

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DEL PERÚ**

Escuela de Posgrado



Análisis de la inclusión de incentivos en el cálculo de la retribución económica por vertimiento de agua residual tratada autorizada en el sector saneamiento, desde el año 2012 al 2024

Tesis para obtener el grado académico de Maestro en Gestión de los Recursos Hídricos que presenta:

Fredd Carlos Holguin Valdivia

Asesora:

Ivan Mirko Lucich Larrauri

Lima, 2025


Informe de Similitud

Yo, Iván Mirko Lucich Larrauri, docente de la Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis:

3\$QiOLVLV GH OD LQFOXVLYQ GH LUHFHULVEXFRYQHIFRQYFFDFI
YHUWLPLHQWR GHWDDWDGDHDLXGKFDLJDGD HQ HO VHFWRU V
DxR DO O GHWRRG & DRUJXLQ 9GHR YLDDGHWDRFLD
VLJXLHQWH

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 17.%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 14/01/2026
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 15 de enero del 2026

Apellidos y nombres del asesor / de la asesora: Lucich Larrauri, Iván Mirko	
DNI: 09301569	Firma 
ORCID: 0000-0002-6480-9007	

RESUMEN

La presente investigación analiza y critica la metodología vigente para el cálculo de la retribución económica por vertimiento de agua residual tratada autorizada en el sector saneamiento, aprobada por la Autoridad Nacional del Agua mediante la Resolución Jefatural N.º 457-2012-ANA y actualizada anualmente a través de los Decretos Supremos emitidos por el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego para el periodo 2012–2024. El objetivo es evaluar la inclusión de incentivos en dicho cálculo y, con base en dicha evaluación, proponer una mejora metodológica. El estudio fue de enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo) y de nivel descriptivo-exploratorio. El instrumento de la investigación fue la revisión documental y un cuestionario el cual se aplicó a 7 expertos en el tema. Los expertos, advirtieron que la metodología actualmente usada para calcular la retribución económica por vertimiento autorizado presenta limitaciones importantes. Frente a ello, resulta pertinente trabajar en una propuesta de mejora que considere de manera conjunta la cantidad y la calidad del vertimiento, en base a ello se planteó el índice de incentivo de acuerdo a la técnica de la normalización Min-Max, que transforma los datos linealmente para que todos los valores se ajusten a un rango específico, generalmente entre 0 y 1. Se trabajó en función de los parámetros evaluados de los límites máximos permisibles, con un peso estimado. Al aplicar las fórmulas propuestas al caso de estudio de la PTAR La Enlozada, se concluye que el monto anual de la retribución económica individual por vertimiento de aguas residuales tratadas se reduce en aproximadamente un 88 % respecto al valor calculado mediante la fórmula vigente, cuando se incorpora el índice de incentivo por calidad sin considerar aún el ajuste por neutralidad recaudatoria sectorial, generando así un descuento significativo que reconoce el buen desempeño ambiental del tratamiento.

Adicionalmente, se incorporó una restricción de política pública: mantener la recaudación global de la ANA por concepto de retribución, recalibrando el factor V cuando corresponda, de forma que la introducción del factor I (incentivo por calidad) no reduzca la recaudación agregada del sector. Para comprobar consistencia, se realizaron simulaciones con tres EPS hipotéticas (mismos órdenes de magnitud de caudal y variación de calidad), empleando normalización Min–Max de los parámetros DBO5, DQO, SST y coliformes termotolerantes

(conforme al D.S. N.° 003-2010-MINAM como referente normativo de LMP) y ponderaciones explícitas. Bajo el esquema propuesto, el factor I opera como descuento por desempeño ambiental y V se ajusta para preservar la recaudación total, permitiendo evaluar equidad intra-sector sin comprometer sostenibilidad financiera de la autoridad.

Palabras clave: retribución económica, vertimiento, incentivos, calidad del agua, gestión hídrica.



Abstract

This research analyzes and critiques the current methodology for calculating the economic retribution for authorized treated wastewater discharge in the sanitation sector, approved by the National Water Authority through Chief Executive Resolution No. 457-2012-ANA and updated annually by Supreme Decrees issued by the Ministry of Agrarian Development and Irrigation during the period 2012–2024. The objective is to assess the incorporation of incentives into this calculation and, based on this assessment, to propose a methodological improvement.

The study adopts a mixed-methods approach (quantitative and qualitative) and is descriptive–exploratory in nature. The research instruments consisted of a documentary review and a questionnaire applied to seven subject-matter experts. The experts indicated that the methodology currently used to calculate the economic retribution for authorized wastewater discharge presents significant limitations.

In response, a proposal was developed to jointly incorporate both the quantity and quality of the discharge. Accordingly, an incentive index was formulated based on the Min–Max normalization technique, which linearly transforms data so that all values fall within a specific range, generally between 0 and 1. The analysis was conducted using parameters associated with maximum permissible limits, with estimated weights assigned to each parameter. When applying the proposed formulas to the case study of the La Enlozada Wastewater Treatment Plant, the annual individual economic retribution for treated wastewater discharge was reduced by approximately 88% compared to the value obtained using the current formula, prior to applying the sector-wide revenue-neutrality adjustment, thereby generating a significant discount that recognizes the environmental performance of the treatment process.

Additionally, a public policy constraint was incorporated to maintain the National Water Authority's aggregate revenue from economic retribution by recalibrating factor V when necessary, so that the introduction of factor I (quality-based incentive) does not reduce overall sector revenue. To verify consistency, simulations were conducted using three hypothetical water utilities (EPS) with

comparable orders of magnitude of flow and quality variation, applying Min–Max normalization to the parameters BOD₅, COD, TSS, and thermotolerant coliforms, in accordance with Supreme Decree No. 003-2010-MINAM as the regulatory reference for maximum permissible limits, and using explicit weighting factors. Under the proposed scheme, factor I operates as a discount based on environmental performance, while factor V is adjusted to preserve total revenue, enabling the assessment of intra-sector equity without compromising the financial sustainability of the authority.

Keywords: economic retribution, wastewater discharge, incentives, water quality, water resources management.



ÍNDICE

	Pág.
Resumen	3
ÍNDICE	7
Introducción	11
CAPÍTULO I. MARCO CONTEXTUAL	12
1.1. Marco Internacional de la Retribución Económica por Vertimiento de Aguas Residuales Tratadas	12
1.1.1. Externalidades negativas y corrección mediante instrumentos económicos	13
1.1.2. Modelos internacionales de referencia	13
1.2. Contexto Nacional del Sector Saneamiento	18
1.2.1. Estadísticas Nacionales	20
1.3. Actores que intervienen	25
1.4. Metodología de determinación de la Retribución Económica 2012 al 2024	27
1.5. Determinación del coeficiente de modulación – Sensibilidad del cuerpo receptor (adimensional) (C)	30
1.6. Objetivo de política pública adoptado	31
CAPÍTULO II. MARCO CONCEPTUAL	33
2.1. Políticas y normativa general de gestión de los Recursos Hídricos	33
2.2. Principales disposiciones normativas peruanas aplicables a los vertimientos de aguas residuales tratadas	34
2.3. Externalidades y rol de los instrumentos económicos	37
CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO	38
3.1. Principios de la ética de la Investigación	38
3.2. Enfoque metodológico, tipo y nivel de la investigación	39
3.3. Objetivos, variables y subvariables	40
3.3.1. Tema y Problema	40
3.3.1.1. Planteamiento del Problema	44

3.3.2.	Objetivos	45
3.3.3.	Variables y Sub variables	46
3.4.	Diseño y validación	48
3.4.1.	Población y muestra	48
3.4.2.	Validación del cuestionario	50
3.4.3.	Cuestionario	50
3.4.4.	Datos generales de los participantes	52
3.4.5.	Relaciones	52
3.4.6.	Procedimiento de simulación y calibración	53
3.4.7.	Escenarios	55
3.4.8.	Validación cualitativa:	56
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS		58
4.1.	Presentación y análisis de los resultados	58
4.1.1.	Aportes de especialistas y fundamento de la propuesta metodológica	58
4.1.2.	Contextualización del ámbito de saneamiento a nivel nacional	59
4.1.2.	Caso práctico actual: PTAR “La Enlozada”	60
4.1.3.	Mejora metodológica de retribución económica por vertimiento autorizado basado en el factor de calidad y cantidad	62
4.1.4.	Índice de incentivo (I)	63
4.1.5.	Simulación sectorial con tres EPS hipotéticas (manteniendo la recaudación ANA)	68
4.1.6.	Aplicación ilustrativa del esquema de neutralidad recaudatoria (no empírica)	70
4.2	DISCUSIONES DE LOS RESULTADOS	71
CONCLUSIONES		74
RECOMENDACIONES		76
Referencias bibliográficas		77
Anexos		87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores de retribución económica aplicables al vertimiento de aguas residuales tratadas por sector productivo	22
Tabla 2. Evolución anual de la recaudación nacional por vertimientos de aguas residuales tratadas.....	23
Tabla 3. Evolución anual de autorizaciones de vertimiento y recaudación por retribución económica (ANA – DCERH).....	23
Tabla 4. Evolución de los valores aplicables a la retribución económica por vertimiento de aguas residuales tratadas en el sector saneamiento, periodo 2014–2024	28
Tabla 5 Coeficiente de modulación para el vertimiento de aguas residuales	31
Tabla 6. Operacionalización de variables	46
Tabla 7 Especialistas entrevistados.....	49
Tabla 8. Interrogantes aplicadas.....	51
Tabla 9. Sistematización de aportes de especialistas y su traducción en la propuesta metodológica	59
Tabla 10 Ponderación de pesos asignados a los parámetros de calidad del efluente ..	64
Tabla 11 Concentraciones de parámetros de la PTAR La Enlozada.....	65
Tabla 12 Índice de incentivo individual.....	66
Tabla 13 Índice de incentivo total.....	66
Tabla 14 Índice de incentivo por EPS	68
Tabla 15 Cálculo del denominador para la estimación de k	69
Tabla 16. <i>Resultado vigente versus propuesto</i>	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cantidad de agua residual genera al día una persona en el Perú	21
Figura 2. Unidad Hidrográfica Quilca-Vitor-Chili	61



INTRODUCCIÓN

La gestión eficiente y sostenible de los recursos hídricos constituye un componente esencial en la formulación de políticas ambientales y de saneamiento. En el marco legal peruano, la Ley N.º 29338, Ley de Recursos Hídricos, establece que la retribución económica por el uso del agua y el vertimiento de aguas residuales debe considerar tanto el volumen como la calidad del efluente. No obstante, en el ámbito del sector saneamiento, la aplicación de este principio ha sido parcial e insuficiente, ya que el cálculo del pago por vertimientos se fundamenta principalmente en el volumen autorizado, mientras que la calidad del vertimiento es abordada de manera indirecta y poco sistemática.

Esta investigación parte del reconocimiento de dicha limitación y plantea la necesidad de incorporar mecanismos que reflejen de forma más precisa el impacto ambiental de los vertimientos. A través de un enfoque mixto, que combina revisión normativa, entrevistas semiestructuradas a especialistas del sector hídrico y simulaciones aplicadas a un caso de estudio —la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) La Enlozada—, se identificaron barreras legales, técnicas e institucionales que restringen la implementación de un enfoque integral en la valoración económica de los vertimientos.

Como respuesta, se propone una fórmula alternativa que incorpora un coeficiente de incentivo (I), con valores entre 0 y 1, ajustado en función del desempeño de la calidad del efluente respecto de los Límites Máximos Permisibles. Este mecanismo permite reconocer y promover mejoras en la eficiencia del tratamiento, alineando el esquema de retribución con los principios de equidad y sostenibilidad ambiental. La inclusión de indicadores como la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y los coliformes termotolerantes refuerza la capacidad del sistema para diferenciar entre distintos niveles de desempeño ambiental.

Los resultados de esta investigación evidencian la viabilidad técnica y conceptual de una reforma en la metodología vigente, orientada a fortalecer los incentivos positivos en la gestión del agua residual. En consecuencia, se argumenta que la

actualización del enfoque actual no solo es posible, sino necesaria, para avanzar hacia una gobernanza hídrica más eficiente, justa y ambientalmente responsable.

CAPÍTULO I. MARCO CONTEXTUAL

1.1. Marco Internacional de la Retribución Económica por Vertimiento de Aguas Residuales Tratadas

La aplicación de cobros por descargas de aguas residuales en el ámbito internacional se fundamenta en la necesidad de trasladar a los generadores los costos ambientales derivados de sus actividades, de modo que estos impactos no sean asumidos por la sociedad en su conjunto. Este principio, conocido como responsabilidad del contaminador, se consolidó progresivamente a partir de lineamientos promovidos por organismos internacionales desde la década de 1970, (Dulanto, 2018).

Dicho enfoque ha sido respaldado por diversas instituciones multilaterales orientadas a la protección ambiental y al desarrollo sostenible, las cuales han promovido la incorporación de instrumentos económicos dentro de los marcos regulatorios de gestión del recurso hídrico.

Desde una perspectiva conceptual, este principio establece que los agentes responsables de generar contaminación deben asumir los costos asociados a la implementación de medidas correctivas, de manera que dichos costos se reflejen en el valor de los bienes y servicios producidos, (Salassa, 2016).

Los instrumentos económicos, tales como las tarifas por vertimiento, cumplen una función complementaria a las herramientas regulatorias tradicionales, permitiendo fortalecer la gestión integral de los recursos hídricos. Estos mecanismos no solo contribuyen a corregir externalidades negativas asociadas al uso ineficiente y la contaminación del agua, sino que además aportan a la sostenibilidad financiera de la infraestructura y de los servicios de saneamiento, (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE], 2021).

1.1.1. Externalidades negativas y corrección mediante instrumentos económicos

En la teoría económica, una externalidad negativa se presenta cuando una actividad productiva genera impactos que afectan a terceros y cuyos costos no son asumidos por el agente que los origina, lo que conduce a una divergencia entre los costos privados y los costos sociales de la actividad (Pigou, 1920).

Cuando estos efectos no son incorporados en la toma de decisiones de los agentes económicos, se produce una asignación ineficiente de los recursos y se incrementa la probabilidad de que los niveles de contaminación superen los valores socialmente óptimos, situación que se reconoce como una falla de mercado (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 1994).

Ante este escenario, la política pública recurre a instrumentos económicos que permiten internalizar los costos externos, de modo que los generadores de contaminación enfrenten señales de precio asociadas al impacto ambiental de sus actividades. Entre estos instrumentos se encuentran las tasas por vertimiento, cargos ambientales y otros mecanismos de precio que complementan las regulaciones tradicionales.

En el ámbito de la gestión de los recursos hídricos, los cargos por descarga de contaminantes se conciben como herramientas orientadas a incentivar mejoras progresivas en la calidad del agua, promoviendo la adopción de tecnologías de tratamiento más eficientes y prácticas operativas menos intensivas en contaminación, en concordancia con el principio de “quien contamina paga”.

1.1.2. Modelos internacionales de referencia

La revisión comparada de experiencias internacionales muestra que los esquemas de cobro por vertimientos han transitado desde enfoques basados únicamente en el volumen descargado hacia sistemas que integran explícitamente indicadores de calidad del efluente. Este cambio responde a

la necesidad de vincular la obligación económica con el impacto ambiental real generado por los usuarios.

A. Alemania

El esquema alemán de cobro por vertimiento de aguas residuales se basa en un tributo ambiental de alcance nacional, aplicable a las descargas directas realizadas en cuerpos de agua continentales y marinos. Este instrumento no exime a los usuarios de la obligación de tratar adecuadamente sus efluentes, sino que opera como un incentivo económico adicional orientado a reducir la nocividad de las descargas. (Karl, 2001).

El cálculo del tributo no se realiza mediante rangos discretos, sino que emplea unidades normalizadas de carga contaminante que permiten cuantificar de manera proporcional el impacto ambiental real del efluente. De esta forma, cualquier mejora marginal en la calidad del tratamiento se refleja directamente en una disminución del monto a pagar, reforzando el principio de responsabilidad del contaminador. (Bundesrepublik Deutschland, 2018).

Desde el punto de vista técnico, la normativa alemana considera diversos parámetros para estimar la nocividad del vertimiento, incluyendo sustancias oxidables, nutrientes, compuestos orgánicos, metales y criterios de toxicidad biológica, lo que dota al instrumento de una elevada sensibilidad frente a variaciones en la calidad del efluente.

Esta aproximación continua, basada en unidades equivalentes de contaminación (*Schadeinheiten*), constituye una de las principales fortalezas del modelo alemán, al establecer una relación directa entre la carga contaminante generada y la obligación económica asumida por el usuario.

B. Francia

El sistema francés de cobro por vertimientos se estructura bajo una lógica de corresponsabilidad entre consumo y contaminación, de modo que los usuarios contribuyen económicamente tanto por el volumen de agua utilizado como por la magnitud del impacto ambiental generado por sus descargas.

Este enfoque permite que la obligación económica sea diferenciada entre sectores y actividades productivas, incorporando variables asociadas al caudal descargado y a la carga contaminante contenida en el efluente, lo que introduce una relación directa entre el daño potencial al cuerpo receptor y el monto a pagar.

Asimismo, el esquema tarifario francés integra coeficientes técnicos que ponderan parámetros como la Demanda Bioquímica de Oxígeno y la Demanda Química de Oxígeno, fortaleciendo la aplicación operativa del principio de “quien contamina paga” y promoviendo una asignación más equitativa de los costos ambientales, (International Office for Water, 2019).

C. Chile

En Chile, el instrumento de cobro asociado a vertimientos se organiza a partir de un esquema de control directo, en el cual las descargas se clasifican considerando los valores observados y el número máximo de muestras evaluadas en el año. Sobre esa base, se determina el nivel de contaminación del efluente y se asigna una categoría que orienta el tratamiento regulatorio del caso.

En términos operativos, se distinguen tres niveles de contaminación, definidos por la presencia de determinados parámetros en el efluente evacuado. Se consideran industrias con contaminación alta aquellas que presentan alguno de los siguientes parámetros: cadmio, cianuro, arsénico, cromo total, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plomo y zinc.

Por su parte, se catalogan como industrias con contaminación media aquellas cuyos efluentes contienen alguno de los siguientes parámetros: cobre, boro, aluminio, manganeso, aceites y grasas, DBO₅, hidrocarburos, sulfatos, sulfuro y sólidos sedimentables.

Finalmente, se consideran industrias con contaminación baja aquellas que presentan en su descarga alguno de los siguientes parámetros: nitrógeno amoniacal, fósforo, sólidos suspendidos, pH, temperatura y poder espumógeno, (Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, 2016).

D. Colombia

En Colombia se aplica un esquema de tasas retributivas por vertimientos puntuales, mediante el cual la autoridad ambiental cobra a los usuarios por la utilización directa o indirecta del recurso hídrico como cuerpo receptor de descargas, considerando los efectos nocivos generados por dichas actividades, independientemente de que estas tengan o no fines lucrativos.

La tasa retributiva se determina en función de la carga contaminante total descargada al recurso hídrico. Para cada uno de los parámetros sujetos a cobro, la autoridad ambiental define una tarifa específica, la cual se obtiene multiplicando una tarifa mínima (T_m) por un factor regional (Fr), permitiendo así ajustar el monto a las condiciones ambientales y socioeconómicas de cada cuenca.

Adicionalmente, este instrumento se aplica incluso cuando la descarga supera los Límites Máximos Permisibles, sin perjuicio de la adopción de medidas preventivas o sancionadoras por parte de la autoridad competente, reforzando el carácter correctivo y disuasivo del sistema, (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2024).

E. China

China inició la implementación de cobros por descargas de contaminantes a finales de la década de 1970, estableciendo por primera vez el principio de que los generadores de contaminación debían asumir un pago por la emisión de contaminantes al ambiente.

Posteriormente, este esquema fue formalizado mediante la creación de un sistema nacional de tasas por descarga de contaminantes, el cual experimentó transformaciones relevantes a lo largo del tiempo. En una primera etapa, las tasas se determinaban en función de la concentración de los contaminantes; sin embargo, a partir de la promulgación del reglamento de 2003, el criterio de cobro migró hacia la cantidad total emitida.

En el año 2007 se introdujeron disposiciones que exigieron a los gobiernos locales elevar los estándares de cobro asociados a parámetros como la Demanda Química de Oxígeno (DQO), en función de las condiciones reales

de cada territorio. Más adelante, en 2014, la tarifa por contaminación fue reformada nuevamente, incrementándose el valor aplicado a la DQO.

Finalmente, con la entrada en vigencia de la Ley de Impuesto Ambiental en el año 2018, el sistema de tasas por descarga, vigente por casi cuatro décadas, fue sustituido por un impuesto ambiental, consolidando el respaldo legal del instrumento y fortaleciendo su alcance regulatorio, (Yang et al., 2022).

F. Países Bajos

En los Países Bajos, los cargos por vertimiento son administrados por los organismos regionales de gestión del agua (Water Boards), los cuales calculan la obligación económica en función de la carga contaminante expresada en unidades equivalentes de contaminación.

Este esquema considera parámetros asociados principalmente a la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y a los nutrientes, permitiendo diferenciar las tarifas según el nivel de contaminación generado por cada usuario. De este modo, el sistema incentiva la mejora continua del desempeño ambiental de las plantas de tratamiento y fortalece la aplicación operativa del principio de “quien contamina paga”, (Organisation for Economic Co-operation and Development, 2014) .

