normales ya que los niveles de significancia de la turbidez son de 0.484 y 0.788 para 50mg/L y 150 mg/L respectivamente, las cuales son mayores a 0.05.

En conclusión, los datos para las dos pruebas de normalidad se adaptan a una distribución normal.

3.2.5 Análisis de varianza

Así mismo, ya que los datos son normales se empleó el software SPSS para realizar el Análisis de Varianza (ANOVA) a un nivel de significancia de 0.05 para la prueba de hipótesis.

Hipótesis:

Ho: El Opuntia Ficus Indica no es eficiente como coagulante para reducir la turbiedad de las aguas del río Lurín.

H1: El Opuntia Ficus Indica es eficiente como coagulante para reducir la turbiedad de las aguas del río Lurín.

Regla de decisión:

Tabla 21
Análisis de varianza efluente vs. RPM

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	630,750	1	630,750	,132	,724
Dentro de grupos	47907,500	10	4790,750		
Total	48538,250	11			

Como se observa en la tabla anterior, notamos que el valor de significancia es $0.724 > 0.05$, es decir la velocidad no es significativa en la remoción de turbiedad.

Tabla 22
Análisis de varianza efluente vs. dosis

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	44286,750	1	44286,750	104,167	,000
Dentro de grupos	4251,500	10	425,150		
Total	48538,250	11			

Como se observa en la tabla anterior, notamos que el valor de significancia es $0.000 < 0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, es decir la dosis del biocoagulante es significativa en la remoción de turbiedad. Entonces. Se concluye que el opuntia ficus-indica es eficiente como coagulante para reducir la turbiedad de las aguas del río Lurín, en relación a la dosis.

3.2.6. Correlación

Este análisis permite determinar la relación de las variables en estudio. Se trabajó a un 99% de confianza.

Hipótesis:

Ho: No existe relación lineal entre la dosis y el valor de turbiedad del efluente.

Hi: Si existe una relación lineal entre la dosis y el valor de turbiedad del efluente.

Tabla 23
Correlación de variables

		RPM	Dosis	Efluente
RPM	Correlación de Pearson	1	,000	-,114
	Sig. (bilateral)		1,000	,724
	N	12	12	12
Dosis	Correlación de Pearson	,000	1	-,955**
	Sig. (bilateral)	1,000		,000
	N	12	12	12
Efluente	Correlación de Pearson	-,114	-,955**	1
	Sig. (bilateral)	,724	,000	
	N	12	12	12
** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).				

Para la relación efluente y RPM el nivel de significancia es $0.724 > 0.01$, entonces se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa. No existe una regresión lineal entre la velocidad y el valor de turbiedad, el grado de correlación es negativa, es decir a mayor velocidad, será menor la turbiedad. Además, siendo la correlación de Pearson lejana a -1, se puede afirmar que la relación establecida anteriormente no es perfecta.

Para la relación efluente y dosis, el nivel de significancia es $0.000 < 0.01$, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, si existe una relación lineal entre la dosis y el valor de turbiedad del efluente, presenta un grado de correlación negativa. Es decir, a mayor dosis, será menor la turbiedad, además siendo la correlación de Pearson muy cercana a -1, se puede afirmar que la relación anteriormente es casi perfecta.

Si bien los resultados, no llegó a la cantidad de menor a 5 UNT, según lo dispone, por el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM; sin embargo, si lo podemos ubicar dentro de la (categoría A2) que corresponden a las aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional; así mismo, se pueden utilizar en la Subcategoría B, que corresponden a aguas superficiales destinadas para recreación, por cuanto, la clasificación de esta agua llegó a 17 UNT, que viene a ser menor a 100 UNT, según el cuadro B1 (contacto primario).

Tabla 24
Porcentaje de los resultados

RPM	Dosis(mg/l)	Turbidez inicial (UNT)	Turbidez final (UNT)	% de reducción
20	50	350	30	91.4%
20	50	350	24	93.1%
20	50	350	25	92.9%
20	150	350	130	62.9%
20	150	350	180	48.6%
20	150	350	160	54.3%
40	50	350	25	92.9%
40	50	350	20	94.3%
40	50	350	17	95.1%
40	150	350	120	65.7%
40	150	350	170	51.4%
40	150	350	110	68.6%

En la siguiente tabla, se recopila el valor más representativo en porcentaje resultantes de los ensayos realizados en el laboratorio, y es así, como obtenemos que el mejor porcentaje para la disminución de turbidez es una dosis de 150 mg/l en combinación con velocidad 40 rpm.

