

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
Departamento de Ingeniería Comercial
Departamento de Obras Civiles

EVALUACIÓN DEL IMPACTO TARIFARIO POR LA INCLUSIÓN DE REVESTIMIENTO INTERIOR EN TUBERÍAS. CASO GRUPO AGUAS

Carolina Paz Flores Hernández
MAGÍSTER EN GESTIÓN DEL AGUA
SEPTIEMBRE 2026

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☐ Memoria o trabajo de título ☒ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Evaluación del impacto tarifario por la inclusión de revestimiento interior en tuberías. Caso Grupo Aguas.

Nombre del candidato(a): Carolina Paz Flores Hernández

Carrera / Grado: Magíster en Gestión del Agua – Master of Water Management

Campus: Vitacura **Departamento:** Ingeniería Comercial /Obras Civiles

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, **Roberto Muñoz Lagos**, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por **(marcar una opción)**:

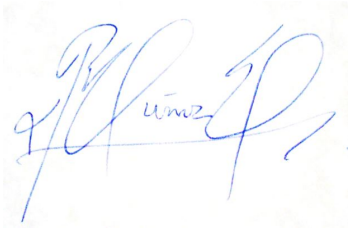
☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

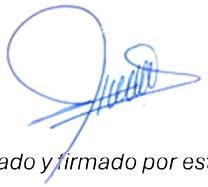
Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 19-10-2026 Firma:



Estudiante o Candidato(a)

Fecha: 19-10-2026 Firma:



Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

MAGÍSTER EN GESTIÓN DEL AGUA
MWM MASTER OF WATER MANAGEMENT

Departamento de Ingeniería Comercial
Departamento de Obras Civiles

EVALUACIÓN DEL IMPACTO TARIFARIO POR LA INCLUSIÓN DE REVESTIMIENTO INTERIOR EN TUBERÍAS DE AGUAS SERVIDAS. CASO GRUPO AGUAS

Tesis de magíster presentada por
Carolina Paz Flores Hernández
Como requisito para optar al Grado de
MAGÍSTER EN GESTIÓN DEL AGUA

Director de Tesis:
Dr. Roberto Muñoz Lagos
Septiembre 2026

TITULO DE TESIS:
Evaluación del impacto tarifario por la inclusión de revestimiento interior en tuberías de aguas servidas. Caso Grupo Aguas.

AUTOR:
CAROLINA PAZ FLORES HERNÁNDEZ

TRABAJO DE TESIS, presentando en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de MAGÍSTER EN GESTIÓN DEL AGUA – MASTER OF WATER MANAGEMENT de la Universidad Técnica Federico Santa María.

Observaciones:

_____

_____

Dr. Roberto Muñoz Lagos.
Director de Tesis

Mg. Marcelo Bravo Fortune.
Correferente Interno

Mg. Gonzalo Murillo Vargas.
Correferente Externo

Santiago, Septiembre 2026.

Todo el contenido, análisis, conclusiones y opiniones vertidas en este estudio son de mi exclusiva responsabilidad.

Nombre: Carolina Paz Flores Hernández

Firma: 

Fecha: Santiago, septiembre de 2026

AGRADECIMIENTOS

A Cristián, Renata y Rafaela, mi motor de vida.

A mi madre, Edna, por su apoyo incondicional.

A mis suegros y mi familia por estar tras bambalinas apoyando.

A mis jefaturas y colegas por su ayuda en el desarrollo de este trabajo.

RESUMEN EJECUTIVO

La investigación evalúa si el revestimiento interior de tuberías mediante tubería curada en obra, CIPP, puede incorporarse al cálculo de las tarifas sanitarias y qué efecto produciría sobre las cuentas de los usuarios regulados. El caso de análisis corresponde a la reposición programada de conducciones y redes de aguas servidas del territorio operacional del Grupo Aguas, integrado por Aguas Andinas S.A., Aguas Cordillera S.A. y Aguas Manquehue S.A., para el octavo proceso tarifario, 2025–2030.

La pregunta tiene sentido porque las tarifas sanitarias en Chile no se determinan a partir de los costos históricos del prestador, sino a partir de los de una empresa modelo diseñada para prestar el servicio de manera eficiente. Entre el costo de una obra y la cuenta de un hogar participan el costo total a largo plazo, CTLP, el descuento de los aportes de terceros, un ajuste de autofinanciamiento y la agregación de las etapas del servicio, de modo que un menor costo de obra no implica una menor tarifa. El estudio reemplaza la valorización vigente, ejecutada en un 100% mediante zanja abierta, por una alternativa mediante CIPP, manteniendo invariantes las longitudes, los diámetros y las etapas del servicio, y recorre la cadena de cálculo del DFL Nº 70 y su Reglamento, el DS Nº 453.

El resultado principal es que el revestimiento interior no cuenta con un componente en el modelo tarifario vigente que pueda ser reconocido como inversión. La causa es doble. La empresa modelo de los artículos 24 y 27 del Reglamento inicia su operación sin infraestructura preexistente, mientras que el revestimiento interior requiere una tubería anfitriona sobre la cual instalarse. A su vez, la vida útil reconocida a estos activos, de 75 años, sitúa su primera reposición muy por fuera del horizonte de evaluación de 35 años del artículo 17. En consecuencia, ni la inversión del período cero ni una eventual reposición dentro del horizonte admiten la sustitución, y el valor residual, la depreciación y los aportes de terceros tampoco, ya que se calculan sobre una inversión que no incorpora el revestimiento.