Tendencias y lecciones aprendidas

En la mayoría de países revisados se evidencia que siguen una misma línea: aplicar el principio de “quien contamina paga” para que los costos ambientales no los asuma la sociedad, sino los responsables de los vertimientos (Dulanto, 2018). Países como Alemania, Francia, Chile, Colombia y China muestran que estos mecanismos contribuyen a sostener los sistemas de saneamiento y a incentivar un uso más eficiente del agua.

Tarifas moduladas por desempeño

Las tarifas impuestas varían, el monto depende de qué tanto se contamina y de qué manera, considerando la cantidad vertida, la concentración de contaminantes y el tipo de sustancias presentes en el efluente. Así lo demuestran varios países como Alemania que calcula según la cantidad y el

tipo de sustancias (Karl, 2001). Chile divide a las industrias según si sus efluentes son de alta, media o baja contaminación (Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, 2016). En Colombia, incluso existe un factor regional que ajusta la tarifa (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2024). Se implementa estas tarifas moduladas con el fin de mejorar el desempeño ambiental.

Importancia del marco institucional:

Los casos revisados dejan en claro que sin un marco institucional estas tarifas pierden efectividad, entendido este como el conjunto de normas, mecanismos de fiscalización, sanción y capacidades institucionales necesarias para asegurar su aplicación efectiva y el cumplimiento de los objetivos ambientales. La (OCDE 2021) resalta que es necesario contar con normativas ambientales exigentes, no limitarse solo en el pago. Así lo refleja Colombia, donde las tasas aplican incluso cuando se superan los límites legales y además se imponen sanciones (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2024), también China que en el 2018 dio paso a un impuesto ambiental con mayor respaldo legal (Yang et al., 2022).

1.2. Contexto Nacional del Sector Saneamiento

En el Perú, la gestión del recurso hídrico enfrenta desafíos estructurales derivados de la marcada desigualdad en la distribución espacial del agua, así como de factores físicos, climáticos y socioeconómicos que condicionan su aprovechamiento. La mayor disponibilidad del recurso se concentra en la vertiente oriental, mientras que la vertiente del Pacífico alberga a la mayor proporción de la población y de las actividades económicas, lo que intensifica la presión sobre fuentes limitadas.

Este contexto se ve agravado por el uso intensivo del agua por parte de los sectores productivos y por la limitada capacidad de tratamiento de aguas residuales, situación que repercute negativamente en la calidad ambiental de los cuerpos receptores y en la sostenibilidad del recurso hídrico, (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2009).

Uno de los problemas más críticos del sector saneamiento está vinculado al tratamiento y disposición final de las aguas residuales domésticas. Una fracción significativa de estas descargas no recibe tratamiento previo, lo que genera impactos ambientales acumulativos sobre ríos, lagos y zonas marino-costeras (Paucar y Iturregui, 2020).

Hasta antes de la implementación de la metodología vigente, el cobro por vertimientos se caracterizaba por su escasa representatividad técnica, al basarse en valores mínimos fijos sin una adecuada consideración de variables ambientales, lo que limitaba la sostenibilidad financiera del sistema y desincentivaba la mejora de la calidad de los efluentes (Fiestas, 2015, p. 10-11).

Con la aprobación de la metodología técnica por parte de la Autoridad Nacional del Agua en el año 2012, se introdujo un enfoque diferenciado que incorporó criterios asociados a la peligrosidad de las sustancias vertidas, la sensibilidad del cuerpo receptor y la presión antrópica en las cuencas, promoviendo una gestión más integrada del recurso hídrico, (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2019).

Estas retribuciones constituyen pagos que los usuarios autorizados, en este caso las empresas prestadoras de servicios de saneamiento (EPS), deben realizar por verter agua tratada al ambiente. Según lo expuesto por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), esta retribución no tiene naturaleza tributaria, sino que responde al principio de que quienes hacen uso o alteran los recursos naturales deben contribuir económicamente al sostenimiento de los sistemas de gestión y protección del recurso hídrico (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2021).

Adicionalmente, el Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM establece los Límites Máximos Permisibles (LMP) para vertimientos de aguas residuales domésticas, definiendo los parámetros críticos como la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), la Demanda Química de Oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), nitrógeno y coliformes termotolerantes, entre otros. Sin embargo, en la práctica, la aplicación de estos estándares enfrenta

múltiples desafíos institucionales y técnicos (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2010).

En esta tesis, los LMP del D.S. N.° 003-2010-MINAM se emplean como referente normativo de los parámetros de calidad y como cota superior de desempeño en la construcción del factor I. No se modifican los LMP vigentes; más bien, se traduce el cumplimiento/mejora respecto de dichos límites en un índice de incentivo (0–1) mediante una normalización Min–Max con ponderaciones explícitas por parámetro, manteniendo la comparabilidad entre EPS.

1.2.1. Estadísticas Nacionales

Durante la última década, el volumen de aguas residuales generadas en el país ha experimentado un crecimiento significativo. Se estima que, hacia el año 2010, las descargas domésticas alcanzaban aproximadamente 2 217 946 m³ por día, mientras que para el año 2024 esta cifra se habría incrementado hasta alrededor de 4 842 579 m³ diarios, evidenciando una presión creciente sobre la infraestructura de saneamiento.

A pesar de este incremento en la generación de aguas residuales, solo una fracción limitada del total recibe tratamiento previo a su vertimiento. En el periodo analizado, se reporta que cerca del 32 % de las aguas residuales generadas es efectivamente tratada, con una generación per cápita estimada en 142 litros por habitante por día, lo que refleja brechas estructurales en la cobertura y desempeño de los sistemas de tratamiento (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2014).

Los diagnósticos sectoriales recientes evidencian además deficiencias relevantes en la operación de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). De acuerdo con la evaluación realizada por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, entre los años 2020 y 2021 se inspeccionaron 175 PTAR mediante visitas presenciales y 27 de manera remota, identificándose que 89 localidades administradas por EPS no cuentan con PTAR y que la tecnología predominante corresponde a lagunas de estabilización, las cuales representan aproximadamente el 78 %

del total de plantas existentes (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento [SUNASS], 2022).

De manera complementaria, el Benchmarking Regulatorio 2023 en Pequeñas Ciudades reporta que durante el año 2022 se efectuaron 122 evaluaciones de servicios de saneamiento a nivel nacional, detectándose limitaciones en la continuidad del servicio, confiabilidad del alcantarillado y procesos de desinfección, lo que confirma que las brechas del sistema no solo se expresan en términos de cobertura, sino también en desempeño operativo e institucional (SUNASS, 2023).

A continuación, se presenta una tabla comparativa con datos estimados de la cantidad de agua residual genera al día una persona en el Perú:

Figura 1.

Cantidad de agua residual genera al día una persona en el Perú



Fuente: Extraído de OEFA (2014), Fiscalización ambiental en aguas residuales, <https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sial-sialtrujillo/archivos/public/docs/3171.pdf>

La retribución económica por vertimiento de aguas residuales tratadas constituye un instrumento de política ambiental orientado a reconocer el impacto generado por las descargas sobre los cuerpos receptores. En el caso peruano, este mecanismo se sustenta en criterios ambientales que consideran tanto el volumen vertido como la peligrosidad asociada al efluente, constituyéndose progresivamente en una fuente relevante de financiamiento para la gestión de los recursos hídricos OECD (2021).

Tabla 1.

Valores de retribución económica aplicables al vertimiento de aguas residuales tratadas por sector productivo

ECA de aguas receptoras	Municipal	Saneamiento y otras	Energía	Minería	Agroindustria	Industria	Pesca
Abastecimiento público de agua	0,0069	0,0035	0,0554	0,0623	0,0139	0,0276	0,0208
Piscicultura	0,0065	0,0033	0,0517	0,0583	0,0129	0,0259	0,0194
Irrigación	0,0059	0,0030	0,0461	0,0520	0,0115	0,0230	0,0174
Ambiente	0,0061	0,0031	0,0480	0,0540	0,0121	0,0242	0,0180

Nota. Se muestran los montos de retribución económica, expresados en soles por metro cúbico (PEN/m³), que corresponden a los distintos sectores productivos por la descarga de aguas residuales tratadas en cuerpos receptores, diferenciados según el grado de exigencia del Estándar de Calidad Ambiental (ECA) aplicable a cada tipo de uso del recurso hídrico. Fuente: Adaptado de Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD 2021), *Gobernanza del Agua en el Perú*.

https://www.oecd.org/content/dam/oecd/es/publications/reports/2021/03/water-governance-in-peru_0980e96a/f826f55f-es.pdf

La información consignada por la OCDE evidencia que los ingresos asociados al cobro por vertimiento de aguas residuales tratadas han mostrado una tendencia creciente en términos constantes desde la implementación del instrumento, lo que refleja su consolidación progresiva en el tiempo (**Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD]**, 2021, p. 100).

Seguidamente, se presenta la evolución de la recaudación correspondiente al periodo comprendido entre los años 2009 y 2018.

Tabla 2.

Evolución anual de la recaudación nacional por vertimientos de aguas residuales tratadas

Año	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total
Millones es PEN	3	3	6	7	25	42	41	39	41	41	248

Fuente: Extraído de OECD (2021), Gobernanza del Agua en Perú,

https://www.oecd.org/content/dam/oecd/es/publications/reports/2021/03/water-governance-in-peru_0980e96a/f826f55f-es.pdf

Con el propósito de evaluar el comportamiento administrativo reciente en materia de autorizaciones de vertimiento y de la recaudación efectivamente obtenida, se presenta a continuación la evolución del número de Resoluciones Directorales emitidas y de los ingresos asociados a la retribución económica por descargas de aguas residuales tratadas durante el periodo 2010–2023, a partir de los registros proporcionados por la Dirección de Control y Evaluación de los Recursos Hídricos – DCERH de la Autoridad Nacional del Agua.

Tabla 3.

Evolución anual de autorizaciones de vertimiento y recaudación por retribución económica (ANA – DCERH)

Año	R.D. Emitidas	Recaudación (S/)
2010	236	2 854 696
2011	247	3 516 853
2012	158	3 073 046
2013	333	4 207 029
2014	256	4 193 058
2015	278	4 125 413
2016	303	3 369 029
2017	224	4 084 093
2018	212	4 139 794
2019	214	3 762 436
2020	149	3 295 784
2021	226	4 779 112
2022	263	4 407 471
2023	175	2 744 076

Fuente: Autoridad Nacional del Agua – Dirección de Calidad y Evaluación de los Recursos Hídricos (ANA-DCERH, 2023). Informe de logros institucionales.

A diferencia de la información consolidada reportada por la OCDE, la serie DCERH refleja la recaudación administrativa efectiva asociada exclusivamente a autorizaciones formalizadas mediante Resoluciones Directorales, lo que permite evaluar la relación entre el número de autorizaciones otorgadas y la recaudación obtenida por concepto de retribución económica en el ámbito de la gestión nacional reciente.

Limitaciones estructurales

A pesar de los avances normativos alcanzados en los últimos años, el esquema de retribución económica aplicado al sector saneamiento presenta debilidades que limitan su efectividad como instrumento de incentivo ambiental.

Marco normativo: La baja proporción de autorizaciones para vertimiento o reúso de aguas residuales, que supera el 90 % de informalidad, se suma a la aplicación de Estándares de Calidad Ambiental (ECA-Agua) altamente exigentes en relación con las condiciones reales de los cuerpos receptores y las capacidades operativas de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). A ello se agrega la ausencia de evaluaciones de impacto regulatorio asociadas a las normas y propuestas que se plantean para estas infraestructuras (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento [SUNASS, 2022]).

Fórmula limitada: te, la retribución económica se determina fundamentalmente a partir del volumen autorizado de vertimiento, sin incorporar un componente explícito que valore de manera diferenciada la calidad del efluente descargado.

Ausencia de incentivos positivos: Persisten brechas para promover el reúso de aguas residuales tratadas y de sus subproductos mediante mecanismos de incentivo específicos, lo que orienta las intervenciones principalmente al cumplimiento regulatorio y a la mitigación de riesgos

operacionales, en lugar de fomentar mejoras continuas en el desempeño ambiental (SUNASS, 2022).

Limitaciones en monitoreo: Una proporción significativa de las PTAR operadas por las Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) presenta deficiencias de construcción y equipamiento, tales como la inexistencia de medidores de caudal en afluente y efluente, la ausencia de rejillas y desarenadores, así como la presencia de sistemas de by-pass en las unidades de tratamiento, lo que afecta la confiabilidad de la información de monitoreo (SUNASS, 2022).

Casos Representativos

En ese marco, destacan algunas infraestructuras consideradas casos representativos, tanto por su magnitud de operación como por la cantidad de vertimiento de aguas residuales. Para el caso de la PTAR Taboada, PTAR La Chira y la PTAR de Provisur, las evaluaciones realizadas por la Dirección General de Asuntos Ambientales (DGAA) del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, dan como resultado el óptimo cumplimiento de los ECA. Al agrupar ambas mediciones, plantas sujetas a los LMP y plantas sujetas a los ECA, Sunass concluyó que para 2020 solo el 62,36 % de las aguas residuales generadas por la población que emplea la red de alcantarillado recibió un tratamiento efectivo. De los cerca de 3,65 millones de metros cúbicos tratados diariamente, el 70 % recibe un tratamiento efectivo en las PTAR Taboada, PTAR La Chira y Provisur (Rivera y Romero, 2023).

1.3. Actores que intervienen

La administración de las descargas de aguas residuales en el país se desarrolla a través de un conjunto de entidades públicas que cumplen funciones diferenciadas en regulación, fiscalización, operación y formulación de políticas, conformando el entramado institucional que sostiene la gestión del recurso hídrico (Aquino, 2017).

Roles institucionales en la gestión de los recursos hídricos:

1. Autoridad Nacional del Agua (ANA). Actúa como ente rector del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos y ejerce la máxima autoridad técnico-normativa en materia de administración del agua.
2. Ministerio del Ambiente (MINAM): Cumple el rol de autoridad ambiental nacional, articulando la gestión ambiental con las políticas y disposiciones relacionadas con el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos.
3. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI). Formula normas de alcance general que son aprobadas por la ANA con el objetivo de fortalecer la gestión integral de los recursos hídricos.
4. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). Ejerce la rectoría del sector saneamiento y es responsable de formular, conducir y supervisar las políticas orientadas a ampliar el acceso a los servicios de agua potable y saneamiento.
5. Otros ministerios: Ejercen su rol normativo, observando concordancia entre las regulaciones que emita la ANA con las funciones o disposiciones que hayan publicado o tengan por publicar dichos ministerios.
6. Gobiernos regionales y locales: Integran sus políticas y planes de desarrollo con la gestión de los recursos hídricos, procurando evitar superposiciones de competencia y promoviendo un uso eficiente y coordinado del agua en sus respectivas jurisdicciones.
7. Organizaciones de usuarios de agua agrarios y no agrarios: Agrupan a los usuarios para participar activamente en la gestión del recurso, contribuyendo a la promoción de prácticas sostenibles en el aprovechamiento del agua.
8. Entidades operadoras de infraestructura hidráulica de alcance sectorial y multisectorial: Son responsables de la administración de sistemas hidráulicos tales como embalses, represas, canales de abastecimiento y otras infraestructuras vinculadas a la regulación y distribución del recurso hídrico.

9. Comunidades campesinas y nativas: Intervienen en los procesos de formulación y actualización de los Planes de Gestión de Recursos Hídricos de las cuencas en las que se encuentran asentadas.
10. Entidades públicas vinculadas con la gestión de los recursos hídricos: Coordinarán sus acciones con la Autoridad Nacional del Agua. Entre estas se incluyen la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), la Dirección General de Capitanías y Guardacostas (DICAPI), así como autoridades ambientales sectoriales, proyectos especiales y entidades prestadoras de servicios de saneamiento.
11. Consejos de recursos hídricos de cuenca: Participan en la planificación, articulación y concertación de acciones orientadas al aprovechamiento sostenible del agua en el ámbito de cada cuenca.

1.4. Metodología de determinación de la Retribución Económica 2012 al 2024

2012–2013: Diseño inicial del esquema de retribución

Durante este período, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) desarrolló una primera versión metodológica para calcular la retribución económica por vertimiento. Este modelo, sin embargo, se centraba exclusivamente en el volumen autorizado de vertimiento, expresado en soles por metro cúbico vertido, sin incorporar explícitamente indicadores de calidad en la fórmula. La lógica era administrativa y de carácter recaudatorio, sin incentivos ambientales ni penalidades por incumplimiento (ANA, 2012).

Mediante la Resolución Jefatural N.º 457-2012-ANA se formalizó el procedimiento para calcular el valor de las retribuciones económicas asociadas al uso del agua y al vertimiento de aguas residuales tratadas. El monto a pagar se determina a partir de la siguiente expresión:

$$\text{ReVer} = B \times V \times C$$

Donde:

- ReVer corresponde al valor de la retribución económica expresado en soles (S/).
- B representa la base cuantitativa en metros cúbicos (m³), equivalente al volumen anual autorizado de vertimiento.
- V es el valor específico por descarga de aguas residuales tratadas, expresado en S/ por m³, el cual incorpora la peligrosidad de las sustancias presentes en el efluente.
- C es el coeficiente de modulación, de naturaleza adimensional, que recoge la sensibilidad del cuerpo receptor.

La metodología aplicada para el cálculo de la retribución económica por vertimiento de aguas residuales tratadas se sustenta exclusivamente en criterios ambientales, sin considerar variables de carácter económico o social. Este enfoque se encuentra previsto en la Ley de Recursos Hídricos, Ley N.º 29338, y en su Reglamento, aprobado mediante el Decreto Supremo N.º 001-2010-AG, los cuales establecen que la retribución se determina en función de la cantidad y calidad del efluente vertido. Asimismo, se contempla la aplicación de valores diferenciados según el subsector generador de aguas residuales (ANA, 2012).

Cabe precisar que, durante el periodo 2012, la normativa estableció el diseño metodológico del esquema de retribución económica; posteriormente, a partir del año 2013, se aprobaron valores tarifarios diferenciados según la clasificación del cuerpo receptor, los cuales fueron aplicados de manera progresiva en los años siguientes.

Tabla 4.

Evolución de los valores aplicables a la retribución económica por

vertimiento de aguas residuales tratadas en el sector saneamiento, periodo 2012–2024

Año		Clasificación del cuerpo de agua superficial receptor del vertimiento			
		ECA-Agua 1	ECA-Agua 2	ECA-Agua 3	ECA-Agua 4
S/ m³					
2012	R.J. N° 457-2012-ANA	Metodología			
2013	D.S. N° 023-2012-AG	0.0063	0.0059	0.0053	0.0055
2014	D.S. N° 017-2013-MINAGRI	0.0063	0.0059	0.0053	0.0055
2015	D.S. N° 024-2014-MINAGRI	0.0063	0.0059	0.0053	0.0055
2016	D.S. N° 024-2015-MINAGRI	0.0063	0.0059	0.0053	0.0055
2017	D.S. N° 021-2016-MINAGRI	0.0065	0.0061	0.0055	0.0057
2018	D.S. N° 017-2017-MINAGRI	0.0067	0.0063	0.0057	0.0059
2019	D.S. N° 014-2018-MINAGRI	0.0068	0.0064	0.0058	0.0060
2020	D.S. N.° 011-2019-MINAGRI	0.0069	0.0065	0.0059	0.0061
2021	D.S. N° 013-2020-MIDAGRI	0.0069	0.0065	0.0059	0.0061
2022	D.S. N.° 025-2021-MIDAGRI	0.0072	0.0068	0.0062	0.0064
2023	D.S. N.° 018-2022-MIDAGRI	0.0079	0.0074	0.0066	0.0069
2024	D.S. N° 013-2023-MIDAGRI	0.0084	0.0078	0.0070	0.0073

Nota: Los valores se expresan en soles por metro cúbico (S/ m³) y han sido sistematizados a partir de los Decretos Supremos que establecen las tarifas por uso del agua y por vertimiento de aguas residuales tratadas correspondientes al periodo 2014–2024.

2012–2024: Evolución de los valores de retribución económica de acuerdo con la categoría del cuerpo receptor

La diferenciación de los valores de retribución económica por vertimiento se sustenta en la categorización de los cuerpos de agua superficiales establecida por los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua), los cuales definen distintos niveles de protección en función del uso actual o potencial del recurso hídrico. En términos generales, las categorías ECA-Agua 1 corresponde a cuerpos de agua destinados al consumo humano, previo tratamiento convencional o especial, la categoría ECA-AGUA 2 corresponde a actividades de extracción, cultivo y otras actividades marino-costeras, mientras que las categorías ECA-Agua 3 y ECA-Agua 4 se asocian principalmente a usos como riego, bebida de animales y

conservación del ambiente acuático y otros usos menos exigentes desde el punto de vista sanitario.

En este contexto, los valores de la retribución económica por vertimiento de agua residual tratada varían en función de la clasificación del cuerpo receptor, en tanto dicha clasificación refleja el nivel de sensibilidad ambiental del recurso hídrico. A cuerpos de agua con mayores exigencias de calidad ambiental les corresponde, en general, una retribución económica más elevada, como mecanismo para internalizar el mayor impacto potencial del vertimiento y reforzar el principio de “quien contamina paga”. Esta diferenciación tarifaria constituye un instrumento económico orientado a la protección del recurso hídrico y a la mejora del desempeño ambiental de los vertimientos autorizados.