Tabla 25
Porcentaje de disminución con mejores resultados

	V1	V2
D1	62.9%	68.6%
D2	93.1%	95.1%

Fuente: Elaboración propia

Recopila el valor más representativo entre la dosis relacionada y la velocidad de agitación, su relación entre ellos y los respectivos porcentajes con mejores resultados en la reducción de turbidez.

CONCLUSIONES

1. En este trabajo de investigación, se evaluó el efecto del coagulante natural en polvo que fueron obtenidos de la tuna (*opuntia ficus-indica*) para la reducción de la turbidez al ser aplicados en las muestras de agua obtenidas del río Lurín que contenía una medición de turbidez inicial de 350 UNT, y de esta manera, se demostró la eficiencia del coagulante natural para la remoción de la turbidez de las muestras en los ensayos de jarras; por último, se obtuvieron resultados positivos de hasta 95.1 %.
2. La dosis óptima de coagulante natural fue de 150 mg/l, con lo cual, se puede deducir que no necesita grandes cantidades de dosis del coagulante natural para la reducción de la turbidez en las aguas del río Lurín ya que las dosis aplicadas no superan esa cantidad de coagulante por cada litro de agua tratada.
3. Los rpm óptimos de los ensayos de jarra para la reducción de la turbidez de las aguas del río Lurín fue de 40 rpm, esta velocidad de agitación combinada con la dosis antes mencionada se logró resultados óptimos para el tratamiento del agua de río Lurín; los flóculos generados, se esparcieron e hicieron contacto con un mayor número de partículas coloidales, por tanto, esta combinación favoreció la clarificación del agua turbia. Por lo expuesto, el coagulante natural a base de polvo de *opuntia ficus-indica* puede utilizarse como una alternativa, debido a su viabilidad por su bajo costo y por su poco consumo de esta materia; como también tiene un menor costo en la elaboración en comparación a los coagulantes sintéticos, siendo una opción apropiada para el tratamiento de la clarificación de las aguas turbias.

RECOMENDACIONES

- Es de suma importancia tomar una muestra inicial del agua turbia del punto de trabajo, y de tal manera al finalizar el proceso, se puede deducir la reducción en porcentaje de la turbidez, de la misma forma se recomienda hacer una toma de muestra de acuerdo con el protocolo de monitoreo del agua.
- El manejo de los equipos de medición de parámetros fisicoquímicos del agua, se deben realizar de manera correcta y adecuada, cumpliendo con los procedimientos y metodologías establecidas, a fin de reducir el margen de error que podría producirse la mala utilización de estos equipos, además de dar un adecuado manejo en la limpieza de estos.
- Seguir con este tipo de investigación con coagulantes naturales, debido a que se obtuvieron resultados positivos, cabe recalcar que existe diferentes métodos de extracción con diferentes resultados óptimos, por lo que, no se puede limitar a la utilización de otros métodos nuevos e innovadores

