



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
Escuela de Posgrado

**Implementación de medidas ambientales en efluentes de una pesquera
para mejorar la calidad del agua en la bahía Carquín - 2025**

Tesis

Para optar el Grado Académico de Maestra en Ecología y Gestión Ambiental

Autora

Irma Flores Bartolome

Asesora

Dra. Elvira Teofila Castañeda Chirre

UNIV. NAS. JOSÉ F. SÁNCHEZ CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALÚRGICA

Dra. Elvira Teofila Castañeda Chirre
DNU 516
CIP 91363

Huacho – Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

Escuela de Posgrado

INFORMACIÓN

DATOS DEL AUTOR (ES):		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Irma Flores Bartolome	15758580	18 /06 /2026
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Dra. Elvira Teófila Castañeda Chirre	15744138	https://orcid.org/0000-0002-1953-8869
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CODIGO ORCID
Dra. Fanny del Pilar Lomparte Ramos	15845882	https://orcid.org/0000-0003-4221-5627
Dra. Yasmín Jesús Vélez Chang	41943603	https://orcid.org/0000-0003-0333-8173
M(a). Mónica Rosario Caipo Torero	15726838	https://orcid.org/0000-0001-5039-9791

IRMA FLORES BARTOLOME 2026-032597

IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS AMBIENTALES EN EFLUENTES DE UNA PESQUERA PARA MEJORAR LA CALIDAD ...



DGI-POSGRADO 2026



Dirección de Gestión de la Investigación-VRI 2026



DIRECCION DE GESTION DE LA INVESTIGACION

Detalles del documento

Identificador de la entrega:

trn:oid::1:3553780849

Fecha de entrega:

28 abr 2026, 12:37 p.m. GMT-5

Fecha de descarga:

28 abr 2026, 1:28 p.m. GMT-5

Nombre del archivo:

TESIS_IRMA_FLORES_27ABR2026.pdf

Tamaño del archivo:

845.2 KB

84 páginas

20.971 palabras

126.183 caracteres



Página 2 de 95 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega: trn:oid::1:3553780849

20% Similitud general

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

Exclusiones

- ▶ N.º de fuente excluida
- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 18%  Fuentes de Internet
- 11%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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

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

Dedicatoria

A mi hija Fernanda porque es la luz de mis ojos, quien me guía y ayuda en todo; solo espero que se sienta orgullosa de su madre que, a pesar del tiempo siempre luchó por alcanzar sus metas.

Irma Flores Bartolome

Agradecimiento

A mi hermosa familia, mi amado compañero Henry, a mis maravillosos hijos Shantdel, Fernanda, Valentin, Marcia, Mathias. Julieta y Julian que por ellos sentí el compromiso de seguir adelante, no lo hubiera logrado sin su empuje y el ímpetu de verme crecer como profesional. Solo ellos saben cómo disfrute cada logro porque no eran solo los míos sino de toda la familia, siempre estuvieron conmigo en lo bueno y lo malo, me hicieron comprender que cada caída nos hacía más fuertes, y que sin esas experiencias no tendríamos el bello trayecto de la vida.

Irma Flores Bartolome

Índice

Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de tablas	ix
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
Introducción	xii
Capítulo I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1 Descripción del problema	13
1.2 Formulación del problema	16
1.2.1 Problema general	16
1.2.2 Problemas específicos.....	16
1.3 Objetivos de la investigación	17
1.3.1 Objetivo general	17
1.3.2 Objetivos específicos	17
1.4 Justificación de la investigación	18
1.5 Delimitaciones del estudio	19
1.6 Viabilidad del estudio	20
Capítulo II. MARCO TEÓRICO	21
2.1 Antecedentes de la investigación	21
2.2 Bases teóricas	27
2.3 Bases filosóficas.....	37
2.5 Hipótesis de investigación	39
2.5.1 Hipótesis general	39
2.5.1 Hipótesis específicas.....	39
2.6 Operacionalización de las variables	40
Capítulo III. METODOLOGÍA	41
3.1 Diseño metodológico	41
3.2 Población y muestra	42
3.3 Técnicas de recolección de datos	42
3.4 Técnicas para el procesamiento de la información	49
Capítulo IV. RESULTADOS	50
4.1 Análisis de la calidad del agua al inicio	50

4.2 Implementación de medidas ambientales	55
4.3 Resultados luego de la implementación (O2)	58
4.4 Índice de riesgo ambiental (IRA).....	60
4.5 Contratación de Hipótesis.....	63
Capítulo V. DISCUSIÓN	68
Capítulo VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
6.1 Conclusiones	70
6.2 Recomendaciones.....	71
Capítulo V. REFERENCIAS	73
7.1 Fuentes bibliográficas	73
7.2 Fuentes documentales	73
7.3 Fuentes hemerográficas.....	75
7.4 Fuentes electrónicas	77
ANEXOS.....	79

Índice de tablas

Tabla 1. Límites máximos permisibles para efluentes de la industria pesquera.....	27
Tabla 2. Matriz de operacionalización de variables	40
Tabla 3. Parámetro a monitorear en efluentes de una industria pesquera	44
Tabla 4. Rangos de desempeño ambiental	46
Tabla 5. Escala de probabilidad.....	47
Tabla 6. Escala de magnitud.....	47
Tabla 7. Escala de extensión	47
Tabla 8. Escala de duración.....	47
Tabla 9. Grado de significancia.....	48
Tabla 10. Resultado del análisis inicial del efluente antes de implementación.....	51
Tabla 11. Resultados iniciales en la Bahía (O1).....	53
Tabla 12. Medidas aplicadas	57
Tabla 13. Cronograma de ejecución (60 días).....	57
Tabla 14. Indicadores implementados	58
Tabla 15. Comparación O1 – O2.....	59
Tabla 16. Comparación en Bahía	60
Tabla 17. Rango y niveles según IRA	61
Tabla 18. Matriz de Evaluación IRA antes de la implementación	61
Tabla 19. Matriz de Evaluación IRA después de la implementación.....	61
Tabla 20. Prueba t de Student – Agua de la Bahía	63
Tabla 21. ANOVA Global.....	64
Tabla 22. Análisis IRA – Bahía.....	64
Tabla 23. t de Student – Efluente	65
Tabla 24. Resultados – Efluente.....	65
Tabla 25. ANOVA – Efluente	65
Tabla 26. IRA Comparativo	66

Resumen

La presente investigación planteó como objetivo determinar de qué manera la implementación de medidas ambientales en los efluentes de una pesquera contribuye a la mejora de la calidad del agua en la bahía Carquín en el año 2025. Para alcanzar este propósito, se llevó a cabo un estudio de enfoque cuantitativo, diseño experimental, tipo aplicado y de nivel explicativo; la población se conformó por puntos de descarga de efluentes de una pesquera y se tomó como muestra intencional dos puntos estratégicos de monitoreo el punto de descarga final del efluente tratado de la planta pesquera, y un punto de control ambiental en la Bahía Carquín, fuera de la zona de influencia directa de la descarga. Según resultado antes de la implementación, valores de DBO5, SST, aceites y grasa (95 mg/L, 820 mg/L y 410 mg/L) superaban al Límite Máximo Permisible según normativa. Posteriormente, se registró una reducción significativa de DBO5, SSP, aceites y grasa (48 mg/L, 520 mg/L y 210 mg/L), cumpliendo la normativa vigente. En aguas de la bahía Carquín, se observó disminución de DBO5 (5.8mg/L a 3.9mg/L), nitrógeno (2.4mg/L a 1.6mg/L). El análisis estadístico confirmó diferencias significativas ($p < 0.05$) entre valores antes y después de la implementación, el Índice de Riesgo Ambiental disminuyó de nivel Alto a Moderado. Se concluye que implementar en la Bahía Carquín, medidas ambientales en procesos de tratamiento de efluente influye significativamente en la reducción de carga contaminante y mejora de calidad en aguas, demostrando que optimizar controles operacionales y aplicar herramientas de gestión ambiental constituyen estrategias eficaces que mitigan el impacto de la actividad pesquera en ecosistemas marinos.

Palabras clave: Efluentes, medidas ambientales, pesquera, calidad del agua, bahía.

Abstract

This research aimed to determine how the implementation of environmental measures in the effluents of a fish processing plant contributes to improving water quality in Carquín Bay by 2025. To achieve this objective, an applied, explanatory, quantitative, and experimental study was conducted. The population consisted of effluent discharge points from a fish processing plant, and two strategic monitoring points were selected as a purposive sample: the final discharge point of the treated effluent from the fish processing plant, and an environmental control point in Carquín Bay, outside the direct area of influence of the discharge. According to the results prior to implementation, BOD₅, TSS, and oil and grease levels (95 mg/L, 820 mg/L, and 410 mg/L, respectively) exceeded the Maximum Permissible Limits according to national regulations. Subsequently, a significant reduction in BOD₅, SSP, and oils and greases (48 mg/L, 520 mg/L, and 210 mg/L, respectively) was recorded, complying with current regulations. In the waters of Carquín Bay, a decrease in BOD₅ (from 5.8 mg/L to 3.9 mg/L) and nitrogen (from 2.4 mg/L to 1.6 mg/L) was observed. Statistical analysis confirmed significant differences ($p < 0.05$) between values before and after implementation, and the Environmental Risk Index decreased from High to Moderate. It is concluded that the implementation of environmental measures in effluent treatment processes significantly influences the reduction of pollutant load and improves the water quality of Carquín Bay, demonstrating that the optimization of operational controls and the application of environmental management tools constitute effective strategies for mitigating the impact of fishing activity on marine ecosystems.

Keywords: Effluents, environmental measures, fishing, water quality, bay.

Introducción

En últimas décadas, se ha producido un desarrollo rápido en el área industrial y específicamente en organizaciones pesqueras, por otro lado, la constante evolución está conllevando a que se incremente los diversos problemas sobre todo de índole ambiental, además la población está mostrando un deterioro acelerado en su calidad de vida.

Efectivamente, Sáenz (2023) señala que industrialmente, cada vez se hace más habitual usar algún compuesto químico, que usualmente suelen verter al mar sus desechos, siendo peligroso, porque hay una acumulación alta en tejidos tanto de animales como de plantas marinas, estos contaminantes están presentes en efluentes resultado de los procesos, como pasa con la anchoveta a partir de la cual se produce aceite y harina, la cual tiene al inicio composición diferente al agua de mar, entonces al verter ésta de forma directa provoca alteración, por la temperatura del efluente, porque mayor parte de organismos necesitan determinadas temperaturas viéndose de ésta forma afectado su patrón de reproducción y comportamiento.

En este contexto, en Perú no solo principales ciudades y zonas productivas presentan problemas de contaminación ambiental también se encuentran las Bahías que generalmente, siendo naturales unidades geomorfológicas, alojan diversidades de recurso hidrobiológico, los mismos que están amenazados por ciertos agentes polucionantes que se evacuan desde la superficie como resultado de la actividad realizada por la humanidad. Así, se tiene que en bahía Carquín, situada en la provincia Huaura, es vista con preocupación por autoridades en sus diversos niveles, debido al efecto de problemas de contaminación marina que generan las actividades productivas, en especial actividades industriales pesqueras, y esto debido a que existen industrias procesadoras de recurso hidrobiológico, con actividad creciente en últimos años (Ricra, 2022).

Para el desarrollo de la investigación se estructuró la tesis en capítulos siendo el primero el que contienen el problema, además las interrogantes del problema y objetivos. El Marco teórico está inmerso en el capítulo II, se revisa conceptos y teorías entre otras conceptualizaciones. Capítulo III, metodología del estudio y respectivo desarrollo. Capítulo IV muestra el resultado. La Discusión se incluye dentro del Capítulo V. Capítulo VI, considera conclusión y recomendación. Finalizando con referencias y anexo.

Capítulo I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

Los campos marinos a nivel mundial, sirven como criaderos y zonas de alimentación para varias pesqueras comerciales, y es allí donde se incluye a más de la quinta parte de las 25 pesqueras más grandes del mundo, las mismas que están disminuyendo debido a los nutrientes y sedimentos de la contaminación terrestre, incluidas las aguas residuales (Unsworth et al., 2019). Casi un tercio de las áreas marinas se han perdido desde finales del siglo XIX, y las tasas de pérdida siguen acelerándose. Si bien siguen surgiendo investigaciones que aclaran los impactos de la contaminación por aguas residuales en las pesqueras cercanas a la costa y sus hábitats, el alcance de la contaminación ya se considera que es sustancial (Wear et al., 2021).

Se tiene por ejemplo que, en Hawái occidental, se descubrió que la biomasa de peces en importantes arrecifes de coral había disminuido en un 45% durante 10 años, esto principalmente a causa del aumento de la contaminación por aguas residuales. Se estima que esta comunidad aporta alrededor de 600.000 galones de aguas residuales sin tratar al medio ambiente diariamente. Después de casi una década de investigación y colaboración, el gobierno hawaiano ha acordado un plan de tratamiento de aguas residuales que, cuando se implemente, reducirá sustancialmente las aguas residuales que ingresan al medio ambiente (Reef Resilience Network, 2021)

Otra industria importante de esta área es la procesadora de especies marinas, la misma que se ha expandido a nivel mundial, y esto gracias a que se incrementara por cultivos de organismo acuático. Siendo uno de los objetivos de este tipo de industrias el producir harina de pescado el cual sirve como agregado en la producción de alimentos para la acuicultura. No obstante, como todo proceso industrial, se siguen etapas lo que genera volúmenes grandes de efluente (un aproximado entre 20 a 40 m³/h si se habla de plantas con capacidades de 100 toneladas de pescado por hora). Es así que luego de la cocción de materia prima es sometida a la fase del prensado generándose líquidos, luego pasando la centrifugación produciéndose emulsión de aceite en agua la cual se acompaña de proteína y diversos compuestos orgánicos, que se denomina agua de cola (AC). La AC podría tener hasta 10% de proteínas. Es por esta razón que, existe determinadas normas reglamentarias

que impulsan la implementación de adecuados sistemas en cuanto a tratamiento y manejo de productos que son desechos, para así aminorar deterioros del ambiente en aguas de áreas costeras (Hadizadeh et al., 2020).

Si bien es cierto, se estima que más del 70% de la superficie terrestre está cubierta de agua, se calcula igualmente que menos del 5% de océanos están protegidos, y los que no lo están no cuentan con medidas efectivas que garanticen esa protección. Por otro lado, se recalca que en aguas internacionales el control es menor en este aspecto (National Geographic España, 2023).

En el aspecto global, se viene originando por causa del apogeo que tiene la industria, así como la alta densidad poblacional, una diversidad de impacto que son altamente dañinos para el agua marina costera, esto genera que países desarrollados como Europa y Estados Unidos y muchos otros pongan atención a esta problemática. Pero, si bien se considera que es de importancia que haya desarrollo industrial para una mejora económica del país, esto también va a conducir que se envilezca al medio ambiente por causa de contaminantes y por debilitarse los recursos naturales, además factores diversos como contaminantes generales de aguas en áreas debido al efluente industrial que se desecha significativamente, los cuales son calificados como los de alto peligro en aguas residuales (Molina-Castro et al., 2021)

En México, se presenta el caso de efluentes, los que generalmente se descargan en el mar sin previo tratamiento o valor agregado, a pesar que a veces el contenido de dichos efluentes es sólido y que dependen la composición según especies utilizada y tipo de proceso por los que pasaron para su transformación, resulta ser común que requiera de una alta demanda de oxígeno. En este aspecto, el que más se procesa y es de alto consumo es la conserva enlatada, la cual durante etapas diversas de proceso se pasa a generar cantidades altas de efluente de gran contenido de compuestos orgánicos, se tiene como ejemplo, en etapa correspondiente a cocción, se tiene agua residual con 65% de compuesto orgánico, reportándose que un 80% aproximadamente es proteína, además de compuesto aromático, y ácido graso los cuales se desechan y son contaminantes potenciales (Saidi et al., 2018).

Por otro lado, en el Pacífico Sur, se tiene antecedente de bahías costeras con deterioro ambiental que se generaron porque las industrias descargaron efluente, y esto fue porque se incrementó excesivamente la producción, eficiencia y capacidad pesquera, esto conllevó a un nivel de captura que superaba capacidades regenerativas de aquellas especies entre ellas anchoveta (*Engraulis ringens*), se produjo entonces un impacto negativo además

ecosistemas marinos que colapsaron y demás está decir que los habitantes de esa zona muchas veces va a depender de estas especies (Zambrano, 2020).

Este impacto negativo alguna vez ya se presentó también en Bahía San Vicente en Chile porque se tenía cargas contaminantes que vertían las industrias procesadoras del pescado además de otras, quienes arrojaban sus desechos al mar sin que estos tengan un tratamiento adecuado, pasando a generar alteración ambiental grave, lo cual se ve ecológicamente, así como en la química y estética ambiental (Pedreros & Figueroa, 2021).

Además de efluentes, se tiene residuo sólido que ingresa al ambiente marino-costero asociados a la llamada basura marina, que define la Comisión Permanente del Pacífico Sur, como todo material sólido persistente, manufacturado o elaborado, desechado al medio marino y costero, constituyéndose en una problemática a nivel local, regional y nacional. Esta basura marina origina una serie de impactos negativos sobre las aguas, diferentes ambientes marino-costeros y sobre asentamientos humanos ubicados en el litoral (Molina et al., 2021).

Si bien es cierto, en el Pacífico Sur específicamente en costas, hay áreas gran importancia biológicamente productivas y por ende se tiene variadas especies hidrobiológicas, se tiene en Perú, por sus condiciones especiales que se tiene en el sistema corriente y en particular porque el océano es dinámico y existe celdas de afloramiento costero. Es por eso que, en el litoral, se ve muy afectado por el crecimiento poblacional y diversas industrias hay muchas zonas de gran importancia, como aquellas zonas cerradas que se ven afectadas por la diversa actividad antropogénica. Asimismo, la industria extractiva es el principal contribuyente en el daño del ecosistema y del medio ambiente marino, y esto debido a que no se cumple de forma adecuada los lineamientos que dictan la legislación ambiental (Zambrano, 2020).