1.5. Determinación del coeficiente de modulación – Sensibilidad del cuerpo receptor (adimensional) (C)

El Coeficiente de Modulación o sensibilidad del cuerpo receptor, es un valor adimensional que refleja qué tan vulnerable a la contaminación es el cuerpo de agua que recibe el vertimiento. Esta diferenciación se realiza con base en la clasificación oficial del cuerpo receptor, de acuerdo con las normativas emitidas por la Autoridad Nacional del Agua. Los cuerpos de agua se agrupan en categorías como uso poblacional y recreación, actividades marino-costeras, riego y bebida para animales, y conservación del ambiente acuático. El propósito de este coeficiente es incentivar la reducción de la carga contaminante aportada a los cuerpos de agua más sensibles, haciendo que la retribución económica por el vertimiento sea proporcional a los riesgos ambientales involucrados.

Estos coeficientes se estiman de acuerdo a la sensibilidad del cuerpo receptor, además cada cuenca tiene un coeficiente de modulación colocado por el ANA.

Tabla 5*Coeficiente de modulación para el vertimiento de aguas residuales*

Clasificación del cuerpo receptor	Riesgo de impactos en la salud de la población	Incremento parcial REV propuesto	Riesgo de impactos en el medio ambiente acuático	Incremento parcial REV	Sensibilidad del cuerpo receptor	Incremento total de REV propuesto	Coeficiente de modulación C
Categoría 1: Uso poblacional y recreacional	Alto	50%	Bajo	0%	Alta	50%	1.5
Categoría 2: Actividades marino costeras (impacto indirecto, bioacumulación en moluscos, peces y otros)	Medio	25%	Medio	15%	Media	40%	1.4
Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales (impacto indirecto, consumo de vegetales y productos agropecuarios)	Medio	25%	Bajo	0%	Baja	25%	1.25
Categoría 4: Conservación del ambiente acuático	Bajo	0%	Alto	30%	Media	30%	1.3

Nota. Tabla adaptada a partir de la metodología descrita por la Autoridad Nacional del Agua en el documento *Retribución económica por vertimiento de aguas residuales tratadas en minería* (ANA, 2014).

1.6. Objetivo de política pública adoptado

Se adopta explícitamente el objetivo de mantener la recaudación agregada por ReVer en el sector saneamiento, de modo que la introducción del factor I no reduzca los recursos destinados a la gestión y monitoreo. Para ello, se plantea un ajuste endógeno del factor V (calibración anual o por periodo de aplicación) tal que:

- La suma de retribuciones bajo la fórmula propuesta sea igual a la recaudación de la fórmula base; y
- A nivel micro, cada EPS enfrente incentivos marginales para mejorar su calidad, reflejados en descuentos por I.

El problema central que se examina en esta investigación es la inexistencia de un mecanismo operativo que incorpore de manera explícita la calidad del efluente dentro del cálculo de la retribución económica, a pesar de que la Ley N.º 29338 establece que dicho cobro debe considerar tanto la cantidad como la calidad del vertimiento. Frente a esta brecha, se propone la incorporación de un incentivo económico, denominado factor I, junto con la calibración del valor V, con el propósito de evitar una disminución de la recaudación. De esta manera, se contribuye al objetivo de política pública de asegurar los recursos necesarios para la gestión y el monitoreo del agua, integrando simultáneamente una señal regulatoria que reconoce el grado de cumplimiento de los parámetros de calidad definidos en el Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM.



CAPÍTULO II. MARCO CONCEPTUAL

El aprovechamiento del agua en las distintas actividades humanas conlleva modificaciones de las condiciones naturales de los ecosistemas, generando impactos negativos tanto en el ambiente como en la salud de las personas. El crecimiento de la población y las mayores demandas materiales del desarrollo incrementan progresivamente las exigencias sobre los sistemas hídricos, de modo que la intensificación del manejo del agua en una cuenca se traduce en alteraciones ambientales que afectan la productividad de los sistemas naturales y de aquellos transformados por la acción humana (Carbone et al., 2013, p. 392).

La contaminación del agua puede originarse por deficiencias en los mecanismos de control, así como por diferencias en la percepción social respecto a lo que se considera un recurso hídrico contaminado. Para un campesino, por ejemplo, la negativa de sus animales a beber agua de las acequias donde una operación minera ha descargado efluentes constituye una señal suficiente para asumir que el recurso se encuentra degradado. Para la empresa minera, en cambio, la situación adquiere relevancia cuando los valores medidos superan los niveles máximos permisibles establecidos por la normativa vigente (Gil, 2007).

2.1. Políticas y normativa general de gestión de los Recursos Hídricos

En el ámbito nacional se han formulado diversos instrumentos de política pública que establecen criterios y directrices orientados a la protección, conservación y gestión sostenible de los recursos hídricos, así como a la articulación de acciones sectoriales en esta materia. Entre los principales instrumentos vigentes se encuentran:

- Política Nacional del Ambiente
- Plan Nacional de Acción Ambiental - PLANAA PERÚ: 2011-2021
- Acuerdo Nacional: Política de Estado sobre los recursos hídricos
- Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos
- Estrategia Nacional para el Mejoramiento de la Calidad de los Recursos Hídricos
- Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA para Agua)

2.2. Principales disposiciones normativas peruanas aplicables a los vertimientos de aguas residuales tratadas

- Resolución Directoral N.º 008-1997-EM-DGAA. Establece los niveles máximos permisibles para efluentes líquidos generados en actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica (MINEM, 1997).
- Decreto Supremo N.º 003-2002-PRODUCE. Define límites máximos permisibles y valores de referencia aplicables a efluentes vertidos al sistema de alcantarillado y a cuerpos de agua superficiales por industrias como cemento, cerveza, curtiembre y papel (PRODUCE, 2002)
- Decreto Supremo N.º 010-2008-PRODUCE. Regula los límites máximos permisibles y normas complementarias aplicables a la industria de harina y aceite de pescado (PRODUCE, 2008).
- Decreto Supremo N.º 037-2008-PCM. Establece los límites máximos permisibles para efluentes líquidos correspondientes al subsector hidrocarburos (PCM, 2008).
- Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM. Fija los límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales (MINAM, 2010).
- Decreto Supremo N.º 010-2010-MINAM. Aprueba los límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos provenientes de actividades minero-metalúrgicas. (MINAM, 2010).

La normativa aplicable a los vertimientos se estructura por sectores productivos y contempla distintos valores y parámetros de control, incluso cuando algunos de ellos son comunes entre actividades. De acuerdo con Palomino et al. (2023) los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) se orientan a la evaluación del estado ambiental del territorio, a través de la medición de concentraciones de elementos y sustancias que, aun cuando no resulten nocivas para la salud humana o el ambiente, permiten caracterizar la calidad del cuerpo receptor. En contraste, los Límites Máximos Permisibles (LMP) se centran en controlar la concentración de determinados contaminantes en el punto de vertimiento del efluente tratado,

estableciendo umbrales cuya superación puede generar riesgos para la salud y el entorno.

Bajo este esquema normativo se advierte una limitación metodológica, ya que el cálculo de la retribución económica se basa principalmente en el volumen autorizado de descarga y en la caracterización del efluente en el punto de salida del sistema de tratamiento, donde se verifica el cumplimiento de los LMP aplicables a las aguas residuales tratadas (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2019). No obstante, pueden presentarse escenarios en los que, aun cuando el vertimiento cumpla con los LMP en el punto de descarga, la calidad del agua del cuerpo receptor, evaluada aguas arriba y aguas abajo del punto de vertimiento mediante los ECA-Agua, evidencie un deterioro progresivo que no es recogido por la metodología de cálculo actualmente vigente.

Debe considerarse que las propiedades propias de los cuerpos de agua presentan una alta variabilidad espacial, determinada por su ubicación geográfica y por las características fisiográficas de cada región. En este sentido, Ortega et al. (2007) evidencian que los sistemas acuáticos amazónicos albergan una elevada diversidad biológica en ambientes lénticos de la selva baja, mientras que dicha riqueza es considerablemente menor en ambientes lóticos localizados a mayores altitudes, como los de la sierra. Estas diferencias también se manifiestan entre la vertiente del Pacífico y las regiones sur y norte del país.

Asimismo, la disponibilidad limitada de información constituye una dificultad recurrente en los estudios ambientales, en particular para variables cuya obtención requiere métodos de muestreo complejos o prolongados. (Newgard & Lewis, 2015) advierten que no siempre es posible disponer de series continuas de datos de calidad de agua a lo largo de un año hidrológico completo, lo que restringe la cantidad de información utilizable para el cálculo de la retribución económica cuando se pretende incorporar un factor de calidad.

La carga contaminante, aunque no es un indicador ampliamente empleado en el contexto nacional, representa una medida cuantificable de la contaminación en un cuerpo de agua, expresada mediante el índice de carga contaminante (*Pollution Load Index – PLI*). Este índice se utiliza principalmente en evaluaciones de contaminación por metales pesados y permite clasificar los niveles de afectación en categorías basadas en factores de contaminación derivados de concentraciones de elementos químicos (Chris y Anyanwu, 2022; Ferreira et al., 2022). En este marco, la incorporación de un indicador de este tipo podría considerarse dentro de la fórmula de cálculo para estimar la retribución económica por vertimiento. En este contexto, la retribución económica por vertimiento de aguas residuales no se aplica de manera homogénea a todos los parámetros, dado que los indicadores fisicoquímicos presentan comportamientos distintos a los parámetros microbiológicos.

Desde una perspectiva económico-ambiental, el valor de la retribución debe guardar correspondencia con los costos asociados a la recuperación o remediación del recurso hídrico, entendidos como los costos evitados en los procesos de tratamiento de aguas residuales. Dichos costos representan el esfuerzo que el propio cuerpo natural debe realizar para asimilar la carga contaminante generada por terceros.

El uso que se da a los montos recaudados se rige por lo establecido en la Ley de Recursos Hídricos, específicamente en su artículo 95, el cual incorpora criterios de autosostenibilidad y señala que las retribuciones por vertimiento deben destinarse a financiar la gestión integrada del agua a cargo de la Autoridad Nacional del Agua, los consejos de cuenca y las entidades relacionadas, así como a cubrir los costos de recuperación del recurso y los daños ambientales ocasionados por las descargas ANA (2019).

Este tipo de cobros puede encontrarse integrado dentro de los pagos por uso del recurso o aplicarse de manera independiente, en función del marco legal y del esquema institucional vigente. Su aplicación se dirige a las actividades que descargan efluentes en cuerpos de agua y constituye un instrumento para el control y la reducción de la contaminación, pudiendo ajustarse según

la cantidad y la calidad de las descargas (ANA, 2012). En determinados contextos se establecen umbrales mínimos de descarga por tipo de efluente, bajo el supuesto de que valores inferiores a dichos límites no generan impactos significativos sobre la calidad del agua del cuerpo receptor.

En el caso de las industrias ubicadas en las ciudades, generalmente estas usan los sistemas de desagüe del sistema de agua domiciliario. En todos los casos, los efluentes, tanto de la industria como de los hogares, terminan en algún cuerpo de agua que tendrá impactos de calidad importantes. Un buen diseño y manejo de este instrumento ayudan a controlar o limitar problemas serios de contaminación de cuerpos de agua (Méndez, 2014, pág. 100).

Este marco conceptual sustenta la necesidad de incorporar variables de calidad en la metodología de cálculo de la retribución económica, tal como se desarrolla en el Capítulo IV.

2.3. Externalidades y rol de los instrumentos económicos

El vertimiento de aguas residuales tratadas genera externalidades negativas, al trasladar costos ambientales y sociales al conjunto de la población aguas abajo, sin que dichos costos sean plenamente asumidos por el generador. De acuerdo con Pigou (1920), estos efectos constituyen una falla de mercado que justifica la intervención del Estado mediante instrumentos económicos orientados a la internalización de dichos costos.

En el contexto del sector saneamiento, la retribución económica por vertimiento cumple la función de un instrumento pigouviano, cuyo objetivo no es únicamente recaudatorio, sino inducir cambios de comportamiento que reduzcan la carga contaminante descargada a los cuerpos de agua. No obstante, cuando la metodología de cálculo se basa exclusivamente en el volumen, se pierde la capacidad de reflejar la magnitud real de la externalidad, lo que debilita su efectividad como herramienta de política ambiental.

CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Principios de la ética de la Investigación

En el desarrollo de la presente investigación se han considerado los principios éticos que orientan la práctica académica y científica, tomando como referencia los planteamientos de Salazar et al. (2018) y Urzúa & Alberto (2013). Estos principios guían el diseño, la ejecución y el análisis de los resultados del estudio.

- a) **Respeto por las personas y las instituciones:** El estudio se ha desarrollado garantizando el respeto a los derechos, opiniones y autonomía de las personas e instituciones vinculadas al sector saneamiento, evitando la emisión de juicios de valor y concentrando el análisis exclusivamente en los aspectos técnicos y normativos relacionados con la gestión del vertimiento.
- b) **Integridad y honestidad científica:** La información utilizada será recogida y tratada con rigurosidad metodológica, evitando cualquier tipo de manipulación. Se han citado adecuadamente las fuentes de información, asegurando la transparencia y veracidad de los datos analizados.
- c) **Responsabilidad social y ambiental:** Considerando que la investigación aborda una problemática asociada a la gestión ambiental y al uso responsable de los recursos hídricos, los resultados se orientan a contribuir al fortalecimiento de las políticas públicas y a la mejora de la eficiencia en la gestión de vertimientos, tomando en cuenta los impactos sociales y ambientales del sector saneamiento en el país.
- d) **Confidencialidad y uso ético de la información:** Aunque el estudio se basa principalmente en información pública, se ha hecho un uso ético de los datos, respetando la confidencialidad cuando corresponde y evitando interpretaciones que puedan malinterpretar o distorsionar la finalidad de los documentos analizados.
- e) **Compromiso con la calidad y mejora continua:** El desarrollo de la investigación ha sido guiado por el compromiso con la excelencia académica y el interés por contribuir al conocimiento en materia de

gestión ambiental, instrumentos económicos y sostenibilidad en el sector saneamiento.

3.2. Enfoque metodológico, tipo y nivel de la investigación

El presente es un estudio de enfoque mixto; siendo cuantitativo y cualitativo, Reyes et al., (2021) refiere en el enfoque cuantitativo, la recolección de datos se hace para comprobar hipótesis que se han planteado con antelación al proceso metodológico y con el enfoque cualitativo, se busca al final del estudio comprender un fenómeno social complejo, más allá de medir las variables involucradas.

Además, es de nivel exploratorio-descriptivo, el cual se aplica cuando se investiga un tema con poco conocimiento previo, abordando problemas imprecisos e inciertos, lo que lo convierte en un punto de partida para investigaciones más profundas (Corona et al., 2023).

En este estudio se analiza la limitación metodológica del esquema vigente de cálculo de la retribución económica por vertimiento, el cual se basa principalmente en el volumen autorizado de descarga y no incorpora de manera explícita la carga contaminante real que se genera en el cuerpo receptor.

En ese marco, se propone el diseño de una mejora metodológica que incorpore la calidad del vertimiento, expresada en términos de carga contaminante, como factor adicional en la determinación de la retribución económica, así como el planteamiento de incentivos para los usuarios que implementen mejoras en el tratamiento de sus efluentes. Para ello, se recolectan datos sobre los criterios que sustentaron la metodología vigente, las proyecciones institucionales sobre su posible actualización y la factibilidad de incorporar el factor de carga contaminante en el esquema de cálculo.

En la fase cuantitativa se ejecutará una simulación con tres EPS hipotéticas (EPS-A, EPS-B, EPS-C) que representan rangos plausibles de volumen anual vertido y calidad de efluente del sector saneamiento. Para cada EPS se definirá un vector de concentraciones (DBO₅, DQO, SST, coliformes

termotolerantes) y se construirá un índice I [0,1] con normalización Min–Max y ponderaciones. Luego se comparan dos fórmulas:

- i. Base $RVer = B \times V \times C$ y
- ii. Propuesta $R'Ver = B \times V \times C \times (1 - \alpha I_t) \times k$
donde k se calibra endógenamente para mantener la neutralidad recaudatoria del sector respecto al esquema base.

3.3. Objetivos, variables y subvariables

3.3.1. Tema y Problema

El presente estudio se orienta a examinar la forma en que se incorpora el cálculo de la retribución económica en los vertimientos de aguas residuales tratadas y autorizadas en el país, los cuales se encuentran sujetos a un marco normativo ambiental específico. De acuerdo con Gárate et al., (2021), la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos se estructura sobre tres pilares fundamentales: equidad social, eficiencia económica y sostenibilidad ambiental, lo que requiere la existencia de entornos institucionales que permitan la formulación de políticas y normas en distintos niveles de gobierno.

En este contexto, la investigación se enfoca en evaluar el mecanismo mediante el cual las empresas prestadoras de servicios de saneamiento y otros usuarios autorizados para verter aguas residuales tratadas, conforme a las resoluciones emitidas por la Autoridad Nacional del Agua, efectúan el pago por concepto de retribución económica (ANA, 2012).

La retribución económica aplicable a los vertimientos autorizados de aguas residuales tratadas en los sectores industrial, de saneamiento, minero, entre otros, se encuentra regulada por la Ley de Recursos Hídricos, Ley N.º 29338, su reglamento y las disposiciones emitidas por la Autoridad Nacional del Agua ANA (2019). Dicho marco normativo establece que el cálculo del pago se aplica únicamente a los usuarios que cuentan con derechos formalmente otorgados y considera variables como el volumen de vertimiento autorizado

y la clasificación del cuerpo receptor. Sin embargo, se identifica la ausencia de un factor de calidad cuantitativo en la fórmula vigente, lo que dificulta su incorporación operativa, al requerirse información adicional y una metodología específica de cálculo, constituyendo este aspecto un elemento relevante y aún controvertido en el contexto actual.

El tema central de esta investigación consiste en analizar la incorporación de un factor de calidad dentro del cálculo de la retribución económica por vertimiento de aguas residuales tratadas autorizadas en el sector saneamiento, considerando que este sector ejerce una presión significativa sobre la calidad de los recursos hídricos a nivel nacional. Diversos cuerpos de agua se ven afectados por estas descargas, situación que ha sido evidenciada por investigaciones e informes técnicos que documentan el deterioro progresivo del recurso hídrico en el país. En este contexto, el índice de carga contaminante se determina a partir de la presencia de determinados contaminantes, los cuales suelen encontrarse en concentraciones elevadas en los efluentes (Inga et al., 2021).

Asimismo, la investigación busca identificar los principales obstáculos de naturaleza ambiental, legal y profesional que se presentan al intentar implementar una metodología eficiente, abordando de manera puntual los distintos componentes del problema y evitando interpretaciones erróneas respecto de las responsabilidades de los actores involucrados.

La normativa vigente, en particular la Ley de Recursos Hídricos, Ley N.º 29338, establece en su artículo 92 que el cálculo de la retribución económica por vertimientos de aguas residuales tratadas debe considerar tanto la cantidad como la calidad del efluente. No obstante, dicha disposición no precisa la forma en que estos criterios deben operacionalizarse, ni define qué parámetros de calidad deben utilizarse, ni los valores de referencia o los umbrales máximos de carga contaminante que deberían aplicarse a un cuerpo de agua determinado.

Uno de los aspectos centrales que se examina en esta investigación es identificar las razones por las cuales, aun cuando la normativa ambiental

aplicable a este rubro establece la necesidad de incorporar un factor de calidad en el cálculo de la retribución económica, su aplicación efectiva enfrenta condicionantes de carácter social, ambiental, político e institucional que influyen en el nivel de cumplimiento.

Se identifican además vacíos de conocimiento respecto a la formulación de una metodología ajustada a la realidad peruana. Si bien en países como Alemania se ha consolidado un esquema normativo para el cobro por vertimiento de aguas residuales, basado en la cuantificación estandarizada de la carga contaminante (Schadeinheiten) y en la aplicación de valores continuos proporcionales a la nocividad del efluente, la transferencia directa de dicho modelo resulta compleja. Ello se debe a que su diseño responde a contextos institucionales, económicos y regulatorios distintos, y su adopción podría generar resistencias por parte de los usuarios durante el proceso de adecuación normativa.

Otro desafío relevante se relaciona con los métodos de determinación de la retribución económica, dado que las condiciones operativas del sector saneamiento no son homogéneas en las diferentes regiones del país. En tal sentido, resulta pertinente analizar experiencias internacionales comparables, evaluando sus resultados, limitaciones, ventajas y dificultades observadas tras su implementación.

El componente político asociado a la legislación ambiental en el país ejerce una influencia significativa en la forma en que se gestionan los recursos hídricos, siendo frecuente que este enfoque sea utilizado con fines de carácter político. En este contexto, resulta imprescindible el desarrollo de herramientas de gestión orientadas a la recuperación de la calidad de las aguas superficiales, mediante la identificación de los principales problemas que debilitan la gestión sectorial y que inciden de manera directa en el deterioro del recurso hídrico. Un análisis que permita reconocer las debilidades de la gestión contribuirá a promover proyectos específicos y a formular soluciones integrales aplicables a distintos sectores, tales como el minero, industrial y de saneamiento, entre otros.

La disminución progresiva de la carga contaminante asociada a los vertimientos de aguas residuales tratadas, responsable de impactos negativos sobre los ecosistemas, la salud de la población y la biodiversidad, no debe ser abordada únicamente desde el nivel de las altas instancias decisoras. Con frecuencia, se identifican percepciones ciudadanas que atribuyen esta problemática a una supuesta inacción estatal; sin embargo, la gestión de los recursos hídricos constituye un asunto de interés público y nacional que demanda una articulación efectiva entre el Estado, las empresas prestadoras de servicios de saneamiento, el sector privado y la ciudadanía.