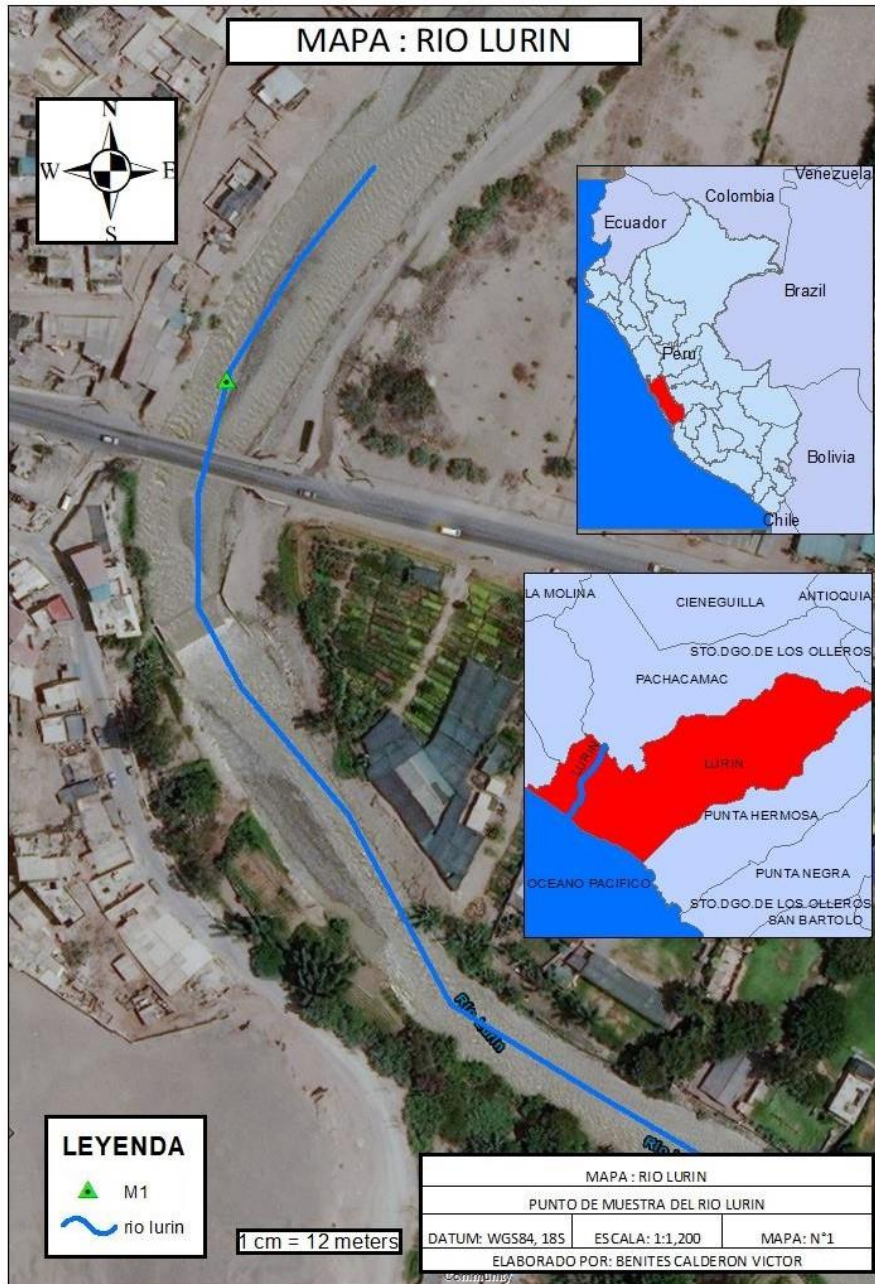
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaya, J. (2009). Cultivo de Tuna. Gerencia Regional Agraria la Libertad, Trujillo, Perú.
- Andía, Y. (2000). *Evaluación de Plantas y Desarrollo Tecnológico. Tratamiento de Agua: Coagulación Floculación*. Lima, Perú. SEDAPAL.
- Arias, A., Hernández, J., Castro, A., y Sánchez, N. (2017). *Tratamiento de aguas residuales de una central de sacrificio: uso del polvo de semilla de la M. oleífera como coagulante natural*. Universidad Autónoma de Cauca, Colombia.
- Autoridad Nacional del Agua. (2012). Recursos hídricos en el Perú. Lima: ANA.
- Claverias, R., & Ilares, G. (2014). Impactos en los pequeños productores agrícolas con el enfoque de desarrollo territorial distritos de la cuenca media y alta del río Lurín, Lima. Centro Global para el Desarrollo y la Democracia, Lima.
- Comisión Estatal del Agua de Jalisco. (2013). *Operación y mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales con el Proceso de Lodos Activados*. México.
- Contreras, K., Mendoza, Y., Salcedo, G., Olivero, R., y Mendoza, G. (2015). *El Nopal (Opuntia ficus-indica) como coagulante natural complementario en la clarificación de agua*. Universidad de Sucre, Colombia.
- INEI. (2017). Censo Nacional de Población y Vivienda. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática
- La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y el Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas en Zonas Áridas Roma. (2018). Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal.
- López, M. (2018). *Evaluación del uso de la cactácea Opuntia ficus-indica como coagulante natural para el tratamiento de agua*. Universidad Nacional Agraria la Molina, Perú.
- Nieto, C., y Orellana, V. (2011). *Aplicación del quitosano como promotor de floculación para disminuir la carga contaminante*. Universidad Politécnica Salesiana. ME
- Olivero, R., Mercado, I., y Montes, L. (2013). *Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando el mucílago del nopal Opuntia ficus-indica*. Universidad del Atlántico, Colombia.
- Ostolaza, C. (2011). *101 cactus del Perú*. Lima, PE. MINAM. 253 p.