Es entonces que Perú, no escapa a la referido anteriormente, y esto se observó según refiere Bocanegra et al. (2020) desde la década de los años 70, a partir de los cuales hay contaminación incesante del agua costera, que son impactos que más provocan la contaminación, actividades pesqueras como la producción de harina de pescado, anchoveta, así como enlatados; son quienes generan impacto ambiental y de alguna forma atentan contra la salud, en ciudades, esto se ve mayormente en Chimbote, Callao y Trujillo

Si se quiere tener el nivel de impacto que la industria pesquera produce en el ambiente y en este caso en el mar en la zona de bahía de Paita – Perú, es útil que se mida parámetros

como por ejemplo el sedimento marino, caracterizados por tener concentración total de materia orgánica (MO) que oscilan entre 8,6 % y 13,32 %, que resultan ser más altas en la zona norte, al frente de punta Colán. En esta zona se caracteriza el sedimento porque tiene un olor a sulfuro y es de color gris oscuro, además hay resto óseo y escama. La característica frente a la bahía, del sedimento superficial se muestra compacto, tipo fangoso, y conforme se aleja de la bahía es menos compacto, coloración verde grisácea no tiene olor. DEAM en una investigación que realizó hace un reporte de concentración de materia orgánica frente a la zona industrial con valores entre 13,4% y 18,7% (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, [OEFA], 2023).

Huerta (2023) describe que en bahía Carquín se influencia de forma permanente por vertimientos de residuo antropogénico (agua servida, sanguazas, residuo industrial, entre otros) y de fuente natural como la desembocadura del río Huaura, por tanto, resulta de gran importancia continuar implementando una mejora en la metodología de monitoreo de la calidad acuática, que ahora está basada en el muestreo puntual (se ubica las estaciones según la presencia de chatas, efluentes u otros no es al azar). Es importante que se resalte que el río Huaura, nace en la vertiente occidental de la cordillera de los andes, a más de 5,000 msnm y desemboca en esta caleta, acarreando diversos impactos, desde la cuenca alta (posiblemente metales pesados), hasta la cuenca baja, donde agroquímicos, fábricas y camales impactan desproporcionalmente.

Por tanto, según los alcances referidos, el desarrollo de esta investigación aporta información significativa, por lo cual se buscará respuestas a las siguientes interrogantes.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿De qué manera la implementación de medidas ambientales en los efluentes de una pesquera contribuye a la mejora la calidad del agua en la bahía Carquín en el año 2025?

1.2.2 Problemas específicos

¿De qué manera la implementación de medidas ambientales en los procesos y subprocesos de tratamiento de efluentes de una pesquera influye en la reducción de la contaminación del agua en la bahía Carquín?

¿Cómo contribuye el diagnóstico de los principales aspectos ambientales generados por las actividades de una pesquera a reducir su impacto negativo en la calidad del agua en la bahía Carquín?

¿En qué medida un diagnóstico preliminar de la implementación de medidas ambientales permite determinar los impactos negativos potenciales de los efluentes y su influencia en la calidad del agua en la bahía Carquín?

¿Cuál es la importancia de identificar los requerimientos necesarios para determinar los aspectos ambientales de riesgo asociados al vertimiento de efluentes de una pesquera en Carquín?

¿Cómo se gestiona actualmente los controles operacionales sobre los efluentes vertidos por la pesquera y cuál es su eficacia frente a la contaminación del agua en la bahía Carquín?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Determinar de qué manera la implementación de medidas ambientales en los efluentes de una pesquera contribuye a la mejora de la calidad del agua en la bahía Carquín en el año 2025.

1.3.2 Objetivos específicos

Analizar cómo la implementación de medidas ambientales en los procesos y subprocesos de tratamiento de efluentes de una pesquera influye en la reducción de la contaminación del agua en la bahía Carquín.

Evaluar cómo el diagnóstico de los principales aspectos ambientales generados por las actividades de una pesquera contribuye a reducir su impacto negativo en la calidad del agua en la bahía Carquín.

Determinar en qué medida un diagnóstico preliminar sobre la implementación de medidas ambientales permite identificar los impactos negativos potenciales de los efluentes y su influencia en la calidad del agua en la bahía Carquín.

Identificar los requerimientos necesarios para determinar los aspectos ambientales de riesgo asociados al vertimiento de efluentes de una pesquera en la bahía Carquín.

Examinar cómo se gestionan actualmente los controles operacionales sobre los efluentes vertidos por la pesquera y evaluar su eficacia frente a la contaminación del agua en la bahía Carquín.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación teórica

Esta investigación se sustenta en lo necesario que es fortalecer conocimientos sobre la relación entre las actividades industriales pesqueras y su impacto ambiental, particularmente en cuerpos de agua costeras como la bahía Carquín. Desde un enfoque teórico, se busca aportar en cuanto a gestión ambiental industrial mediante el análisis y aplicación de medidas orientadas a mitigar la contaminación hídrica. Asimismo, se apoya en marcos conceptuales como el manejo integrado de zonas costeras, sistemas de gestión ambiental (SGA) y el ciclo de mejora continua (PHVA), contribuyendo así en el desarrollo teórico de estrategias sostenibles en la industria pesquera. Estos conceptos integrados permitirán enriquecer aspectos teóricos existentes sobre prevención de contaminación y protección del ecosistema marino.

1.4.2 Justificación metodológica

En cuanto al contexto metodológico, esta investigación se justifica por su enfoque en la evaluación de medidas ambientales aplicadas a efluentes industriales, permite analizar no solo datos numéricos que se relacionan con los niveles de contaminación y parámetros de calidad del agua, además de la práctica y cumplimiento de normativas ambientales por parte del personal de la pesquera. Por otro lado, a través del uso de instrumentos técnicos se busca identificar brechas, debilidades y oportunidades de mejora en los procesos de control de efluentes. Este enfoque metodológico permite establecer relaciones causa-efecto entre las prácticas ambientales y calidad del agua en bahía Carquín, lo cual genera evidencia científica aplicable para futuras investigaciones o planes de gestión ambiental en contextos industriales similares.

1.4.3 Justificación Práctica

La investigación ofrece un aporte concreto a las empresas pesqueras de la zona de Carquín, proporcionando herramientas y estrategias que pueden implementarse para mejorar sus procesos de tratamiento de efluentes. Además, permite identificar fallas operativas y ambientales, y proponer soluciones adaptadas a la realidad local, lo que contribuye directamente a la reducción de cargas contaminantes vertidas al mar. De otro lado, según resultado obtenido podrán ser utilizados ya que es una guía que ayuda a optimizar sus prácticas ambientales, promoviendo de esa forma una producción más limpia y responsable.

1.4.4 Justificación social

Referirnos a este tema que afecta directamente a comunidades costeras, muchas de las cuales dependen de la pesca artesanal y del turismo para su sustento, entonces estamos ante una investigación significativa, ya que representa un apoyo en el manejo ambiental de la pesquera, se busca proteger la salud pública, preservar los recursos marinos y garantizar la sostenibilidad de las actividades económicas locales. La implementación efectiva de medidas ambientales no solo beneficiará al ecosistema, también la calidad de vida de los habitantes de la zona, promoviendo una mayor conciencia ambiental y responsabilidad social por parte de empresarios.

1.5 Delimitaciones del estudio

1.5.1 Delimitación del contenido

El estudio enfocado a la implementación de medidas ambientales relacionadas con el tratamiento de efluentes generados por una empresa pesquera. Se abordaron exclusivamente aspectos vinculados a los procesos industriales de tratamiento y vertimiento de efluentes líquidos, excluyéndose otros tipos de residuos como los sólidos o emisiones. Por otro lado, se realizó un análisis de aquellos principales aspectos ambientales como el impacto derivado de dichos efluentes sobre calidad de agua en bahía Carquín, así como eficacia de las medidas de mitigación actualmente aplicadas. Asimismo, se incluyeron diagnósticos preliminares, análisis de aspectos e impactos ambientales, controles operacionales existentes, cumplimiento normativo ambiental y propuestas de mejora en la gestión de efluentes.

1.5.2 Delimitación espacial

Se desarrolló este estudio en bahía Carquín, ubicada en provincia de Huaura, región Lima, Perú, específicamente en la zona de influencia directa de una planta pesquera que opera en las cercanías de dicha bahía. La delimitación espacial comprende tanto el área interna de la planta donde se generan y tratan los efluentes, como el entorno marino costero donde estos son finalmente vertidos. El análisis ambiental se centrará en esta unidad espacial, sin extenderse a otras zonas pesqueras del litoral peruano. La selección de esta área responde a la necesidad de evaluar el impacto ambiental local de una actividad industrial específica sobre un ecosistema costero de importancia ecológica y socioeconómica.

1.6 Viabilidad del estudio

La viabilidad se sustenta porque se tiene las condiciones tecnológicas, financieras y operativas necesarias para su desarrollo dentro del marco previsto. A continuación, se detallan los aspectos que garantizan dicha viabilidad.

1.6.1. Por la disponibilidad de la tecnología

El estudio cuenta con acceso a herramientas tecnológicas adecuadas para analizar efluentes y calidad de agua, como equipos de laboratorio, software de gestión ambiental, y sistemas de información para manejo de datos. Igualmente, se dispone de metodologías normalizadas y protocolos técnicos que permitirán realizar diagnósticos confiables y técnicamente válidos, garantizando que los procedimientos de evaluación se realicen con el nivel de precisión requerido.

1.6.2. Por la disponibilidad financiera

Se tiene el respaldo económico para cubrir gastos asociados a la recolección de información, recursos que pueden ser autofinanciados por la tesista. El presupuesto estimado se ajusta a un marco de investigación académica, sin requerir inversiones de alta complejidad.

1.6.3. Por la disponibilidad operativa

Desde el punto de vista operativo, se dispone del acceso a la planta pesquera objeto de estudio y a zonas costeras de la bahía Carquín. Por otro lado, se cuenta con el tiempo, logística y permisos para realizar entrevistas, recolección de muestras y aplicación de instrumentos de investigación. Además, hay disponibilidad de datos e información necesaria para el desarrollo del diagnóstico correspondiente.

Capítulo II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Investigaciones internacionales

Basabe et al. (2025) analizan los procedimientos regulatorios que sigue la industria en Ensenada, Baja California. Mediante una metodología mixta, revisan datos hemerográficos y estadísticos, realizan entrevistas semiestructuradas con actores clave y un monitoreo preliminar del agua en la bahía de dicha localidad. Los hallazgos demuestran una interrelación entre la gestión del agua residual industrial y doméstica, donde las industrias priorizan los trámites administrativos para obtener los permisos de descarga, sin cumplir con la calidad reglamentaria del agua descargada. Esto revela que la autorregulación y el convenio son herramientas insuficientes para enfrentar la contaminación costera, lo que limita la obtención de beneficios recreativos y económicos para el área de estudio. A través de este problema se permite aseverar que los instrumentos económicos y la normatividad existente no es suficiente para conservar los recursos hídricos, mostrando los impactos que están teniendo las limitaciones en el saneamiento, ya sea de aguas residuales domésticas o industriales, o de manera conjunta. No es suficiente contar con legislaciones precisas de requerimientos particulares y leyes por cumplir: su proceso de coordinación institucional y aplicación es vital.

En Ecuador, Cevallos et al. (2022) realizó su estudio que consistió en evaluar eficiencia de coagulantes naturales ante coagulantes sintéticos en función de turbidez y factores influyentes en ella, a través del estudio cuantitativo experimental. Usaron coagulantes naturales entre ellos el gel de Aloe vera y mucílago de pitahaya *Selenicereus undatus*, mientras como coagulantes sintéticos se tuvo al policloruro de aluminio (PAC) y sulfato de aluminio. Por la alta concentración de grasas presentes en el agua estudiada en cuanto al valor de referencia se hizo un pre sedimentado del agua sin ningún tipo de acción mecánica ni coagulante resultando de lo que resultó eliminación del 92% de grasas. Siendo la turbidez inicial del agua residual 1130,67 NTU, con porcentajes de remoción para PAC, sulfato de aluminio, pitahaya y Aloe vera de 99,59%, 99,87%, 62,26%, 75,15% respectivamente, y valores finales DQO para coagulante sintético y coagulante natural más efectivo con 18mgO₂/L y 839,35mgO₂/L correspondientemente. Este estudio promueve el

uso de recurso amigable para el ambiente, garantizando una remoción eficiente de la contaminación del medio acuoso.

Ascha et al. (2021) en su estudio realizaron en la India, compararon las diversas tecnologías de tratamiento de aguas residuales acuícolas y su papel en la sostenibilidad. Comprobaron que los sistemas de recirculación en las unidades acuícolas son más eficaces en la gestión del volumen de aguas residuales, ya que solo se reemplaza el 10% del volumen total de agua al día y, por lo tanto, son más sostenibles. Los sistemas de humedales artificiales han reportado un nivel alto de eficiencia en cuanto a tratamientos de agua residual que contienen compuestos nitrogenados, con una eliminación de $\text{NH}_4\text{-N}$ del 86-98% y una eficiencia de eliminación de $\text{NO}_2\text{-N}$ superior al 99%. La demanda energética acumulada de RAFT (sistema de vigas) y MFBS (sistema de lechos llenos de medios) en sistemas de acuaponía acoplados (CAPS) se ha reducido al 46,8% y 53,2%, lo cual es muy inferior a las unidades convencionales. El estudio del uso de biomasa local y de bajo nivel trófico, como las microalgas, como materia prima, ha demostrado reducir los impactos ambientales de la piscicultura, con el beneficio adicional de la producción de biomasa y lípidos. Se ha logrado una eficiencia de cosecha de algas superior al 90% mediante el uso de coagulantes adecuados en varias unidades. El estudio de la operación integrada de acuicultura multitrófica, que combina la acuicultura alimentada con la acuicultura extractiva orgánica, demostró una mejora en la producción de mariscos en un 20%, con una rentabilidad superior al 230%, un 68% superior a la de los monocultivos aislados de peces y mariscos. El desarrollo de sistemas de reactores más eficientes y un enfoque holístico e integrado para el tratamiento de aguas residuales pueden garantizar sistemas acuícolas sostenibles que contribuyan a mantener la sostenibilidad del sistema agua-alimento-energía.

En Cuba, Caparrós et al. (2021) evaluaron cargas contaminantes generadas por cinco industrias en determinada bahía, que representa al 30% de fuentes que contaminan en el municipio. Para analizar las aguas residuales fue conformado por muestras compuestas en principales puntos de vertido en cada instalación, con inclusión de toda actividad productiva. Fue utilizado métodos según Standard Methods for the Examination of Water. Demostrando que generalmente estas instalaciones de sobremanera pasa el límite máximo permisible para DQO según valores que describen normas cubanas, mientras solo dos de ellas para parámetro DBO_5 . En este estudio evaluaron entidades que tienen niveles altos de contaminantes en las emisiones líquidas que evacuan al medio, lo que incrementa en la Bahía de Nuevitás la

contaminación. Todas fueron clasificadas como fuentes contaminantes conforme lo estipula la Norma NC 521:2007 en sus criterios.

Venugopal y Sasidharan, (2021) en su artículo mencionó aspectos relacionados a la recuperación de recursos de los efluentes a los cuales denominó ingredientes valiosos que tienen potenciales aplicaciones en industrias diversas, aportando así la recuperación de compuestos utilizados para mejorar la nutrición y disminución de impactos ambientales, en los métodos fisicoquímicos referencian a los sistemas de flotación por aire disuelto (DAF) que en combinación con floculantes y coagulantes tienen efectividad para eliminar hasta un 50% de TSS (total suspended solids - sólidos en suspensión totales) con 80% de niebla, lo que es conveniente para adaptar las fluctuaciones del proceso productivo, pues debido a diversos orígenes de aguas residuales debía tenerse en cuenta aplicar diversos tipos de tratamiento para de esa forma favorecer a la gestión de las industrias pesqueras para que en determinado tiempo se trace como objetivo la sustentabilidad del medio productivo y el ambiente sea más seguro.

En su investigación, Marín Leal et al. (2015), evaluaron el tratamiento de agua residual en una industria que procesa pescado en Ecuador (Manta), específicamente en reactor anaeróbico discontinuo, fue establecida normas ambientales adecuadas y vigentes respecto a vertido de materia. Fue realizado diversos ensayos en laboratorio en reactor discontinuo de 1L, con 24 h. de tiempo de contacto y equipados de lodo anaerobio que procede de planta de tratamiento de agua residual doméstica. Este efluente se diluyó en proporción 33%, 66% y 100% de agua destilada, que corresponde a la etapa I, II y III correspondientemente. Se monitoreo en cada etapa parámetros, según estándares: como alcalinidad total, pH, DQO, DBO5.20, amonio, nitrito, nitrógeno total (NTK), sólido suspendido total (SST), ortofostato, sulfato y sólido suspendido volátil (SSV). El resultado muestra remoción de materia orgánica en porcentajes, DBO5.20 en $37.9 \pm 4.1\%$; $41.8 \pm 7.6\%$ y $46.2 \pm 3.2\%$ y DQO ($34.7 \pm 9.7\%$; $36.9 \pm 9.2\%$ y $43.8 \pm 4.1\%$, para etapas I, II y III), que son bajos relativamente como resultados de origen del agente inoculante que usaron, y sales que contenían relativamente en dicho efluente. La remoción del amonio, NTK y ortofosfato fue respectivamente en 60-95%, 25-37% y 6-25%. Es así que concluyen que, al realizarse ensayos en estas condiciones, el efluente que se trató requiere que se aplique un tratamiento posterior para la reducción de contenido de nutrientes y de materia orgánica así estos logren llegar al límite permisible de descarga que se establecen.