En este sentido, se vuelve prioritario impulsar acciones de corto plazo que fomenten la participación de especialistas y de profesionales con experiencia en la gestión de la calidad del agua, con el propósito de generar información relevante y, sobre todo, de proponer medidas concretas, evitando limitarse a estudios que formulen únicamente diagnósticos generales sin orientar intervenciones efectivas.

De forma complementaria, se precisa que el problema público analizado en esta investigación se vincula con la inexistencia de un mecanismo operativo que permita incorporar un factor de calidad dentro del cálculo de la retribución económica, a pesar de que la Ley N.º 29338 dispone que dicho cálculo debe considerar tanto la cantidad como la calidad del vertimiento. Esta brecha entre el mandato legal y la metodología actualmente vigente debilita la señal regulatoria destinada a promover el cumplimiento de los parámetros establecidos en el Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM.

En este contexto, la tesis plantea evaluar una alternativa metodológica sustentada en la introducción de un incentivo económico, denominado factor I, complementado con la calibración del valor V, con el objetivo de preservar los niveles de recaudación necesarios para la gestión del recurso hídrico y, simultáneamente, reconocer la calidad del efluente tratado, sin alterar el alcance original del estudio.

3.3.1.1. Planteamiento del Problema

A pesar de que la Ley N.º 29338 – Ley de Recursos Hídricos – establece que el cálculo de la retribución económica por el vertimiento de agua residual tratada debe considerar tanto la cantidad como la calidad del efluente (arts. 90 y 92), la metodología actualmente aplicada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) se basa exclusivamente en la fórmula $ReVer = B \times V \times C$, la cual no incorpora un factor explícito que refleje el desempeño ambiental real de las EPS en términos del cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMP) del D. S. 003-2010-MINAM. Esta omisión genera una ausencia de incentivos económicos directos para promover mejoras sostenidas en la calidad del efluente vertido.

El problema se agrava debido a que, en el sector saneamiento, los volúmenes vertidos son elevados y la degradación de los cuerpos de agua receptores se ha intensificado en la última década. Sin embargo, las EPS que cumplen o superan los estándares de tratamiento pagan prácticamente lo mismo que aquellas cuyos vertimientos se encuentran cerca del umbral permitido, lo que introduce inequidades y reduce la eficiencia del instrumento económico. A ello se suma que la normativa vigente no precisa cómo debe incorporarse la calidad en el cálculo de la retribución, qué parámetros deben considerarse ni cómo gestionar el eventual impacto de los incentivos sobre la recaudación de la Autoridad Nacional del Agua en el mediano y largo plazo, considerando que una mejora generalizada en la calidad de los vertimientos podría reducir los ingresos por este concepto.

Asimismo, no existe una evaluación sistemática que determine la efectividad regulatoria del esquema actual ni estudios que analicen si la introducción de un incentivo por calidad podría mejorar el desempeño de las EPS sin afectar la recaudación agregada, esencial para el monitoreo y la gestión del recurso hídrico. Esto evidencia un vacío metodológico en la formulación de un instrumento que incentive mejoras, preserve la sostenibilidad financiera del sistema y sea coherente con la experiencia internacional, donde los instrumentos económicos sí integran la carga contaminante en sus fórmulas.

En consecuencia, surge la necesidad de diseñar y evaluar una alternativa metodológica que incorpore un índice de incentivo (I) basado en parámetros verificables del D. S. 003-2010-MINAM, que pueda integrarse a la fórmula de la retribución y que, mediante un coeficiente de calibración (k), permita mantener la neutralidad recaudatoria del sector, respondiendo así al mandato legal y a los objetivos de política pública.

3.3.2. Objetivos

Objetivo general

Analizar la inclusión de incentivos en el cálculo de la retribución económica por vertimiento de agua residual tratada en el sector saneamiento (2012–2024), proponiendo y evaluando un índice de incentivo basado en la calidad del efluente.

Objetivos específicos

- Proponer y evaluar una mejora metodológica para la determinación del monto a pagar por la descarga de aguas residuales tratadas en el sector saneamiento (2012–2024), incorporando un índice de incentivo (I) basado en la calidad del efluente y la calibración recaudatoria para mantener la recaudación agregada de la ANA.
- Evaluar la efectividad de la metodología vigente ($ReVer = B \cdot V \cdot C$) en el sector saneamiento (2012–2024), identificando sus limitaciones para reconocer la calidad del efluente y su desempeño regulatorio y financiero.
- Diseñar un índice de incentivo (I_t) mediante normalización Min–Max, sustentado en los parámetros del DS 003-2010-MINAM (DBO_5 , DQO, SST, aceites y grasas, coliformes termotolerantes, pH y temperatura), para integrar la calidad en el cálculo de la retribución económica.
- Simular y comparar la fórmula vigente versus la propuesta (con I_t y k de neutralidad recaudatoria) en tres EPS hipotéticas, estimando el coeficiente de calibración y el efecto en incentivos y equidad relativa.

3.3.3. Variables y Sub variables

Tabla 6.

Operacionalización de variables

Pregunta principal de investigación	Preguntas secundarias	Variables operativas	Indicadores	Técnica de recolección de datos	Fuentes de información	Participantes o muestra	
<p>Si la Retribución Económica establecida para por las descargas de agua residual tratada está condicionada a los factores de calidad y cantidad del recurso (Artículo 90 y 92 de la Ley 29338 "Ley de Recursos Hídricos")</p> <p>¿Por qué en la actualidad, no se ha incluido eficientemente incentivos en el cobro por retribución económica relacionados a la</p>	<p>¿Qué factores son los que limitan la inclusión del factor de calidad en el cálculo de retribución económica de los vertimientos autorizados de agua residual tratada?</p>	<p>Metodología de Determinación de Carga Contaminante</p>	<p>Parámetros de Calidad como coliformes Termotolerantes, oxígeno disuelto, DBO DQO, SST.</p>	<p>Entrevistas a profesionales con experiencia en recursos hídricos de la Autoridad Nacional del Agua</p>	<p>Profesionales especializados en calidad de recursos hídricos de la Autoridad Nacional del Agua</p>	<p>Dirección de Calidad y Evaluación de los Recursos hídricos.</p>	
	<p>¿Qué avances se tienen respecto a la inclusión del factor de calidad en el cálculo de retribución económica para vertimientos autorizados de agua residual tratada?</p>	<p>Parámetros a Evaluar</p>	<p>Incentivos Cualitativos o Cuantitativos</p>			<p>Actores Directos: Autoridad Nacional del Agua</p>	<p>Proyecto de Modernización de los Recursos Hídricos.</p>
	<p>¿De quienes depende la aprobación de una metodología que permita incluir este factor?</p>	<p>Actores Indirectos:</p>	<p>Casos particulares</p>			<p>Resultados del Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales</p>	<p>Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos</p>
	<p>¿Qué incentivos se podría incluir a los titulares de autorizaciones de</p>	<p>Tarifas</p>	<p>RUPAP Registro</p>			<p>único de proceso de adecuación progresiva</p>	<p>Oficina de Asesoría Jurídica</p>
		<p>Gestores</p>	<p>Funcionarios</p>			<p>I (Índice de incentivo por EPS): 0-1 a partir de DBO₅, DQO, SST, Coliformes (D.S. 003-2010-MINAM); método Min-Max y ponderaciones.</p>	<p>Administraciones locales de agua</p>
							<p>Superintendencia Nacional de</p>

mejora de calidad de vertimiento?	vertimiento que cumplen con sus objetivos de calidad?	Directores	RVer (base) y R'Ver (propuesta) por EPS y total sector.		Servicios de Saneamiento	
		Jefe	Δ Recaudación = $\Sigma R'ver - \Sigma Rver$ (criterio de calibración de k para que $\Delta = 0$).			Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental de Perú
		Menor costo de retribución económica				



3.4. Diseño y validación

3.4.1. Población y muestra

Población

La población según Zúñiga et al., (2023), es el conjunto de individuos o fenómenos que poseen una característica en común de interés de estudio. Por ende, se considera a los actores clave del sector de gestión hídrica, enfocados en la descarga de aguas residuales tratadas y en el esquema de cobro que le es aplicable. Tomando en cuenta:

- Profesionales de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), el Ministerio del Ambiente (MINAM) y el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), encargados de la regulación, fiscalización y gestión de los vertimientos de aguas residuales tratadas.
- Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS), que son directamente afectadas por las políticas de retribución económica y calidad de los vertimientos.

Si bien las entidades del sector saneamiento cuentan con equipos técnicos multidisciplinarios, la unidad de análisis del estudio no se encuentra constituida por individuos, sino por las entidades encargadas de la administración de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR). De acuerdo con el Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento - (OTASS, 2020) en Perú existen 49 Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento – EPS, a las que se suma una unidad ejecutora de alcance nacional, lo que constituye un total de 50 entidades que integran la población de estudio como instancias de decisión en materia de operación y optimización de los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Muestra

La presente investigación no emplea un diseño muestral probabilístico ni busca inferencias estadísticas sobre la población total de entidades del sector saneamiento, sino que se apoya en la técnica de juicio de expertos, orientada a la obtención de información cualitativa especializada para la evaluación y propuesta de mejora metodológica del instrumento económico analizado.

En este marco, se seleccionaron informantes clave en función de su experiencia técnica directa con la retribución económica por vertimiento de aguas residuales tratadas, la gestión de PTAR y la evaluación de la calidad del recurso hídrico. La selección se realizó mediante muestreo intencional, priorizando criterios de trayectoria profesional, conocimiento normativo y participación en procesos de autorización, fiscalización o gestión operativa del tratamiento de aguas residuales.

Los informantes clave estuvieron conformados por siete (7) profesionales con experiencia directa en gestión de recursos hídricos, calidad de agua, evaluación de instrumentos de gestión ambiental y diseño de políticas públicas en materia de vertimientos, pertenecientes a entidades del sector público vinculadas a la gestión del recurso hídrico.

Tabla 7

Especialistas entrevistados

Nombres y Apellidos	Cargo	Entidad
Ing. Juan Carlos Sevilla Gildelmeiser	Director del Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos	Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos (ANA)
Ing. Irving Vargas Sanchez	Especialista de calidad de agua de la cuenca Urubamba	Proyecto de Gestión Integrada de Recursos Hídricos PGIRH, CTC Urubamba
Biólogo. Freddy Delgado	Gestor Ambiental	Superintendencia nacional de servicios de saneamiento en Moquegua (SUNASS)

Biólogo. Jimmy Cordova Nuñez	Especialista de Calidad de agua	ALA Chili Autoridad Nacional del Agua
Ing. Lourdes Escobar Quispe	Coordinador del componente de Calidad de Recursos Hídricos	UE2 Proyecto de Gestión Integrada de Recursos Hídricos (ANA)
Ing. Victoria Abarca	Evaluadora de Instrumentos de gestión ambiental	Autoridad Nacional del Agua
Ing. Amarildo Fernández Estela	Ex jefe de la ANA, actualmente Especialista ambiental del MTC dirección de obras	2019-2020 Autoridad Nacional del Agua y Ministerio de Transportes y Comunicaciones

3.4.2. Validación del cuestionario

La construcción de los instrumentos, cuestionario, es un proceso complejo, iterativo, con diversas fases que involucra la revisión y validación empírica. Por ello, la validez de contenido por juicio de expertos es una de estas fases; implica someter los ítems al juicio de especialistas para identificar vacíos, ambigüedades o sesgos (Maldonado y Santoyo, 2024). Los ítems del cuestionario validados por los expertos se presentan en el Anexo 2.

3.4.3. Cuestionario

El instrumento de investigación empleado en el presente trabajo es el cuestionario definido por Barreto (2024). En la investigación científica, se define como una técnica que emplea un conjunto de interrogantes para recopilar y analizar datos de una muestra representativa de una población. Se presenta la tabla 8, donde se muestran las interrogativas aplicadas a los especialistas.

Tabla 8.*Interrogantes aplicadas*

N	Preguntas guías
1	¿Se encuentra familiarizado en temas relacionados a retribución económica por vertimiento de agua residual tratada?
2	¿Qué opinión o reacción le genera la fórmula que viene utilizando la Autoridad Nacional del Agua para el cálculo de la RE x VART? ¿podría mejorarse? ¿La fórmula presentada, considera que es eficiente?
3	¿Qué factores sociales, ambientales, económicos u otros considera que deben de añadirse o modificarse en el cálculo de retribución económica en los vertimientos de agua residual tratada autorizada en el sector saneamiento?
4	¿En la metodología aprobada, considera que basta con utilizar la clasificación del cuerpo de agua (coeficiente de modulación) en el cálculo de la retribución económica por vertimiento de agua residual tratada (RExVART)?
5	Considera que, si un titular que realiza un vertimiento de agua residual tratada, al mejorar la calidad de agua en su vertimiento ¿deberá de pagar menos de lo que normalmente pagaría al año?
6	Los resultados de calidad de agua analizados que se obtienen directamente del vertimiento y los resultados de calidad de agua analizados en supervisiones ¿deberían incluirse en el cálculo?
7	¿Cómo se podría Incluir el factor de calidad (resultados de calidad de agua emitidos periódicamente por los titulares de la autorización de vertimiento y resultados de calidad de agua obtenidos en las supervisiones), en el cobro final de la retribución
8	¿Considera usted que la metodología establecida para el cobro de la Retribución Económica por Vertimiento de Agua Residual Tratada que se encuentra vigente compensa lo que realmente es vertido a los cuerpos de agua?
9	¿Conoce si se aplica algún incentivo que se brinde a las empresas cuando estas invierten capital para la mejora de su tratamiento de agua residual?
10	¿Qué otras experiencias conocen en otros sectores y/o países en donde se haya incorporado incentivos?

N	Preguntas guías
11	De las preguntas 9 y 10 ¿qué incentivos propondría para mejorar la calidad del vertimiento?
12	¿Qué aspectos normativos y procedimentales considera que deben modificarse para mejorar la autorización, el control y monitoreo de la RE x VART ? ¿Qué alternativas de política pública tenemos para abordar este problema? ¿Qué retos podrían presentarse?

3.4.4. Datos generales de los participantes

En esta sección se presentan los datos generales de los participantes que fueron sometidos al cuestionario, estos fueron seleccionados con el objetivo de obtener información relevante sobre la retribución económica por los vertimientos de aguas residuales tratadas y la inclusión de incentivos para mejorar la calidad de los vertimientos. La descripción de los participantes abarca diversos aspectos demográficos y profesionales, tales como su rol en las instituciones, su experiencia laboral en la gestión de recursos hídricos y el tratamiento de aguas residuales, y el tipo de entidades con las que interactúan. Estos datos proporcionan un contexto fundamental para entender las perspectivas y enfoques de los participantes en relación con los temas clave de la investigación.

3.4.5. Relaciones

Las relaciones presentadas en el presente estudio, especialmente los organismos encargados de la gestión hídrica, destacan la importancia de la colaboración interinstitucional y la participación de profesionales especializados en la toma de decisiones relacionadas con los recursos hídricos (Cevallos & Zambrano, 2024), por ello se consideraron especialistas de las siguientes entidades del estado peruano:

- Autoridad Nacional del Agua (ANA)
- Ministerio del Ambiente (MINAM)
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA)

La aplicación del cuestionario a responsables de estas entidades permitirá obtener información integral sobre políticas, regulaciones y el contexto

general desde la perspectiva del nivel regulador y gestor del sector saneamiento, así como sobre los incentivos asociados a la retribución económica por vertimiento de aguas residuales tratadas, contribuyendo a una mejor comprensión de la eficacia de estas políticas y su impacto en la gestión del recurso hídrico en el Perú.

3.4.6. Procedimiento de simulación y calibración

Para evaluar el impacto de incorporar el índice de incentivo (I) en el cálculo de la retribución económica y, al mismo tiempo, mantener la recaudación total del sector saneamiento, se desarrolló una simulación con tres EPS hipotéticas que representan rangos plausibles de operación dentro del sector. El procedimiento aplicado es el siguiente:

(1) Definición de casos:

Se construyeron tres Entidades Prestadoras de Servicios (EPS-A, EPS-B y EPS-C), cada una con un volumen anual de vertimiento (B_i) y un perfil de calidad del efluente representado mediante concentraciones de DBO_5 , DQO, SST y coliformes termotolerantes, con valores dentro de rangos típicos observados en el sector saneamiento.

Justificación empírica de los rangos utilizados:

Los valores asignados a cada EPS hipotética se fundamentan en evidencia empírica obtenida de informes oficiales del sector saneamiento. En particular, los reportes de desempeño operativos difundidos por la (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento – SUNASS, 2022) y las caracterizaciones de vertimientos publicadas por la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2022) muestran que las EPS del país suelen agruparse en tres patrones recurrentes:

- a) EPS con cumplimiento cercano a los LMP;
- b) EPS con cumplimiento intermitente; y
- c) EPS que superan periódicamente los estándares establecidos.

Asimismo, los Límites Máximos Permisibles del D.S. 003-2010-MINAM proporcionan las cotas normativas para la normalización Min–Max. En función de esta evidencia, los rangos utilizados reproducen condiciones

plausibles dentro del sector sin emplear datos identificables de ninguna EPS real.

(2) Construcción del índice de incentivo (I):

Para cada EPS se aplicó una normalización Min–Max por parámetro, basada en los Límites Máximos Permisibles del D.S. 003-2010-MINAM. A cada parámetro se le asignó una ponderación (w_{DBO} , w_{DQO} , w_{SST} , w_{Col}) definida por relevancia ambiental, cumpliendo que $\sum w=1$. El índice $I_{t,i}$ se obtuvo como suma ponderada de los subíndices normalizados Min–Max y adopta valores entre 0 y 1, donde valores mayores indican mejor desempeño relativo en la calidad del efluente.”

(3) Cómputo base: $R_{ver,i} = B_i \times V \times C_i$ (usando C según clasificación)

Se calculó la retribución económica base para cada EPS mediante la fórmula: $R_{ver,i} = B_i \times V \times C_i$,

Donde:

- V es el valor vigente del parámetro económico y
- C_i corresponde al coeficiente del cuerpo receptor según la clasificación ECA.

(4) Cómputo propuesta:

Se evaluó la fórmula modificada:

$$R'_{ver,i} = B_i \times V \times C_i \times (1 - \alpha I_{t,i}) \times k$$

Donde $I_{t,i}$ corresponde al índice de incentivo de la EPS i , α es el parámetro de intensidad del incentivo, y k es el factor de calibración para neutralidad recaudatoria.”

(5) Calibración del factor k (criterio de neutralidad recaudatoria):

El factor k fue determinado de manera endógena para cumplir la condición:

$$\sum R'_{ver,i} = \sum R_{ver,i}$$

garantizando que la recaudación total del sector no disminuya respecto a la metodología vigente. Con ello se mantiene la sostenibilidad financiera de la ANA y se evita el desplazamiento del objetivo recaudatorio.

(6) Resultados a reportar:

Para cada EPS se estimó el valor de la retribución con ambos métodos, el cambio porcentual ($\Delta\%$) y la redistribución relativa entre EPS. Además, se evaluó la sensibilidad del índice a las ponderaciones y a los rangos Min–Max utilizados.

Este procedimiento permite analizar, en un entorno controlado, cómo la introducción de un incentivo por calidad puede modificar la señal regulatoria sin afectar la recaudación total del sistema.

3.4.7. Escenarios

La simulación se desarrolló bajo tres escenarios técnicos que representan situaciones plausibles dentro del sector saneamiento. Cada escenario permite observar cómo varían los pagos por retribución económica cuando se aplica el índice de incentivo (I) y el factor de calibración k, manteniéndose la recaudación total del sector. Los escenarios son los siguientes:

(a) Escenario 1: Cumplimiento cercano al LMP

En este escenario, las tres EPS presentan concentraciones de DBO_5 , DQO, SST y coliformes termotolerantes próximas a los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D. S. 003-2010-MINAM. Este caso permite evaluar cómo se comporta el índice I cuando las EPS cumplen técnicamente la normativa, pero sin mejoras sobresalientes en la calidad del efluente. El propósito es observar si la metodología propuesta genera incentivos incluso en condiciones de cumplimiento mínimo permitido y si produce variaciones razonables en los pagos individuales sin afectar la recaudación sectorial.

(b) Escenario 2: Mejora sustantiva de la calidad del efluente

En este escenario, una o más EPS hipotéticas presentan valores sensiblemente inferiores a los Límites Máximos Permisibles – LMP, lo que se interpreta como una mejora del desempeño del tratamiento reflejada en menores concentraciones y cargas contaminantes del efluente. Esta mejora se operacionaliza mediante la aplicación del índice de incentivo (I), el cual reconoce el desempeño ambiental superior al estándar regulatorio y permite ajustar el valor de la retribución económica en función de la calidad real del vertimiento.

Asimismo, se evalúa el comportamiento del factor de ajuste V' , el cual se calibra de modo que las reducciones individuales en la retribución económica asociadas a mejoras de calidad no generen, en el agregado, una disminución significativa de la recaudación del instrumento en el mediano y largo plazo.

Este escenario es consistente con el enfoque sectorial vigente, que prioriza el mejoramiento del desempeño de las plantas de tratamiento y la reducción de la carga contaminante en los cuerpos receptores, tal como se reconoce en los instrumentos de planificación del sector saneamiento.