De ello se sigue que el CTLP, el CTLPN, la recaudación base, las tarifas y las cuentas tipo permanecen sin alteración. La variación no es nula, sino no calculable: el instrumento de cálculo no está construido para evaluarla. Como resultado complementario, la valorización comparada a nivel del Grupo Aguas muestra que la inversión propia disminuye en un 35,5% y la inversión aportada por terceros en un 38,4%. Ambas se informan por separado y no son sumables, ya que la primera alimenta el CTLP y la segunda se descuenta para obtener el CTLPN.

ABSTRACT

This research assesses whether cured-in-place pipe lining, CIPP, can be incorporated into the calculation of water and sanitation tariffs, and what effect it would have on the bills paid by regulated customers. The case under analysis is the programmed replacement of sewerage mains and networks within the operational territory of Grupo Aguas, comprising Aguas Andinas S.A., Aguas Cordillera S.A. and Aguas Manquehue S.A., for the eighth tariff process, 2025–2030.

The question is meaningful because water and sanitation tariffs in Chile are not determined on the provider's historical costs, but on those of a model company designed to deliver the service efficiently. Between the cost of a works project and a household bill lie the long-run total cost, the deduction of third-party contributions, a self-financing adjustment and the aggregation of service stages, so a lower works cost does not imply a lower tariff. The study replaces the current valuation, executed entirely by open-trench construction, with an alternative based on CIPP, holding lengths, diameters and service stages constant, and follows the calculation chain of Decree with Force of Law No. 70 and its Regulation, Supreme Decree No. 453.

The principal finding is that interior lining has no component within the current tariff model where it can be recognized as investment. The cause is twofold. The model company of Articles 24 and 27 of the Regulation begins operations without pre-existing infrastructure, whereas interior lining requires a host pipe on which to be installed. In turn, the useful life recognized for these assets, 75 years, places their first replacement well beyond the 35-year evaluation horizon of Article 17. Consequently, neither the period-zero investment nor any replacement within the horizon admits the substitution, and residual value, depreciation and third-party contributions do not admit it either, since they are computed on an investment that does not incorporate the lining.

It follows that the long-run total cost, the net long-run total cost, base revenue, tariffs and customer bills remain unchanged. The variation is not nil, it is not computable: the calculation instrument is not built to evaluate it.

As a complementary result, the comparative valuation conducted for Grupo Aguas shows a 35.5% reduction in utility-funded investment and a 38.4% reduction in third-party-funded investment. Both are reported separately and are not additive, since the former feeds the long-run total cost and the latter is deducted to obtain the net long-run total cost.

INDICE

1. INTRODUCCION 10

2. ORIGEN, PROPÓSITO Y ALCANCES DEL ESTUDIO 13

2.1. ORIGEN Y PROPÓSITO DEL ESTUDIO 13

2.1.1. Límites del Estudio 15

2.1.2. Alcance científico-profesional del estudio 16

3. OBJETIVOS 18

3.1. OBJETIVO GENERAL 18

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 18

4. ESTADO DEL ARTE 20

4.1. ANTECEDENTES DEL ESTADO DEL ARTE 20

4.1.1. Conceptos e Ideas Específicas (Review Bibliográfico) 20

4.1.2. Aportes de las asignaturas 22

4.1.3. Consultas a los distintos actores involucrados 25

4.2. SUJETO DE ESTUDIO 28

4.3. MARCO TEÓRICO DEL ESTADO DEL ARTE 35

5. PROPUESTA DE LA METODOLOGÍA DE TRABAJO 39

5.1. FASE 1: ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO 39

5.2. FASE 2: DISEÑO Y ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA 40

5.3. FASE 3: APLICACIÓN Y RESULTADOS 40

5.4. FASE 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 41

6. APLICACIÓN METODOLÓGICA 42

6.1. BASE DE DATOS 42

6.2. FÓRMULAS TARIFARIAS APLICABLES 43

6.3. DEFINICIÓN DE CONDICIONES DE BORDE 46

6.4. APLICACIÓN DE FÓRMULAS TARIFARIAS 47

7. RESULTADOS 49

7.1. COMPARACIÓN DE LA INVERSIÓN 49

7.2. VERIFICACIÓN DE VIDAS ÚTILES 50

7.3. RESULTADO DE LA APLICACIÓN DE LAS FÓRMULAS TARIFARIAS 50

8. CONCLUSIONES 52

9. RECOMENDACIONES APLICADAS/PROFESIONALES 54
9.1. RECOMENDACIONES DIRIGIDAS AL REGULADOR 54
9.2. RECOMENDACIONES DIRIGIDAS AL GRUPO AGUAS 55
10. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA 56
11. GLOSARIO Y ACRÓNIMOS 59
12. ANEXOS 61
12.1. Anexo 1 Orden de las Ideas 61
12.2. Anexo 2: Fichas Bibliográficas 63
12.3. Anexo 3: Encuesta a Expertos 103
12.1. Anexo 4: Archivos de Respaldo 106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ideas en torno a la palabra clave 20
Tabla 2: Costo Total de CIPP según diámetro. 33
Tabla 3: Carta Gantt del Estudio 37
Tabla 4: Resumen de Valorizaciones de Inversión Propia del Grupo Aguas 43
Tabla 5: Resumen de Valorizaciones de Inversión Aportadas por Terceros del Grupo Aguas 43
Tabla 6: Resumen de Condiciones de Borde 47
Tabla 7: Inversiones propias y aportadas por terceros para ambos escenarios. .. 49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Territorio Operacional del Grupo Aguas 16
Figura 2. Resultados de la Encuesta 26
Figura 3. Esquema de tubería revestida mediante CIPP. 30
Figura 4. Manga de felpa sin impregnar para CIPP, en bodega de almacenamiento. 30
Figura 5. Instalación de CIPP en red de recolección de aguas servidas. 33
Figura 6. Evolución del Modelo Teórico de la Investigación 38