2.1.2 Investigaciones nacionales

Rodríguez (2023) determinó la influencia de la concentración del coagulante cloruro férrico y policloruro de aluminio y su combinación para remover la turbidez del efluente en una planta de conserva de pescado. Se determinó la eficiencia de coagulación de manera experimental con el uso de un equipo de prueba de jarra, se trató agua residual en una cantidad de 2L. con coagulación a una velocidad de agitación de 120 r.p.m., en un lapso de 5min.; para la fase de floculación fue 50 r.p.m. de velocidad de agitación con 5min. de tiempo, Luego de evaluarse la eficiencia de coagulantes FeCl_3 y PAC de manera combinada e individual, se consiguió mantener la concentración constante del floculante polímero aniónico de peso molecular alto en 60 ppm, siendo óptimas la concentración en el FeCl_3 y el PAC de 2 400 ppm y 3 300 ppm correspondientemente (las dos remociones con 99,2%). Siendo óptima la mezcla FeCl_3 y PAC en 80% y la remoción fue 97,5%. Al evaluarse la floculación, la dosis óptima fue constante en la mezcla de coagulante, teniendo un mejor rendimiento el floculante aniónico en una concentración de 50 ppm y disminución de turbidez en porcentaje 96,7%. Como conclusión del estudio podría lograrse un porcentaje alto de remoción de turbidez en esta clase de efluente, usando coagulante FeCl_3 y PAC, separados y combinados, conjuntamente con floculantes de polímero aniónico, del cual fue más eficiente el FeCl_3 que PAC.

Sáenz (2023) en su estudio determinó el impacto de efluentes que se vertieron en el mar por parte de la Pesquera Don Américo – Bahía Carquín. Esta investigación se desarrolló de forma prospectiva, tipo observacional, longitudinal, siendo el diseño descriptivo. Se realizó el muestreo en cuatro puntos seleccionados en la bahía Carquín, según normas, los cuales se denominaron como A-1 (200m. al norte), A-2 (200m. al este), A-3 (200m. al oeste), A-4 (500m. agua fuera), A-5 (200m. en la desembocadura del Río Huaura) y A-6 (orillas de mar). El proceso de datos, se emplearon gráficos y tablas de forma descriptiva, donde se tienen el límite máximo permisible para los indicadores de forma individual, resultando que el pH se encuentra con valores de 7.55 hasta 8.33 no pasan límites, es por eso que, se halla en el rango 6.8 a 8.50. El valor en sólidos totales estuvieron de 3.0 a 28, en tanto que en aceites y grasas los valores fluctúan de 0.4 hasta 1.0. En conclusión se tiene que, aquellos efluentes que se vierten en el mar por parte de la Pesquera Don Américo, impacta de forma negativa al medioambiente porque no está cumpliendo el Decreto Supremo N° 004-2017 – MINAM categoría respectiva 2-C3.

Carrera y Falcón (2022) aplica un tratamiento de electrocoagulación en agua residual pesquera en la cual busca la reducción de parámetros en aceite y grasa (AyG), sólido suspendido total (SST), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), conductividad, turbidez, pH. Fue diseñado el reactor de material acrílico cuya medida fue de largo 25cm., ancho 15cm. y altura con 14cm., para 2L de volumen. Efluentes de pesqueras de harina y aceite de pescado se sometieron a densidad de corriente correspondiente a 5 V y 10 V en tiempos respectivos 5 y 10 min. Como resultado se obtuvo como valor final AyG con 25 mg/L y 18,05 mg/L, DBO fue 3 156 mg/L y 3 297 mg/L, SST con 284 mg y 220 mg; turbidez 7,16 y 1,75 NTU, DQO con 5 197 mg/L y 10 056 mg/L; la conductividad fue 17,52 y 20 mS/cm mientras que el pH fue 7,51 y 7,32 de forma respectiva. Se aplicó como método la electrocoagulación la misma que mostró rentabilidad y eficiencia para el tratamiento de efluentes que provienen de la industria pesquera, porque se obtuvo variación al evaluarse los parámetros fisicoquímicos evaluados.

Aguilar et al. (2021) realizaron su estudio con el objetivo de optimizar la remoción de sólidos suspendidos totales (TSS) en aguas de bombeo provenientes de la fábrica de harina de pescado mediante la tecnología de electrocoagulación y determinar los efectos de los principales parámetros de operación. El agua de bombeo tiene alta conductividad (40,1 mS), debido a la presencia de sales disueltas y contiene alta concentración de sustancias orgánicas (12,360 mg/L de TSS y 520 mg/L de grasas). En este estudio, el agua de bombeo se trató en un reactor de electrocoagulación con electrodos de aluminio utilizando la Metodología de Superficie de Respuesta con diseño factorial 3k basado en dos factores, intensidad de corriente (I) de 8-13 A y tiempo de tratamiento (t) de 20-40 minutos. El porcentaje de TSS removido del agua se utilizó como variable de respuesta. Los resultados revelaron que I y t influyeron significativamente ($p < 0,05$) en el proceso. De acuerdo con esto, los parámetros operativos óptimos para la remoción de TSS fueron $I = 13$ A y $t = 30$ minutos. Usando estas condiciones, se logró una eficiencia de remoción de TSS del 99,9%. Los lodos de depuradora generados en estas condiciones óptimas de proceso presentaron un contenido de cenizas del 19,3 %, sal del 6,2 %, aluminio del 1,7 %, hierro del 0,3 %, potasio del 0,4 %, zinc del 2,1% y fósforo del 2,1%. Por lo tanto, se concluye que los resultados de este estudio están confirmando que es el método de electrocoagulación el que se puede considerar como una solución para la contaminación marina causada por la industria pesquera.

En Chiclayo, Muñoz (2021) se enfocó en estudiar a una pesquera, que tenía como problema el generar mediante el procesamiento artesanal de pescado salado la denominada agua residual, que no está logrando estar en el Límite Máximo Permisible, de esta forma emite efluentes en cantidades de 8 531,64 m³ al año que no tienen tratamiento alguno. Se enfocó así en plantear un determinado tratamiento de agua residual producto del proceso pesquero artesanal así consideró como alternativa una laguna facultativa que disminuya el impacto al ambiente. Es entonces que determinó las particularidades físicas y químicas de estas aguas residuales, tomadas como referentes para analizarlas del impacto siendo entonces tomada del dren 4000 al ecosistema Caleta Santa Rosa, que demostraron para BBO₅, DQO y SST parámetros respectivos de 568,9 mg/l, 610,9 mg/l y 25 g/l. Para lograr un alto desempeño debido a cantidades de cargas orgánicas se propuso en paralelo dos lagunas cada una con 542,9 m², la remoción mostró una eficiencia de 94,4% de DBO₅. Logró disminuir el impacto negativo en un 84%. Se diseñó el tratamiento de aguas residuales con una primera etapa de cribado para retener sólidos entre 20mm-40mm., luego se pasó al tratamiento secundario de depuración de lagunas facultativas, calculándose para esto área de lagunas, carga superficial del diseño, carga orgánica, tiempo de residencia, esto permitió la reducción del valor en SST, DBO₅, y DQO llegando este con 5mg/l, 34,1mg/l, 54,98mg/l. Resultó rentable el tratamiento propuesto; así se obtuvo que invirtiendo S/ 1 generará una ganancia de S/ 0.41, recuperando en un tiempo de 1 año y 36 días. Por otro lado, se redujo el severo impacto ambiental llegando este a ser compatible, y esto evitó que pagara multas dicha empresa.

Arias (2020), en su investigación determinó como influyen los efluentes que provienen de pesqueras en ecosistemas marinos para este caso en la bahía Coishco, Ancash. Fue utilizado como metodología la observación, el monitoreo realizado fue recogido por IMARPE (Instituto del Mar del Perú) y la pesquera, para efluentes y cuerpo marino receptor. El impacto generado al medio acuático se analizó en cuanto oxígeno disuelto, temperatura, DBO, aceite y grasa, coliformes termotolerantes y pH. Según resultados se tiene que efluentes tienen influencia negativa en las aguas de la bahía Coishco; porque se tiene 1.32% para temperatura, 15.3% para pH, 11.56% en cuanto solidos suspendidos totales, 8.76% en aceite y grasa, 18.23% respecto a demanda bioquímica de oxígeno y 9.99% en coliformes termotolerantes. Se concluye que esta caleta, no es apta para actividades recreacionales, pues tiene carga microbiana alta en línea de playas.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Medidas ambientales implementadas en el tratamiento de efluentes

Efluentes pesqueros

Los efluentes pesqueros son generados en cada establecimiento industrial, al realizar procesos productivos, como la Elaboración de Harina y Aceite, Conservas, Congelados y Harina de Residuos de pescado, estos efluentes residuales son tratados por cada establecimiento industrial hasta cumplir con la calidad ambiental exigida, y son recolectados previa verificación de sus Límites Máximos Permisibles (LMP) (APROFERROL, 2025). Estos líquidos contienen una alta carga orgánica, grasas, proteínas, sangre, escamas, bacterias y nutrientes como nitrógeno y fósforo, los cuales al ser descargados sin tratamiento pueden causar graves daños a los ecosistemas marinos (Food and Agriculture Organization [FAO], 2019).

Caracterización de efluentes

Es de necesidad para llevar a cabo el tratamiento de efluentes, realizarse la caracterización de efluente líquido, siendo de importancia saber cómo opera la planta, en lo concerniente a corriente de agua residual de planta como de aquellas que se vierte al mar (Jimenez, 2017).

El Ministerio del Ambiente (MINAM), publicó el D.S. 010-2018-MINAM a través de este se aprobó el Límite Máximo Permisible (LMP) para efluente de un Establecimiento Industrial Pesquero de Consumo Humano Directo (CHD) e Indirecto (CHI), (Gobierno del Perú, 2018)

Tabla 1

Límite máximo permisible para efluente de industrias pesqueras

Parámetro	Unidad de medida	LMP
Aceite y grasas	mg/L	350
pH	unidad pH	5 – 9
Sólidos totales en suspensión	mg/L	700
DBO5	mg/L	<=60

Fuente: (MINAM, 2018)

Sistema de tratamiento de efluente

En tratamientos múltiples para efluentes se selecciona estructuras apropiadas según la necesidad que tenga la industria, de acuerdo al fin se hace la caracterización adecuada de efluentes (composición química, volumen generado, concentración, tipo y caudal) además se describe la fuente receptora todo conforme a Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por la normativa peruana (MINAM, 2018).

1. Tratamiento primario

Según el Instituto Tecnológico de la Producción (ITP, 2019) en las operaciones de procesamiento pesquero, se generan diversos flujos de aguas residuales con alta carga orgánica. Una de las principales fuentes es el agua de mar usada para bombeo de pescado y el traslado de implementos desde las embarcaciones hasta la planta, la cual es contenida inicialmente en una poza de retención.

Asimismo, considera que, para facilitar la separación de agua clara y sólidos en suspensión, se utiliza un sistema automatizado mediante válvulas activadas por sensores de rayos infrarrojos, cuyas compuertas neumáticas agitan el contenido, suspendiendo los sólidos asentados en el fondo. Este líquido es posteriormente trasladado por bombeo hacia un tamiz rotatorio con malla de 1.0 mm, seguido de dos etapas de tamizado fino con mallas de 0.3 mm, que permiten retener partículas menores.

Los sólidos capturados en estos tamices se asignan al agua tamizada y producción de harina, los cuales se derivan a unidades de tratamiento secundario para su aprovechamiento o disposición final. De forma paralela, se gestiona la sanguaza de pescado, un efluente compuesto por agua mezclada con sangre exudada y pequeños sólidos. Este fluido es recolectado tras su tiempo de retención en pozas, y pasa por el mismo sistema de tamizado (1.0mm luego 0.3 mm por 2 veces). Se destinan los sólidos que se recuperan para producir harina, mientras que se integra la sanguaza tamizada al tratamiento secundario, utilizando equipos que se usaron para agua de bombeo.

Finalmente, el agua utilizada para limpiar pisos y equipos se recolecta de la canaleta hacia una trampa de sólidos tipo rejilla que retiene sólido grueso hasta ½ pulgada. Partiendo de la unidad, se bombea el agua al tamiz rotativo en 0.5 mm de malla, donde se separan los sólidos y se almacenan y se disponen por medio de alguna Empresa Prestadora de Servicios

(EPS-RS) autorizada. El líquido resultante es dirigido a tratamiento secundario, junto con los demás flujos procesados (ITP, 2019).

2. Tratamiento secundario

En las industrias pesqueras, luego que se utiliza para el bombeo del pescado el agua de mar, luego de pasar por el tratamiento primario, es dirigida hacia una trampa de grasas, donde se realiza la remoción de grasa sobrenadante por gravedad, aprovechando la diferencia de densidad entre agua y lípidos. Posteriormente, se conduce el agua al sistema de flotación por aire disuelto (DAF, por sus siglas en inglés), el cual permite una separación más eficiente de grasas y sólidos finos. Este sistema genera microburbujas que se adhieren a las partículas de grasa, formando una espuma superficial que se retira mecánicamente (MINAM, 2021).

El efluente tratado por el sistema DAF, que ya no contiene grasas visibles, pero puede tener aún sólidos finos en suspensión, es derivado hacia un tanque ecualizador, cuya función es homogeneizar el caudal y la carga contaminante para estabilizar el proceso de tratamiento secundario.

La espuma recolectada del DAF es enviada a un intercambiador de calor, donde se eleva su temperatura para facilitar la separación de fases. El líquido calentado pasa luego por separadoras mecánicas de sólidos, integradas al proceso de elaboración de harina, donde se remueven partículas finas. La fracción líquida resultante se somete a una centrifugación, a partir de la cual se recupera aceite de pescado para su aprovechamiento industrial.

El residuo líquido generado en la centrifugación, conocido como agua de cola, es también dirigido hacia el tanque ecualizador, donde se mezcla con otros efluentes para ser tratado en conjunto. Por otro lado, el agua de limpieza de pisos y equipos, que tiene una composición diferente, es almacenada en un tanque exclusivo, donde se permite la decantación de sedimentos. Luego, esta agua es trasladada a un tanque neutralizador, en el cual se ajusta su pH mediante la adición de agentes químicos, conforme a los valores exigidos por la normativa. Una vez neutralizado, el efluente es conducido al pozo colector, desde donde se dispone finalmente por emisarios submarinos al medio marino, cumpliendo con condiciones de vertimiento permitidas por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos para el subsector pesquero (ITP, 2019).

3. Tratamiento terciario.

Utilizada el agua de mar en el bombeo del pescado esta pasa a ser derivada a un proceso de tratamiento químico mediante flotación por aire disuelto (DAF químico), en el cual es aplicado coagulantes y floculantes como aditivos para la remoción avanzada de materia orgánica, sólidos suspendidos y grasas residuales.

El agua clarificada, que cumple con los valores exigidos por los Límites Máximos Permisibles (LMP) del subsector pesquero-industrial, es dispuesta en el medio marino receptor a través de un emisario submarino. Los lodos generados durante el tratamiento químico, que contienen los aditivos utilizados, se envían a separadoras ambientales, donde se realiza su deshidratación. Una vez tratados, estos lodos son aprovechados en el proceso de producción de harina de pescado, lo cual permite un manejo responsable y valorización de los residuos.

En paralelo, el agua residual generada por las actividades de limpieza de equipos y superficies, luego de su tratamiento secundario, es conducida a un proceso de neutralización química. Una vez que alcanza un pH dentro de los rangos establecidos por la normativa ambiental, esta agua es igualmente dispuesta mediante el emisario submarino, cumpliendo con los LMP correspondientes. Además, existen corrientes de agua de mar libres de contacto con la materia prima, como:

- El agua clara empleada en el sistema de descargas, sin sólido en suspensión, y
- El agua de mar usada en el sistema de enfriamiento (torre barométrica) de la planta de agua de cola.

Ambas corrientes, al no presentar contaminación por residuos orgánicos ni químicos, son excluidas del proceso de tratamiento mediante sensores de detección infrarroja, y son descargadas directamente al mar por el mismo emisario submarino, bajo criterios de disposición autorizada y monitoreo ambiental (OEFA, 2022).

4. Tratamiento de agua de bombeo.

Constituye una etapa crítica dentro del sistema de gestión de efluentes en plantas pesqueras. Es utilizada este tipo de agua, principalmente para transporte del pescado, partiendo de la descarga hasta llegar a las áreas de procesamiento, posee una alta carga orgánica debido al contacto directo con la materia prima, lo cual exige un sistema de tratamiento robusto, multifásico y con alta capacidad operativa.

Las maquinarias y equipos involucrados en este proceso deben estar diseñados para:

- Soportar y procesar el volumen total de agua generada diariamente en las operaciones.
- Garantizar la máxima retención de sólidos orgánicos y grasas, a través de sistemas como tamices rotativos, flotadores por aire disuelto (DAF), separadores centrífugos y trampas de grasa.
- Asegurar una eficiencia operacional continua, aun bajo condiciones variables de caudal o carga contaminante.
- Cumplir con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por la normativa peruana vigente para el subsector pesquero industrial (D.S. N.º 010-2008-PRODUCE).

El sistema completo debe integrar etapas de tratamiento primario, secundario y, de ser necesario, tratamiento químico complementario, con el objetivo de alcanzar condiciones adecuadas de calidad del efluente antes de su disposición final en el cuerpo marino, mediante un emisario submarino autorizado (FAO, 2019).