(c) Escenario 3: Desempeño heterogéneo entre EPS

Este escenario combina EPS con calidades contrastantes: una con mejoras importantes, una con cumplimiento cercano al LMP y una con resultados por encima de los valores de referencia. Esto permite examinar cómo la metodología redistribuye los pagos según la calidad real del efluente y cómo varía la señal de incentivo entre operadores con diferentes niveles de desempeño. De igual manera, permite evaluar si la redistribución es consistente con los principios de equidad y eficiencia planteados en la normativa, y si la calibración de V' mantiene la recaudación sectorial sin afectar injustamente a ninguna EPS.

La utilización conjunta de estos tres escenarios asegura un análisis comparativo robusto, permitiendo validar la consistencia técnica del índice de incentivo y del factor V' bajo condiciones diversas y representativas del sector saneamiento. Asimismo, facilita identificar si la propuesta metodológica genera señales económicas claras, coherentes y sostenibles para inducir mejoras en la gestión de la calidad del efluente.

3.4.8. Validación cualitativa:

Además del análisis cuantitativo, se incorporó una validación cualitativa basada en las percepciones de siete especialistas vinculados a la gestión de recursos hídricos, autorizaciones de vertimiento y supervisión ambiental. Los expertos fueron seleccionados por su experiencia directa en la aplicación de la metodología vigente de retribución económica y en la evaluación de la calidad del efluente en el sector saneamiento.

Esta validación permitió contrastar los resultados de la simulación con las opiniones técnicas recabadas mediante el cuestionario descrito en la sección 3.4.3. En particular, se buscó verificar tres aspectos:

- la percepción sobre la efectividad del esquema vigente antes de incorporar el índice de incentivo (I),
- la plausibilidad técnica y regulatoria de incluir un incentivo basado en los parámetros del D.S. 003-2010-MINAM, y
- la coherencia del criterio de neutralidad recaudatoria mediante la calibración del factor V'.

Los expertos coincidieron en que la fórmula $ReVer = B \times V \times C$ no reconoce adecuadamente el desempeño ambiental de las EPS y que su diseño responde principalmente a un objetivo recaudatorio. Asimismo, señalaron que la inclusión de un factor asociado a la calidad del efluente constituye un avance metodológico razonable, siempre que se mantenga la sostenibilidad financiera del sistema. Esta percepción respalda la estructura del índice I y justifica su integración con un factor V' calibrado para evitar la disminución de la recaudación total del sector.

La validación cualitativa también permitió evaluar la coherencia de los tres escenarios definidos en la sección 3.4.7. Los especialistas confirmaron que dichas configuraciones reflejan situaciones frecuentes en el sector saneamiento: cumplimiento cercano al LMP, mejoras significativas de tratamiento y desempeño heterogéneo entre EPS. Finalmente, los expertos consideraron que la propuesta metodológica es consistente con los principios de eficiencia ambiental y gestión por incentivos, reconociendo que su implementación requeriría lineamientos técnicos complementarios y mecanismos de verificación de calidad más robustos.

En conjunto, esta validación permitió reforzar la solidez conceptual de la propuesta y demostrar que los resultados obtenidos en la simulación son plausibles y técnicamente defendibles dentro del marco legal e institucional vigente.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

El presente capítulo expone los resultados del análisis comparativo entre la metodología vigente para el cálculo de la retribución económica por vertimiento de aguas residuales tratadas y la metodología propuesta que incorpora un incentivo por calidad. Para ello, se emplea como caso de estudio la PTAR “La Enlozada” (SEDAPAR), por contar con información documentada sobre volumen autorizado, categoría del cuerpo receptor y resultados de monitoreo del efluente, lo que permite aplicar la fórmula vigente y contrastarla con la propuesta. Adicionalmente, se presentan resultados cualitativos derivados de entrevistas a especialistas y una simulación sectorial con neutralidad recaudatoria.

El índice I_t se define como un índice de cumplimiento ambiental agregado (valores cercanos a 1 indican mejor desempeño), el cual opera como un factor de descuento calibrable a través del parámetro α . En tanto, I_i representa el índice individual por parámetro de calidad.

4.1.1. Aportes de especialistas y fundamento de la propuesta metodológica

Con el propósito de complementar el análisis documental y normativo, se realizaron entrevistas a siete especialistas del sector saneamiento. El detalle íntegro de dichas entrevistas se presenta en el Anexo 4. En esta sección se sistematizan los principales aportes obtenidos y se muestra cómo estos informan y sustentan la propuesta metodológica desarrollada en el presente capítulo.

Tabla 9.

Sistematización de aportes de especialistas y su traducción en la propuesta metodológica

Aporte de los especialistas	Limitación identificada en la metodología ReVer	Traducción en la propuesta
La fórmula actual no refleja la calidad real del efluente.	El cálculo depende casi exclusivamente del volumen autorizado.	Inclusión del índice de incentivo I_t , basado en parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.
El coeficiente de modulación resulta subjetivo.	Clasificación rígida del cuerpo receptor sin medición real de desempeño.	Cálculo dinámico de calidad mediante normalización Min-Max.
No existen incentivos económicos por buen tratamiento.	Las EPS no tienen estímulos para mejorar procesos.	Descuento económico proporcional al valor de I_t .
El impacto ambiental no se diferencia entre EPS.	Todas pagan casi lo mismo independientemente del desempeño.	Simulación sectorial con neutralidad recaudatoria y ajuste del factor k .
Débil articulación entre calidad, volumen y sensibilidad ambiental.	Metodología fragmentada.	Fórmula propuesta: $ReVer = B \times V \times C \times (1 - \alpha I_t)$

La Tabla evidencia que la propuesta metodológica no surge de un planteamiento teórico aislado, sino de la sistematización de las principales limitaciones identificadas por los especialistas. De esta manera, el índice de incentivo I_t y la calibración del factor k responden directamente a los vacíos detectados en la metodología vigente.

4.1.2. Contextualización del ámbito de saneamiento a nivel nacional

El sector saneamiento en el Perú presenta brechas estructurales en la cobertura y en el tratamiento adecuado de aguas residuales. De acuerdo con el diagnóstico nacional de PTAR elaborado por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS, 2022), menos del 35 % de las aguas residuales generadas en el país reciben tratamiento efectivo, y una

proporción significativa de las plantas opera con deficiencias técnicas y limitaciones de mantenimiento. Esta situación se traduce en presiones crecientes sobre los cuerpos de agua superficiales, particularmente en cuencas costeras con limitada disponibilidad hídrica.

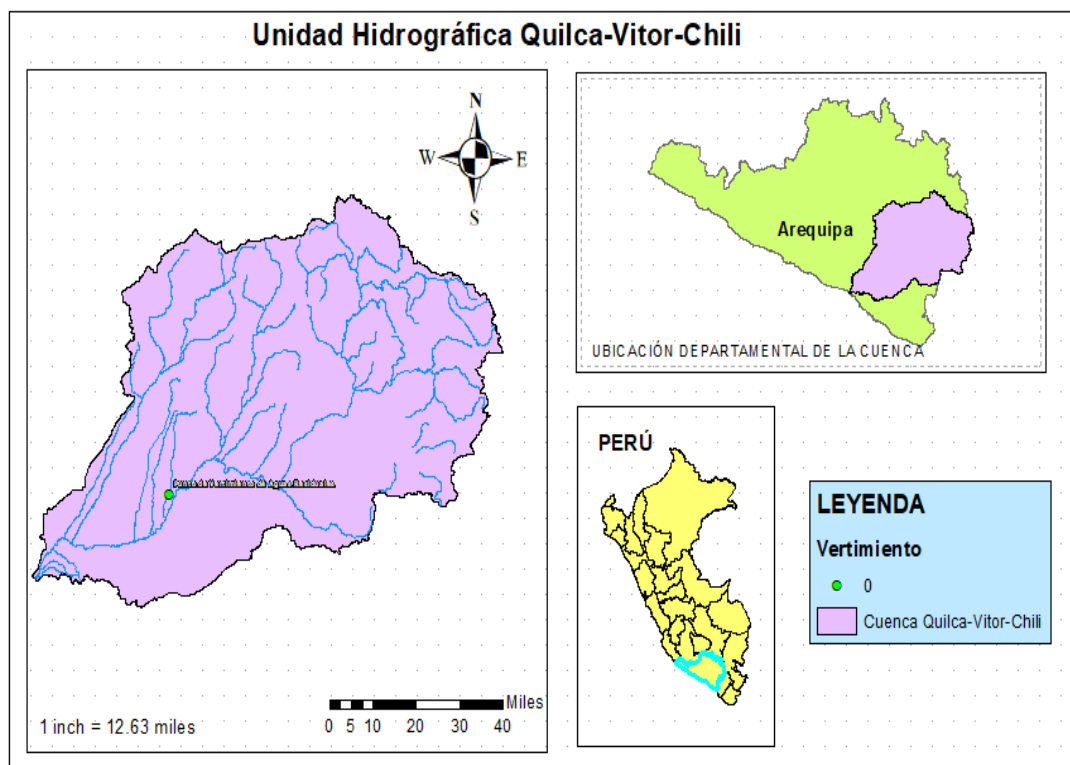
En este contexto, la PTAR La Enlozada constituye un caso de estudio relevante por tratarse de una de las principales infraestructuras de tratamiento del sur del país y por contar con información técnica documentada que permite aplicar tanto la metodología vigente como la propuesta.

4.1.2. Caso práctico actual: PTAR “La Enlozada”

La PTAR La Enlozada es una instalación de tratamiento secundario mediante un proceso biológico con filtros percoladores. Estas instalaciones tratan un flujo diario de 1,8 metros cúbicos por segundo (m^3/s) y con un caudal máximo horario de hasta 3,6 m^3/s proyectado para el año 2029 de acuerdo con la documentación técnica disponible. La planta está diseñada de tal forma que podrá ser ampliada, para tratar flujos futuros acorde al crecimiento de la población arequipeña en dos etapas adicionales (Valverde, 2019). Asimismo, se conoce que la Planta de Tratamiento “La Enlozada” tiene la autorización de vertimiento a través de la empresa SEDAPAR para realizar vertimiento de sus aguas residuales tratadas en el río Chili.

Figura 2.

Unidad Hidrográfica Quilca-Vitor-Chili



Nota: Elaborado a partir de la unidad hidrográfica Quilca-Vitor-Chili.

Datos:

- Las aguas residuales como efluentes de la PTAR La Enlozada provienen del sector de Saneamiento.
- El volumen total vertido fue de 400 568 832,00 m³ de acuerdo con la Resolución Directoral 0126-2022-ANA-DCERH, otorgada a la empresa SEDAPAR S.A., que solicitó la autorización de vertimiento de aguas residuales en la "PTAR La Enlozada".
- Punto de estudio o cuerpo receptor es el Río Chili, tramo Uchumayo, región Arequipa, clasificado como un cuerpo de agua de categoría 3, lo que corresponde a aguas destinadas al riego de vegetales y a la bebida de animales, dictaminadas por los ECA para agua de Perú.
- El valor de la retribución económica por el vertimiento de aguas residuales tratadas para la PTAR La Enlozada es de S/ 0.0035 por m³ según el DS N° 013-2023-MIDAGRI.
- El coeficiente de modulación para categoría 3 es 1.25, según la tabla 5. Además, así lo corrobora el Plan de aprovechamiento de la

disponibilidad hídrica en el ámbito del Consejo de Recursos Hídricos de la cuenca Quilca-Chili 2024-2025, donde muestra la estabilidad de la disponibilidad hídrica en el río Chili.

Según la ANA, se aplica esta fórmula para calcular la retribución económica correspondiente por el vertido de agua residual tratada:

Desarrollo:

$$ReVer = B \cdot V \cdot C$$

$$RVER = 400\,568\,832,00 \text{ m}^3 \times S/0,0035 \times 1,25$$

$$RVER = S/1\,752\,488,64 \text{ por año}$$

Si aplicamos una evaluación de pago mensual, el pago sería:

$$RVER = S/1\,752\,488,64 \text{ entre 12 meses}$$

$$RVER = S/146\,040,72 \text{ por mes}$$

De acuerdo con la fórmula brindada por la ANA y los datos de la autorización otorgada a la PTAR “La Enlozada”. Se reconoce que la cifra pagada anualmente en el año 2024 es de S/ 1 752 488.64, este pago es por el vertimiento de sus aguas residuales tratadas, sin una cifra o concentración exacta por los diversos parámetros fisicoquímicos vertidos en el cuerpo receptor.

4.1.3. Mejora metodológica de retribución económica por vertimiento autorizado basado en el factor de calidad y cantidad

Propuestas de mejoras metodológicas

Con base en las opiniones de los expertos consultados, se proponen dos metodologías para mejorar el cálculo de la retribución económica por vertimiento de aguas residuales tratadas. A continuación, se presentan ambas mejoras metodológicas, que responden a las preocupaciones y sugerencias de los expertos en el tema.

En esta sección se integra el factor I y la calibración de V' bajo el criterio de recaudación invariante. Los resultados detallados de las tres EPS hipotéticas se presentan en el subapartado 4.1.4, comparando la fórmula base y la fórmula propuesta.

4.1.4. Índice de incentivo (I)

La presente metodología está basada en la técnica de la normalización Min-Max, que transforma los datos linealmente para que todos los valores se ajusten a un rango específico, generalmente entre 0 y 1. Este proceso es útil cuando se necesita comparar valores dentro de un rango común (Henderi et al., 2021). Esto permite comparar diferentes elementos del sistema al representar su desempeño en relación con el escenario de mejor desempeño posible (Avraamidou et al., 2018).

La fórmula de la normalización Min-Max:

$$X_{nuevo} = \frac{X - Min(X)}{Max(X) - Min(X)}$$

X_{nuevo} : Valor normalizado que se obtiene.

X : Valor original del dato.

$Max(X)$: Valor máximo.

$Min(X)$: Valor mínimo (límite de detección del método).

Sobre este concepto se propone adecuar esta fórmula a los parámetros del efluente en un índice de incentivo que varía de 0 a 1. La fórmula para calcular el índice de incentivo (I_i) se divide en dos partes:

Ecuación 1.

$$I_i = 1 - \left(\frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \right)$$

Donde:

I_i : índice de incentivo individual (0 a 1)

X : Valor observado del parámetro evaluado (Concentración estimada)

X_{min} : Cantidad mínima del parámetro evaluado (límite de detección del método - LDM)

X_{max} : Valor máximo del parámetro evaluado (Límites máximos permisibles - LMP)

Si $x \rightarrow X_{min} \Rightarrow I_i \rightarrow 1$ (muy buen desempeño)

Si $x \rightarrow X_{max} \Rightarrow I_i \rightarrow 0$ (desempeño al límite)

Ecuación 2.

$$I_t = \sum (I_i \times W_i)$$

I_t : índice de incentivo total

I_i : índice de incentivo individual

W_i : Peso asignado a cada parámetro según la tabla 10.

Los parámetros considerados a continuación, están establecidos como los más relevantes de acuerdo al grado de contaminación ambiental que genera según (MINAM, 2010, p. 2). Para una justa estimación del índice de incentivo (1), se les pondera con un peso asignado en el rango de 0.05 (menor contaminante) a 0.20 (mayor contaminante) según su nivel de impacto causado (Mindiola et al., 2008). A continuación, se presenta la ponderación exacta según lo presentado.

Tabla 10

Ponderación de pesos asignados a los parámetros de calidad del efluente

Parámetro	Peso (w_i)
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	0.25
Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días (DBO_5)	0.19
Coliformes Termotolerantes	0.19
Sólidos Suspendidos Totales	0.13
Aceites y Grasas	0.13
pH	0.055
Temperatura	0.055

Nota. La ponderación de los parámetros se ha sistematizado a partir de los criterios establecidos en los Límites Máximos Permisibles aplicables a efluentes de PTAR domésticas o municipales y de estudios sobre índices de carga contaminante en procesos industriales (MINAM, 2010 ; Mindiola et al., 2008).

El resultado de I_t ajusta el costo que la empresa debe pagar por el vertimiento de sus aguas residuales tratadas. En la presente propuesta, valores altos de I_t representan un mejor desempeño ambiental del efluente, lo que se traduce en una reducción del monto de la retribución económica. Por el contrario, valores bajos de I_t reflejan un menor desempeño en la calidad del vertimiento, incrementando el pago correspondiente.

En esta metodología el índice de incentivo total (I_t) es una suma ponderada de los I_i según su relevancia; no se normaliza por la suma de pesos porque su propósito es reflejar la magnitud acumulada del desempeño ambiental.

Caso Práctico – PTAR La Enlozada

Para estimar la cantidad de retribución económica por vertimientos de agua residual tratada, primero se estimará el I_i índice de incentivo individual, el cual se hallará con la ecuación 1, posteriormente se estimará el I_t índice de incentivo total, el cual se hallará con la ecuación 2. Se trabajará en base a los siguientes datos; los cuales fueron extraídos de directamente de los monitoreos realizados por la PTAR La Enlozada.

Datos:

Tabla 11

Concentraciones de parámetros de la PTAR La Enlozada

Parámetro	UND	LMP	Concentración	Mínimo	Fuente
Aceites y grasas	mg/L	20	0.2	0.2	EPA 1664A (gravimétrico)
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	10 000	79	1	APHA 9221E
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O ₂ /L	100	6.9	0.5	APHA 5210B
Demanda Química de Oxígeno	mg O ₂ /L	200	32.6	5	APHA 5220D
pH	Unidad de pH	8.5	8.1	6.5	D.S. N° 003-2010-MINAM

Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	150	16	2	APHA 2540D
Temperatura	Celsius	34	17.1	10	MINAM, 2010

Nota. El dato de aceites y grasas fue <0.2 mg/l, sin embargo, para poder aplicarlo a la formula se requiere un dato cuantitativo estable. Por ello se aplicó la metodología LDM/1 y LMD/2 según (Huang et al., 2025).

Proceso:

Paso 1.

Se procede con la ecuación 1.

$$I_i = 1 - \left(\frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \right)$$

Tabla 12

Índice de incentivo individual

Parámetro	Xmax	X	Xmin	I _i
Demanda Química de Oxígeno	200	32.6	5	0.86
Demanda Bioquímica de Oxígeno	100	6.9	0.5	0.94
Coliformes Termotolerantes	10 000	79	1	0.99
Sólidos Suspendidos Totales	150	16	2	0.91
Aceites y grasas	20	0.2	0.2	1.00
pH	8.5	8.1	6.5	0.20
Temperatura	34	17.1	10	0.62

Elaboración propia.

Paso 2.

Se procede con la ecuación 2.

$$I_t = \sum (I_i \times W_i)$$

Tabla 13

Índice de incentivo total

Parámetro	I_i	w_i	$I_i * w_i$
Demanda Química de Oxígeno	0.86	0.25	0.216
Demanda Bioquímica de Oxígeno	0.94	0.19	0.178
Coliformes Termotolerantes (44,5°C)	0.99	0.19	0.188
Sólidos Suspendidos Totales	0.91	0.13	0.118
Aceites y grasas (MEH)	1.00	0.13	0.130
pH	0.20	0.055	0.011
Temperatura	0.62	0.055	0.034
		I_t	0.878

Elaboración propia.

Paso 3.

Ya que se estimó el I_t de índice de incentivo total, se procederá con estimar la retribución por el vertimiento de aguas residuales tratadas, este se estimará con la fórmula ya establecida.

$$ReVer = B \times V \times C \times (1 - \alpha I_t)$$

Donde α es el parámetro de intensidad del incentivo ($0 < \alpha \leq 1$), que calibra el efecto del cumplimiento ambiental en el monto final.

$$ReVer = 400\,568\,832,00 \text{ m}^3 \times S / 0.0035 \times 1.25 \times (1 - 0.5 \times 0.878)$$

$$ReVer = 400\,568\,832,00 \text{ m}^3 \times S / 0.0035 \times 1.25 \times 0.56$$

$$ReVer = S / 981\,393.64 \text{ por año}$$

Al incorporar el índice de incentivo total en la fórmula de retribución económica no se persigue únicamente la reducción del pago, sino generar una señal económica que modifique el comportamiento de las EPS en el mediano y largo plazo, incentivando inversiones en infraestructura, operación y control de sus vertimientos.

En el caso ilustrativo de la PTAR La Enlozada, el valor obtenido de $I_t=0.878$ muestra que, bajo condiciones de buen desempeño ambiental, el esquema reconoce dicho esfuerzo mediante una menor retribución. Sin embargo, este resultado debe interpretarse desde una perspectiva intertemporal, en la cual los costos de inversión y operación incurridos por la EPS se compensan

progresivamente a lo largo del tiempo mediante menores pagos por retribución económica.

4.1.5. Simulación sectorial con tres EPS hipotéticas (manteniendo la recaudación ANA)

La introducción de un incentivo de calidad (I) puede coexistir con neutralidad recaudatoria sectorial ajustando la retribución económica mediante un escalar único k , de modo que la recaudación total de la ANA no se reduzca.