1. INTRODUCCION

Las tuberías de la infraestructura sanitaria constituyen el activo de mayor valor y menor visibilidad de una empresa de servicios sanitarios. Las redes y conducciones de recolección y disposición de aguas servidas del territorio operacional del Grupo Aguas suman varios millones de metros lineales instalados bajo la zona urbana de la Región Metropolitana, y su renovación se ha ejecutado históricamente mediante zanja abierta, es decir, excavando, retirando la tubería existente, instalando una nueva y restituyendo el pavimento intervenido. Este método, técnicamente probado, concentra una proporción relevante de su costo en partidas que no corresponden a la tubería, sino a la intervención de la superficie urbana.

Buena parte de esa infraestructura fue construida durante las décadas de expansión urbana del país y se aproxima al término de su vida útil. La decisión sobre qué hacer con ella, si repararla, rehabilitarla o reponerla, determinará una fracción importante del costo del servicio sanitario durante las próximas décadas. La gestión de activos aplicada a la infraestructura sanitaria recomienda que esta decisión se adopte considerando la condición del activo, su criticidad, el riesgo de falla, el costo de ciclo de vida y el nivel de servicio comprometido, y no como una respuesta reactiva frente a roturas.

Durante las últimas décadas se han desarrollado tecnologías de rehabilitación sin zanja que permiten recuperar la capacidad de servicio de una tubería sin retirarla. Entre ellas, el revestimiento interior mediante tubería curada en obra, conocido por su sigla en inglés CIPP, cuenta con norma chilena desde el año 2019 y es utilizado por varias empresas sanitarias del país. La pregunta que origina esta investigación es si la incorporación de esta tecnología, además de sus ventajas constructivas, produce algún efecto sobre las tarifas que pagan los usuarios regulados.

La pregunta no es trivial. Las tarifas sanitarias en Chile no se determinan sobre los costos históricos del prestador, sino sobre los de una empresa modelo diseñada para prestar el servicio de manera eficiente, conforme al DFL Nº 70 y a su Reglamento, el DS Nº 453. Entre el costo de una obra y la cuenta que recibe un hogar median el costo total de largo plazo, calculado sobre la inversión propia del prestador; el descuento de los aportes de terceros, del cual resulta el costo total de largo plazo neto; un ajuste de autofinanciamiento; y la agregación de las etapas del servicio. Un menor costo de obra no implica, por lo tanto, una menor tarifa. Determinar si lo implica, y en qué magnitud, exige recorrer íntegramente esa cadena de cálculo.

La importancia del tema se sustenta en tres consideraciones. La primera es económica: la reposición de redes y conducciones representa una fracción importante de la inversión reconocida en las etapas de aguas servidas, de modo que cualquier variación en su valorización tiene consecuencias sobre la base tarifaria. La segunda es de gestión de activos: buena parte de esta infraestructura sanitaria del país se aproxima al término de su vida útil, y las decisiones sobre reparar, rehabilitar o reponer determinarán el costo del servicio durante las próximas décadas. La tercera es regulatoria: si el modelo tarifario no dispone de un mecanismo para reconocer una tecnología disponible, técnicamente validada y en uso, existe una brecha entre la práctica de la industria y el instrumento que fija sus precios.

Esta última consideración es la que sostiene la originalidad del trabajo. La literatura técnica y normativa ha abordado el revestimiento interior principalmente desde las perspectivas constructiva, estructural, hidráulica y operacional, mientras que sus efectos regulatorios y tarifarios han recibido escasa atención. Los cuatro expertos consultados en el marco de esta investigación, provenientes tanto del organismo regulador como de la industria, coincidieron en que dichos efectos no han sido suficientemente evaluados y respaldaron la elaboración de una metodología que facilite la integración de esta tecnología con el modelo tarifario.

El desarrollo de la investigación condujo a un resultado distinto del inicialmente previsto, que aquí se anticipa para orientar la lectura. Al recorrer la cadena de cálculo, se verificó que el revestimiento interior no dispone de un componente dentro del modelo tarifario que pueda ser reconocido como inversión, debido a que la empresa modelo inicia su operación sin infraestructura preexistente, la tecnología requiere una tubería anfitriona y la vida útil reconocida de estos activos sitúa su reposición fuera del horizonte de evaluación. La variación tarifaria buscada no resulta, en consecuencia, nula, sino no calculable. El trabajo entrega la identificación precisa del punto en que la rehabilitación queda excluida del cálculo, la valorización comparada de ambos métodos sobre la infraestructura del Grupo Aguas y las condiciones que deberían modificarse para que una tecnología de esta naturaleza pudiera ser reconocida en un proceso de fijación tarifaria.

Esta tesina se estructura en nueve capítulos que se describen brevemente a continuación.

El Capítulo 2 presenta el origen, el propósito y los alcances del estudio, junto con sus límites geográficos, temporales y de contenido. Delimita el territorio operacional de las tres empresas del Grupo Aguas en la Región Metropolitana, circunscribe el análisis a los clientes regulados del sector urbano y al quinquenio

tarifario 2025–2030, y expone el alcance científico-profesional de la investigación, que comprende enfoques exploratorio, descriptivo, correlacional y explicativo.