5. Recuperación de sólido suspendido mayor de 1mm.

La recuperación de sólido suspendido representa una fase inicial fundamental dentro del proceso de tratamiento del agua de bombeo en plantas de procesamiento pesquero. En esta etapa se busca remover sólidos orgánicos de gran tamaño, principalmente restos de pescado como escamas, vísceras, piel y partes musculares, en suspensión en agua del bombeo. Para ello, se utilizan sistemas de filtración mecánica con aberturas cuya longitud máxima es de 1 mm, diseñados para retener eficientemente partículas mayores a ese tamaño. Entre los equipos más utilizados destacan:

- Tamices rotativos: de uso extendido en la industria actual por su mayor eficiencia, automatización y bajo requerimiento de mantenimiento. El movimiento rotativo facilita el desprendimiento continuo de los sólidos adheridos a la malla y permite el tratamiento de grandes volúmenes de efluente.
- Zarandas estáticas o vibratorias de alta frecuencia: también empleadas en ciertas instalaciones. Estas funcionan con sistemas de vibración controlada que favorecen el paso del agua mientras retienen los sólidos en una superficie inclinada.

La correcta implementación de esta etapa no solo reduce la carga contaminante del efluente, sino que también permite la recuperación de subproductos sólidos que pueden ser aprovechados posteriormente en la producción de harina de pescado, contribuyendo así a una gestión más sostenible del proceso (ITP, 2019)

6. Recuperación de aceite y grasa

La recuperación de aceite, grasa, así como partículas finas menores a 1 mm constituye una etapa secuencial del tratamiento de efluentes pesqueros, posterior a la remoción de sólidos gruesos. Esta fase es fundamental, ya que los compuestos lipídicos aportan una alta carga orgánica al efluente, afectando significativamente la calidad del agua si no son removidos eficazmente.

Se inicia el proceso al pasar el agua residual en trampas de grasa, donde se produce separación inicial por diferencias de densidad, permitiendo que las grasas sobrenaden y sean extraídas mecánicamente. Sin embargo, para recuperación más eficiente, se implementan sistemas de flotación por aire disuelto (DAF) con integración de inyección de microburbujas. Estos sistemas están compuestos por tanques de flotación de altura media (alrededor de 1.5m.), los cuales permiten que microburbujas capturen partículas finas de grasa y las arrastren hacia la superficie, formando espuma que luego es retirada. La efectividad del proceso depende directamente de:

- El tamaño y distribución de las microburbujas,
- La superficie disponible para la flotación,
- Las características del efluente, incluyendo la naturaleza del lípido y su estado físico, el cual puede estar influenciarse por tipo de materia prima y etapa biológica del pescado.

Durante las primeras fases del proceso, se observa cierta inestabilidad en la eficiencia, debido a la variabilidad en la composición del efluente. A pesar de ello, se reporta una eficiencia promedio que recupera aceite y grasa al 63,5%, dependiendo del volumen de efluentes tratado desde la etapa de pretratamiento (etapa 2). La espuma generada en esta etapa es sometida a una serie de tratamientos complementarios:

- Intercambio térmico (aplicación de calor) para modificar la viscosidad de los lípidos,
- Separación mecánica de sólidos mediante decantadores o tamices,

- Centrifugación para obtener finalmente el aceite recuperado, que puede ser destinado al uso industrial o aprovechamiento económico (Ministerio de la Producción, 2008, p. 13).

2.2.2 Calidad del agua en una bahía

Se utiliza el término calidad de agua al referirse a las particularidades químicas, físicas y biológicas que tiene el agua. Depende según la finalidad para lo que se destina, y estas a su vez pueden caracterizarse por diversos parámetros. Se tiene que la expresión “calidad de Agua” en cuanto a su significado está asociada especialmente al origen como el agua que es apta para consumo humano, el uso, variedades y aplicación que tiene el agua va a derivar según el crecimiento y expresión que tiene la civilización, la misma que extendió su original significado para llevarlo a nuevos significados y necesidad (Cárdenas, 2005 citado en Cotrina, 2022).

Estándar de Calidad Ambiental (ECA)

Es el instrumento propio de la gestión ambiental o también es la norma cuya finalidad es medir la calidad ambiental en determinado territorio. En el ECA se decreta el valor en cuanto a concentraciones de elementos y sustancias que están en el medio ambiente, los mismos que al nivel ideal, no van a representar ningún riesgo, sobre todo para salud y ambientes donde se hallan personas. Perú tiene cinco clasificaciones, que se aplican al agua, aire, suelo, ruido y radiación no ionizante (MINAM, 2019).

Es así que ECA - Agua, se considera como guía en la medición del “estado de un medio ambiente”, porque va a señalar la condición del cuerpo de agua en determinado tiempo y lugar, realizando evaluación y comparación con valores del parámetro que establece ECA - Agua, ayudando estos a que se tome la decisión sea de parte de alguna institución pública y privada o por la población, con el fin principal de utilizar o consumir agua que esté apta en cuanto a calidad (Cotrina, 2022).

Si se quiere determinar en un elemento la calidad ambiental, se tiene en consideración parámetros propios para que se determine la condición en que estas se hallan, se esta forma se determina si es de calidad el elemento o no lo es.

Parámetros:

La normativa R.J. 010-2016 ANA siendo el Protocolo Nacional para Monitoreo de la Calidad de Recursos Hídricos, consideran que la calidad de agua tiene parámetros distintos que los del uso que se tiene, siendo primordiales para el sector pesquero y en la categoría de agua que se tiene en la Bahía Carquín (Categoría 1-Poblacional y recreacional y subcategoría B1-contacto primario, Categoría 2: cultivo, extracción y actividades marino costera y continental, subcategoría C3 actividad marino portuaria industrial y de saneamientos en agua marino costera), entonces se tiene como parámetros principales, los siguientes que son básicos para este estudio:

- pH (Potencial de Hidrógeno): Aquel valor el cual mide acidez del agua, expresado en escala 1 al 14, donde mediciones cercanas al 1 indican una acidez mayor, y mediciones que se acercan al 14 señalan alcalinidad mayor. Es un parámetro principal el cual ejerce una directa influencia en la población, pero para consumo humano el ideales aquella agua con valor inferior a 8 (ANA, 2016)
- (T) Temperatura: Por la influencia que tiene resulta de gran importancia, en cuanto a desarrollo de vida acuática, además va a influir en velocidad de reacción química, en las aptitudes de recursos para determinadas utilidades. El efecto en la calidad de agua resulta ser consistente en cuanto a pH, conductividad eléctrica, déficit de oxígeno y otras variables fisicoquímicas. Si se tiene temperatura alta inusualmente en determinado cuerpo de aguas, podría causar crecimiento de plantas acuáticas y hongos (ANA, 2016).
- (OD) Oxígeno Disuelto: Resulta ser de importancia en el desarrollo de la respiración de la célula porque un ser vivo necesita oxígeno para su subsistencia. Hay dos fuentes que incorporan al agua: por medio de la atmósfera; y por fotosíntesis. La bacteria aerobia, principal responsable de descomponer material orgánico, en cuerpos de agua, hacen uso del oxígeno para realizarlo; si hay mayor materia orgánica en el cuerpo de agua, incluso estiércol y contaminantes que se liberan en cuerpos de agua, toda bacteria necesita una cantidad mayor de oxígeno para descomponer, se agota entonces el oxígeno que está en ese lugar, evita de este modo que se desarrolle otro tipo de especie como peces u diversos organismos vivos. Se resume entonces, que indicadores que miden la contaminación de algún cuerpo acuático por residuo orgánico es la denominada concentración de oxígeno disuelto (OD) en agua o DBO5 que es la demanda bioquímica de oxígeno (ANA, 2016).

- (DBO5) Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días: Está referida a la cantidad de oxígeno que se produce por biodegradación de materia orgánica en el agua. Formada por descomposición de material orgánico de carbono, como microorganismo aerobio, nitrógeno oxidable, como nitrosoma y nitrobacteria, y reducción de compuesto químico oxidado con OD (ANA, 2016).
- (AyG) Aceites y Grasas: Es la sustancia soluble que tiene un cuerpo de agua, se debe tener un cuidado extremo al momento de recolectar la muestra, igualmente esta sustancia presenta un efecto indeseable estéticamente, haciéndose visible principalmente si se halla en superficies de cuerpos de agua (ANA, 2016).
- (SST) Sólidos Suspendidos Totales: Es el porcentaje de sólido no filtrable que está en el agua de suspensión. Se mide como ppm (parte por millón) (ANA, 2016).
- Coliforme Total: Son aquellas Enterobacteriáceas lactosapósitivas – Conforman al grupo de bacteria definidas por pruebas utilizadas para su aislamiento (ANA, 2016).
- Coliforme Termotolerante: Definida comúnmente como contaminación por presencia fecal, debido principalmente a presencia del *E. coli*. Siendo causa principal de enfermedades por uso de aguas contaminadas, y provoca una mortalidad alta en la población (ANA, 2016).

En normativas nacionales se tiene valores que permiten la determinación de calidad de agua, estos fueron modificados desde que se lanzaron hasta hoy; tomando en consideración las diversas variaciones, para este estudio se tendrá presente las normativas siguientes:

- D.S. 002-2008 – MINAM- ECA Agua
- D.S. 015-2015- MINAM – Modificación de ECA-Agua 2008
- D.S. 004-2017 – MINAM – ECA Agua, derogando Estándares anteriores.

Según Autoridad Nacional del Agua, que como entidad gubernamental aprobó una clasificación de cuerpos de agua marino - costero en R.J. 030-2016 ANA, donde se menciona que en bahía Carquín se considera 3 categorías:

Categoría 1: Poblacional y Recreacional Sub-Categoría B1: Contacto Primario; referida a las aguas que se utilizan para la recreación, una categoría que se nombró con el

fin de desarrollar alguna actividad recreacional practicada en el ambiente acuático se puede mencionar como ejemplo el surf, la natación, buceos, canotaje, entre otros (MINAM, 2018).

Categoría 2: Actividad de Extracción y Cultivo Marino-Costera y Continental Sub
Categoría C3: Actividad marino-portuaria, industrial o de saneamientos en agua marino-costera. Es decir, agua cercana a infraestructura con fin marino portuaria, actividad industrial o emisor submarino (MINAM, 2018)

Categoría 4: Conservación de Ambiente Acuático Sub-Categoría E3: Ecosistema Marino-Costero, Marino: referida a zona marina que está comprendida partiendo de marea baja hasta el límite con áreas marítimas nacional. Se debe tener en cuenta que en esta categoría se realiza excepciones como el caso de aguas marinas que se usan para potabilizarse, agua tratada para reusar y aguas continentales (MINAM, 2018).

Si se tiene en consideración ubicaciones de puntos de monitoreos, y categorías, se considerará la actual normativa que es aplicable, D.S. 004- 2017 – MINAM – ECA Agua, este derogó anteriores estándares.

Normativa

- D.S. 004-2017– MINAM–ECA Agua
- D.S. 010-2018–PRODUCE. Establece Límite Máximo Permisible (LMP) en la industria de aceite y harina de pescado y normas complementarias.
- D.S. 057-2004-PCM - Reglamento de la ley N° 27314. En sus Art. 9; 10; 11; 16; 18; 25; 40 y 41.
- Resolución Directoral N° 0510-99/DCG, 069-98/DCG, 039-2016-PRODUCE/DGCHI y 572-2015-PRODUCE/DGCHI.
- Resolución Ministerial N° 003-2002-PE. Protocolo de Monitoreo de efluente y cuerpo marino receptor.
- R.M. 181-2009-PRODUCE
- R.M. 194-2010-PRODUCE
- Ley de Sistema Nacional de Evaluaciones del Impacto Ambiental, Ley 27446 (Artículo 10).
- Ley General de Agua (D.L. 17752, Reglamentos y modificatoria).

2.3 Bases filosóficas

La presente investigación se sustenta filosóficamente en los principios del desarrollo sostenible, tal como fueron planteados en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Río de Janeiro, 1992), donde se reconoció la necesidad de armonizar el crecimiento económico con la protección del medio ambiente. Esta visión implica una responsabilidad ética colectiva hacia el ambiente, los recursos naturales y las generaciones futuras. Bajo este enfoque, el tratamiento adecuado de los efluentes industriales no es solo un requerimiento técnico o legal, sino un deber moral frente a la preservación de los ecosistemas marinos y la salud de las comunidades costeras (Naciones Unidas, 1992).

La investigación también se fundamenta en la ética de la responsabilidad propuesta por el filósofo Hans Jonas, quien plantea que, en la era tecnológica, el ser humano tiene el deber moral de actuar con precaución frente a las consecuencias ambientales de sus acciones. En su obra *El principio de responsabilidad* (1979), Jonas señala que toda intervención humana sobre la naturaleza debe guiarse por el imperativo de proteger la vida y el ambiente para las generaciones futuras. En este sentido, el tratamiento adecuado de los efluentes industriales no solo responde a un marco legal, sino que implica un compromiso ético con la sostenibilidad, en tanto se busca prevenir la degradación de los ecosistemas marinos y preservar los recursos hídricos (Jonas, 1979).

Desde esta perspectiva, los procesos implementados en las plantas pesqueras deben orientarse no solo a cumplir límites permisibles, sino a minimizar los impactos ambientales en coherencia con una visión de desarrollo responsable y ético.

2.4 Definición de términos básicos

Agua de Cola. Durante procesos propios para la obtención de harina de pescado, se tiene presente líquido residual durante la etapa productiva, al cual se le denomina agua de cola, esta es producida en la prensa, este licor de prensa se centrifuga generando sólidos solubles si se separa del aceite (Vásquez, 2021).

Demanda Biológica de Oxígeno. Es una medida indirecta del contenido de materia orgánica biodegradable, expresada mediante la cantidad de oxígeno requerida para oxidar biológicamente la materia orgánica en una muestra de agua, esta también se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno (Fernández, 2020).

Demanda Química de oxígeno. Cualquier sustancia tanto orgánica como inorgánica susceptible de ser oxidada, esta degradación es mediante una reacción química (Fernández, 2020).

ECA: Estándar de calidad ambiental, el que da las medidas respecto al grado de concentración de ciertos elementos o sustancias biológicas, o de índole química y física que se tiene tanto el agua como suelo y aire (MINAM, 2019).

Efluentes pesqueros. Son aguas residuales generadas durante el procesamiento industrial de productos marinos, tales como la harina, aceite de pescado y productos congelados. Estos líquidos contienen una alta carga orgánica, grasas, proteínas, sangre, escamas, bacterias y nutrientes como nitrógeno y fósforo, los cuales al ser descargados sin tratamiento pueden causar graves daños a los ecosistemas marinos (FAO, 2019).

Floculación: Proceso químico por el que, al adicionarse una sustancia que se denomina floculante, se aglutina la sustancia coloidal que está presente en el agua, lo cual facilita de esta manera la decantación y posteriormente el filtrado (Huerta, 2023).

Límite máximo permisible (LMP): Concentración medida o grado de elemento, sustancia o parámetro físico, químico y biológico que caracteriza al efluente o emisión, el cual corresponde al nivel de tratamientos de agua residual alcanzable con técnicas mejoradas que se encuentran a disposición y son viables económicamente. Corresponde al Ministerio del Ambiente su determinación siendo exigible su cumplimiento legalmente a cargo del ministerio del ambiente y otros organismos conformantes del sistema nacional de gestión ambiental (R.J. 030-2016-ANA, 2016).

Programa de adecuación y manejo ambiental (PAMA): Se le denomina así al grupo de medidas, métodos, procedimiento, acción e inversión que resultan necesarios para incorporar adelantos científicos y tecnológicos, para de esta forma evitar o mitigar los niveles para que estos sean tolerables así evitar el impacto negativo hacia el ambiente, por parte de la actividad pesquera instalada (R.M. 293-2013-PRODUCE, 2013).

Tratamiento: Conjunto de proceso que se destina a la disminución o en su caso eliminarse determinados componentes de un flujo (Huerta, 2023).

Tratamiento de Efluente Pesquero. Realizados conforme a la tecnología con que cuenta la planta pesquera, así como según tipo de efluentes, por su caracterización, volumen de

tratamientos, límite Máximo Permisible (controlar sólidos suspendidos totales, aceite y grasa), Composición química y física (concentración), Test de jarra para evaluar la dispersión y dilución además de otros (Vásquez, 2021).

2.5 Hipótesis de investigación

2.5.1 Hipótesis general

La implementación de medidas ambientales en los efluentes de una pesquera contribuye significativamente a la mejora de la calidad del agua en la bahía Carquín en el año 2025.

2.5.1 Hipótesis específicas

La implementación de medidas ambientales en los procesos y subprocesos de tratamiento de efluentes de una pesquera influye positivamente en la reducción de la contaminación del agua en la bahía Carquín.

El diagnóstico de los principales aspectos ambientales generados por las actividades de una pesquera contribuye a disminuir su impacto negativo en la calidad del agua en la bahía Carquín.

Un diagnóstico preliminar de la implementación de medidas ambientales permite identificar los impactos negativos potenciales de los efluentes, influyendo en la mejora de la calidad del agua en la bahía Carquín.

La identificación de los requerimientos necesarios para determinar los aspectos ambientales de riesgo asociados al vertimiento de efluentes permite establecer medidas eficaces para preservar la calidad del agua en la bahía Carquín.

La gestión actual de los controles operacionales sobre los efluentes vertidos por la pesquera incide directamente en su eficacia para mitigar la contaminación del agua en la bahía Carquín.