- Romero, E. (2018). *Cálculo de la relación de pH, concentración y nivel cantidad de la especie Caesalpinia Spinosa para remover turbiedad en el periodo de avenidas para el río Paria, Huaraz – Ancash – 2016*. Universidad Santiago Antúnez de Mayolo, Perú.
- Torres, J. (2019). *Evaluación de remoción de turbiedad de agua del canal de riego mediante tratamiento químico por coagulación-floculación con dos métodos de extracción de coagulante de mucílago de Opuntia ficus-indica a escala laboratorio*. Universidad Peruana Unión, Perú.
- Vargas, L., Barrenechea, A., Aurazo, M., y Maldonado, V. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I: Teoría. Tomo I*. Lima, PE. CEPIS/OPS.
- Vargas, S. (2018). *Plan de desarrollo agropecuario de la parte media y alta de la cuenca de Lurín*. Lurín
- Vega, A. (2010). *El Desarrollo del agronegocio rural y la conservación del medio ambiente en las zonas altas de Perú*. Estocolmo.
- Villanueva, J. (2016). *La gobernanza de los recursos hídricos en la cuenca del río Lurín en el marco de la creación del consejo de recursos hídricos de cuenca Chillón, Rímac y Lurín*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

ANEXOS

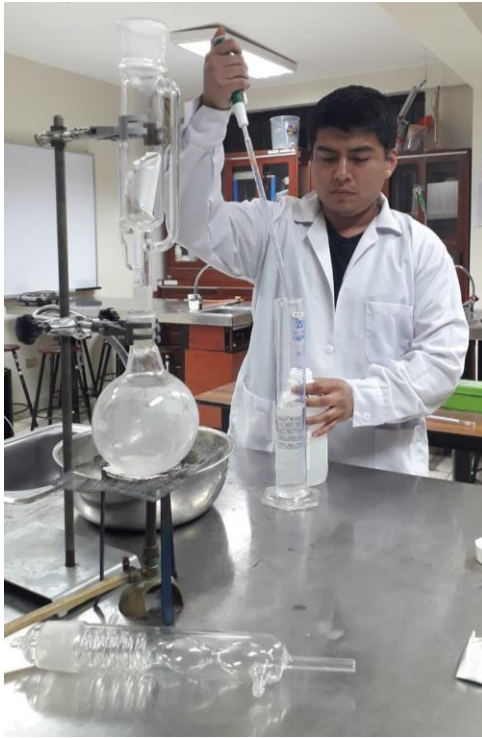
Anexo 1: Panel fotográfico



Descripción: punto de muestra del río Lurín



Descripción: rotulación y preservación



Descripción: preparación del equipo soxhlet.



Descripción: secado a estufa y molido de opuntia ficus indica para su posterior tamizado



Descripción: molienda mezclado con agua destilada en la fiola de 1L utilizando agitador magnético para una correcta homogenización de la solución



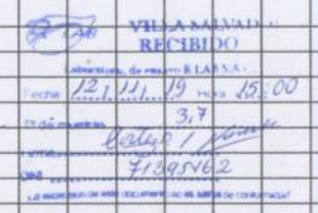


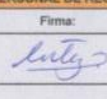
Descripción: Prueba de jarras

Anexo 2: Presupuesto del proyecto

Tabla 26
Presupuesto del proyecto

PRESUPUESTO OCTUBRE - NOVIEMBRE			
MATERIAL	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Agua destilada	10 litros	20.00	20.00
Etanol absoluto	1000ml	35.00	35.00
Tamiz N°80(0.180mm)	1	220.00	220.00
Papel tisuuue	1	3.00	3.00
Papel filtro	1	2.00	2.00
Papel aluminio	1	3.00	3.00
Guantes y mascarilla	20	0.50	5.00
botas	1	40.00	40.00
Análisis de laboratorio			
Parámetro			
turbidez	13	35.00	445.00
Total			773.00