El Capítulo 3 formula el objetivo general y los objetivos específicos ordenan ese propósito en catorce tareas sucesivas, que van desde la recopilación de antecedentes hasta la formulación de recomendaciones.

El Capítulo 4 desarrolla el estado del arte, mediante la revisión bibliográfica nacional e internacional, los aportes de las asignaturas del Magíster en Gestión del Agua, la consulta a cuatro expertos del sector sanitario, la caracterización del sujeto de estudio y el marco teórico de la investigación.

El Capítulo 5 presenta la propuesta de la metodología de trabajo, organizada en cuatro fases. La primera corresponde al estado del arte y al marco teórico; la segunda, al diseño de la propuesta metodológica; la tercera, a su aplicación y resultados; y la cuarta, a las conclusiones y recomendaciones. Cada fase se desagrega en actividades con sus plazos, los cuales se presentan en la carta Gantt del estudio.

El Capítulo 6 desarrolla la aplicación metodológica, esto es, la construcción de la base de datos de valorización, la presentación de las fórmulas tarifarias del Reglamento, la definición de las condiciones de borde y su aplicación. La base de datos se construye a partir de los antecedentes de los estudios tarifarios de las tres empresas, y las fórmulas se presentan en el orden en que operan, desde el costo total de largo plazo hasta la cuenta tipo del usuario.

El Capítulo 7 presenta los resultados obtenidos, organizados en tres aristas: la valorización comparada de la inversión entre ambos métodos constructivos, la verificación de las vidas útiles reconocidas en el modelo tarifario y el resultado de la aplicación de las fórmulas tarifarias.

El Capítulo 8 formula las conclusiones, tanto respecto de la incompatibilidad estructural identificada entre la tecnología y el modelo tarifario como desde las perspectivas económica, ambiental y social que los objetivos específicos comprometen.

El Capítulo 9 presenta las recomendaciones aplicadas y profesionales, diferenciadas según su destinatario, ya que las condiciones que impiden el reconocimiento tarifario corresponden al ámbito del regulador, mientras que el aprovechamiento de las ventajas de ejecución corresponde al ámbito de las empresas prestadoras.

2. ORIGEN, PROPÓSITO Y ALCANCES DEL ESTUDIO

En este capítulo se aborda el origen, propósito y alcances del estudio, asociado a la evaluación del impacto tarifario de reemplazar el método vigente de reposición de tuberías de aguas servidas e incorporar, como escenario alternativo, el revestimiento interior de tuberías, considerando como caso de análisis a las empresas sanitarias del Grupo Aguas, compuesto por las empresas Aguas Andinas S.A., Aguas Cordillera S.A. y Aguas Manquehue S.A.

2.1. ORIGEN Y PROPÓSITO DEL ESTUDIO

El origen de este trabajo radica en evaluar el efecto de la incorporación del revestimiento interior en la reposición de tuberías en el sistema de aguas servidas. Las tarifas del período vigente del Grupo Aguas (2025-2030) fueron calculadas considerando que el 100% de esta reposición se realiza de la misma manera que al inicio de la operación, mediante zanja abierta, por lo que se plantea el escenario alternativo que mantiene las características de la empresa modelo y la ejecución íntegramente mediante revestimiento interior.

La literatura técnica y normativa vigente reconoce diversas tecnologías de rehabilitación, así como criterios de inspección, diseño, control de calidad y evaluación de desempeño. Una de ellas es el revestimiento interior “Cured In Place Pipe” (CIPP), para el cual varios estudios internacionales han analizado el comportamiento en condiciones reales de operación, destacando la importancia de verificar su desempeño estructural, material y constructivo durante la vida útil esperada (Allouche et al., 2014; Gras-Travesset et al., 2023).

Por otro lado, los enfoques de la gestión de activos aplicados a infraestructura sanitaria recomiendan que la decisión entre reparar, rehabilitar o reponer considere condición del activo, criticidad, riesgo de falla, costo de ciclo de vida, nivel de servicio esperado y planificación de capital (Grigg, 2015; United States Environmental Protection Agency [EPA], 2002).

El análisis del efecto específico de estas tecnologías sobre la tarifa sanitaria chilena requiere un análisis particular. El modelo tarifario nacional se sustenta en criterios de empresa modelo que inicia su operación con costos eficientes, costos de explotación, inversión optimizada, vida útil económica y tasa de costo de capital. Por ello, una reducción en el costo directo de obra no implica necesariamente una disminución automática de la cuenta tipo. Para que exista impacto tarifario, la alternativa debe modificar componentes reconocibles dentro del cálculo tarifario y reflejarse en los cargos aplicados a los usuarios.

En este sentido, la originalidad del estudio consiste en construir una aproximación metodológica que permita reemplazar, dentro del cálculo tarifario, la valorización vigente de la reposición programada mediante zanja abierta por una valorización alternativa mediante CIPP. Para ello se consideran costos, vidas útiles, diámetros, longitudes, materialidades y criterios regulatorios consistentes con los estudios tarifarios vigentes, con el objeto de estimar la variación del costo total de largo plazo neto (CTLPN) y en las cuentas tipo del Grupo Aguas.

El propósito del estudio es evaluar el impacto tarifario de incorporar revestimiento interior de tuberías como alternativa de rehabilitación o reposición funcional de conducciones y redes de aguas servidas en el territorio operacional del Grupo Aguas. Para ello, se define un *escenario base*, correspondiente a la reposición tradicional mediante zanja abierta, con un *escenario alternativo,* correspondiente a la rehabilitación mediante revestimiento interior CIPP.