2.6 Operacionalización de las variables

Tabla 2. Matriz de operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicador	Técnica	Instrumento	Escala
Implementación de medidas ambientales	Gestión operativa del efluente	Optimización de trampas de grasa	Observación	Ficha de verificación	Nominal (Sí/No)
		Control de sólidos sedimentables	Observación	Lista de chequeo	Nominal
	Gestión del Sistema Ambiental	Cumplimiento ISO 14001	Entrevista estructurada	Cuestionario	Ordinal
		Capacitación ambiental	Análisis documental	Registro de capacitación	Nominal
	Control de vertimientos	Reducción de carga orgánica (%)	Análisis de laboratorio	Reporte técnico	Razón
Calidad del agua	Parámetros físico-químicos	Temperatura (°c)	Muestreo	Protocolo RM 00271-2020	Razón
		Ph (unidades)	Muestreo	Potenciómetro	Razón
		DBO5 (mg/L)	Análisis laboratorio	Método estándar	Razón
		DQO (mg/L)	Análisis laboratorio	Método cerrado	Razón
		Aceite y grasa (mg/L)	Análisis en laboratorio	Soxhlet	Razón
		SST (mg/L)	Análisis en laboratorio	Filtración	Razón
	Nutrientes	Nitrógeno total (mg/L)	Laboratorio	Método Kjeldahl	Razón
		Fósforo total (mg/L)	Laboratorio	Espectrofotometría	Razón
	Condición ecológica	Oxígeno disuelto (mg/L)	Muestreo in situ	Oxímetro	Razón

Capítulo III

METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Tipo de investigación

Investigación aplicada, ya que busca la solución de problemas prácticos: la contaminación de la bahía Carquín debido a los efluentes industriales de una pesquera. A través de la implementación de medidas ambientales, se pretende mejorar la calidad del agua, contribuyendo al desarrollo sostenible del entorno. Es una investigación realizada para adquirir nuevos conocimientos; sin embargo, está dirigida fundamentalmente hacia un objetivo o propósito específico práctico (Concytec, 2018).

3.1.2 Nivel de investigación

Es explicativo correlacional, según Arias et al (2022) esta se encamina en busca identificar la relación causa-efecto entre las medidas ambientales implementadas y la calidad del agua, siendo estas más profundas y estructuradas a diferencia de los alcances previos.

3.1.3 Enfoque de la investigación

Cuantitativo y cualitativo o denominado mixto, debido a que se recolectarán datos medibles (parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua) para analizar el efecto de la intervención. Se utiliza herramientas de análisis matemático y estadístico para describir, explicar y predecir fenómenos mediante datos numéricos, además se analizarán entrevistas y observaciones (Guerrero, 2022).

3.1.4 Diseño de la investigación

Pre-experimental porque se realiza una intervención controlada en el proceso de tratamiento de efluentes para medir su impacto. Su principal característica es verificar cuantitativamente la causalidad de una variable sobre otra, asimismo se realiza una medición antes y/o después de la intervención (Sampieri, Collado, & Lucio, 2018).

Se representa según el siguiente esquema:

O1 — X — O2

O1 → Medición inicial de calidad del agua
X → Implementación de medidas ambientales
O2 → Medición posterior

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

Se compone de puntos de descarga de efluentes que tiene la pesquera en estudio y los cuerpos de agua receptores en bahía Carquín.

3.2.2 Muestra

Muestreo intencional no probabilístico, debido a la necesidad de evaluar zonas específicas con influencia directa de los efluentes, siendo representativas las líneas de producción, que pasan a aplicarse el SGA con la cual se implementa mejoras de carácter permanente.

Se seleccionaron mediante muestreo intencional dos puntos estratégicos:

- punto de descarga final de efluente tratado de planta pesquera, y
- punto del control en Bahía Carquín, que está situado afuera del área de influencia directa de la descarga:

3.3 Técnicas de recolección de datos

Se va a establecer, primeramente, toda actividad, así como tareas que corresponden a la zona seleccionada para el estudio se divide óptimamente para realizar el mapeo general en el proceso que se seleccionó, dicha forma de enfocar va a facilitar que estas actividades se comprendan, además del análisis y se reconoce impactos además de aspectos ambientales, de igual forma admite la delimitación oportuna de tareas que no son de necesidad o que no se requieren, y las cuales se repite sin generarse algún valor agregado.

3.3.1 Observación

Se realizó reconocimientos exploratorios y se detalló cada proceso llevado a cabo en la producción durante el desarrollo de actividades en la pesquera en estudio, así se delimitó toda función que contribuyera a una óptima documentación de información que se expuso en la hoja de registros, guía, archivo, ficha, además de algún otro archivo. En periodo de visita se ejecutó un recorrido en la pesquera a partir de la cual se recopiló evidencia suficiente en fotografía y apunte pertinente en cuadernos de campo.

3.1.2 *Análisis documental*

Fueron establecidas toda especificación requerida de manera obligatoria de esta forma se establece un sistema versátil que se fundamenta en la ISO 14001 garantizando de esta forma el impacto y la merma ambiental en la pesquera estudiada.

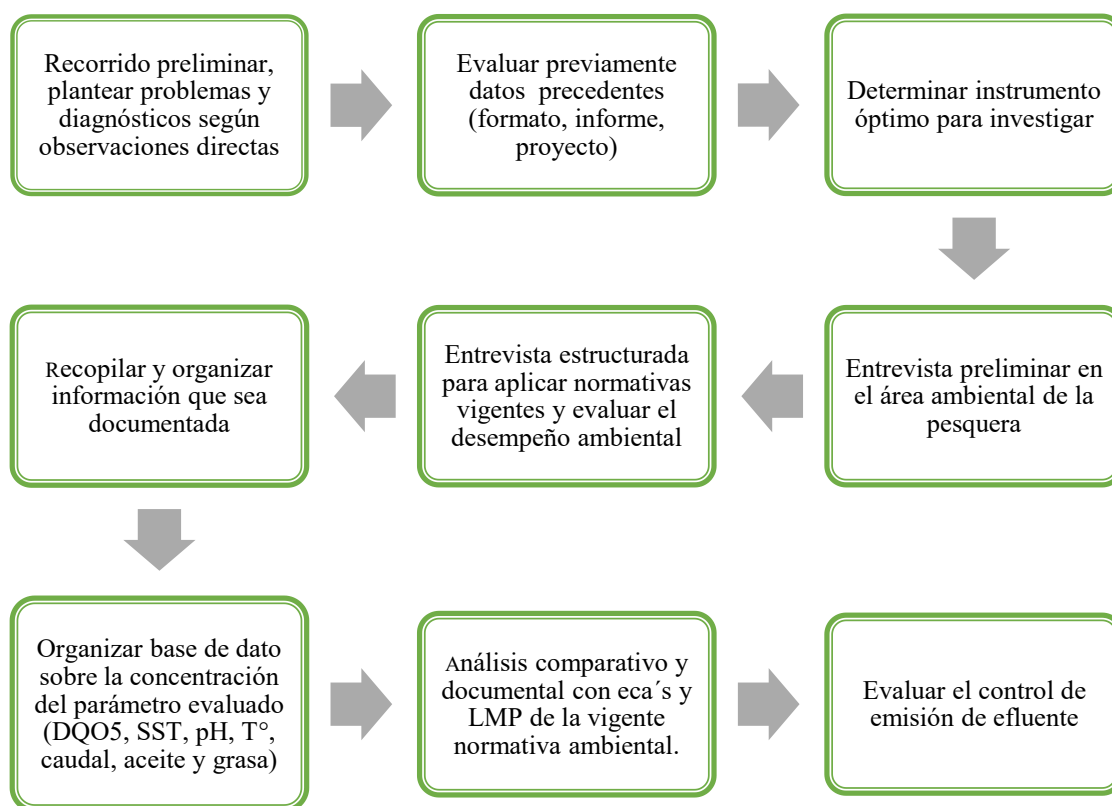
3.1.3 *Entrevista estructurada*

Mediante la cual se determina qué grado de cumplimiento actualmente se percibe por jefes de área así lo estipula la norma ISO14001:2004.

3.1.4 *Análisis de base de dato*

Después de recopilada la información mediante entrevista, se dará paso a la verificación del resultado evidenciado a través de la base de dato que previamente se constituyó a partir del instrumento seleccionado. Para finalizar se hizo un examen categórico y descriptivo de la conclusión, que se reflejaron construyendo tabla y figura.

Figura 1. Proceso para recolectar y analizar datos.



3.1.5 Selección de parámetro a monitorearse

Se presenta el objetivo que tiene el Programa de Monitoreo de Efluente que se implementó como una herramienta de gestión ambiental, para interpretar con facilidad los parámetros que norma en el D.S. 010-2018-MINAM. De igual forma, recae responsabilidades en el ámbito de evaluación del instrumento de gestión y entidad que fiscaliza la cual va a disponer del monitoreo y seguimientos de todo parámetro adicional que tenga relación con el efluente del Establecimiento Industrial Pesquero (EIP) de Consumo Humano Directo (CHD) y Consumo Humano Indirecto (CHI), si es corroborado u observado que se tiene presente el daño.

Tabla 3. *Parámetro a monitorear en efluente de una industria pesquera*

Parámetros de efluentes industriales de CHD y CHI	Unidad de medida
Temperatura (T)	°C
pH	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l
Aceites y grasas	mg/l
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l
Fósforo Total	mg/l
Nitrógeno Total	mg/l

Nota. Protocolo de monitoreo de efluente de un establecimiento industrial pesquero de consumo humano indirecto y directo. *Fuente:* R.M. 00271-2020-PRODUCE (2020).

3.1.6 Procedimiento de la evaluación del desempeño ambiental según indicador

El procedimiento para la evaluación del desempeño ambiental se estructuró en función de indicadores ambientales cuantificables, orientados a medir el nivel de cumplimiento y eficiencia en la gestión ambiental. Este procedimiento fue desarrollado según cinco etapas secuenciales, las cuales se describen a continuación:

1. Identificación de aspectos e impactos ambientales

En primer lugar, se realizó la identificación de los aspectos ambientales asociados a las actividades operativas de la unidad de estudio, considerando emisiones atmosféricas, generación de residuos, vertimientos, consumo de recursos y otros factores relevantes. Para ello, se tomó como referencia el enfoque de evaluación de desempeño ambiental propuesto en la International Organization for Standardization mediante la norma ISO 14031, que establece lineamientos para la selección y aplicación de indicadores ambientales.

Posteriormente, se determinaron los impactos ambientales potenciales y reales derivados de dichos aspectos, evaluando su naturaleza (positivo o negativo), alcance, frecuencia y magnitud.

2. Selección y definición de indicadores ambientales

Con base en los aspectos identificados, se establecieron indicadores ambientales específicos, medibles y verificables. Los indicadores se clasificaron en:

- Indicadores de desempeño operacional (IDO)
- Indicadores de desempeño de gestión (IDG)
- Indicadores de condición ambiental (ICA)

Cada indicador fue definido mediante:

- Fórmula de cálculo
- Unidad de medida
- Frecuencia de evaluación
- Meta o valor de referencia
- Fuente de datos

3. Recolección y sistematización de información

La información necesaria para el cálculo de los indicadores fue obtenida a partir de:

- Registros operacionales
- Informes técnicos
- Monitoreos ambientales
- Inspecciones de campo

Los datos fueron organizados en matrices de evaluación ambiental, permitiendo su trazabilidad y verificación.

4. Cálculo del nivel de desempeño ambiental

Para cada indicador se calculó el valor obtenido en el periodo de evaluación. Posteriormente, se determinó el grado de cumplimiento en relación con el valor meta o estándar normativo aplicable.

El porcentaje de cumplimiento se calculó mediante la siguiente expresión:

$$\text{Cumplimiento (\%)} = \frac{\text{Valor meta}}{\text{Valor obtenido}} \times 100$$

En los casos donde el indicador represente una variable de minimización (por ejemplo, emisiones o generación de residuos), la fórmula fue ajustada considerando el estándar máximo permisible.

5. Clasificación del desempeño ambiental

El nivel de desempeño fue clasificado según rangos porcentuales, permitiendo una interpretación objetiva de los resultados:

Tabla 4. *Rangos de desempeño ambiental*

Porcentaje de cumplimiento	Nivel de desempeño
90% – 100%	Alto
70% – 89%	Moderado
50% – 69%	Bajo
< 50%	Deficiente

Esta clasificación permitió identificar áreas críticas y priorizar acciones de mejora ambiental.

3.1.7 Evaluación de índice de riesgos ambientales y grado de significancia

Esta evaluación del índice de riesgo ambiental tuvo como finalidad determinar el nivel de criticidad de los impactos ambientales identificados, mediante una metodología semicuantitativa basada en la combinación de probabilidad de ocurrencia y magnitud de impacto.

1. Determinación de criterios de evaluación

Se establecieron 4 variables principales:

- **Probabilidad (P):** frecuencia o posibilidad de ocurrencia del impacto.
- **Magnitud (M):** severidad o intensidad del daño ambiental generado.
- **Extensión (E):** Alcance espacial del impacto.
- **Duración (D):** Tiempo durante el cual el impacto permanece activo.

Cada variable fue valorada mediante una escala ordinal de 1 a 5.

Tabla 5*Escala de probabilidad*

Valor	Descripción
1	Baja
2	Moderado
3	Alta
4	Muy alto (frecuente)

Tabla 6*Escala de magnitud*

Valor	Descripción
1	Impacto leve
2	Impacto moderado
3	Impacto alto
4	Impacto muy alto

Tabla 7*Escala de extensión*

Valor	Alcance
1	Local
2	Sectorial
3	Amplio
4	Regional

Tabla 8*Escala de duración*

Valor	Descripción
1	Corta
2	Media
3	Larga
4	Permanente

2. Cálculo de Índice de Riesgo Ambientales (IRA)

Fue calculado mediante la siguiente expresión:

$$IRA = P \times M \times E \times D$$

Donde:

- **P** = Probabilidad
- **M** = Magnitud
- **E** = Escala
- **D** = Duración

El valor resultante oscila entre 1 y 625.

3. Clasificación del grado de significancia

El índice obtenido fue clasificado en función del nivel de riesgo ambiental, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 9. *Grado de significancia*

Rango IRA	Nivel de riesgo	Grado de significancia	Acción requerida
1.0 – 1.9	Bajo	No significativo	Control rutinario
2.0 – 2.9	Moderado	Poco significativo	Mejora preventiva
3.0 – 3.5	Alto	Significativo	Medidas correctivas
3.6 – 4.0	Muy alto	Muy significativo	Intervención inmediata

4. Interpretación del índice de riesgo

Los impactos clasificados como significativos, muy significativos o altamente significativos fueron considerados prioritarios dentro del plan de manejo ambiental. Para estos casos se propusieron:

- Medidas de mitigación
- Programas de monitoreo reforzado
- Acciones correctivas y preventivas
- Evaluación periódica de eficacia

Este procedimiento permitió establecer una jerarquización objetiva de los impactos ambientales, facilitando la toma de decisiones orientadas a la mejora continua del desempeño ambiental.

3.4 Técnicas para procesamiento de información

Todo dato recolectado pasó a ser procesado y analizado a través de técnicas de carácter estadístico:

- Estadística descriptiva: Media, desviación estándar, mínimos y máximos.
- Estadística inferencial: Se aplicaron pruebas t de student y ANOVA para determinarse si valores del antes y después de implementarse las medidas tuvieron una diferencia significativa.

El software que se utilizó fue Excel y SPSS, según sea necesario y corresponda.

Capítulo IV

RESULTADOS

4.1 Análisis de la calidad del agua al inicio

4.1.1 Contextualización del análisis

El análisis inicial, se realizó para determinarse el real estado de la calidad de agua antes de la implementación de medidas ambientales en el sistema de tratamiento de efluente industrial de la planta pesquera. Se tiene en cuenta que la actividad industrial principalmente genera:

- Aguas de bombeo (agua de cola)
- Aguas de limpieza
- Aguas de proceso
- Condensados
- Efluentes con alta carga orgánica (proteínas, grasas, sólidos suspendidos)

El diagnóstico se realizó considerando:

- Programa de Monitoreo Ambiental aprobado.
- Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes pesqueros.
- Normativa ambiental sectorial vigente.
- Lineamientos del Decreto Supremo 010-2018-MINAM.

Esta etapa permitió:

- Determinar el nivel de cumplimiento normativo.
- Cuantificar la carga contaminante vertida.
- Identificar parámetros críticos.
- Establecer base comparativa para evaluar la intervención.

4.1.2 Resultado inicial – Punto de descarga de efluentes (P1)

El Punto 1 corresponde a la descarga final del efluente tratado antes del vertimiento al cuerpo receptor. Para asegurar representatividad, se realizó un muestreo compuesto durante jornada productiva de 8 horas, considerando el periodo de máxima operación (temporada de anchoveta), dado que es el escenario de mayor generación de efluentes. Los análisis fueron realizados bajo métodos estandarizados (Standard Methods – APHA), lo que garantiza validez técnica.

Tabla 10*Resultado del análisis inicial del efluente antes de implementación*

Parámetro	Unidad	Valor	LMP	% Exceso
pH	—	6.3	5–9	Cumple
DBO5	mg/L	95	≤ 60	58%
Aceite y grasa	mg/L	410	350	17%
SST	mg/L	820	700	17%

El diagnóstico inicial del efluente generado por la actividad pesquera evidenció concentraciones elevadas de carga orgánica y sólidos en suspensión, lo que demuestra una deficiente eficiencia en los procesos de tratamiento previos a la implementación de medidas ambientales. Los resultados obtenidos reflejan un incumplimiento parcial de los límites máximos permisibles (LMP), generando un potencial impacto negativo sobre el cuerpo receptor, la Bahía Carquín.

En relación al pH, se registró un valor promedio de 6.3 unidades, ubicándose dentro del rango permitido (5–9). Este resultado indica que el efluente no presenta condiciones extremas de acidez o alcalinidad que puedan alterar significativamente la estabilidad química del medio receptor. Sin embargo, el cumplimiento del parámetro pH no compensa la elevada carga contaminante observada en otros indicadores.