Anexo 3: Resultados del laboratorio

R-LAB		CADENA DE CUSTODIA						F-RTM-04 Revisión: 04 Fecha: 10-01-2019 Página 1 de 1			
DATOS DEL CLIENTE Y FACTURACIÓN							N° Cadena de Custodia:	1911392A	N° Plan de Muestreo:	—	
Cliente:	Victor Josué Benites Calderón						Preservante				
Dirección del Cliente:	Km 35 Antigua Panamericana - Ladrillera - Surin										
RUC:	48007509	Teléfono(s):	994159143								
Atención a:	Victor Josué Benites Calderón	Correo:	josue.ing.1017@gmail.com								
DATOS PARA EJECUCIÓN DEL MUESTREO											
Usuario:	—	N° de Orden de Trabajo:	1911015				Tipo de frasco / envase (2)				
Muestreo realizado por:	Victor Josué Benites C.		Analista de Campo:	—				P			
Lugar de Muestreo:	Río Surin - Surin						ENSAYO (S) SOLICITADO (S)				
Procedimiento del Muestreo:	—		Ensayo:	Agua							
Contacto de Campo:	—		Teléfono(s):	—		Correo:	—				
Contacto R-LAB:	—		Teléfono(s):	—		Correo:	—				
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	CÓDIGO DEL LABORATORIO	FECHA DE MUESTREO (dd-mm-aa)	HORA DE MUESTREO (24:00)	TIPO DE MATRIZ Y/O PRODUCTO (1)	N° DE ENVASES/FRASCOS	ESTADO DE CONSERV. (3)	DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO				
M1	1911392A01	12-11-19	12:00	ANSR	01	R	Bocanetas del Río Surin	X			
OBSERVACIÓN:							CONFORMIDAD DEL SERVICIO POR EL CLIENTE (EN CAMPO)				
Devolución de Items de Ensayo: SI () NO (X) (3) TEMPERATURA: AMBIENTE (T), PRESERVADO (P), REFRIGERADO (R)							NOMBRE:	Victor Josué Benites Calderón			
(1) MATRIZ. AGUA NATURAL: Superficial Lago/Laguna (ANSLa), Río(ANSR); Subterránea: Manantial(ANSbM) / Pozo (ANSbP), Termal (ANSbT); AGUA SALINA: Mar(ASAM), Salobre(ASAO); AGUA RESIDUAL: Doméstico(ARD), Industrial (ARI), Municipal(ARM); AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO: Bebida Potable(ACHPo), Mesa(ACHM), Envasada(ACHE), Piscina(ACHP), Laguna Artificial(ACHLa), SUELO: Suelo (S), Lodo(SL), Sedimento(SSED), AIRE:H, EMISIONES EN FUENTES ESTACIONARIAS: (EM) OTROS(O); (2) ENVASE: PLÁSTICO(P); VIDRIO(V), VIDRIO ÁMBAR(VA); BOLSA ZIPLOC(BZ); SOBRE MANILA(SM), PLACA PETRI (PP), TUBOS ABSORVENTES (TA), OTROS(O)							CARGO:	Resista			
							FIRMA:				
SOLO PARA SER LLENADO POR PERSONAL DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS											
Entregado por:	Firma:	Recibido por:			Firma:		CONDICIÓN DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS				
Victor Benites Calderón		Deyly Lutz Arauco					En buen estado:	SI	X	NO	
OBSERVACIONES:							Recipiente apropiado:	SI	X	NO	
							Dentro del tiempo de conservación:	SI	X	NO	
							Correctamente preservadas:	SI		NO	
							CONFORME	X	NO CONFORME		