Esquema vigente:

$$R_i = B_i \cdot V_{Cat(i)} \cdot C_i$$

Esquema propuesto con incentivo y neutralidad

$$R'_i = B_i \cdot V_{Cat(i)} \cdot C_i \cdot (1 - \alpha I_{t,i}) \cdot k$$

Con k elegido tal que se cumpla

$$\sum_i R'_i = \sum_i R_i$$

$$K = \frac{\sum_i (B_i V_{Cat(i)} C_i)}{\sum_i B_i V_{Cat(i)} C_i (1 - \alpha I_{t,i})}$$

Tabla 14

Índice de incentivo por EPS

EPS	Volumen (B) (m ³ /año)	Categoría	Vcat	C	(I)
EPS-A (marino-costera)	300 000 000	4	0.0036	1.30	0.08
EPS-B (riego/bebida)	120 000 000	3	0.0035	1.25	0.113
EPS-C (uso poblacional)	40 000 000	1	0.0042	1.50	0.30

Paso 1 - Recaudación base:

$$\sum BVC = (300M \times 0.0036 \times 1.30) + (120M \times 0.0035 \times 1.25) + (40M \times 0.0042 \times 1.50)$$

$$\sum BVC = 1\,404\,000 + 525\,000 + 252\,000 = 2\,181\,000$$

Paso 2 – Denominador corregido:

$$\sum BVC(1 - \alpha I_t)$$

Tabla 15*Cálculo del denominador para la estimación de k*

EPS	Base BVC	$1 - \alpha I_t$	$B_i V_{Cat(i)} C_i (1 - \alpha I_{t,i})$
EPS-A	1 404 000	0.96	1 347 840
EPS-B	525 000	0.9435	495 337.5
EPS-C	252 000	0.85	214 200
Total:			2 057 378.5

Paso 3 – Nuevo K:

$$K = \frac{2\,181\,000}{2\,057\,378.5} = 1,0600087$$

Tabla 16.*Resultado vigente versus propuesto*

EPS	(Ri) vigente (S/)	(R'i) propuesto (S/)
EPS-A	1 404 000	$1\,404\,000 \times 0.96 \times 1.06 = 1\,431\,014$
EPS-B	525 000	$525\,000 \times 0.9435 \times 1.06 = 525\,220$
EPS-C	252 000	$252\,000 \times 0.85 \times 1.06 = 227\,304$
Total	2 181 000	2 183 538

- El total sectorial se mantiene (neutralidad recaudatoria).
- Se introduce un incentivo real al desempeño sin afectar el objetivo fiscal de la ANA.
- El factor $(1 - \alpha I_{t,i})$ introduce un descuento individual por desempeño; sin embargo, al aplicar el ajuste k para mantener constante la recaudación sectorial, algunas EPS con desempeño cercano al promedio pueden experimentar incrementos relativos, mientras que las EPS con mayor cumplimiento (mayor I_t) tenderán a reducir su pago o a crecer menos que el resto, reordenando la carga contributiva dentro del sector.

A diferencia del esquema peruano, el sistema francés de tasas por contaminación incorpora explícitamente coeficientes asociados a la carga contaminante medida mediante parámetros como DBO y DQO, de modo que la obligación económica se incrementa proporcionalmente al daño potencial generado por el vertimiento. Esta aproximación refuerza la aplicación práctica del principio de “quien contamina paga”, al vincular el pago no solo al volumen, sino a la calidad real del efluente (International Office for Water, 2019).

4.1.6. Aplicación ilustrativa del esquema de neutralidad recaudatoria (no empírica)

En el ítem 4.1.2 se estimó para La Enlozada (categoría 3, 2024) un pago vigente de S/ 1 752 488.64. Con fines exclusivamente ilustrativos, se aplica a este caso la fórmula propuesta que incorpora el factor de calidad mediante el índice de cumplimiento I_t y el parámetro de calibración α , así como el factor k obtenido a partir de la simulación sectorial presentada en el ítem 4.1.5, con el objeto de mostrar el comportamiento del esquema bajo el criterio de neutralidad recaudatoria. En este ejercicio ilustrativo se asume $k = 1.00$ con el único propósito de aislar el efecto del índice de incentivo I_t sobre el pago individual, sin reproducir el ajuste sectorial completo desarrollado en el ítem 4.1.5.

$$R'_{Enlozada} = R_{vigente} \times (1 - \alpha I_t) \times k$$

Asumiendo un valor ilustrativo de $\alpha=0.5$ y considerando $k=1.060087$ (valor ilustrativo derivado de la simulación de la sección 4.1.5).

$$R'_{(Enlozada)} = 1\,752\,488.64 \times (1 - 0.5 \times 0.878) \times 1.060087$$

$$R'_{(Enlozada)} \approx S/ 1\,041\,901.30$$

El incentivo ambiental existe; sin embargo, al mantenerse constante la recaudación sectorial en el escenario simulado, el efecto neto depende del desempeño relativo de todas las EPS consideradas y del valor de k . En este ejercicio ilustrativo, la PTAR La Enlozada presenta una reducción relativa de su pago en función de su nivel de cumplimiento ambiental reflejado en el índice I_t ,

mientras que aquellas EPS con menores niveles de cumplimiento asumirían una mayor proporción de la recaudación total tras el ajuste mediante el factor k . Estos resultados no deben interpretarse como valores operativos reales aplicables a la PTAR Enlozada, sino como una demostración conceptual del funcionamiento del esquema propuesto bajo neutralidad recaudatoria.

El factor k utilizado no corresponde a datos reales del sector saneamiento, sino que se deriva de una simulación hipotética con tres EPS ficticias, por lo que los resultados obtenidos tienen carácter exclusivamente demostrativo y no deben interpretarse como valores operativos reales aplicables a la PTAR La Enlozada. Si bien en esta investigación se adopta el supuesto de neutralidad recaudatoria con fines demostrativos, se reconoce que, si el incentivo logra modificar el comportamiento de las EPS y la mayoría mejora la calidad de sus vertimientos, en el mediano y largo plazo la recaudación agregada de la ANA tenderá a disminuir. Este resultado no debe interpretarse como una debilidad del esquema, sino como una consecuencia esperada de una política ambiental eficaz, en la que la mejora de la calidad del agua constituye el verdadero objetivo de la intervención pública.

4.2 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos evidencian que la inclusión del factor de incentivo ($I_t = 0.878$ estimado para la PTAR La Enlozada) en el cálculo de la retribución económica por vertimiento de agua residual tratada introduce una mejora sustancial frente a la metodología tradicional establecida por la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2016). Al comparar el valor actual de S/ 1 752 488.64 con los valores ilustrativos estimados mediante el esquema propuesto sin neutralidad recaudatoria (S/ 981 393.64) y con neutralidad recaudatoria ilustrativa (S/ 1 041 901.30), se observa una reducción significativa y proporcional al nivel de cumplimiento ambiental reflejado en el índice I_t , derivado de una simulación sectorial con EPS hipotéticas, con fines exclusivamente demostrativos, reflejando que el reconocimiento del desempeño ambiental permitiría una retribución más equitativa y coherente con la calidad del efluente tratado. Esta diferencia está directamente relacionada con los bajos niveles de DBO, DQO y coliformes registrados en la PTAR La Enlozada, los cuales se mantienen muy por debajo de los Límites Máximos

Permisibles (MINAM, 2015), lo que respalda la eficiencia del tratamiento. En coherencia con los principios de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (ANA, 2020), la sostenibilidad no se basa únicamente en la recaudación económica, sino también en la equidad del sistema y en la capacidad de incentivar la mejora continua. Así, los resultados confirman el primer objetivo específico de proponer y evaluar una mejora metodológica incorporando un índice de incentivo basado en la calidad del efluente, mostrando que el marco legal vigente carece de un componente que reconozca el mérito ambiental de las EPS, lo que limita la adopción de tecnologías más eficientes y sostenibles (OCDE, 2019).

Desde el enfoque conceptual, los incentivos ambientales se definen como instrumentos económicos diseñados para motivar el cumplimiento voluntario de metas ambientales mediante la reducción de costos o beneficios por buen desempeño (Zúñiga et al., 2016). En este contexto, incorporar el coeficiente I_t en la metodología de cálculo de la retribución no solo recompensa el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles, sino que lo traduce en un estímulo económico directo, alineado con el principio de equidad y eficiencia ambiental establecido en la Ley N° 29338 – Ley de Recursos Hídricos (ANA, 2009). Este enfoque responde también a los lineamientos de la Política Nacional del Ambiente (MINAM, 2021), que promueve la internalización de costos ambientales y la gestión basada en incentivos como mecanismo para mejorar la sostenibilidad de los servicios de saneamiento (ONU, 2025). En conjunto, los resultados alcanzados validan el segundo objetivo específico, al proponer una metodología que integra simultáneamente la calidad del efluente, la cantidad vertida y el desempeño ambiental, reforzando la gobernanza hídrica y consolidando un sistema retributivo más justo, eficiente y ambientalmente responsable en el sector saneamiento peruano.

Respecto al efecto del factor I en la reducción de la carga contaminante, se precisa que este índice reconoce el nivel relativo de calidad del efluente respecto a los LMP del DS 003-2010-MINAM, pero no garantiza por sí mismo una disminución futura de dicha carga. El incentivo económico se activa únicamente como reconocimiento del cumplimiento observado y se encuentra neutralizado por la calibración del factor V , evitando incrementos injustificados

de ganancias para las EPS. La reducción real de carga depende de las decisiones de inversión de cada entidad prestadora; sin embargo, el esquema propuesto muestra, mediante simulación ilustrativa, que es posible mantener la recaudación sectorial constante mediante la calibración del factor k , reordenando los pagos de manera más coherente con la calidad reportada.

En relación con la posibilidad de utilizar incrementos en el factor V para corregir comportamientos de bajo desempeño ambiental, se reconoce que el sector saneamiento presenta limitaciones en la verificación continua de la calidad real del efluente, tanto por capacidad institucional como por disponibilidad de información. En este contexto, incrementos no calibrados del valor de V podrían generar distorsiones si no existe suficiente certeza técnica sobre los resultados de calidad.

Por ello, dentro del alcance del presente estudio, se plantea que el esquema de incentivo económico mediante el factor I , complementado con la calibración del factor k para mantener la recaudación agregada, constituye una señal regulatoria más consistente mientras no se fortalezca el sistema de monitoreo y supervisión. Este enfoque permite orientar progresivamente el comportamiento de las EPS sin introducir mecanismos sancionadores explícitos y manteniendo coherencia con las capacidades institucionales actuales.

La decisión de las EPS frente al esquema propuesto puede entenderse como un problema de análisis costo–beneficio intertemporal, en el cual cada entidad compara el valor presente de invertir en infraestructura, operación y control de sus PTAR y de los Valores Máximos Admisibles – VMA, frente al valor presente de continuar pagando una retribución más elevada por baja calidad del vertimiento.

Si bien el presente estudio no desarrolla una estimación cuantitativa de estos costos, se identifica como una línea futura de investigación la necesidad de modelar el equilibrio entre:

- (i) inversión en PTAR + costos de operación y mantenimiento + gestión de VMA, y
- (ii) mayores pagos por retribución económica, con el objeto de evaluar la eficiencia dinámica del incentivo propuesto.

CONCLUSIONES

De la revisión documental, el caso práctico aplicado y los aportes de los especialistas entrevistados, se advierte que el esquema actualmente usado para calcular la retribución económica por vertimiento autorizado presenta limitaciones importantes. La fórmula vigente $ReVer = B \times V \times C$ no logra captar con precisión la calidad real del efluente tratado, al basarse exclusivamente en el volumen autorizado y la clasificación del cuerpo receptor, lo que reduce su capacidad como herramienta de gestión ambiental y limita su potencial para incentivar mejoras tecnológicas en las EPS del sector saneamiento. Esta observación confirma el primer objetivo específico, al evidenciar que el esquema vigente carece de un componente que reconozca el mérito ambiental vinculado a la verificación real del cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMP).

Sobre la mejora metodológica, los expertos coincidieron en que para optimizar el instrumento resulta necesario implementar un factor real asociado tanto a la calidad del efluente como a la cantidad vertida. En función de ello, se planteó el índice de incentivo basado en la técnica de normalización Min-Max. La estimación del índice de incentivo se realizó utilizando los parámetros establecidos en los Límites Máximos Permisibles para el sector saneamiento (DS 003-2010-MINAM): aceites y grasas, coliformes termotolerantes, DBO_5 , DQO, pH, sólidos suspendidos totales y temperatura, lo que permitió integrar un componente de calidad verificable en el cálculo de la retribución económica. Asimismo, la simulación con tres EPS hipotéticas permitió ilustrar la coherencia del modelo propuesto bajo distintos niveles de calidad, reforzando la viabilidad del índice y la pertinencia del enfoque de neutralidad recaudatoria mediante la calibración del factor k .

Al aplicar la metodología propuesta al caso práctico de la PTAR La Enlozada, se evidenció que la incorporación del índice de incentivo permite reducir el monto de la retribución económica de manera proporcional al nivel de cumplimiento ambiental alcanzado por la EPS, en función del parámetro de calibración α y manteniendo la neutralidad recaudatoria mediante el factor k . Este resultado confirma el segundo objetivo específico, demostrando que la inclusión del factor de calidad genera una señal económica clara a favor del cumplimiento ambiental

y premia el buen desempeño del tratamiento de aguas residuales. Asimismo, los resultados obtenidos son coherentes con los principios de la Ley de Recursos Hídricos, la Política Nacional del Ambiente y la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, que promueven la eficiencia, equidad e incentivos para la sostenibilidad.

En síntesis, los resultados obtenidos evidencian que el factor de incentivo representa una mejora técnicamente viable y regulatoriamente compatible con el marco normativo nacional. Su incorporación en la metodología de cálculo permite integrar dimensiones de cantidad y calidad, fortaleciendo la gobernanza hídrica y promoviendo un esquema retributivo más equitativo, eficiente y alineado con la sostenibilidad del sector saneamiento peruano. La calibración del factor k garantiza que el reconocimiento al cumplimiento de los parámetros de calidad no genere pérdidas recaudatorias, cerrando así el vínculo entre los objetivos de política pública y la propuesta metodológica. De esta manera, la retribución económica puede evolucionar desde un mecanismo predominantemente recaudatorio hacia un instrumento con capacidad real de inducir mejoras en la gestión de los vertimientos y en el desempeño ambiental de las Empresas Prestadoras de Servicios.

En síntesis, la propuesta metodológica no persigue únicamente optimizar la recaudación, sino transformar la retribución económica en un instrumento de política pública orientado a internalizar externalidades negativas, en concordancia con los principios de responsabilidad ambiental y eficiencia económica, promoviendo una mejora sostenida en la calidad de los vertimientos del sector saneamiento peruano.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que las autoridades encargadas, como la Autoridad Nacional del Agua y el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, actualicen la metodología para el cálculo de la retribución económica por vertimiento de aguas residuales, incorporando no solo el volumen, sino también parámetros específicos sobre la calidad del efluente, como la concentración de contaminantes y su peligrosidad. Además de considerar factores sociales y estacionales que reflejen la realidad del cuerpo receptor, para que el cálculo sea más justo y sirva realmente como un incentivo para mejorar el tratamiento y reducir impactos ambientales.

Es necesario fortalecer el sistema de monitoreo y control ambiental, garantizando que los vertimientos cumplan los Estándares de Calidad Ambiental establecidos. Además, se deberían implementar medidas que permitan ajustar o sancionar la retribución en función del cumplimiento de estos estándares, lo que motivaría a los prestadores de servicios a mejorar sus procesos y proteger mejor los recursos hídricos en el sector saneamiento.

Se recomienda incorporar un factor de calidad del efluente tratado en la metodología de retribución económica por vertimiento, de modo que el pago refleje tanto la cantidad como la calidad del agua descargada. Así, las empresas que mejoren su tratamiento pagarían menos, promoviendo un sistema más justo, técnico y coherente con los principios de responsabilidad ambiental.

Referencias bibliográficas

- Ahuactzi Cortes, Hugo. Análisis integrado de la calidad del agua de la microcuenca de los ríos Briones y Negros mediante indicadores fisicoquímicos y biológicos. Pedro Rafael Valencia Quintana, 26 de junio de 2025. https://repositorio.uatx.mx:8443/handle/DSyTI_UATx/1576.
- ANA. (2016, febrero). *Autoridad Nacional del Agua*. ESTRATEGIA NACIONAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/r.j._042-2016-ana_-_copia.pdf
- Arrogante, O. (2021). Técnicas de muestreo y cálculo del tamaño muestral: Cómo y cuántos participantes debo seleccionar para mi investigación. *Enfermería Intensiva*, 33(1), 44-47. <https://doi.org/10.1016/j.enfi.2021.03.004>
- Aquino Espinoza, P. (2017). *CALIDAD DEL AGUA EN EL PERÚ Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales*. Autoridad Nacional del Agua. https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-puno/archivos/public/docs/4.4_libro_aguas-residuales-tratadas-peru.pdf
- Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2012). Retribución económica por el uso del agua y por vertimiento de aguas residuales tratadas: Metodología para determinar su valor. *Autoridad Nacional del Agua*. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/821>
- Autoridad Nacional del Agua [ANA] (2014). Retribución económica por vertimiento de agua residual tratada en Minería. <http://www.iimp.org.pe>
- Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2019, marzo). *Ley de los Recursos Hídricos: Ley N° 29338*. Autoridad Nacional del Agua. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/228>
- Autoridad Nacional del Agua Dirección de Administración de Recursos, A. N. del A. D. de A. de R. (2012). Retribución económica por el uso del agua y por vertimiento de aguas residuales tratadas: Metodología para determinar su valor. *Autoridad Nacional del Agua*. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/821>

- Autoridad Nacional del Agua Dirección de Administración de Recursos, A. N. del A. D. de A. de R. (2021). Régimen económico por el uso del agua en el Perú: Ley de Recursos Hídricos y su reglamento - Ley N° 29338. *Repositorio Institucional* - ANA. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/5093>
- ANA. (2022). Autoridad Nacional del Agua. Obtenido de Memoria Anual 2022: Régimen económico del agua y retribuciones por vertimiento de aguas residuales tratadas: https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/file_content/05_MEMORIA%20ANUAL%202022_Final_0.pdf
- Autoridad Nacional del Agua. (2016, julio 7). *Resolución Jefatural N.° 180-2016-ANA*. https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._180-2016-ana_0.pdf
- Avraamidou, Styliani, Aaron Milhorn, Owais Sarwar, y Efstratios N. Pistikopoulos. «Towards a Quantitative Food-Energy-Water Nexus Metric to Facilitate Decision Making in Process Systems: A Case Study on a Dairy Production Plant». En *Computer Aided Chemical Engineering*, editado por Anton Friedl, Jiří J. Klemeš, Stefan Radl, Petar S. Varbanov, y Thomas Wallek, vol. 43. 28 European Symposium on Computer Aided Process Engineering. Elsevier, 2018. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64235-6.50071-1>.
- Carbone, M., García-Martínez, B., Marcovenchio, J., Piccolo, M., & Perillo. (2013). Impacto antrópico en la calidad del agua superficial de la Cuenca Media del Arroyo Claromecó, Argentina. *Cuadernos de Investigación Geográfica*. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4281728.pdf>
- Cevallos, V., & Zambrano, X. (2024). Análisis de la pertinencia de los organismos de gestión de recursos hídricos en el desarrollo de la provincia de Manabí. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 6, 203-222. <https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v6i5.1205>
- Corona Martínez, L. A., Fonseca Hernández, M., Corona Martínez, L. A., & Fonseca Hernández, M. (2023). Las hipótesis en el proyecto de investigación: ¿cuándo sí, cuándo no? *MediSur*, 21(1), 269-273.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2023000100269.

- Chris, D. I., & Anyanwu, B. O. (2022). Pollution and Potential Ecological Risk Evaluation Associated with Toxic Metals in an Impacted Mangrove Swamp in Niger Delta, Nigeria. *Toxics*, 11(1), 6. <https://doi.org/10.3390/toxics11010006>
- Dulanto Tello, A. (2018). *Análisis de la regulación peruana en materia de responsabilidad extendida del productor en el Reglamento de Residuos de Aparatos Eléctricos Y Electrónicos*. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/9868>
- Ferreira, S. L. C., da Silva, J. B., dos Santos, I. F., de Oliveira, O. M. C., Cerda, V., & Queiroz, A. F. S. (2022). Use of pollution indices and ecological risk in the assessment of contamination from chemical elements in soils and sediments – Practical aspects. *Trends in Environmental Analytical Chemistry*, 35, e00169. <https://doi.org/10.1016/j.teac.2022.e00169>
- Field, B. C., & Field, M. K. (2014). *Environmental economics: An introduction* (6th ed.). McGraw-Hill Education. <https://www.mheducation.com/highered/product/environmental-economics-field/M9780078021890.html>
- Fiestas, C. (2015). *Determinando el valor del agua: Retribuciones económicas por el uso del agua y por vertimientos de agua residual tratada*. Autoridad Nacional del Agua. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/2307>
- Henderi, Henderi, Tri Wahyuningsih, y Efana Rahwanto. «Comparison of Min-Max Normalization and Z-Score Normalization in the K-Nearest Neighbor (kNN) Algorithm to Test the Accuracy of Types of Breast Cancer». *International Journal of Informatics and Information Systems* 4, n.º 1 (2021): 13-20. <https://doi.org/10.47738/ijjis.v4i1.73>.
- Huang, Lidong, Qian Zheng, Hongyang Wang, y Daquan Sun. «A Novel Statistical Approach for Analyzing Environmental Pollutant Data with Detection Limits: Atmospheric Organochloride Pesticide Concentrations near Tibet's Namco Lake as a Case Study». *Environmental Science: Atmospheres* 5, n.º 8 (2025): 921-32. <https://doi.org/10.1039/D5EA00005J>.