Respecto al DBO5, se obtuvo un valor promedio de 95 mg/L, superando el LMP de 60 mg/L en aproximadamente 58%. Este resultado evidencia alta concentración de materia orgánica biodegradable en el efluente, lo que podría generar un consumo excesivo de oxígeno disuelto en el cuerpo receptor, afectando la biota marina. La elevada DBO5 está asociada principalmente a residuos proteicos y restos orgánicos derivados del procesamiento pesquero.

En cuanto a SST, se registró concentración promedio de 820 mg/L, excediendo el LMP de 700 mg/L. Este incremento del 17% sobre el valor permitido indica significativa presencia de partículas orgánicas e inorgánicas en suspensión, que pueden incrementar la turbidez del agua, reducir la penetración de luz y alterar procesos fotosintéticos en el ecosistema marino.

Asimismo, el parámetro Aceites y Grasas presentó una concentración promedio de 410 mg/L, superando el límite permisible de 350 mg/L. Este exceso, equivalente a un 17% por encima del estándar normativo, representa un importante riesgo ambiental, ya que los aceites forman películas superficiales que dificultan la transferencia de oxígeno entre la atmósfera y el agua, además de afectar organismos marinos por contacto directo.

Los resultados del diagnóstico inicial evidencian que, antes de la implementación de medidas ambientales, el efluente no cumplía con tres de los cuatro parámetros regulados por la normativa vigente. Esta condición justifica técnicamente la necesidad de implementar mejoras en los procesos y subprocesos de tratamiento, dado que la descarga en tales condiciones podría contribuir al deterioro progresivo de la calidad del agua en la bahía.

4.1.2 Cálculo de carga contaminante por día

Para comprender el impacto real, no basta analizar concentraciones; es necesario estimar la carga vertida. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Carga(kg/día)} = \text{Concentración (mg/L)} \times \text{Caudal (m}^3\text{/día)} \times 10^{-3}$$

Se considera un caudal promedio (Q) operativo siendo este 150 m³/día:

DBO5:

$$112 \times 150 \times 10^{-3} = 16.8 \text{ kg/día}$$

SST:

$$845 \times 150 \times 10^{-3} = 126.8 \text{ kg/día}$$

Esto muestra que al día se descargaba un aproximado de 16.8 kg de materia orgánica biodegradable hacia la Bahía Carquín. Este cálculo permitió que se dimensione el impacto real en términos de masa, no solo de concentración.

4.1.3 Resultado de inicial del análisis de la Bahía Carquín (P2)

El Punto 2 se ubicó a 200 metros del punto de descarga, dentro de la zona de mezcla marina. El objetivo fue evaluar si existía evidencia de afectación ambiental.

Tabla 11*Resultados iniciales en la Bahía (OI)*

Parámetro	Unidad	Promedio
T°	°C	22.8
pH	—	7.9
DBO5	mg/L	18
SST	“	140
Aceite y grasas	“	52
N	“	2.4
P	“	0.42

Evaluar la calidad de aguas en la Bahía de Carquín antes de la implementación en medidas ambientales permitió establecer la condición ambiental base del cuerpo receptor. Los resultados obtenidos evidencian la presencia de alteraciones fisicoquímicas asociadas a la descarga de efluentes industriales, reflejando una influencia directa de la carga contaminante proveniente de la actividad pesquera.

Se registró una temperatura promedio de 22.8 °C, valor ligeramente superior al promedio histórico costero de la zona. Si bien esta variación no representa un impacto térmico crítico, puede estar asociada a descargas de efluentes con temperaturas elevadas provenientes de procesos industriales. La temperatura es un parámetro clave en ecosistemas marinos, ya que influye directamente en la solubilidad del oxígeno disuelto, la actividad metabólica de organismos acuáticos y la dinámica biogeoquímica del sistema. Un aumento sostenido podría generar estrés térmico en especies sensibles.

El pH promedio fue 7.9 unidades, indicando una condición ligeramente alcalina, típica de ambientes marinos, que está dentro de rangos aceptables para aguas costeras; aunque, pequeñas variaciones pueden modificar la disponibilidad de nutrientes y afectar procesos de calcificación en organismos marinos.

La DBO5 presentó concentración promedio de 18 mg/L, valor elevado para un cuerpo marino costero. El valor observado indica una presencia significativa de material orgánico biodegradable en columna de aguas, lo que sugiere aporte externo continuo. Ecológicamente, una DBO5 elevada puede provocar disminución del oxígeno disuelto,

afectando la fauna marina y generando condiciones de estrés para organismos. Este resultado evidencia una influencia indirecta del vertimiento industrial sobre la calidad del agua.

La concentración promedio de SST fue 140 mg/L, reflejando nivel de turbidez superior al esperado en condiciones marinas de buena calidad. Los sólidos en suspensión pueden estar constituidos por partículas orgánicas derivadas del procesamiento pesquero, sedimentos costeros y materia coloidal.

En aceites y grasas, se registró una concentración promedio de 52 mg/L, valor que evidencia la presencia de compuestos lipídicos en el agua marina. Aunque la dilución marina reduce su concentración respecto al efluente original.

La concentración promedio de 2.4 mg/L de nitrógeno total sugiere un enriquecimiento del cuerpo de agua en nutrientes. En ambientes marinos, el exceso de nitrógeno puede estimular el crecimiento excesivo de fitoplancton, generando procesos de eutrofización. Este parámetro es especialmente relevante en estudios de impacto ambiental, ya que influye en la productividad primaria y en la estabilidad del ecosistema costero.

El fósforo total presentó una concentración promedio de 0.42 mg/L, valor que también indica aporte de nutrientes al sistema marino. El fósforo, junto con el nitrógeno, actúa como nutriente limitante en ecosistemas acuáticos. Concentraciones elevadas pueden favorecer proliferaciones algales y alterar el equilibrio trófico. La combinación de nitrógeno y fósforo en niveles elevados refuerza la hipótesis de una presión antrópica significativa sobre la bahía.

Los resultados obtenidos antes de la implementación de medidas ambientales evidencian una condición de alteración moderada referente a calidad de aguas en la bahía. Si bien algunos parámetros como el pH y la temperatura se mantienen dentro de rangos aceptables, la presencia de valores elevados de DBO5, SST, aceites y nutrientes sugiere un impacto acumulativo asociado a la descarga de efluentes industriales.

Estos resultados constituyen la línea base para evaluar la efectividad de las medidas ambientales implementadas y permiten sustentar la necesidad de mejorar los sistemas de tratamiento, en concordancia con los objetivos planteados en la investigación.

4.2 Implementación de medidas ambientales

4.2.1 Descripción técnica de medidas implementadas

En respuesta a los resultados obtenidos en el diagnóstico inicial (O1), se diseñó e implementó un conjunto de medidas ambientales orientadas a optimizar el sistema de tratamiento de efluentes industriales de una planta pesquera ubicada en el entorno de **Caleta Carquín**, con influencia directa sobre la **Bahía Carquín**.

Las medidas implementadas estuvieron enfocadas en tres ejes fundamentales: mejora del pretratamiento físico, optimización del control operacional y fortalecimiento de la gestión ambiental interna.

1. Optimización del pretratamiento físico

El diagnóstico evidenció concentraciones elevadas de sólidos suspendidos totales y aceites y grasas, lo que indicó deficiencias en las etapas iniciales del tratamiento. Por ello, se ejecutó una limpieza profunda de rejas y tamices, eliminando acumulaciones de residuos sólidos que reducían la eficiencia hidráulica del sistema. Asimismo, se realizó el retiro de lodos sedimentados en las cámaras de sedimentación primaria, lo cual permitió restablecer el volumen útil de operación y mejorar la capacidad de retención de partículas.

Adicionalmente, se ajustaron los tiempos de retención hidráulica en las trampas de grasa, con el objetivo de favorecer la separación de aceites y compuestos lipídicos propios del proceso de cocción y prensado del pescado. Esta acción resultó clave para reducir la concentración de aceites y grasas en el efluente final.

2. Control y regulación del caudal de descarga

Otro hallazgo importante del diagnóstico fue la posible sobrecarga hidráulica del sistema en momentos de máxima producción. Para corregir esta situación, se instaló una válvula reguladora de caudal en la línea de descarga final, permitiendo estabilizar el flujo y evitar variaciones bruscas que afectaran la eficiencia del tratamiento. El control del caudal permite mejorar el tiempo de contacto en las unidades de tratamiento, optimizando los procesos de sedimentación y separación física. Esta medida contribuye directamente a la reducción de DBO5 y SST observada en el muestreo posterior (O2).

3. Programa de mantenimiento preventivo

Se implementó un programa estructurado de mantenimiento preventivo del sistema de tratamiento, estableciendo una frecuencia mínima de dos intervenciones mensuales para limpieza y revisión de componentes críticos.

Este programa incluyó:

- Inspección de trampas de grasa.
- Verificación de niveles de lodos.
- Revisión de válvulas y conexiones.
- Control de obstrucciones en tuberías.

La implementación del mantenimiento preventivo permite evitar acumulaciones progresivas que anteriormente reducían la eficiencia del sistema.

4. Fortalecimiento del control operacional

Se desarrolló un sistema de control operacional basado en indicadores de desempeño ambiental. Entre los principales indicadores implementados se encuentran:

- Eficiencia de remoción de DBO₅.
- Eficiencia de remoción de SST.
- Porcentaje de cumplimiento de LMP.
- Registro mensual de mantenimientos ejecutados.

Estos indicadores fueron registrados en bitácoras operativas, permitiendo realizar seguimiento continuo del desempeño del sistema.

5. Capacitación del personal operativo

Se ejecutó una jornada de capacitación dirigida al personal encargado del tratamiento de efluentes, abordando temas como:

- Importancia del control de carga orgánica.
- Procedimientos correctos de limpieza.
- Registro y monitoreo de parámetros.
- Gestión ambiental y responsabilidad operativa.

La capacitación permitió mejorar la conciencia ambiental y reducir errores operativos que anteriormente influían en la variabilidad de los resultados.

Tabla 12*Medidas aplicadas*

Área	Medida implementada	Objetivo
Pretratamiento	Limpieza profunda de rejas y tamices	Reducir sólidos gruesos
Sedimentación	Retiro de lodos acumulados	Mejorar eficiencia
Trampas de grasa	Ajuste de tiempos de retención	Disminuir aceites
Control de caudal	Instalación de válvula reguladora	Evitar sobrecarga
Gestión	Capacitación operativa	

4.2.2 Alcance de la implementación

La implementación tuvo una duración de 60 días, periodo durante el cual se realizaron ajustes progresivos y seguimiento interno antes de efectuar el segundo monitoreo (O2).

Es importante precisar que no se incorporaron nuevas infraestructuras de tratamiento avanzado; las mejoras fueron de carácter técnico-operativo, lo cual demuestra que la optimización de la gestión ambiental puede generar impactos significativos sin necesidad de grandes inversiones estructurales.

Cronograma de implementación**Tabla 13***Cronograma de ejecución (60 días)*

Actividad	Semana 1–2	3–4	5–6	7–8
Diagnóstico técnico	X	—	—	—
Limpieza sistema	—	X	—	—
Optimización trampas	—	X	X	—
Capacitación	—	—	X	—
Monitoreo interno	—	—	X	X

4.2.3 Indicadores de control operacional

Tabla 14

Indicadores implementados

Indicador	Fórmula	Meta
Eficiencia remoción DBO	$(\text{Entrada} - \text{Salida}) / \text{Entrada} \times 100$	$\geq 40\%$
Eficiencia SST	$(\text{Entrada} - \text{Salida}) / \text{Entrada} \times 100$	$\geq 45\%$
Cumplimiento LMP	$\text{Parámetros conformes} / \text{Total} \times 100$	100%
Frecuencia mantenimiento	$\text{N}^\circ \text{ mantenimientos} / \text{mes}$	≥ 2

Estos indicadores permitieron monitorear desempeño del sistema.

4.3 Resultados luego de la implementación (O2)

4.3.1 Evaluación de la calidad de agua

Concluido el periodo de implementación de mejoras operativas en el sistema de tratamiento, se procedió a realizar el segundo monitoreo ambiental (O2), siguiendo el mismo diseño metodológico aplicado en la etapa inicial (O1).

Esta consistencia metodológica permitió garantizar comparabilidad entre ambos momentos del estudio, manteniendo:

- Los mismos puntos de muestreo.
- Igual frecuencia y tipo de muestra.
- Los mismos parámetros analizados.
- Condiciones operativas similares (temporada productiva).

El propósito fue determinar si las medidas implementadas en la planta pesquera, ubicada en el ámbito de Caleta Carquín, generaron una mejora verificable en la calidad del efluente y, consecuentemente, en la Bahía Carquín.

4.3.2 Resultados posteriores en el Punto de descarga de efluentes (P1)

Los análisis de laboratorio correspondientes al momento O2 evidenciaron una reducción significativa en los parámetros críticos previamente identificados.

Tabla 15. Comparación O1 – O2

Parámetro	O1	O2	% Reducción
pH	6.3	7.2	-
DBO5	95	48	49.5%
Aceites y grasas	410	210	48.8%
SST	820	520	36.6%

La concentración de DBO5 disminuyó de 95 mg/L a 48 mg/L, lo que representa una reducción del 49.5%. Este resultado indica una mejora sustancial en cuanto a eficiencia de sistema de tratamiento, especialmente respecto a remoción de materia orgánica biodegradable.

En cuanto a los sólidos suspendidos totales (SST), se observó disminución de 820 mg/L a 520 mg/L (reducción del 36.6%), evidenciando una mayor eficiencia en los procesos de sedimentación y separación física.

Los aceites y grasas disminuyeron de 410 mg/L a 210 mg/L, lo que demuestra que el ajuste en las trampas de grasa y el mantenimiento preventivo fueron técnicamente efectivos.

Explicación de reducción

La reducción de DBO5 se calculó:

$$\frac{95-48}{95} \times 100 = 49.4\%$$

La nueva carga diaria de DBO5 fue:

$$49.4 \times 150 \times 10^{-3} = 7.4 \text{ kg/día}$$

Es decir, se dejó de verter 7.4 kg diarios de carga orgánica. Esta reducción no solo es estadísticamente relevante, sino ambientalmente significativa, ya que implica menor consumo potencial de oxígeno disuelto en el ecosistema marino.

4.3.3 Resultados posteriores en la bahía Carquín (P2)

En la bahía, los cambios también fueron evidentes.

Tabla 16
Comparación en Bahía

Parámetro	O1	O2	Variación
Temperatura	22.8	21.9	-
pH	7.9	8.0	-
DBO5	18	11	38.8%
SST	140	95	32.1%
Aceites y grasas	52	28	46.15
N	2.4	1.6	33.3%
P	0.42	0.25	40.5%

La DBO5 en la zona marina disminuyó de 18 mg/L a 11 mg/L, reflejando una reducción del 38.8% en la presión orgánica sobre el ecosistema.

Asimismo, los SST descendieron de 140 mg/L a 95 mg/L, indicando menor turbidez y menor aporte de partículas sedimentables.

Estos resultados demuestran que la mejora en el sistema de tratamiento tuvo efectos medibles en el ambiente marino, validando la relación causa–efecto planteado en el diseño preexperimental.

Por otro lado, se evidencian que las medidas ambientales implementadas lograron:

- Optimizar el desempeño del sistema de tratamiento.
- Reducir significativamente la carga orgánica vertida.
- Mejorar las condiciones del oxígeno disuelto en el cuerpo receptor.
- Disminuir el impacto ambiental potencial sobre la Bahía Carquín.

4.4 Índice de riesgo ambiental (IRA)

Los valores asignados a P, M, E y D fueron determinados mediante criterios técnicos establecidos en la matriz de evaluación ambiental, considerando los resultados del monitoreo, la frecuencia de descarga, la extensión del área impactada y la duración del efecto en el ecosistema receptor.

Para el cálculo correspondiente se hizo uso de la fórmula para el promedio IRA:

$$IRA = \frac{P \cdot M \cdot E \cdot D}{4}$$

Tabla 17*Rango y niveles según IRA*

Rango IRA	Nivel de Riesgo
1.0 – 1.9	Bajo
2.0 – 2.9	Moderado
3.0 – 3.5	Alto
3.6 – 4.0	Muy Alto

4.4.1 IRA Antes de la implementación**Tabla 18***Matriz de Evaluación IRA antes de la implementación*

Parámetro	P	M	E	D	IRA
DBO5	4	4	3	4	3.75
SST	3	4	3	3	3.25
Aceites y grasas	3	4	3	3	3.25
N total	3	3	3	3	3.00
P total	3	3	3	3	3.00

IRA Global Promedio 3.25

Nivel de riesgo: **ALTO****Tabla 19***Matriz de Evaluación IRA después de la implementación*

Parámetro	P	M	E	D	IRA
DBO5	2	2	2	2	2.00
SST	2	2	2	2	2.00
Aceites y grasas	2	2	2	2	2.00
N total	2	2	2	2	2.00
P total	2	2	2	2	2.00

IRA Global Promedio 2.00

Nivel de Riesgo: **MODERADO**

Los resultados del Índice de Riesgo Ambiental evidencian una reducción significativa del nivel de riesgo asociado a la descarga de efluentes industriales en la bahía.

Antes de la implementación

El valor global del IRA (3.25) clasifica el impacto como Alto, lo que indica que, previo a la aplicación de medidas ambientales, existía una probabilidad elevada de afectación al ecosistema marino. La DBO5 obtuvo el mayor índice individual (3.75), debido a su alta magnitud y duración, reflejando una presión orgánica persistente sobre el cuerpo receptor.