El escenario base considera partidas propias de la reposición convencional, incorporadas en los estudios tarifarios vigentes, tales como rotura y reposición de pavimentos, movimiento de tierras, instalación de nuevas tuberías y rellenos. El escenario alternativo sustituye esta valorización por los costos asociados al CIPP, tales como inspección, limpieza y preparación de la tubería anfitriona, instalación, curado, reconexiones, pruebas y control de calidad. Para ambos escenarios se mantienen las cantidades y características de la infraestructura programada para reposición.

La conexión con el impacto tarifario se sustenta en el marco legal y reglamentario chileno. El DFL Nº 70 establece que las tarifas de los servicios sanitarios deben calcularse considerando costos eficientes y que el costo total de largo plazo corresponde al valor anual constante requerido para cubrir costos de explotación eficiente e inversiones de un proyecto de reposición optimizado del prestador (Chile. Ministerio de Obras Públicas, 1988). Por su parte, el Reglamento o DS Nº 453 desarrolla la metodología tarifaria y operacionaliza el cálculo del costo total de largo plazo, incluyendo la lógica de anualidad, reposición optimizada, vida útil, valor residual, tasa de costo de capital y gastos eficientes de operación y mantención (Chile. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, 1990).

Con estos antecedentes, el revestimiento interior podría generar un efecto tarifario si la incorporación modifica el costo anual equivalente de la reposición programada respecto de la valorización vigente utilizando zanja abierta. Esta diferencia puede alterar el CTLPN, el requerimiento de recaudación base y, en consecuencia, las tarifas y cuentas tipo, siempre que el CIPP mantenga las condiciones funcionales supuestas para la infraestructura repuesta.

El tema tiene vinculación directa con la gestión del agua, dado que integra infraestructura, regulación económica, eficiencia operacional, gestión de activos, continuidad del servicio y sostenibilidad tarifaria. La estructura formativa del Magíster en Gestión del Agua incorpora áreas como gestión de redes, eficiencia hídrica, innovación y gestión de proyectos, finanzas, desarrollo de negocios, gobernanza y economía del agua, todas ellas relacionadas con la problemática abordada.

Desde la gestión de redes, el revestimiento interior es una herramienta para intervenir la infraestructura existente sin necesariamente recurrir a una sustitución completa que ya ha sido realizada por diversas empresas sanitarias a nivel nacional.

Desde la eficiencia hídrica, contribuye a mejorar la estanqueidad de sistemas de aguas servidas, reduciendo potencialmente pérdidas, infiltraciones y aguas no contabilizadas (ANC). Estos efectos no deben asumirse como automáticos, ya que dependen del diagnóstico de la tubería anfitriona y de la correcta ejecución de la solución. Desde la gestión de proyectos, la tecnología implica comparar alternativas con distintos perfiles de costo, plazo, riesgo constructivo, impacto urbano y vida útil. Desde la economía y gobernanza del agua, exige analizar cómo estas diferencias se traducen en costos eficientes y tarifas finales.

2.1.1. Límites del Estudio

Esta investigación se enmarca con los siguientes parámetros de acción:

- Límite geográfico y territorial: El estudio se circunscribe al territorio operacional del Grupo Aguas, considerando las 3 empresas que lo componen: Aguas Andinas S.A., Aguas Cordillera S.A. y Aguas Manquehue S.A., en la región Metropolitana (Figura 1).

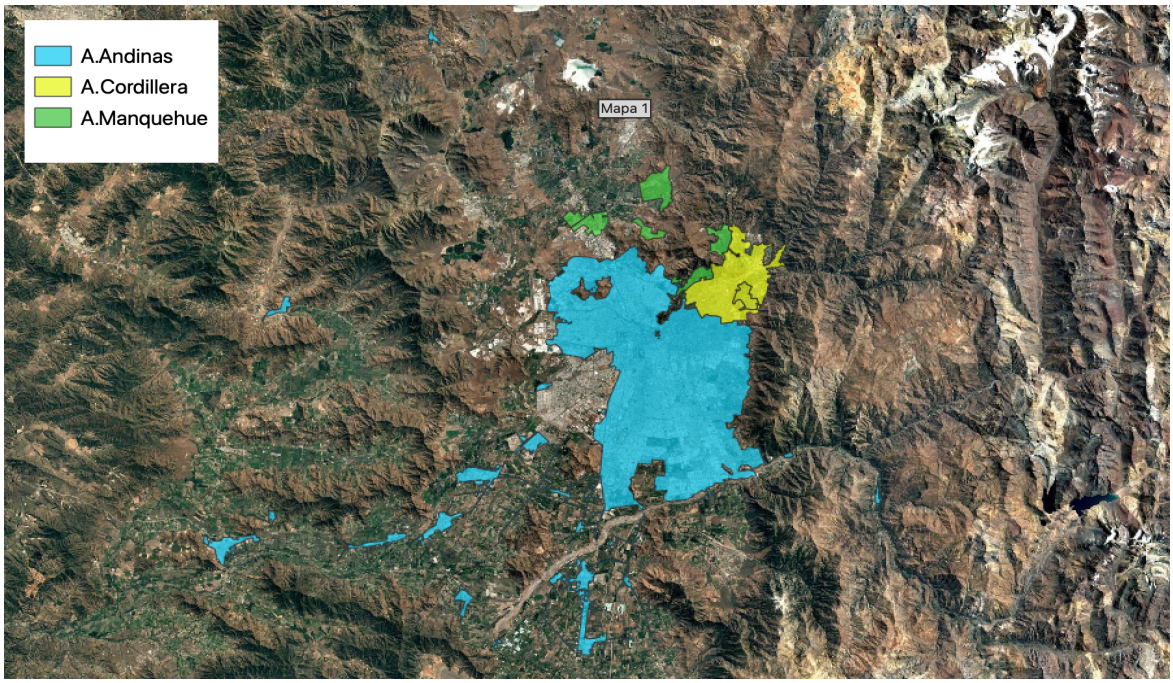
- Tamaño del sujeto de estudio y sector de la sociedad: El estudio se enfoca en el sector urbano y dentro del territorio operacional de las empresas identificadas, es decir, los clientes regulados.