- Gil, A. G. (2007). *Derechos y conflictos de agua en el Perú*.
<http://departamento.pucp.edu.pe/derecho/wp-content/uploads/2019/05/derechos-y-conflictos-de-agua-en-el-peru.pdf>
- Gárate Ríos, J., Palomino Alvarado, G., Gonzales, T., & Delgado, F. (2021). Gestión de recursos hídricos: Una revisión internacional de literatura. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 2, 186-199.
<https://doi.org/10.51798/sijis.v2i1.49>
- Inga, M. I. N., Garcia, A. C. V., Niquen, Y. A. H., & Inga, A. G. G. N. (2021). Impactos ambientales generados por vertimiento de aguas residuales urbanas de la ciudad de Tumbes—Perú. *RECIAMUC*, 5(3), Article 3.
[https://doi.org/10.26820/reciamuc/5.\(3\).agosto.2021.222-232](https://doi.org/10.26820/reciamuc/5.(3).agosto.2021.222-232)
- International Office for Water. (2019). *The French policy approach for the management of water resources and aquatic biodiversity – A source of inspiration for the implementation of the 2030 Agenda*.
<https://www.oieau.fr/eaudoc/system/files/34225-eng.pdf>
- Karl-Ulrich Rudolph, T. B. (2001). *El sector hidrológico en Alemania—Methodos y experiencias*. - Umweltbundesamt.
<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4216.pdf>
- Maldonado Suárez, N., & Santoyo Telles, F. (2024). Validez de contenido por juicio de expertos: Integración cuantitativa y cualitativa en la construcción de instrumentos de medición. *REIRE: revista d'innovació i recerca en educació*, 17(2), 1-19.
- Méndez, E. Z. (2014). *Economía del agua: Conceptos y aplicaciones para una mejor gestión*. Lima. <https://www.grade.org.pe/wp-content/uploads/LIBROGRADEECONOMIAAGUA.pdf>
- MINAGRI. (2016). Decreto Supremo N°021-2016-MINAGRI.
<https://www.midagri.gob.pe/portal/decreto-supremo/ds-2016/17860-decreto-supremo-n-021-2016-minagri>
- MINAGRI. (2017). Decreto Supremo N°017-2017-MINAGRI.
<https://www.midagri.gob.pe/portal/decreto-supremo/ds-2017/20553-decreto-supremo-n-017-2017-minagri>
- MINAGRI. (2020). DECRETO SUPREMO - N° 013-2020-MIDAGRI - DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO. <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1914974-1>

- MINAGRI. (2021). Decreto Supremo N.º 025-2021-MIDAGRI.
<https://www.gob.pe/institucion/midagri/normas-legales/2593293-025-2021-midagri>
- MINAGRI. (2022). DECRETO SUPREMO - N° 018-2022-MIDAGRI - .
<https://www.gob.pe/institucion/midagri/normas-legales/3815567-018-2022-midagri>
- MINAGRI. (2023). DECRETO SUPREMO - N° 013-2023-MIDAGRI - DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/normas-legales/4960976-013-2023-midagri>
- MINAM. (2010). Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR).
<https://sinia.minam.gob.pe/normas/limites-maximos-permisibles-imp-efluentes-plantas-tratamiento-aguas>
- MINAM. (2017). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.
<https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>
- MINAM. «Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR)». 2010. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/limites-maximos-permisibles-imp-efluentes-plantas-tratamiento-aguas>.
- Mindiola, Mírley, Julio Pedraza, y Humberto Escalante. «INDICE DE CARGA CONTAMINANTE PARA LOS VERTIMIENTOS GENERADOS DURANTE EL PROCESO DE REFINACIÓN QUÍMICA DE ORO EN LOS TALLERES DE JOYERÍA DE BUCARAMANGA». DYNA 75, n.º 156 (2008): 135-46.
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/1774>.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2024). *Decreto 1553 de 2024, por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1076 de 2015 en lo relacionado con la tasa retributiva por vertimientos puntuales*.
https://normas.cra.gov.co/gestor/docs/decreto_1553_2024.htm?utm_source=
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI]. (2014). *Decreto Supremo N°024-2014-MINAGRI*.
https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/d.s.024-minagri_0_0.pdf

- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI]. (2015). *Decreto Supremo N°024-2015-MINAGRI-Aprobó los valores de Retribuciones Económicas a pagar por uso de agua superficial y subterránea y por vertimiento de agua residual tratada durante el año 2016.* <https://www.midagri.gob.pe/portal/decreto-supremo/ds-2015/14461-decreto-supremo-n-024-2015-minagri>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI]. (2018). *D.S. 014-2018-MINAGRI-Decreto Supremo que aprueba valores de retribuciones económicas a pagar por uso de agua superficial y subterránea y por el vertimiento de agua residual tratada a aplicarse en el año 2019.* <https://www.ana.gob.pe/normatividad/ds-014-2018-minagri>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI]. (2019). *Decreto Supremo N.º 011-2019-MINAGRI-Decreto supremo que Aprueba Valores de Retribuciones Económicas a pagar por el Uso De Agua y por el Vertimiento De Aguas Residuales Tratadas a aplicarse el Año 2020.* https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/473663/DECRETO_SUPREMO_N__0011-2019-MINAGRI.pdf?v=1617630752
- Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. (2016, marzo 14). *Decreto Supremo N.º 11 rectifica Decreto Supremo N.º 251/2014, que fija fórmulas tarifarias de los servicios de producción y distribución de agua potable y recolección y disposición de aguas servidas para los sectores de Lo Barnechea, Valle Escondido, Los Álamos y Pan de Azúcar y sus sectores B1, C y D, de la empresa Sembcorp Aguas Santiago S.A. (antes Aguas Santiago S.A.).* <https://www.bcn.cl/leychile>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2010). *DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM.* <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-003-2010-minam/>
- Newgard, C. D., & Lewis, R. J. (2015). Missing Data: How to Best Account for What Is Not Known. *JAMA*, 314(9), 940-941. <https://doi.org/10.1001/jama.2015.10516>
- Ministerio del Ambiente (MINAM), J. S. (2010). *DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM.* https://sinia.minam.gob.pe/normas/limites-maximos-permisibles-lmp-efluentes-plantas-tratamiento-aguas?utm_source=

- MINEM. (1997, marzo 13). *Resolución Directoral N.º 008-1997-EM-DGAA*.
<https://www.senace.gob.pe/wp-content/uploads/2016/10/NAT-3-2-13-01-RD-008-97-EM-DGAA.pdf>
- OECD. (2021). *Gobernanza del agua en Perú*. <https://doi.org/10.1787/f826f55f-es>
- OTASS. (2020). *Informe de desempeño, 2019*. Lima.
<https://www.gob.pe/institucion/otass/informes-publicaciones/574986-informe-de-desempeno-2019>
- Oré, M. T., Damonte, G., & Domínguez, I. (2014). *¿Escasez de agua? : Retos para la gestión de la cuenca del río Ica*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Fondo Editorial. <https://hdl.handle.net/20.500.14657/173065>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA]. (2014). *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales*.
<https://sinia.minam.gob.pe/documentos/fiscalizacion-ambiental-aguas-residuales>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2014). *Water governance in the Netherlands*. OECD Publishing.
<https://www.oecd.org/water/governance/water-governance-in-the-netherlands.htm>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (1994). *Economic instruments in environmental policy*. OECD Publishing.
https://www.oecd.org/en/publications/economic-instruments-in-environmental-policy_754416133402.html
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE]. (2021). *Gobernanza del Agua en Perú*. 202. <https://doi.org/10.1787/f826f55f-es>
- Ortega, H., Rengifo, B., Samanez, I., & Palma, C. (2007). Diversidad y el estado de conservación de cuerpos de agua Amazónicos en el nororiente del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 13(3), 185-194.
- Palomino-Ramos, A., Burga-Tarrillo, C. C., Durand-De-La-O, O. K., Olivera-Villegas, R., & Huarcaya-Godoy, M. (2023). La Puesta en Valor de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) de la provincia de Huanta, 2023.: The Valorization of Environmental Quality Standards and Maximum Permissible Limits In The Province Of

- Huanta, 2023. *Scientific Research Journal CIDI*, 3(6), 70-87.
<https://doi.org/10.53942/srjcid.v3i6.135>
- Paucar, F., & Iturregui, P. (2020). Los desafíos de la reutilización de las aguas residuales en el Perú. *South Sustainability*, 1(1), Article 1.
<https://doi.org/10.21142/SS-0101-2020-004>
- PCM. (2008). *D.S. N.° 037-2008-PCM – LMP Sub-sector Industrial*.
<https://sinia.minam.gob.pe/normas/limites-maximos-permisibles-Imp-efluentes-liquidados-sub-sector>
- Pigou, A. C. (1920). *The economics of welfare*. Macmillan.
<https://oll.libertyfund.org/titles/pigou-the-economics-of-welfare>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2009). *Informe sobre el desarrollo humano en el Perú: Por una densidad del Estado al servicio de la gente*. PNUD.
<https://www.pe.undp.org/content/peru/es/home/library/poverty/informe-sobre-el-desarrollo-humano-peru-2009.html>
- PRODUCE. (2002). *D.S. N.° 003-2002-PRODUCE*.
<https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-limites-maximos-permisibles-valores-referenciales-las>
- PRODUCE. (2008). *D.S. N.° 010-2008-PRODUCE*.
http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/01/LMP_DS-010-2008-PRODUCE.pdf
- Reyes, C., Felix Augusto, C., Gamboa, G., Vargas, I., Salazar, O., & Abanto Vélez, W. (2021). *Metodología de Investigación Cuantitativa & Cualitativa. Aspectos conceptuales y prácticos para la aplicación en niveles de educación superior*. <https://doi.org/10.54278/9789588292991>
- Rivera Cabrera, L. Q., & Romero Valdivia, V. M. (2023). *PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL TABOADA-Caso de estudio de una Asociación Público—Privada en el Perú*.
https://www.investinperu.pe/RepositorioAPS/0/1/JER/APP_CASOS_EXITO/CEAPP-01-PLANTA-RESIDUAL-TABOADA.pdf
- Salassa Boix, R. (2016). TRIBUTOS AMBIENTALES: LA APLICACIÓN COORDINADA DE LOS PRINCIPIOS QUIEN CONTAMINA PAGA Y DE CAPACIDAD CONTRIBUTIVA. *Revista chilena de derecho*, 43(3), 1005-1030. <https://doi.org/10.4067/S0718-34372016000300010>

- Salazar Raymond, M. B., Icaza Guevara, M. de F., Alejo Machado, O. J., Salazar Raymond, M. B., Icaza Guevara, M. de F., & Alejo Machado, O. J. (2018). La importancia de la ética en la investigación. *Revista Universidad y Sociedad*, 10(1), 305-311.
- Sánchez, D. D. D., & Barreto, R. G. (2024). La encuesta como instrumento de recolección de datos, confiabilidad y validez en investigación científica. *Revista de ciencias empresariales, tributarias, comerciales y administrativas*, 3(2), Article 2.
- Sánchez, E., Colmenarejo, M. F., et al. (2007). Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. *Ecological Indicators*, 7(2), 315–328. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2006.02.005>
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento [SUNASS]. (2022). DIAGNÓSTICO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) EN EL ÁMBITO DE LAS EMPRESAS PRESTADORAS. SUNASS. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3212482/Informe%20de%20diagn%C3%B3stico%20de%20las%20PTAR.pdf?v=1654900510>
- SUNASS. (2022). Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento – SUNASS. Obtenido de Diagnósticos de las PTAR en el ámbito de las empresas prestadoras: <https://www.gob.pe/institucion/sunass/informes-publicaciones/3087490-diagnosticos-de-las-ptar-en-el-ambito-de-las-empresas-prestadoras>
- Urzúa, L., & Alberto, J. (2013). La ética medio ambiental: Principios y valores para una ciudadanía responsable en la sociedad global. *Acta bioethica*, 19(2), 177-188. <https://doi.org/10.4067/S1726-569X2013000200002>
- Valverde Calderón, D. A. (2019). *Implementación de un Sistema de Tratamiento Anaerobio de Lodos en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales la Enlozada Arequipa* [Universidad Católica de Santa María]. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/9163>
- Yang, Z., Xiong, Z., Xue, W., & Zhou, Y. (2022). The Impact of Pollution Fee Reform on the Emission of Water Pollutants: Evidence from Manufacturing Enterprises in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(17), Article 17. <https://doi.org/10.3390/ijerph191710660>

Zúñiga, P., Cedeño, R., & Palacios, I. (2023). Metodología de la investigación científica: Guía práctica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7, 9723-9762. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7658



Anexos

Anexo 01. Cuestionario

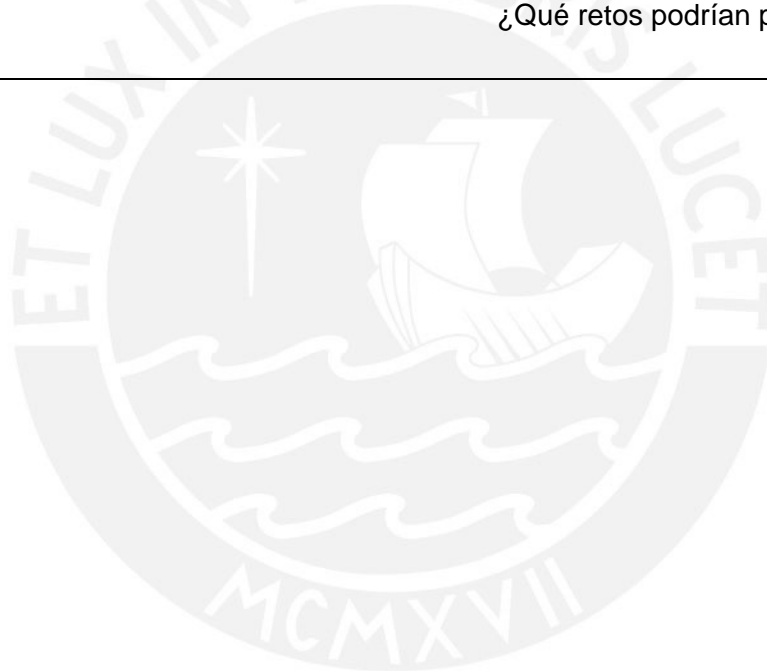
Objetivos	Preguntas Secundarias	Qué se identificará	Preguntas guía
<p>Describir el estado actual de la retribución económica desde el año 2012 al 2020 analizando el marco legal aplicable y determinar los factores se han incluido en el cálculo del mismo.</p>	<p>¿Cómo se ha realizado el cálculo de la RE por VART desde el año 2012 al 2024?</p>	<p>¿La metodología actual es eficiente?</p>	<p>¿Se encuentra familiarizado en temas relacionados a retribución económica por vertimiento de agua residual tratada? ¿Qué opinión o reacción le genera la fórmula que viene utilizando la Autoridad Nacional del Agua para el cálculo de la RE x VART? ¿podría mejorarse? ¿La fórmula presentada, considera que es eficiente? ¿Qué factores sociales, ambientales, económicos u otros considera que deben de añadirse o modificarse en el cálculo de retribución económica en los vertimientos de agua residual tratada autorizada en el sector saneamiento? ¿En la metodología aprobada, considera que basta con utilizar la clasificación del cuerpo de agua (coeficiente de modulación) en el cálculo de la retribución económica por vertimiento de agua residual tratada (RExVART)? Considera que, si un titular que realiza un vertimiento de agua residual tratada, al mejorar la calidad de agua en su vertimiento ¿deberá de pagar menos de lo que normalmente pagaría al año? Los resultados de calidad de agua analizados que se obtienen directamente del vertimiento y los resultados de calidad de agua analizados en supervisiones ¿deberían incluirse en el cálculo?</p>
<p>Proponer mejoras en la metodología de retribución económica por vertimiento autorizado que incluya el factor de calidad, cantidad de agua e incentivos.</p>	<p>¿Qué mejoras en la metodología de RE por VART se podrían implementar?</p>	<p>¿Qué factor sería necesario tener en cuenta para optimizar la metodología actual?</p>	<p>¿Cómo se podría Incluir el factor de calidad (resultados de calidad de agua emitidos periódicamente por los titulares de la autorización de vertimiento y resultados de calidad de agua obtenidos en las supervisiones), en el cobro final de la retribución ¿Considera usted que la metodología establecida para el cobro de la Retribución Económica por Vertimiento de Agua Residual Tratada que se encuentra vigente, compensa lo que realmente es vertido a los cuerpos de agua?</p>

¿Conoce si se aplica algún incentivo que se brinde a las empresas cuando estas invierten capital para la mejora de su tratamiento de agua residual?

¿Qué otras experiencias conocen en otros sectores y/o países en donde se haya incorporado incentivos?

De las preguntas 9 y 10 ¿qué incentivos propondría para mejorar la calidad del vertimiento?

¿Qué aspectos normativos y procedimentales considera que deben modificarse para mejorar la autorización, el control y monitoreo de la RE x VART ?
¿Qué alternativas de política pública tenemos para abordar este problema?
¿Qué retos podrían presentarse?



Anexo 02. Fichas de validación

Ficha de validación

INSTRUCCIÓN: Instrumento de recolección de datos (Cuestionario) que permitirá recoger la información en la presente investigación: “Análisis de la inclusión de incentivos en el cálculo de la retribución económica por vertimiento de agua residual tratada autorizada en el sector saneamiento, desde el año 2011 al 2020”. Por lo que se le solicita que tenga a bien evaluar el instrumento, haciendo, de ser el caso, las sugerencias para realizar las correcciones pertinentes. Los criterios de validación de contenido son:

Criterios	Detalle	Calificación
Suficiencia	El/la ítem/pregunta pertenece a la dimensión/subcategoría y basta para obtener la medición de esta	1: de acuerdo, 0: en desacuerdo
Claridad	El/la ítem/pregunta se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas	1: de acuerdo, 0: en desacuerdo
Coherencia	El/la ítem/pregunta tiene relación lógica con el indicador que está midiendo	1: de acuerdo, 0: en desacuerdo
Relevancia	El/la ítem/pregunta es esencial o importante, es decir, debe ser incluido	1: de acuerdo, 0: en desacuerdo

Matriz de validación del cuestionario

Dimensión	Indicador	Ítem	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Metodología	Cálculo	¿Se encuentra familiarizado en temas relacionados a retribución económica por vertimiento de agua residual tratada?	1	1	1	1	
	Fórmula	¿Qué opinión o reacción le genera la fórmula que viene utilizando la Autoridad Nacional del Agua para el cálculo de la RE x VART? ¿podría mejorarse? ¿La fórmula presentada, considera que es eficiente?	1	1	1	1	
	Factores	¿Qué factores sociales, ambientales, económicos u otros considera que deben de añadirse o modificarse en el cálculo de retribución económica en los vertimientos	1	1	1	1	

Dimensión	Indicador	Ítem	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
		de agua residual tratada autorizada en el sector saneamiento?					
	Clasificación de cuerpos de agua vigente	¿En la metodología aprobada, considera que basta con utilizar la clasificación del cuerpo de agua (coeficiente de modulación) en el cálculo de la retribución económica por vertimiento de agua residual tratada (RExVART)?	1	1	1	1	
	Retribución económica anual	Considera que, si un titular que realiza un vertimiento de agua residual tratada, al mejorar la calidad de agua en su vertimiento ¿deberá de pagar menos de lo que normalmente pagaría al año?	1	1	1	1	
	Parámetros de Calidad de agua	Los resultados de calidad de agua analizados que se obtienen directamente del vertimiento y los resultados de calidad de agua analizados en supervisiones ¿deberían incluirse en el cálculo?	1	1	1	1	
	Inclusión del factor de calidad	¿Cómo se podría incluir el factor de calidad (resultados de calidad de agua emitidos periódicamente por los titulares de la autorización de vertimiento y resultados de calidad de agua obtenidos en las supervisiones), en el cobro final de la retribución económica por vertimiento de agua residual tratada (RExVART)?	1	1	1	1	
Aspectos Normativos	Compensación	¿Considera usted que la metodología establecida para el cobro de la Retribución Económica por Vertimiento de Agua Residual Tratada que se encuentra vigente, compensa lo que realmente es vertido a los cuerpos de agua?	1	1	1	1	

Dimensión	Indicador	Ítem	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
	Incentivos	¿Conoce si se aplica algún incentivo que se brinde a las empresas cuando estas invierten capital para la mejora de su tratamiento de agua residual?	1	1	1	1	
	ANA - RUPAP	¿Qué otras experiencias conocen en otros sectores y/o países en donde se haya incorporado incentivos?	1	1	1	1	
Eficiencia en el vertimiento	Incentivos	¿Qué incentivos propondría para mejorar la calidad del vertimiento?	1	1	1	1	
	Marco normativo Eficiencia en el tratamiento	Qué aspectos normativos y procedimentales considera que deben modificarse para mejorar la autorización, el control y monitoreo de la RE x VART ?¿Qué alternativas de política pública tenemos para abordar este problema? ¿Qué retos podrían presentarse?	1	1	1	1	

Ficha de validación de juicio de experto

Criterios	Detalles
Nombre del instrumento	Análisis de la inclusión de incentivos en el cálculo de la retribución económica por vertimiento de agua residual tratada autorizada en el sector saneamiento, desde el año 2011 al 2020
Objetivo del instrumento	Realizar el Análisis de la inclusión de incentivos en el cálculo de la retribución económica por vertimiento de agua residual tratada autorizada en el sector saneamiento, desde el año 2011 al 2020
Nombres y apellidos del experto	Luz Luyo Campoverde
Documento de identidad	44834615
Años de experiencia en el área	6 años
Máximo Grado Académico	Licenciada en Biología
Nacionalidad	Peruana