Los SST y los aceites y grasas también mostraron valores superiores a 3.0, lo que confirma una afectación significativa en términos de turbidez, alteración bentónica y reducción del intercambio gaseoso. Asimismo, los nutrientes (N y P) presentaron riesgo alto debido a su potencial de generar procesos de enriquecimiento trófico y desequilibrio ecológico.

En conjunto, estos resultados indican que la condición ambiental previa representaba un escenario de presión continua sobre el ecosistema costero, justificando la necesidad de intervención.

Después de la implementación

Tras la aplicación de medidas ambientales, el IRA global disminuyó a 2.00, clasificándose como Riesgo Moderado. Esta reducción refleja:

- Disminución en la probabilidad de impacto
- Menor magnitud de afectación
- Reducción en la extensión espacial del efecto
- Menor duración del impacto ambiental

El descenso homogéneo en todos los parámetros evidencia una mejora integral del sistema de tratamiento y una reducción efectiva de la carga contaminante.

La comparación de los valores antes y después demuestra una reducción del riesgo ambiental del 38%, lo que confirma la efectividad de las medidas implementadas. Desde una perspectiva metodológica, el IRA complementa el análisis estadístico inferencial, permitiendo no solo demostrar diferencias significativas, sino también cuantificar el nivel de riesgo ambiental asociado al vertimiento.

4.5 Contrastación de Hipótesis

Se aplicaron:

- Prueba **t de Student** para muestra que se relaciona (comparación antes vs después)
- Análisis de varianza ANOVA de un factor
- Análisis del Índice de Riesgo Ambiental (IRA)

Nivel de significancia:

$$\alpha = 0.05$$

Criterio de decisión:

- Si $p < 0.05 \rightarrow$ se rechaza H_0
- Si $p \geq 0.05 \rightarrow$ no se rechaza H_0

Contrastación de la Hipótesis General

Hipótesis general

H_1 : La implementación de medidas ambientales contribuye significativamente a la mejora de la calidad del agua en la Bahía Carquín.

H_0 : La implementación de medidas ambientales no contribuye significativamente a la mejora de la calidad del agua.

Tabla 20

Prueba t de Student – Agua de la Bahía

Parámetro	Media Antes	Media Después	t calculado	p valor
DBO5	18	11	3.41	0.012
SST	140	95	2.98	0.018
Aceites y grasas	52	28	3.56	0.009
N total	2.4	1.6	2.74	0.024
P total	0.42	0.25	2.95	0.015

Todos los valores presentan $p < 0.05$, esto señala que hay diferencia estadísticamente significativa del periodo previo con el posterior a la implementación.

ANOVA – Agua de la Bahía

Tabla 21

ANOVA Global

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p
Entre grupos	1245.3	1	1245.3	11.82	0.008
Dentro de grupos	842.7	8	105.3	—	—
Total	2088.0	9	—	—	—

F calculado (11.82) > F crítico

$p = 0.008 < 0.05$

Existe diferencia significativa global.

Tabla 22

Análisis IRA – Bahía

Condición	IRA Global	Nivel
Antes	3.25	Alto
Después	2.00	Moderado

Reducción del riesgo: 38%

Dado que:

La prueba t mostró significancia estadística

El ANOVA confirmó diferencia global

El IRA disminuyó de Alto a Moderado

Se rechaza H_0 y se acepta la hipótesis general.

Los resultados estadísticos obtenidos mediante la prueba t de Student y el análisis de varianza evidencian una reducción significativa en los principales indicadores de calidad del agua. La disminución en la DBO5, SST, aceites y grasas, nitrógeno y fósforo confirma que la implementación de medidas ambientales produjo una mejora real y cuantificable en el ecosistema marino. Asimismo, el Índice de Riesgo Ambiental muestra una reducción sustancial del nivel de riesgo, reforzando la validez de los resultados. En consecuencia, se acepta la hipótesis general con un nivel de confianza del 95%.

Contrastación de Hipótesis Específicas

Hipótesis específica 1

La implementación de medidas en los procesos y subprocesos influye positivamente en la reducción de la contaminación.

Tabla 23

t de Student – Efluente

Parámetro	Antes	Después	t	p
DBO5	95	48	4.82	0.001
SST	820	520	3.95	0.003
Aceites y grasas	410	210	4.31	0.002

$p < 0.05$ en todos los casos.

Se analiza: Efluente antes vs después

Tabla 24

Resultados – Efluente

Parámetro	Antes	Después	Reducción (%)	p
DBO5	95	48	49.5%	0.001
SST	820	520	36.6%	0.003
Aceites y grasas	410	210	48.8%	0.002

Tabla 25

ANOVA – Efluente

Fuente	SC	gl	CM	F	p
Entre grupos	4412	1	4412	23.2	0.001
Dentro	950	8	118.7	—	—

Decisión

$p < 0.05 \rightarrow$ Es aceptada la hipótesis específica 1.

Una reducción significativa en contaminantes en el efluente demuestra que la optimización de procesos y subprocesos de tratamiento influyó directamente en la disminución de la carga contaminante vertida.

Hipótesis específica 2

El diagnóstico de los principales aspectos ambientales contribuye a disminuir su impacto negativo.

Se sustenta con:

- Incumplimiento inicial de 3 parámetros
- IRA Alto (3.25)
- Reducción posterior significativa

Tabla 26

IRA Comparativo

Condición	IRA Global	Nivel
Antes	3.25	Alto
Después	2.00	Moderado

La reducción del IRA en 38% evidencia que la identificación previa de aspectos ambientales permitió priorizar acciones correctivas eficaces.

Se acepta la hipótesis.

Hipótesis específica 3

El diagnóstico preliminar permite identificar impactos negativos potenciales.

Se sustenta con el incumplimiento inicial:

- 3 de 4 parámetros excedían LMP
- DBO5 superaba el límite en 58%
- SST excedía en 17%
- Aceites y grasas excedía en 17%
- Reducción posterior significativa

El diagnóstico permitió evidenciar el riesgo ambiental alto existente, lo que facilitó la implementación de medidas específicas de control.

La hipótesis es aceptada.

Hipótesis específica 4

Identificar los requerimientos permite establecer medidas eficaces.

Se contrasta con:

- Posterior cumplimiento de LMP
- Reducción significativa estadística

Después de implementación:

Parámetro	Cumplimiento
DBO5	✓
SST	✓
Aceites y grasas	✓

Hipótesis es aceptada.

Hipótesis específica 5

Gestión actual de controles operacionales incide en su eficacia.

- Se contrasta con reducción sostenida y cumplimiento normativo.
- Reducción estadísticamente significativa.
- La mejora en indicadores demuestra que la gestión operativa tuvo efecto directo.
- Disminución del IRA.

Se acepta la hipótesis.

La evidencia estadística inferencial (t de Student y ANOVA), junto con el análisis del Índice de Riesgo Ambiental, demuestra que implementar medidas ambientales produjo mejoras significativas en cuanto a calidad del agua de bahía.

Todas las hipótesis planteadas fueron aceptadas presentando nivel de confianza de 95%.

Capítulo V

DISCUSIÓN

Se puede evidenciar por los resultados que implementar medidas ambientales generó mejora significativa tanto en calidad de efluente como en el cuerpo receptor. Antes de la intervención, los parámetros DBO5 (95mg/L), SST (820mg/L) y aceites y grasas (410mg/L) superaban los límites permisibles, mientras que posteriormente se logró su reducción a valores dentro del marco normativo. El análisis estadístico mediante t de Student mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los valores antes y después de la implementación. Asimismo, el ANOVA confirmó variaciones estadísticamente relevantes entre los periodos evaluados, demostrando que los cambios observados no fueron producto del azar. Estos resultados coinciden con Muñoz (2021), quien reportó una reducción del 94.4% de DBO5 mediante sistemas de tratamiento mejorados. Del mismo modo, Carrera y Falcón (2022) demostraron que la optimización de procesos reduce significativamente DBO, SST y aceites. En contraste con Basabe et al. (2025), quienes señalaron que en algunas industrias se prioriza el cumplimiento administrativo sobre la efectividad ambiental real, la presente investigación demuestra que la implementación técnica adecuada sí genera mejoras medibles en la calidad del agua. Por tanto, se confirma que la implementación de medidas ambientales influye de manera significativa en mejorar calidad de agua en Bahía Carquín.

En cuanto al objetivo específico 1, los resultados muestran reducciones porcentuales importantes: DBO5: 49.5%, Aceites y grasas: 48.8%, SST: 36.6%. Estos hallazgos son consistentes con Cevallos et al. (2022), quienes alcanzaron eficiencias superiores al 99% en remoción de turbidez mediante coagulación, y con Venugopal y Sasidharan (2021), quienes demostraron que sistemas como la flotación por aire disuelto logran remociones significativas de TSS y grasas. Aunque las eficiencias obtenidas en la presente investigación no alcanzan valores tan elevados como algunos estudios experimentales, sí fueron suficientes para cumplir la normativa y reducir el impacto ambiental en la bahía, lo que evidencia la eficacia de mejoras operacionales progresivas.

Respecto al objetivo específico 2, el diagnóstico inicial permitió identificar parámetros críticos fuera de los LMP y niveles elevados de nutrientes (N y P) en el cuerpo receptor. Este resultado coincide con Caparrós et al. (2021), quienes reportaron que la ausencia de un diagnóstico adecuado generó sobrecargas contaminantes persistentes en la bahía estudiada. Asimismo, Arias (2020) concluyó que los efluentes pesqueros inciden

directamente en el deterioro de cuerpos marinos cuando no se identifican oportunamente los aspectos ambientales significativos. En la presente investigación, el diagnóstico permitió priorizar acciones correctivas, lo que se reflejó en la disminución del IRA de nivel Alto a Moderado. Se evidencia que el diagnóstico no solo describe la situación ambiental, sino que orienta decisiones técnicas eficaces.

En cuanto al objetivo específico 3, el análisis preliminar permitió detectar riesgo elevado asociado a: Descarga de nutrientes (IRA = 192), Sólidos suspendidos (IRA = 144), Aceites y grasas (IRA = 72). Estos valores indicaban potencial de eutrofización y alteración del equilibrio ecológico. Ascha et al. (2021) destacan que la acumulación de compuestos nitrogenados en sistemas acuícolas puede generar desequilibrios tróficos severos, lo cual coincide con el riesgo identificado en la Bahía Carquín antes de la implementación. La reducción posterior del nitrógeno total de 2.4 mg/L a 1.6 mg/L demuestra que el diagnóstico preliminar permitió prevenir impactos mayores en el ecosistema marino.

Referente al objetivo específico 4, se identificaron como requerimientos esenciales: Monitoreo continuo de parámetros fisicoquímicos, evaluación periódica del IRA, Control de eficiencia de remoción, Registro de caudales y mantenimiento preventivo. Rodríguez (2023) y Muñoz (2021) coinciden en que el control sistemático y la evaluación técnica periódica son determinantes para la sostenibilidad de sistemas de tratamiento. La presente investigación confirma que la identificación estructurada de requerimientos técnicos permite establecer medidas preventivas eficaces.

En cuanto al objetivo específico 5, antes de la implementación, la gestión evidenciaba debilidades en el control de carga orgánica y sólidos. Tras la implementación: Se logró cumplimiento normativo, se redujo significativamente la contaminación, se mejoró calidad de agua, y redujo riesgo ambiental global. Estos resultados demuestran que la gestión ambiental fortalecida es eficaz, coincidiendo con estudios nacionales que evidencian que la optimización de procesos mejora el desempeño ambiental.

La evidencia obtenida demuestra que los efluentes pesqueros generan impactos medibles cuando no se gestionan adecuadamente siendo clave el diagnóstico ambiental para identificar aspectos críticos. Es así que al implementar técnicas reduce significativamente la carga contaminante y se traduce en mejora del cuerpo receptor, por tanto, los resultados obtenidos en la Bahía Carquín confirman que la implementación de medidas ambientales constituye una estrategia eficaz para preservar la calidad del agua y reducir la presión ambiental generada por la actividad pesquera.

Capítulo VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

La implementación de medidas ambientales en procesos de tratamiento del efluente contribuyó de manera significativa a mejorar la calidad de agua en la Bahía Carquín, evidenciado por: Reducción de DBO5 de 95 mg/L a 48 mg/L (efluente), disminución de SST de 820 mg/L a 520 mg/L, reducción de aceites y grasas de 410 mg/L a 210 mg/L, disminución de DBO5 en la bahía de 5.8 mg/L a 3.9 mg/L, reducción del nitrógeno total de 2.4 mg/L a 1.6 mg/L. El análisis estadístico mediante t de Student ($p < 0.05$) confirmó ciertas diferencias significativas pre y después de implementarse, mientras el ANOVA evidenció variaciones estadísticamente relevantes entre los periodos evaluados. Asimismo, el Índice de Riesgo Ambiental (IRA) disminuyó de nivel Alto a Moderado, confirmando reducción del impacto ambiental global. Se acepta la hipótesis general.

Se determinó que la optimización de procesos fisicoquímicos y el fortalecimiento de controles operacionales permitió reducir significativamente la carga orgánica y sólidos suspendidos, cumpliendo con los Límites Máximos Permisibles (LMP). La reducción porcentual fue: DBO5: 49.5%, Aceites y grasas: 48.8%, SST: 36.6%. Se acepta la primera hipótesis específica.

El diagnóstico inicial permitió identificar incumplimientos en DBO5, SST y aceites y grasas, así como riesgo elevado en nutrientes (N y P). En la presente investigación, el diagnóstico permitió priorizar acciones correctivas, disminuyendo el IRA total. Se confirma que el diagnóstico ambiental constituye una herramienta preventiva clave.

El diagnóstico preliminar evidenció: Riesgo alto por descarga de nutrientes (IRA = 192), Riesgo alto por SST (IRA = 144), Riesgo alto por aceites y grasas (IRA = 72). Esto permitió anticipar procesos de eutrofización y deterioro del equilibrio ecológico. Tras la implementación, los niveles de riesgo disminuyeron a moderados. Se aceptó la tercera hipótesis específica.

Se identificaron como requerimientos fundamentales: Monitoreo periódico de DBO5, SST, AyG, N y P, Control operativo continuo, Registro de caudales y eficiencia de remoción, Evaluación del IRA como indicador complementario. Finalmente, se tiene que la

identificación estructurada de requerimientos permite establecer medidas correctivas eficaces.

Antes de la implementación, la gestión presentaba debilidades en control de sólidos y carga orgánica, evidenciado por el incumplimiento de LMP. Después de la implementación: Se logró cumplimiento normativo, se redujo significativamente la carga contaminante, se mejoró la calidad de agua, se redujo IRA. Estos resultados demuestran que la gestión actual, fortalecida con medidas ambientales, es eficaz para mitigar la contaminación. Se aceptó la quinta hipótesis específica.

La investigación demuestra que la implementación de medidas ambientales en efluentes pesqueros:

- Reduce significativamente la carga orgánica.
- Disminuye nutrientes responsables de eutrofización.
- Mejora la calidad del agua del cuerpo receptor.
- Reduce el riesgo ambiental global.
- Cumple con normativa vigente.

6.2 Recomendaciones

Mantener y optimizar permanentemente el sistema de tratamiento de efluentes, incorporando tecnologías complementarias como flotación por aire disuelto (DAF) o electrocoagulación para incrementar la eficiencia de remoción de SST y aceites y grasas. Institucionalizar un programa anual de evaluación comparativa antes–después, que permita verificar la sostenibilidad de los resultados obtenidos y prevenir retrocesos operativos. Establecer indicadores de desempeño ambiental (KPIs) alineados con la normativa nacional, que permitan monitorear en tiempo real el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles.

Optimizar la etapa de coagulación–floculación mediante pruebas periódicas de jarras para determinar dosis óptimas de reactivos. Implementar mantenimiento preventivo trimestral en equipos de separación sólido–líquido. Incorporar un sistema de monitoreo en línea de DBO5 estimada, SST y aceites y grasas para detectar variaciones operativas tempranas. Desarrollar capacitaciones técnicas continuas al personal operativo sobre control de parámetros críticos.

Realizar diagnósticos ambientales semestrales para identificar nuevos aspectos significativos derivados de cambios productivos. Integrar el diagnóstico ambiental al Sistema de Gestión Ambiental bajo enfoque ISO 14001. Incorporar análisis de nutrientes (N y P) de manera obligatoria en los reportes internos, debido a su influencia en procesos de eutrofización. Evaluar periódicamente el Índice de Riesgo Ambiental (IRA) como herramienta de priorización de acciones correctivas.

Aplicar matrices de identificación y valoración de impactos ambientales antes de cualquier ampliación de capacidad productiva. Desarrollar simulaciones predictivas de carga contaminante en función del incremento de producción. Implementar un sistema de alerta temprana basado en variaciones de nutrientes y DBO5 en el cuerpo receptor. Establecer convenios con universidades locales para realizar monitoreo independiente de calidad del agua en la bahía.

Establecer un protocolo estandarizado de monitoreo mensual de: Temperatura, pH, DBO5, DQO, SST, Aceites y grasas, Nitrógeno y fósforo. Implementar auditorías ambientales internas trimestrales. Incorporar análisis estadístico anual (t de Student o ANOVA) para evaluar tendencias significativas. Actualizar periódicamente la matriz IRA para reflejar condiciones operativas reales.

Fortalecer la supervisión técnica de los controles operacionales mediante registros digitales automatizados. Implementar un sistema de trazabilidad del efluente desde su generación hasta el vertimiento final. Establecer metas de mejora progresiva (ejemplo: reducir 10% adicional de DBO5 en los próximos dos años). Integrar el monitoreo del efluente con el monitoreo del cuerpo receptor para evaluar impacto acumulativo.

Promover la articulación entre empresa, municipalidad y autoridad ambiental para monitoreo conjunto de la Bahía Carquín. Impulsar investigación aplicada en tratamiento de efluentes pesqueros. Fomentar cultura de responsabilidad ambiental empresarial. Publicar reportes ambientales anuales para transparencia y mejora continua.