- Área de la gestión del agua: Se aborda la gestión estratégica, administración y modelo tarifario del sector sanitario nacional para evaluar el impacto de la inclusión de la tecnología en las tarifas de aguas servidas.

- Límite temporal: El período de revisión del quinquenio de tarifario es el que corresponde entre los años 2025–2030. Cabe destacar que el estudio no pretende reconstruir procesos tarifarios históricos ni proyectar de manera

definitiva el resultado de procesos posteriores; no obstante, sus conclusiones podrían aportar antecedentes técnicos para futuras discusiones tarifarias.

Figura 1. Territorio Operacional del Grupo Aguas



Fuente: Elaboración Propia con territorio operacional disponible en SISS

2.1.2. Alcance científico-profesional del estudio

El estudio se apoya en los módulos realizados durante el desarrollo del Magíster en Gestión del Agua, especialmente Sistemas de Gestión de Redes, Planificación y Dirección Estratégica, Finanzas y Desarrollo de Negocios. Con base al nivel de conocimiento actual sobre la problemática y los antecedentes revisados, la investigación comprende una progresión de enfoques que abarcan los siguientes propósitos:

- Enfoque Exploratorio: La investigación aborda una brecha poco desarrollada en el ámbito nacional, las empresas sanitarias o el ente regulador: la cuantificación del efecto tarifario de reemplazar la valorización vigente, 100% zanja abierta, de la reposición de programada de tuberías por 100% utilizando CIPP.

- Enfoque descriptivo: El estudio caracteriza el CIPP, las partidas de costos de ambos métodos de reposición y las variables técnicas y tarifarias necesarias para estimar la variación del CTLPN, la recaudación base, las tarifas y las cuentas tipo de las empresas consideradas.

- Enfoque Correlacional: La investigación relaciona las diferencias de costos y vidas útiles por diámetro, longitud y materialidad con los componentes del CTLPN y de la recaudación base sobre los cuales estas diferencias podrían incidir, manteniendo las necesidades de reposición definidas por la empresa modelo.

- Enfoque Explicativo o causal: Se utilizan antecedentes normativos, técnicos y tarifarios para explicar cómo el cambio del método de valorización de la reposición programada podría modificar la inversión eficiente, la recaudación base y las tarifas máximas estimadas para los usuarios regulados.

3. OBJETIVOS

Tras ordenar la documentación se presentan a continuación el objetivo general y los objetivos específicos, para lograr realizar este estudio de impacto tarifario de la rehabilitación de tuberías de aguas servidas a través del revestimiento interior en el territorio operacional de las empresas del Grupo Aguas.

3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la inclusión del revestimiento interior aplicado en las tuberías para la renovación de conducciones y redes de aguas servidas, en el territorio operacional del Grupo Aguas, considerando los costos y expectativas de vidas útiles. Con el propósito de dimensionar el impacto tarifario en las cuentas tipo de los usuarios.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Conocer las diferentes formas de información escrita en los sistemas que permiten identificar las diversas tecnologías de revestimiento interior de tuberías validadas por la normativa vigente.

2. Asociar los aportes de las diversas asignaturas vistas en el Magíster en Gestión de Agua y la consulta a expertos en el sector sanitario en la rehabilitación y mantención de tuberías.

3. Revisar la legislación y normas relativas a los objetos de la investigación.

4. Caracterizar la materialidad, los diámetros, las vidas útiles, los costos unitarios y condiciones funcionales de CIPP necesarias para construir el escenario tarifario alternativo para las tuberías operadas por el Grupo Aguas.

5. Plantear el modelo teórico que se sustenta en base a los objetivos anteriormente planteados.

6. Definir la forma de sustituir la valorización vigente de la reposición programada mediante zanja abierta por una valorización alternativa en un 100% mediante CIPP dentro del modelo tarifario vigente.

7. Establecer una base de datos según diámetros, vidas útiles y costos por metro lineal.

8. Presentar las fórmulas tarifarias aplicables a la reposición de redes y conducciones de aguas servidas.

9. Definir la aplicación de las fórmulas tarifarias necesarias para estimar la variación del CTLPN, la recaudación base, las tarifas y las cuentas tipo resultante del escenario CIPP.

10. Aplicar las fórmulas tarifarias establecidas, según la metodología definida para el octavo proceso tarifario (2025-2030) para determinar si la valorización vigente de la reposición mediante zanja abierta se puede sustituir por el escenario CIPP y, con ello, estimar la variación del CTLPN, la recaudación base, las tarifas y las cuentas tipo.

11. Generar un resultado general dado los resultados parciales obtenidos previamente.

12. Establecer el impacto en la recaudación base, las tarifas y la cuenta tipo al implementar la rehabilitación de tuberías mediante CIPP o, en caso contrario, levantar las condiciones que se deberían modificar para que esto se pueda concretar.