Descripción: resultados de muestra de agua del río antes del tratamiento

R-LAB		CADENA DE CUSTODIA						F-RTM-04 Revisión: 04 Fecha: 10-01-2019 Página 1 de 1			
DATOS DEL CLIENTE Y FACTURACIÓN							N° Cadena de Custodia:	1911520A	N° Plan de Muestreo:		
Cliente:	Victor Josue Benites Calderón						Preservante				
Dirección del Cliente:	Km 35 Antigua Abromericano - Lodrillero - Lurín										
RUC:	48007509	Teléfono(s):	994 159 143								
Atención a:	Victor Josue Benites Calderón	Correo:	Jose.ing.1017@gmail.com								
DATOS PARA EJECUCIÓN DEL MUESTREO											
Usuario:	-	N° de Orden de Trabajo:	1911015				Tipo de frasco / envase (2)				
Muestreo realizado por:	Victor Josue Benites C		Analista de Campo:	-				P			
Lugar de Muestreo:	Río Lurín - Lurín						ENSAYO (S) SOLICITADO (S)				
Procedimiento del Muestreo:	-	Ensayo:	Agua				Turbidez				
Contacto de Campo:	-	Teléfono(s):	-	Correo:	-						
Contacto R-LAB:	-	Teléfono(s):	-	Correo:	-						
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	CÓDIGO DEL LABORATORIO	FECHA DE MUESTREO (dd-mm-aa)	HORA DE MUESTREO (24:00)	TIPO DE MATRIZ Y/O PRODUCTO (1)	N° DE ENVASES/FRASCOS	ESTADO DE CONSERV. (3)	DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO				
2001-01	1911520A-09	15/11/19	14:00	ANSR	01	R	Orrillos del río Lurín	X			
4001-01	1911520A-10	15/11/19	14:00	ANSR	01	R	Orrillos del río Lurín	X			
2002-02	1911520A-11	15/11/19	14:00	ANSR	01	R	Orrillos del río Lurín	X			
4002-02	1911520A-12	15/11/19	14:00	ANSR	01	R	Orrillos del río Lurín	X			
								X			
								X			
								X			
								X			
OBSERVACIÓN:							CONFORMIDAD DEL SERVICIO POR EL CLIENTE (EN CAMPO)				
Devolución de Itens de Ensayo:		SI ()	NO (X)	(3) TEMPERATURA: AMBIENTE (T), PRESERVADO (P), REFRIGERADO (R)			NOMBRE:	Victor Josue Benites Calderón			
							CARGO:	Tecnista			
							FIRMA:				
(1) MATRIZ: AGUA NATURAL: Superficial Lago/Laguna (ANSLa), Río(ANSR); Subterránea Manantial(ANStM) / Pozo,(ANSbP), Termal (ANSbT) AGUA SALINA: Mar(ASAM), Salobre(ASAO); AGUA RESIDUAL: Doméstico(ARD), Industrial (ARI), Municipal(ARM); AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO: Bebida Potable(ACHPo), Mesa(ACHM), Envasada(ACHE), Pileta(ACHP), Laguna Artificial(ACHLa), SUELO: Suelo (S), Lodo(SL), Sedimento(SSED), AIRE-H, EMISIONES EN FUENTES ESTACIONARIAS: (EM) OTROS(O); (2) ENVASE-PLÁSTICO(P); VIDRIO(V); VIDRIO ÁMBAR(VA); BOLSA ZIPLOC(BZ); SOBRE MANILA(SM); PLACA PETRI (PP); TUBOS ABSORVENTES (TA), OTROS(O)											
SOLO PARA SER LLENADO POR PERSONAL DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS											
Entregado por:	Firma:	Recibido por:	Firma:	CONDICIÓN DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS							
Victor Josue Benites C.		Deisy Cortez Arauco		En buen estado:	SI	X	NO				
OBSERVACIONES:				Recipiente apropiado:	SI	X	NO				
				Dentro del tiempo de conservación:	SI	X	NO				
				Correctamente preservadas:	SI		NO				
				CONFORME	X		NO CONFORME				