Institución	Autoridad Nacional del Agua
Cargo	Especialista en evaluación de autorizaciones de vertimiento de aguas residuales tratadas
Número telefónico	940410208
Firma	 Luz Luyo Campoverde LICENCIADA EN BIOLOGIA CBF 12162
Fecha (DD/MM/AAAA)	30/07/2025

Ficha de validación

INSTRUCCIÓN: Instrumento de recolección de datos (Cuestionario) que permitirá recoger la información en la presente investigación: “Análisis de la inclusión de incentivos en el cálculo de la retribución económica por vertimiento de agua residual tratada autorizada en el sector saneamiento, desde el año 2011 al 2020”. Por lo que se le solicita que tenga a bien evaluar el instrumento, haciendo, de ser el caso, las sugerencias para realizar las correcciones pertinentes. Los criterios de validación de contenido son:

Criterios	Detalle	Calificación
Suficiencia	El/la ítem/pregunta pertenece a la dimensión/subcategoría y basta para obtener la medición de esta	1: de acuerdo, 0: en desacuerdo
Claridad	El/la ítem/pregunta se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas	1: de acuerdo, 0: en desacuerdo
Coherencia	El/la ítem/pregunta tiene relación lógica con el indicador que está midiendo	1: de acuerdo, 0: en desacuerdo
Relevancia	El/la ítem/pregunta es esencial o importante, es decir, debe ser incluido	1: de acuerdo, 0: en desacuerdo

Matriz de validación del cuestionario

Dimensión	Indicador	Ítem	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Metodología	Cálculo	¿Se encuentra familiarizado en temas relacionados a retribución económica por vertimiento de agua residual tratada?	1	1	1	1	
	Fórmula	¿Qué opinión o reacción le genera la fórmula que viene utilizando la Autoridad Nacional del Agua para el cálculo de la RE x VART? ¿podría mejorarse? ¿La fórmula presentada, considera que es eficiente?	1	1	1	1	
	Factores	¿Qué factores sociales, ambientales, económicos u otros considera que deben de añadirse o modificarse en el cálculo de retribución económica en los vertimientos	1	1	1	1	

Dimensión	Indicador	Ítem	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
		de agua residual tratada autorizada en el sector saneamiento?					
	Clasificación de cuerpos de agua vigente	¿En la metodología aprobada, considera que basta con utilizar la clasificación del cuerpo de agua (coeficiente de modulación) en el cálculo de la retribución económica por vertimiento de agua residual tratada (RExVART)?	1	1	1	1	
	Retribución económica anual	Considera que, si un titular que realiza un vertimiento de agua residual tratada, al mejorar la calidad de agua en su vertimiento ¿deberá de pagar menos de lo que normalmente pagaría al año?	1	1	1	1	
Calidad	Parámetros de Calidad de agua	Los resultados de calidad de agua analizados que se obtienen directamente del vertimiento y los resultados de calidad de agua analizados en supervisiones ¿deberían incluirse en el cálculo?	1	1	1	1	
	Inclusión del factor de calidad	¿Cómo se podría Incluir el factor de calidad (resultados de calidad de agua emitidos periódicamente por los titulares de la autorización de vertimiento y resultados de calidad de agua obtenidos en las supervisiones), en el cobro final de la retribución económica por vertimiento de agua residual tratada (RExVART)?	1	1	1	1	
Aspectos Normativos	Compensación	¿Considera usted que la metodología establecida para el cobro de la Retribución Económica por Vertimiento de Agua Residual Tratada que se encuentra vigente, compensa lo que realmente es vertido a los cuerpos de agua?	1	1	1	1	

Dimensión	Indicador	Ítem	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
	Incentivos	¿Conoce si se aplica algún incentivo que se brinde a las empresas cuando estas invierten capital para la mejora de su tratamiento de agua residual?	1	1	1	1	
	ANA - RUPAP	¿Qué otras experiencias conocen en otros sectores y/o países en donde se haya incorporado incentivos?	1	1	1	1	
Eficiencia en el vertimiento	Incentivos	¿Qué incentivos propondría para mejorar la calidad del vertimiento?	1	1	1	1	
	Marco normativo Eficiencia en el tratamiento	Qué aspectos normativos y procedimentales considera que deben modificarse para mejorar la autorización, el control y monitoreo de la RE x VART ?¿Qué alternativas de política pública tenemos para abordar este problema? ¿Qué retos podrían presentarse?	1	1	1	1	

Ficha de validación de juicio de experto

Criterios	Detalles
Nombre del instrumento	Análisis de la inclusión de incentivos en el cálculo de la retribución económica por vertimiento de agua residual tratada autorizada en el sector saneamiento, desde el año 2011 al 2020
Objetivo del instrumento	Realizar el Análisis de la inclusión de incentivos en el cálculo de la retribución económica por vertimiento de agua residual tratada autorizada en el sector saneamiento, desde el año 2011 al 2020
Nombres y apellidos del experto	Ana Torres Turriate
Documento de identidad	41107422
Años de experiencia en el área	6 años
Máximo Grado Académico	Ingeniera titulada
Nacionalidad	Peruana

Institución	Autoridad Nacional del Agua
Cargo	Especialista en supervisión y fiscalización de recursos hídricos
Número telefónico	951 759 921
Firma	 ANA TORRES TURRIATE INGENIERA QUÍMICA Reg. CIP N° 146044
Fecha (DD/MM/AAAA)	05/08/2025

Ficha de validación

INSTRUCCIÓN: Instrumento de recolección de datos (Cuestionario) que permitirá recoger la información en la presente investigación: “Análisis de la inclusión de incentivos en el cálculo de la retribución económica por vertimiento de agua residual tratada autorizada en el sector saneamiento, desde el año 2011 al 2020”. Por lo que se le solicita que tenga a bien evaluar el instrumento, haciendo, de ser el caso, las sugerencias para realizar las correcciones pertinentes. Los criterios de validación de contenido son:

Criterios	Detalle	Calificación
Suficiencia	El/la ítem/pregunta pertenece a la dimensión/subcategoría y basta para obtener la medición de esta	1: de acuerdo, 0: en desacuerdo
Claridad	El/la ítem/pregunta se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas	1: de acuerdo, 0: en desacuerdo
Coherencia	El/la ítem/pregunta tiene relación lógica con el indicador que está midiendo	1: de acuerdo, 0: en desacuerdo
Relevancia	El/la ítem/pregunta es esencial o importante, es decir, debe ser incluido	1: de acuerdo, 0: en desacuerdo

Matriz de validación del cuestionario

Dimensión	Indicador	Ítem	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Metodología	Cálculo	¿Se encuentra familiarizado en temas relacionados a retribución económica por vertimiento de agua residual tratada?	1	1	1	1	
	Fórmula	¿Qué opinión o reacción le genera la fórmula que viene utilizando la Autoridad Nacional del Agua para el cálculo de la RE x VART? ¿podría mejorarse? ¿La fórmula presentada, considera que es eficiente?	1	1	1	1	
	Factores	¿Qué factores sociales, ambientales, económicos u otros considera que deben de añadirse o modificarse en el cálculo de retribución económica en los vertimientos	1	1	1	1	

Dimensión	Indicador	Ítem	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
		de agua residual tratada autorizada en el sector saneamiento?					
	Clasificación de cuerpos de agua vigente	¿En la metodología aprobada, considera que basta con utilizar la clasificación del cuerpo de agua (coeficiente de modulación) en el cálculo de la retribución económica por vertimiento de agua residual tratada (RExVART)?	1	1	1	1	
	Retribución económica anual	Considera que, si un titular que realiza un vertimiento de agua residual tratada, al mejorar la calidad de agua en su vertimiento ¿deberá de pagar menos de lo que normalmente pagaría al año?	1	1	1	1	
Calidad	Parámetros de Calidad de agua	Los resultados de calidad de agua analizados que se obtienen directamente del vertimiento y los resultados de calidad de agua analizados en supervisiones ¿deberían incluirse en el cálculo?	1	1	1	1	
	Inclusión del factor de calidad	¿Cómo se podría Incluir el factor de calidad (resultados de calidad de agua emitidos periódicamente por los titulares de la autorización de vertimiento y resultados de calidad de agua obtenidos en las supervisiones), en el cobro final de la retribución económica por vertimiento de agua residual tratada (RExVART)?	1	1	1	1	
Aspectos Normativos	Compensación	¿Considera usted que la metodología establecida para el cobro de la Retribución Económica por Vertimiento de Agua Residual Tratada que se encuentra vigente, compensa lo que realmente es vertido a los cuerpos de agua?	1	1	1	1	

Dimensión	Indicador	Ítem	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
	Incentivos	¿Conoce si se aplica algún incentivo que se brinde a las empresas cuando estas invierten capital para la mejora de su tratamiento de agua residual?	1	1	1	1	
	ANA - RUPAP	¿Qué otras experiencias conocen en otros sectores y/o países en donde se haya incorporado incentivos?	1	1	1	1	
	Incentivos	¿Qué incentivos propondría para mejorar la calidad del vertimiento?	1	1	1	1	
Eficiencia en el vertimiento	Marco normativo Eficiencia en el tratamiento	Qué aspectos normativos y procedimentales considera que deben modificarse para mejorar la autorización, el control y monitoreo de la RE x VART ?¿Qué alternativas de política pública tenemos para abordar este problema? ¿Qué retos podrían presentarse?	1	1	1	1	

Ficha de validación de juicio de experto

Criterios	Detalles
Nombre del instrumento	Análisis de la inclusión de incentivos en el cálculo de la retribución económica por vertimiento de agua residual tratada autorizada en el sector saneamiento, desde el año 2011 al 2020
Objetivo del instrumento	Realizar el Análisis de la inclusión de incentivos en el cálculo de la retribución económica por vertimiento de agua residual tratada autorizada en el sector saneamiento, desde el año 2011 al 2020
Nombres y apellidos del experto	Lourdes Escobar Quispe
Documento de identidad	00507207
Años de experiencia en el área	10 años
Máximo Grado Académico	Egresada de Doctorado en Ciencias Ambientales Magister en Gestión y Dirección de Empresas-MBA Magister en Administración de Negocios Maestría en Gestión Minera

Nacionalidad	Peruana
Institución	Autoridad Nacional del Agua
Cargo	Consultor
Número telefónico	999001540
Firma	 LOURDES ESCOBAR QUISPE INGENIERO QUÍMICO CIP. N° 102796
Fecha (DD/MM/AAAA)	01/08/2025

Anexo 03. Glosario

Términos técnicos

Aguas residuales: “Aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades antropogénicas, que tengan que ser vertidas a un cuerpo natural de agua o reusadas y que por sus características de calidad requieran de un tratamiento previo” (ANA, 2016).

Aguas residuales domésticas: “Aguas residuales de origen residencial, comercial e institucional que contienen desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana (preparación de alimentos, aseo personal)” (ANA, 2016).

Aguas residuales industriales: “Aguas residuales originadas como consecuencia del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, pesquera, agroindustrial, entre otras” (ANA, 2016).

Aguas residuales municipales: “Aguas residuales domésticas que pueden incluir la mezcla con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial recolectadas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado” (ANA, 2016).

Cuerpo de agua: “Extensión de agua, tal como un río, lago, mar u océano, que cubre parte de la Tierra. Algunos cuerpos de agua son artificiales, como los embalses, aunque la mayoría son naturales. Pueden contener agua salada, salobre o dulce” (ANA, 2016).

Cuerpo de agua natural léntico: “Son cuerpos de agua continentales caracterizados por bajas velocidades de corrientes y altas frecuencias de intercambio del volumen almacenado, tales como lagos, lagunas, embalses, entre otros” (ANA, 2016).

Cuerpo de agua natural lótico: “Son cuerpos de agua continentales caracterizados por corrientes unidireccionales continuas, cuales ríos, quebradas, entre otros” (ANA, 2016).

Cuerpo de agua natural marino: “Son cuerpos de agua que se encuentran en mares y océanos” (ANA, 2016).

Cuerpo receptor: “Cuerpo natural de agua continental o marino que recibe el vertimiento de aguas residuales tratadas” (ANA, 2016).

DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno): “Cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para la estabilización de la materia orgánica bajo condiciones de tiempo y temperatura específicas (generalmente 5 días y a 20°C)” (ANA, 2016).

ECA-Agua: “Estándar de Calidad Ambiental para Agua” (ANA, 2017).

Efluente: “Agua residual tratada o líquido que sale de una planta o proceso de tratamiento” (ANA, 2016).

Estándar de Calidad Ambiental para Agua: Es el nivel de concentración máximo de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en los recursos hídricos superficiales; que no presenta riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Los estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas, siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental (ANA, 2017).

Fiscalización: Facultad de investigar la comisión de posibles infracciones administrativas sancionables y, si fuera el caso, imponer sanciones por el incumplimiento de obligaciones derivadas de los instrumentos de gestión ambiental, de las autorizaciones de vertimiento de aguas residuales tratadas, así como de las normas ambientales (ANA, 2016).

Frecuencia de control: “Es la periodicidad del control de la calidad del cuerpo natural receptor del vertimiento de aguas residuales tratadas” (ANA, 2016).

Límite Máximo Permisible (LMP): Medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que

caracterizan a un efluente o una emisión, que corresponde a los niveles de tratamiento de aguas residuales alcanzables con las mejores técnicas disponibles técnicamente y económicamente viables. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente y su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental (ANA, 2016).

Monitoreo de la calidad del agua: Es el proceso que permite obtener como resultado la medición de la calidad del agua, con el objeto de realizar el seguimiento sobre la exposición de contaminantes a los usos de agua y el control a las fuentes de contaminación (ANA, 2016).

Muestreo de agua: “Es una herramienta del monitoreo. Su función básica es la extracción de una parte del cuerpo de agua para determinar sus características y condiciones actuales” (ANA, 2016).

Parámetros de calidad: “Compuestos, elementos, sustancias, indicadores y propiedades físicas, químicas y biológicas de interés para la determinación de la calidad de agua” (ANA, 2016).

Planta de tratamiento de aguas residuales: “Infraestructura y procesos que permiten la reducción de las concentraciones de las sustancias y de las densidades de patógenos contenidos en las aguas residuales” (ANA, 2016).

PTAR: “Planta de tratamiento de aguas residuales” (ANA, 2016).

Punto de control: “Representa aquel lugar definido por sus coordenadas geográficas y establecido en el Estudio de Impacto Ambiental o en la Autorización de Vertimiento en un cuerpo de agua natural para llevar a cabo la evaluación de su calidad” (ANA, 2016).

Ríos: “Incluyen todas las aguas que se mueven continuamente en una misma dirección. Existe, por consiguiente, un movimiento definido y de avance irreversible; corresponde a aguas en estado lóxico” (ANA, 2016).

Ríos de la costa y sierra: “Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente hidrográfica del Pacífico y del Titicaca, y en la vertiente oriental de la cordillera de los Andes” (MINAM, 2017).

Ríos de la selva: “Entiéndase como aquellos ríos y sus afluentes, comprendidos en la vertiente oriental de la cordillera de los Andes, en las zonas meándricas” (MINAM, 2017).

Vertimiento de aguas residuales tratadas: “Descarga de aguas residuales previamente tratadas, que se efectúa en un cuerpo natural de agua continental o marítima. Se excluye a las provenientes de naves y artefactos navales” (ANA, 2016).

Vertimiento: “En este documento el término “vertimiento” se refiere a la descarga de aguas residuales tratadas” (ANA, 2016).

Zona de mezcla: “Es aquel volumen de agua en el cuerpo receptor donde se logra la dilución del vertimiento por procesos hidrodinámicos y dispersión, sin considerar otros factores como el decaimiento bacteriano, sedimentación, asimilación en materia orgánica y precipitación química” (ANA, 2016).

Anexo 04. Análisis experto sobre cómo mejorar la metodología de retribución económica

Con el propósito de complementar el análisis documental y normativo, se realizaron entrevistas a siete especialistas del sector saneamiento. En esta sección se sistematizan los principales aportes obtenidos y se muestra cómo estos sustentan la propuesta metodológica planteada en el presente estudio.

Las respuestas a las preguntas 5 a 12 han posibilitado la detección de una serie de sugerencias para optimizar el método usado en la compensación económica por el verter aguas residuales tratadas. Durante las entrevistas, los expertos han indicado campos importantes en los que la metodología actual podría ser más justa y eficaz. A continuación, se detallan los principales resultados obtenidos, que reflejan los cambios propuestos y las áreas que requieren ajustes para hacer la fórmula más adaptada a la realidad ambiental.

a. Reducción de la retribución económica por mejora en la calidad del vertimiento

Para muchos de los expertos entrevistados, la calidad del vertimiento definitivamente debería influir en el cobro de la retribución económica. La mayoría opina que si una empresa mejora la calidad de sus vertimientos, sería justo que pagara menos, como una especie de incentivo por sus esfuerzos. Esto también podría motivar a otras empresas a invertir en tecnologías que reduzcan el impacto ambiental. Debería haber una reducción de la tarifa vinculada directamente con la mejora de la calidad del agua tratada.

b. Inclusión de los resultados de calidad en el cálculo de la retribución económica

Los resultados obtenidos tanto del vertimiento directo como de las supervisiones de calidad del agua deberían incluirse, ya que, sin estos datos, es complicado estimar si el vertimiento está realmente afectando el cuerpo receptor. Por ello, se deberían incluir estos resultados para tener

un panorama más real, asegurando así que el cobro por la retribución económica sea más justo y esté basado en hechos, mas no en estimaciones.

c. Métodos para integrar el factor de calidad en la fórmula de retribución económica

Una forma de integrar el factor de calidad en la retribución económica consiste en incorporar un coeficiente dinámico que se ajuste en función de los resultados de los análisis del efluente. Este coeficiente varía de acuerdo con la calidad real del vertimiento: cuando el efluente presenta concentraciones inferiores a los valores regulados, el coeficiente se reduce, generando un menor pago; cuando los valores se aproximan o superan los límites, el coeficiente se incrementa, resultando en una mayor retribución.

No obstante, la calidad del vertimiento no depende únicamente de las inversiones en infraestructura ni de las condiciones de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento, sino también de la calidad del agua residual afluente que recibe la EPS. En este punto adquiere relevancia el cumplimiento de los Valores Máximos Admisibles – VMA por parte de los usuarios no domésticos, los cuales condicionan la carga contaminante de ingreso a la PTAR y, por ende, su capacidad para cumplir los Límites Máximos Permisibles – LMP en el efluente final. Por ello, la metodología propuesta debe considerar tanto el desempeño del sistema de tratamiento como la gestión del cumplimiento de los VMA en el sistema de alcantarillado.

d. Eficiencia de la metodología vigente para calcular la retribución económica

Los encuestados, en su mayoría, sugieren que la metodología actual no refleja de manera adecuada la magnitud ni la calidad del vertimiento. Es decir que, aunque se mide el volumen vertido, ignoran el impacto que genera y los contaminantes que se emiten. La fórmula necesita ajustes

con el fin de que los vertimientos más contaminantes paguen una retribución más alta, con base en su impacto.

e. Incentivos a las empresas para mejorar el tratamiento de aguas residuales

La mayoría de los entrevistados no conocen incentivos para las empresas que invierten en la mejora de sus sistemas de tratamiento. No obstante, existen reconocimientos simbólicos, así como el certificado azul, pero estos no tienen un impacto económico significativo. Con base en ello, los especialistas coinciden en que es crucial dar incentivos financieros o descuentos.

f. Ejemplos de incentivos aplicados en otros sectores y países

Varios expertos mencionaron ejemplos de países como Japón y Alemania, donde el uso eficiente del agua y el reuso de aguas residuales son incentivados mediante beneficios fiscales o descuentos en los costos de vertimiento. Estos países han logrado promover la sostenibilidad al premiar a las empresas que adoptan prácticas de tratamiento más avanzadas; por ello, se cree que se podrían aplicar estas prácticas en Perú.

g. Propuestas de incentivos para mejorar la calidad del vertimiento

Entre los incentivos propuestos por los especialistas, el más frecuente fue otorgar descuentos directos en la retribución económica a aquellas empresas que logren mejorar la calidad de sus vertimientos. También mencionaron la idea de premiar a las empresas que inviertan en tecnologías limpias, lo que además contribuiría a la conservación de los recursos hídricos. Por último, algunos sugirieron entregar reconocimientos públicos para que estas empresas se distingan de otras por sus esfuerzos en la protección ambiental.

j. Mejoras normativas y procedimentales para optimizar la retribución económica por vertimiento autorizado

En cuanto a la normatividad, la mayoría de los entrevistados señala que la fiscalización y el control deben ser más estrictos. Se podría mejorar en la capacitación de los recursos humanos y la actualización de los procedimientos administrativos. Por otro lado, también se requeriría simplificar los trámites y agilizar los procesos para que las empresas puedan obtener las autorizaciones de vertimiento de manera más eficiente.

Los expertos coinciden en que la fórmula de la retribución económica debe incluir el factor de calidad de los vertimientos y ofrecer incentivos para quienes mejoren sus procesos. Además, se recomienda una fiscalización más estricta y la actualización de la normativa para simplificar los trámites. Estas mejoras ayudarían a hacer el sistema más justo y sostenible, alineado con los objetivos ambientales.