13. Formular conclusiones en función de los resultados obtenidos una vez determinado el impacto tarifario por la inclusión de los nuevos revestimientos interiores de tuberías, desde el punto de vista económico, ambiental y social.

14. Proponer recomendaciones para la eventual incorporación de CIPP como método de valorización de la reposición programada, considerando los resultados tarifarios y los supuestos técnicos de la investigación.

4. ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se realiza el estado del arte, el cual comprende una revisión bibliográfica, a nivel nacional e internacional, aportes de las asignaturas del magister con respecto de la materia en estudio, y consultas a expertos.

4.1. ANTECEDENTES DEL ESTADO DEL ARTE

4.1.1. Conceptos e Ideas Específicas (Review Bibliográfico)

Se revisa bibliografía clasificada en las categorías fundamental, específica y complementaria contenida en 40 documento. En la Tabla 1 se consolidan las distintas ideas como resultado de la revisión de la palabra clave revestimiento interior de tuberías.

Tabla 1. Ideas en torno a la palabra clave

Palabra Clave: Revestimiento de Tuberías			
Autor/ Lectura	**Ideas técnico-constructivas de rehabilitación**	**Ideas de gestión de redes e impacto tarifario**	**Ideas complementarias**
Chile. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción (1990)	No define tecnologías de rehabilitación.	Operacionaliza la metodología tarifaria, vida útil, valor residual, anualidad, CTLP y explotación eficiente.	Indispensable para transformar la comparación técnica en análisis tarifario.
Chile. Ministerio de Obras Públicas (1988)	No define tecnologías de rehabilitación.	Base legal para conectar revestimiento interior con costos eficientes, reposición optimizada, CTLP y tarifa.	Sustenta que el análisis debe centrarse en inversión eficiente y no sólo en costo de obra.
Instituto Nacional de Normalización NCh 3409 (2019)	Regula la rehabilitación por tubería curada en obra, aplicable a conducciones con o sin presión.	Entrega requisitos de instalación, curado, continuidad, hermeticidad y control de defectos.	Sustenta técnicamente la inclusión del CIPP o revestimiento interior en la tesina.
Instituto Nacional de Normalización NCh 3640-1 (2021)	Define rehabilitación, sustitución y sistemas de rehabilitación en materiales plásticos para redes enterradas sin presión.	Establece evaluación previa de la red, inspección, capacidad estructural, sección libre y desempeño durante vida de diseño.	Define las diferencias conceptuales entre rehabilitación, renovación y reposición.

Palabra Clave: Revestimiento de Tuberías			
Autor/ Lectura	**Ideas técnico-constructivas de rehabilitación**	**Ideas de gestión de redes e impacto tarifario**	**Ideas complementarias**
Superintendencia de Servicios Sanitarios (2025a)	Entrega criterios y valores base para infraestructura sanitaria, reposición, pavimentos, materialidad y vida útil para infraestructura de redes y conducciones.	Es fuente central para estimar impacto en CTLP/CTLPN y tarifas del Aguas Andinas.	Permite aplicar el análisis al principal caso del Grupo Aguas.
Superintendencia de Servicios Sanitarios (2025b)	Entrega criterios y valores base para infraestructura sanitaria, reposición, pavimentos, materialidad y vida útil para infraestructura de redes y conducciones.	Es fuente central para estimar impacto en CTLP/CTLPN y tarifas de Aguas Cordillera.	Aporta comparación intra-grupo para evaluar consistencia tarifaria.
Superintendencia de Servicios Sanitarios (2025c)	Entrega criterios y valores base para infraestructura sanitaria, reposición, pavimentos, materialidad y vida útil para infraestructura de redes y conducciones.	Es fuente central para estimar impacto en CTLP/CTLPN y tarifas de Aguas Manquehue.	Aporta comparación intra-grupo para evaluar consistencia tarifaria.
Gómez López (2021)	Analiza riesgos constructivos en rehabilitación de alcantarillado y tecnologías sin zanja.	Releva la necesidad de CCTV, pruebas de estanqueidad, listas de chequeo y control de competencias.	Advierte que una mala ejecución puede anular los ahorros esperados.
Gutiérrez Espinoza y Pinto Lobos (s. f.)	Compara directamente CIPP y zanja abierta en conducción de agua potable de gran diámetro.	Permite identificar diferencias de costo, tiempo, intervención superficial y afectación urbana.	Argumenta la pertinencia de comparar ambos escenarios en el caso Grupo Aguas.
Guzman Nateros (2024)	Desarrolla una guía para rehabilitación de alcantarillado con tubería curada in situ.	Compara costos, tiempos y restricciones físicas frente al método tradicional.	Refuerza que el impacto tarifario debe considerar CAPEX, tiempo de ejecución y afectación urbana.
Rojas Serrano (2018)	Diferencia renovación, rehabilitación y reemplazo en redes de agua potable, y revisa tecnologías sin zanja.	Aporta criterios para seleccionar alternativas según edad, longitud, diámetro, material, suelo y presión.	Sostiene que CIPP puede ser recomendable en zonas urbanas congestionadas.