Descripción: resultados de muestra de agua del río después del tratamiento

R-LAB		CADENA DE CUSTODIA						F-RTM-04			
								Revisión: 04			
								Fecha: 10-01-2019			
								Página 1 de 1			
DATOS DEL CLIENTE Y FACTURACIÓN								N° Cadena de Custodia:	1911520A	N° Plan de Muestreo:	
Cliente:	Victor Josue Benites Calderon							Preservante			
Dirección del Cliente:	Km 35 Antigua Panamericana - Ladrillero - Lurín										
RUC:	48007509	Teléfono(s):	994 15A 143								
Atención a:	Victor Josue Benites Calderon	Correo:	josue.ing 1017@gmail.com								
DATOS PARA EJECUCIÓN DEL MUESTREO											
Usuario:	-		N° de Orden de Trabajo:	1911015				Tipo de frasco / envase (2)			
Muestreo realizado por:	Victor Josue Benites C.		Análisis de Campo:	-				P			
Lugar de Muestreo:	Río Lurín - Lurín							ENSAYO (S) SOLICITADO (S)			
Procedimiento del Muestreo:	-		Ensayo:	Agua				Turbidez			
Contacto de Campo:	-		Teléfono(s):	-		Correo:	-				
Contacto R-LAB:	-		Teléfono(s):	-		Correo:	-				
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	CÓDIGO DEL LABORATORIO	FECHA DE MUESTREO (dd-mm-aa)	HORA DE MUESTREO (hh:mm)	TIPO DE MATRIZ Y/O PRODUCTO (1)	N° DE ENVASES/FRASCOS	ESTADO DE CONSERV. (3)	DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO				
2001-01	1911520A-01	15/11/19	10:00	ANSE	01	R	Ojillos del río Lurín	X			
4001-01	1911520A-02	15/11/19	10:00	ANSE	01	R	Ojillos del río Lurín	X			
2002-02	1911520A-03	15/11/19	10:00	ANSE	01	R	Ojillos del río Lurín	X			
4002-02	1911520A-04	15/11/19	10:00	ANSE	01	R	Ojillos del río Lurín	X			
2003-03	1911520A-05	15/11/19	12:00	ANSE	01	R	Ojillos del río Lurín	X			
4003-03	1911520A-06	15/11/19	12:00	ANSE	01	R	Ojillos del río Lurín	X			
2002-02	1911520A-07	15/11/19	12:00	ANSE	01	R	Ojillos del río Lurín	X			
4002-02	1911520A-08	15/11/19	12:00	ANSE	01	R	Ojillos del río Lurín	X			
OBSERVACIÓN: -								CONFORMIDAD DEL SERVICIO POR EL CLIENTE (EN CAMPO)			
Devolución de Items de Ensayo:								NOMBRE:	Victor Josue Benites Calderon		
SI () NO (X) (3) TEMPERATURA: AMBIENTE (T), PRESERVADO (P), REFRIGERADO (R)								CARGO:	Tecnicista		
(1) MATRIZ: AGUA NATURAL: Superficial Lago/Laguna (ANSLa), Río(ANSR); Subterránea Manantial(ANSbM) / Pozo.(ANSbP), Termal (ANSbT) AGUA SALINA: Mar(ASAM), Salobre(ASAO); AGUA RESIDUAL: Doméstico(ARD), Industrial (ARI), Municipal(ARM); AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO: Bebida Potable(ACHPo), Mesa(ACHM), Envasada(ACHE), Piscina(ACHP), Laguna Artificial(ACHLa), SUELO: Suelo (S), Lodo(SL), Sedimento(SSED), AIRE:H, EMISIONES EN FUENTES ESTACIONARIAS: (EM) OTROS(O):								FIRMA:			
(2) ENVASE: PLÁSTICO(P); VIDRIO(V); VIDRIO ÁMBAR(VA); BOLSA ZIPLOC(BZ); SOBRE MANILA(SM); PLACA PETRI (PP), TUBOS ABSORVENTES (TA), OTROS(O)											
SOLO PARA SER LLENADO POR PERSONAL DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS											
Entregado por:	Firma:		Recibe por:	Firma:		CONDICIÓN DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS					
Victor Josue Benites			Deisy Cortez Araya			En buen estado:	SI	X	NO		
OBSERVACIONES:						Recipiente apropiado:	SI	X	NO		
-						Dentro del tiempo de conservación:	SI	X	NO		
						Correctamente preservadas:	SI		NO		
						CONFORME	X	NO CONFORME			

Descripción: resultados de muestra de agua del río después del tratamiento

INFORME DE ENSAYO N° 1911520A

Código de Laboratorio				1911520A-01	1911520A-02	1911520A-03	1911520A-04
Identificación de la Muestra				2001-01	4001-01	2002-02	4002-02
⁽¹⁾ Descripción del Punto de Muestreo				Orillas del Río Lurín	Orillas del Río Lurín	Orillas del Río Lurín	Orillas del Río Lurín
⁽¹⁾ Fecha y hora de muestreo				15-11-2019 (10:00)	15-11-2019 (10:00)	15-11-2019 (10:00)	15-11-2019 (10:00)
⁽¹⁾ Ubicación Geográfica (WGS-84)				N: - E: -	N: - E: -	N: - E: -	N: - E: -
Tipo de Matriz y/o Producto				AGUA NATURAL SUPERFICIAL-RÍO			
Tipo de Ensayo	Unidad	L.C.M.	L.D.M	Resultados			
Turbidez	NTU	1,5	0,5	30,0	25,0	130,0	120,0
	NTU	Incertidumbre de la Medición ±		3,7	3,1	16,2	14,7

Código de Laboratorio				1911520A-05	1911520A-06	1911520A-07	1911520A-08
Identificación de la Muestra				2001-01	4001-01	2002-02	4002-02
⁽¹⁾ Descripción del Punto de Muestreo				Orillas del Río Lurín	Orillas del Río Lurín	Orillas del Río Lurín	Orillas del Río Lurín
⁽¹⁾ Fecha y hora de muestreo				15-11-2019 (12:00)	15-11-2019 (12:00)	15-11-2019 (12:00)	15-11-2019 (12:00)
⁽¹⁾ Ubicación Geográfica (WGS-84)				N: - E: -	N: - E: -	N: - E: -	N: - E: -
Tipo de Matriz y/o Producto				AGUA NATURAL SUPERFICIAL-RÍO			
Tipo de Ensayo	Unidad	L.C.M.	L.D.M	Resultados			
Turbidez	NTU	1,5	0,5	24,0	20,0	180,0	170,0
	NTU	Incertidumbre de la Medición ±		2,9	2,4	22,2	20,8

Notas:

- ✓ Condición y estado de la Muestra (s) Ensayada (s): Las muestras llegaron refrigeradas y preservadas al laboratorio.
- ✓ La (s) muestra(s) llegaron en frasco de polietileno y vidrio ámbar.
- ✓ La (s) muestra (s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendario luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.
- ✓ Los resultados de ensayos se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido suministradas por el cliente.
- ✓ L.C.M: Límite de cuantificación del método; L.D.M: Límite de detección del método.
- ✓ El informe de control de calidad será proporcionado a solicitud del cliente.
- ✓ N/A: No Aplica, por ser resultados menor al límite de detección del método de ensayo.
- ✓ ⁽¹⁾ Datos proporcionados por el cliente.

F-IE-02
Revisión: 06
Fecha: 02-09-2019

Descripción: Informe de ensayo de resultados

INFORME DE ENSAYO N° 1911520A

	Código de Laboratorio			1911520A-09	1911520A-10	1911520A-11	1911520A-12
	Identificación de la Muestra			2001-01	4001-01	2002-02	4002-02
	⁽¹⁾ Descripción del Punto de Muestreo			Orillas del Río Lurín	Orillas del Río Lurín	Orillas del Río Lurín	Orillas del Río Lurín
	⁽²⁾ Fecha y hora de muestreo			15-11-2019 (14:00)	15-11-2019 (14:00)	15-11-2019 (14:00)	15-11-2019 (14:00)
	⁽³⁾ Ubicación Geográfica (WGS-84)			N: - E: -	N: - E: -	N: - E: -	N: - E: -
	Tipo de Matriz y/o Producto			AGUA NATURAL SUPERFICIAL-RÍO			
Tipo de Ensayo	Unidad	L.C.M.	L.D.M	Resultados			
Turbidez	NTU	1,5	0,5	25,0	17,0	160,0	110,0
	NTU	Incertidumbre de la Medición ±		3,1	2,1	19,6	13,6

Notas:

- ✓ Condición y estado de la Muestra (s) Ensayada (s): Las muestras llegaron refrigeradas y preservadas al laboratorio.
- ✓ La (s) muestra(s) llegaron en frasco de polietileno y vidrio ámbar.
- ✓ La (s) muestra (s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendarios luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.
- ✓ Los resultados de ensayos se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido suministradas por el cliente.
- ✓ L.C.M: Límite de cuantificación del método; L.D.M: Límite de detección del método.
- ✓ El Informe de control de calidad será proporcionado a solicitud del cliente.
- ✓ N/A: No Aplica, por ser resultados menor al límite de detección del método de ensayo.
- ✓ ⁽¹⁾ Datos proporcionados por el cliente.

F-IE-02
Revisión: 06
Fecha: 02-09-2019

Tipo Ensayo	Norma de Referencia		Año de versión o Edición
	Código	Título	
Turbidez	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23rd Ed.	Turbidity. Nephelometric Method	2017

Fin de documento

Descripción: Informe de ensayo de resultados

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂ ⁻) (d)	mg/L	3	3	**
Amoniaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**

Descripción: Estándares de Calidad de Agua 004-2017-MINAM, Categoría 1.

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
FÍSICOS- QUÍMICOS			
Aceites y Grasas	mg/L	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	**
Color	Color verdadero Escala Pt/Co	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	30	50
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	Ausencia de espuma persistente
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitratos (NO ₃ ⁻ -N)	mg/L	10	**
Nitritos (NO ₂ ⁻ -N)	mg/L	1	**
Olor	Factor de dilución a 25° C	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,0 a 9,0	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**
Turbiedad	UNT	100	**

Descripción: Estándares de Calidad de Agua 004-2017-MINAM.

6.3. Tipos de muestras de agua

Las muestras de agua pueden clasificarse en los siguientes tipos:

a. Muestra simple o puntual

A este tipo de muestra también se le denomina discreta. Consiste en la toma de una porción de agua en un punto o lugar determinado para su análisis individual. Representan las condiciones y características de la composición original del cuerpo de agua para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en el instante en el que se realizó su recolección.

Cuando la composición de una fuente es relativamente constante a través de un tiempo prolongado o a lo largo de áreas sustanciales, puede decirse que la muestra simple es representativa de un intervalo de tiempo o un volumen más extenso. En tales circunstancias, las características de un cuerpo de agua pueden estar adecuadamente representadas por muestras simples, como en el caso de aguas de suministro, aguas subterráneas, algunos casos de aguas superficiales y de manera extraordinaria en algunas corrientes de aguas residuales.