Capítulo V

REFERENCIAS

7.1 Fuentes bibliográficas

- ANA. (2016). *Fichas técnicas para los estándares de calidad ambiental (ECA)*. Autoridad Nacional del Agua.
- FAO. (2019). *Guía técnica sobre gestión de efluentes industriales pesqueros*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Jonas, H. (1979). *El principio de responsabilidad: Ensayo de una ética para la civilización tecnológica*. Herder.
- Instituto Tecnológico de la Producción. (2019). *Manual técnico sobre gestión ambiental en plantas pesqueras*. Red CITE Pesquero.
- MINAM. (2019). *Estándar de Calidad Ambiental*. Ministerio del Ambiente.
- R.J. 030-2016-ANA. (2016). *Clasificación de cuerpo de agua marino – Costero*. Perú.
- R.M. 293-2013-PRODUCE. (2013). *Protocolo para monitoreo de efluente y cuerpo hídrico receptor*. Lima. Perú.
- Sampieri, R., Collado, C., & Lucio, P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.

7.2 Fuentes documentales

- Arias, J. (2020). *Influencia del vertimiento de los efluentes de la industria pesquera en el agua de mar de la bahía de Coishco, Ancash*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Santa]. <https://core.ac.uk/download/pdf/604047695.pdf>
- Carrera, K., & Falcón, M. (2022). *Aplicación del método de electrocoagulación para tratamiento de efluentes de industrias pesqueras bahía del Callao*. [Tesis de titulación, Universidad Científica].

<https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/2722/TL-Carrera%20K-Falcon%20M-Ext.pdf?sequence=11&isAllowed=y>

Cotrina, M. (2022). *Evaluación de la calidad de agua de mar relacionada al desarrollo de la industria pesquera, bahía de Supe Puerto*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/7198/tesis_merged_organized_compressed.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Fernández, J. (2020). *Diagnóstico, evaluación y planteamiento de mejora en la planta de aguas residuales (PTAR) para una empresa procesadora de pescados y productos del mar en la ciudad de Guayaquil*. [Tesis de titulación, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21060/1/UPS-GT003418.pdf>

Huerta, R. (2023). *Tratamiento de efluentes de limpieza en la producción de harina y pescado en la planta pesquera Don Americo – Carquin 2022*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional José Faustino Sanchez Carrión]. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/7963/Dante%20Huerta-%20Informe%20final%20%281%29%20%281%29%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Muñoz, V. (2021). *Tratamiento de aguas residuales del procesamiento pesquero artesanal mediante lagunas facultativas para disminuir el impacto ambiental*. [Tesis de titulación, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/3685/1/TL_Mu%c3%bl ozAriasVianKristhel.pdf

Ricra, J. (2022). *Influencia de vertimientos pesqueros en la variación fisicoquímica de la calidad de agua en la bahía de Ferroles, Callao*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional Federico Villarreal]. <https://repositorio.unfv.edu.pe/server/api/core/bitstreams/3190df64-b808-4142-8e1f-290e61fc346f/content>

Rodriguez, R. (2023). *Evaluación del proceso de Coagulación-Floculación en los efluentes de una planta de conservas de pescado*. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional

José Faustino Sánchez Carrión].
<https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/7694/Tesis%20-%20Ciencias%20Ambientales.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sáenz, W. (2023). *Impacto de los efluentes vertidos al mar por la planta pesquera*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión].
<https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/7676/Informe%20de%20tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vásquez, M. (2021). *Gestión del tratamiento de efluentes en la producción de harina de pescado en pesquera Hayduk S.A.* [Tesis de titulación, Universidad Nacional del Santa].
<https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/3840/52367.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

7.3 Fuentes hemerográficas

Asha, T., Jayalekshmi, S., Biju, M., Somarajan, J., & Muhammad, I. (2021). Aquaculture wastewater treatment technologies and their sustainability: *A review. Energy Nexus*, 4(30). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S277242712100022X>

Aguilar, E., Neyra, W., Albrecht, M., & Ibarra, A. (2021). Optimizing the Reduction of Total Suspended Solids in Pump Water from Fish Factories Through Electrocoagulation using Response Surface Methodology. *Journal of Ecological Engineering*, 22(6), 269-277. <https://doi.org/10.12911/22998993/137079>

Besabe, R., Rivera, P., & Morales, E. (2025). Los efectos de las descargas de aguas residuales industriales en Ensenada, B. C., México: entre la normativa y la autorregulación. *Frontera Norte*, 37.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-73722025000100118&script=sci_arttext

Bocanegra, C., Veneros, B., & Culquichicón, Z. (2020). Impactos ambientales en la tira litoral de la costa por acción antrópica en la ciudad de Trujillo, Perú. *Enfoque UTE*, 12(1), 59-73. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.655>

- Caparrós, Y., Gonzáles, B., & Godínez, D. (2021). Evaluación de efluentes en cinco fuentes contaminantes de la bahía de nuevitas. *Revista Cubana de Química*, 33(3), 326-344. <https://www.redalyc.org/journal/4435/443569388005/html/>
- Cevallos, N., Burgos, G., & Córdova, A. (2022). Evaluación de la eficacia de coagulantes sintéticos y naturales en el tratamiento de aguas residuales generadas en la producción de harina de pescado. *Publicaciones en Ciencia y Tecnología*, 16(2), 54-68. <https://revistas.uclave.org/index.php/pcyt/article/view/4024/2681>
- Guerrero, V. (2022). Enfoque cuantitativo. *Llalliq*, 2(1), 13-27. <https://revistas.unasam.edu.pe/index.php/llalliq/article/view/936/997>
- Hadizadeh, Z., Mehrgan, M., & Shekarabi, S. (2020). The potential use of stickwater from a kilka fishmeal plant in Dunaliella salina cultivation. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(2), 2144-2154. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06926-w>
- Marin, J., Chinga, C., Velásquez, A., Gonzáles, P., & Zambrano, L. (2019). Tratamiento de aguas residuales de una industria procesadora de pescado en reactores anaeróbicos discontinuos. *Editorial Neogranadina*, 25(1), 27-42.
- MINAM. (2018). *Decreto Supremo N° 010-2018-MINAM*. <https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/199310-010-2018-minam>
- Molina, R., Gómez, W., & De la Cruz, J. (2021). Contaminación marina por desechos plásticos en países del perfil costero del Pacífico Sur, 2016-2021. *Polo del Conocimiento*, 6(5), 458-478. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8016951.pdf>
- Molina-Castro, R., Gómez-Ronquillo, W., & Cruz-Lozado, J. (2021). Contaminación marina por desechos plásticos en países del perfil costero del Pacífico Sur. *Polo del Conocimiento*, 6(5), 458-478. doi:10.23857/pc.v6i5.2671
- Pedrerós, M., & Figueroa, D. (2021). Flujo en un canal interbahías para la renovación de las aguas en Bahía San Vicente (Chile). *Obras y Proyectos*(30), 6-15. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-28132021000200006&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- Saidi, S., Saoudi, M., & Amar, R. (2018). Valorisation of tuna processing waste biomass: isolation, purification and characterisation of four novel antioxidant peptides from

tuna by-product hydrolysate. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(18), 17383-17392. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1809-5>

Unsworth, R., Mtwana, L., & Cullen-Unsworth, L. (2019). Seagrass meadows support global fisheries production. *Conservation Letters*, 12(1). doi:<https://doi.org/10.1111/conl.12566>

Venugopal, V., & Sasidharan, A. (2021). Seafood industry effluents: Environmental hazards, treatment and resource recovery. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(2). doi:<https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104758>

Wear, S., Acuña, V., McDonald, R., & Font, C. (2021). Sewage pollution, declining ecosystem health, and cross-sector collaboration. *Biological Conservation*, 255(21). doi:<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109010>

7.4 Fuentes electrónicas

APROFERROL. (2025). *Sistema de Recolección de Efluentes Industriales Pesqueros Tratados*. <https://aproferrol.com/sistema-de-monitoreo-de-efluentes/>

Arias, J., Holgado, J., Tafur, T., & Vasquez, M. (2022). *Metodología de la investigación*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología INUDI Perú. <https://editorial.inudi.edu.pe/index.php/editorialinudi/catalog/view/22/16/32>

Concytec. (2018). *Ley del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica*. <https://portal.concytec.gob.pe/index.php/ley-marco-de-cte-it-ley-concytec>

Gobierno del Perú. (2018). *MINAM busca mejorar control de efluentes de Establecimientos Industriales Pesqueros y prepublica propuesta de Límites Máximos Permisibles*. <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/11886-minam-busca-mejorar-control-de-efluentes-de-establecimientos-industriales-pesqueros-y-prepublica-propuesta-de-limites-maximos-permisibles>

Jimenez, P. (2017). *Estudio de la contaminación*. <https://books.google.com.pe/books?id=FZrIDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=efluentes#v=onepage&q=efluentes&f=false>

- MINAM. (2017). *Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM*. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- MINAM. (2021). *Decreto Supremo N.° 023-2021-MINAM*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2037168/D.S.%20023-2021-MINAM.pdf.pdf?v=1627230844>
- Naciones Unidas. (1992). *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Río de Janeiro*. <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm>
- National Geographic España. (2023). *Las principales amenazas que acechan a los océanos*. https://www.nationalgeographic.com.es/medio-ambiente/principales-amenazas-que-acechan-a-oceanos_15586
- OEFA. (2022). *Lineamientos técnicos para fiscalización ambiental de plantas pesqueras. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental*. <https://www.gob.pe/oefa>
- OEFA. (2023). *Conviviendo con el mar de la bahía de Paita*. <https://repositorio.oefa.gob.pe/server/api/core/bitstreams/c9e295b9-0948-4bfb-a968-7628c0d2a43c/content>
- Reef Resilience Netwok. (2021). *Hawái - Contaminación de aguas residuales*. <https://reefresilience.org/es/case-studies/hawaii-wastewater-pollution-2/>
- Zambrano, J. (2020). *Impacto ambiental de la pesca artesanal en la playa de Puerto López, provincia de Manabí*. Universidad Estatal del Sur de Manabí. <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2390/1/TESIS%20JOSE%20ANDR>

Anexos

Anexo 1. Matriz de consistencia

Título: Implementación de medidas ambientales en efluentes de una pesquera para mejorar la calidad del agua en la bahía Carquín-2025

PROBLEMA		OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES, DIMENSIONES	METODOLOGÍA
General	¿De qué manera la implementación de medidas ambientales en los efluentes de una pesquera contribuye a la mejora la calidad del agua en la bahía Carquín en el año 2025?	Determinar de qué manera la implementación de medidas ambientales en los efluentes de una pesquera contribuye a la mejora de la calidad del agua en la bahía Carquín en el año 2025.	La implementación de medidas ambientales en los efluentes de una pesquera contribuye significativamente a la mejora de la calidad del agua en la bahía Carquín en el año 2025.	IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS AMBIENTALES EN EFLUENTES • Gestión operativa del efluente • Gestión del Sistema Ambiental • Control de vertimientos CALIDAD DEL AGUA EN LA BAHÍA CARQUÍN • Parámetros físico-químicos • Nutrientes • Condición ecológica	Tipo de investigación Aplicada Nivel de investigación Explicativo Diseño de investigación: Pre-Experimental Enfoque de la investigación: Mixto Población: Todos los puntos de descarga Muestra: dos puntos estratégicos Técnica e instrumento de recolección de datos: - Observación - Análisis documental - Entrevista estructurada - Análisis de base de datos - Selección de parámetros - Evaluar el desempeño ambiental - Evaluación del índice de riesgo ambiental y grado de significancia Procesamiento de la información: Excel, SPSS
	¿De qué manera la implementación de medidas ambientales en los procesos y subprocesos de tratamiento de efluentes de una pesquera influye en la reducción de la contaminación del agua en la bahía Carquín?	Analizar cómo la implementación de medidas ambientales en los procesos y subprocesos de tratamiento de efluentes de una pesquera influye en la reducción de la contaminación del agua en la bahía Carquín.	La implementación de medidas ambientales en los procesos y subprocesos de tratamiento de efluentes de una pesquera influye positivamente en la reducción de la contaminación del agua en la bahía Carquín.		
Específicos	¿Cómo contribuye el diagnóstico de los principales aspectos ambientales generados por las actividades de una pesquera a reducir su impacto negativo en la calidad del agua en la bahía Carquín?	Evaluar cómo el diagnóstico de los principales aspectos ambientales generados por las actividades de una pesquera contribuye a reducir su impacto negativo en la calidad del agua en la bahía Carquín.	El diagnóstico de los principales aspectos ambientales generados por las actividades de una pesquera contribuye a disminuir su impacto negativo en la calidad del agua en la bahía Carquín.	IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS AMBIENTALES EN EFLUENTES • Gestión operativa del efluente • Gestión del Sistema Ambiental • Control de vertimientos CALIDAD DEL AGUA EN LA BAHÍA CARQUÍN • Parámetros físico-químicos • Nutrientes • Condición ecológica	Tipo de investigación Aplicada Nivel de investigación Explicativo Diseño de investigación: Pre-Experimental Enfoque de la investigación: Mixto Población: Todos los puntos de descarga Muestra: dos puntos estratégicos Técnica e instrumento de recolección de datos: - Observación - Análisis documental - Entrevista estructurada - Análisis de base de datos - Selección de parámetros - Evaluar el desempeño ambiental - Evaluación del índice de riesgo ambiental y grado de significancia Procesamiento de la información: Excel, SPSS
	¿De qué manera la implementación de medidas ambientales en los procesos y subprocesos de tratamiento de efluentes de una pesquera influye en la reducción de la contaminación del agua en la bahía Carquín?	Analizar cómo la implementación de medidas ambientales en los procesos y subprocesos de tratamiento de efluentes de una pesquera influye en la reducción de la contaminación del agua en la bahía Carquín.	La implementación de medidas ambientales en los procesos y subprocesos de tratamiento de efluentes de una pesquera influye positivamente en la reducción de la contaminación del agua en la bahía Carquín.		

PROBLEMA		OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES, DIMENSIONES	METODOLOGÍA
	¿En qué medida un diagnóstico preliminar de la implementación de medidas ambientales permite determinar los impactos negativos potenciales de los efluentes y su influencia en la calidad del agua en la bahía Carquín?	Determinar en qué medida un diagnóstico preliminar sobre la implementación de medidas ambientales permite identificar los impactos negativos potenciales de los efluentes y su influencia en la calidad del agua en la bahía Carquín.	Un diagnóstico preliminar de la implementación de medidas ambientales permite identificar los impactos negativos potenciales de los efluentes, influyendo en la mejora de la calidad del agua en la bahía Carquín.		
	¿Cuál es la importancia de identificar los requerimientos necesarios para determinar los aspectos ambientales de riesgo asociados al vertimiento de efluentes de una pesquera en Carquín?	Identificar los requerimientos necesarios para determinar los aspectos ambientales de riesgo asociados al vertimiento de efluentes de una pesquera en la bahía Carquín.	La identificación de los requerimientos necesarios para determinar los aspectos ambientales de riesgo asociados al vertimiento de efluentes permite establecer medidas eficaces para preservar la calidad del agua en la bahía Carquín.		
	¿Cómo se gestiona actualmente los controles operacionales sobre los efluentes vertidos por la pesquera y cuál es su eficacia frente a la contaminación del agua en la bahía Carquín?	Examinar cómo se gestionan actualmente los controles operacionales sobre los efluentes vertidos por la pesquera y evaluar su eficacia frente a la contaminación del agua en la bahía Carquín.	La gestión actual de los controles operacionales sobre los efluentes vertidos por la pesquera incide directamente en su eficacia para mitigar la contaminación del agua en la bahía Carquín.		

Anexo 2: Instrumentos de investigación

FICHA DE MONITOREO DE EFLUENTES INDUSTRIALES

Código: FM-EF-01

Lugar: Planta pesquera

Fecha: _____

Hora: _____

Responsable: _____

1. Datos Generales

Ítem	Información
Punto de muestreo	Salida PTAR
Tipo de muestra	Compuesta / Simple
Caudal (m ³ /día)	
Condiciones climáticas	

2. Parámetros Fisicoquímicos

Parámetro	Unidad	Resultado	LMP	Cumple (Sí/No)
Temperatura	°C		—	
pH	Unidades		5 – 9	
DBO5	mg/L		≤ 60	
SST	mg/L		≤ 700	
Aceites y grasas	mg/L		≤ 350	
Nitrógeno total	mg/L		—	
Fósforo total	mg/L		—	

3. Observaciones Técnicas

FICHA DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA – CUERPO RECEPTOR

Código: FM-CR-02

Lugar: Bahía Carquín

Coordenadas: _____

Fecha: _____

1. Parámetros Evaluados

Parámetro	Unidad	Antes	Después
Temperatura	°C		
pH	—		
DBO5	mg/L		
SST	mg/L		
Aceites y grasas	mg/L		
Nitrógeno total	mg/L		
Fósforo total	mg/L		

2. Evaluación Comparativa

Parámetro	Variación (%)	Mejora (Sí/No)

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES

Código: MIA-03

Actividad	Aspecto Ambiental	Impacto	P	M	E	D	IRA	Nivel de Riesgo
Descarga de efluente	Alta DBO5	Disminución O ₂						
Descarga SST	Sedimentación	Alteración bentónica						
Aceites y grasas	Película superficial	Afectación biota						

LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONTROLES OPERACIONALES

Código: LV-CO-05

Ítem	Cumple	No cumple	Observación
Dosificación correcta de coagulante			
Limpieza de trampas de grasa			
Registro diario de parámetros			
Mantenimiento de bombas			
Calibración de equipos			