Palabra Clave: Revestimiento de Tuberías			
Autor/ Lectura	**Ideas técnico-constructivas de rehabilitación**	**Ideas de gestión de redes e impacto tarifario**	**Ideas complementarias**
Velásquez Agudelo (2021)	Evalúa resistencia a flexión, módulo de elasticidad y desempeño mecánico de revestimientos CIPP.	Refuerza que la aceptación técnica debe basarse en control de calidad y cumplimiento normativo.	Advierte que instalar un liner no garantiza por sí solo un desempeño adecuado.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Aportes de las asignaturas

La inspiración de este trabajo investigativo debe, en gran medida, a los contenidos desarrollados en el Magíster en Gestión del Agua (MWM), que proporcionan una base interdisciplinaria para analizar la inclusión del revestimiento interior de tuberías no solo como una tecnología constructiva, sino también como una alternativa de gestión de infraestructura sanitaria con potencial incidencia tarifaria.

Las conducciones y redes de agua potable y alcantarillado, en un alto porcentaje, se encuentran envejecidas, y en las que la eficiencia económica, la continuidad operacional, la escasez hídrica, el cambio climático y la protección del usuario regulado son puntos de vista relevantes a la hora de renovar esta infraestructura. En este sentido, la rehabilitación de tuberías mediante revestimiento interior debe evaluarse como parte de una estrategia más amplia de renovación de activos, reducción de pérdidas, optimización de inversiones y determinación de costos eficientes.

El módulo de aporte directo es el de Gestión de Redes (MWM 400), ya que permite comprender que las redes de distribución de agua potable y de recolección de aguas servidas son activos críticos para la continuidad del servicio sanitario. Desde esta perspectiva, el revestimiento interior se sitúa entre las alternativas de intervención en la infraestructura existente, junto con la reparación, la rehabilitación, la renovación y la reposición. La literatura sobre gestión de activos refuerza que la decisión de intervenir en una tubería no debe ser reactiva ni basarse sólo en la ocurrencia de fallas, sino en criterios de condición, criticidad, riesgo, desempeño hidráulico, vida útil y costo de ciclo de vida (Grigg, 2015; United States Environmental Protection Agency [EPA], 2002). Este enfoque es central para la tesina, porque permite comparar la reposición tradicional mediante zanja abierta con el revestimiento interior bajo una lógica de eficiencia técnica y económica, no únicamente constructiva.

En segundo lugar, los módulos de Gobernanza y Economía del Agua (MWM 500) y Gestión y Planificación de los Recursos Hídricos (MWM 100) aportan el marco institucional y de política pública necesario para entender que las decisiones de infraestructura sanitaria se desarrollan dentro de un sistema regulado, sujeto a exigencias de continuidad, calidad, eficiencia y sostenibilidad. En Chile, el modelo tarifario sanitario se encuentra estructurado sobre la base de costos eficientes, empresa modelo, inversión optimizada y costo total de largo plazo. Por ello, una tecnología como el revestimiento interior sólo adquiere relevancia tarifaria si permite modificar componentes reconocibles dentro de este modelo, tales como inversión de reposición, vida útil económica, costos de operación y mantención, y costo total de largo plazo neto. Esta conexión se fundamenta en el DFL Nº 70 y en el DS Nº 453, que establecen la lógica de cálculo tarifario y la relación entre costos eficientes, reposición optimizada y tarifas finales (Chile. Ministerio de Obras Públicas, 1988; Chile. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, 1990).

El módulo de Finanzas y Desarrollo de Negocios (MWM 520) aporta una dimensión indispensable para transformar la discusión técnica en una evaluación tarifaria. La comparación entre zanja abierta y revestimiento interior no puede limitarse al costo directo de obra por metro lineal, sino que debe considerar CAPEX, O&M, vida útil, depreciación, tasa de costo de capital, valor residual, reposición futura y efecto en cuenta tipo. Desde esta perspectiva, el revestimiento interior podría reducir la inversión inicial asociada a excavaciones, rotura y reposición de pavimentos, interferencias urbanas y reposición superficial; sin embargo, dicho ahorro sólo tendrá relevancia regulatoria si se traduce en una reducción del costo eficiente de prestación del servicio. La literatura sobre valoración de infraestructura hídrica y empresas sanitarias refuerza que las decisiones de reinversión deben considerar el costo de reemplazo, la vida útil adicional y la presión que la base de activos puede ejercer sobre las tarifas futuras (Comisari et al., s. f.; Mastracchio et al., 2020).

El módulo de Innovación y Gestión de Proyectos (MWM 550) contribuye a comprender el revestimiento interior como una innovación aplicada a infraestructura sanitaria existente. Su aporte no está en presentar la tecnología como una solución universal, sino en estructurar su evaluación como proyecto: diagnóstico del problema, comparación de alternativas, análisis de restricciones, evaluación económica, riesgos de implementación y beneficios esperados. En este punto, las normas técnicas chilenas son fundamentales para evitar una lectura simplificada de la tecnología. La NCh 3640/1 permite diferenciar rehabilitación, renovación y sustitución, mientras que la NCh 3409 regula la rehabilitación mediante tubería curada en obra, estableciendo requisitos de instalación, continuidad, hermeticidad y control de defectos (Instituto Nacional de Normalización [INN], 2019, 2021). Por ello, el revestimiento interior debe evaluarse como una alternativa técnica válida

sólo cuando el estado del tubo anfitrión, el diseño, la instalación y los controles de calidad permitan asegurar desempeño durante la vida útil considerada.

Los módulos de Eficiencia Hídrica (MWM 130), Gestión de la Captación y Tratamientos del Agua (MWM 120) y Gestión de la Depuración y Reutilización (MWM 410) amplían el análisis hacia el contexto de escasez hídrica y cambio climático en Chile. La infraestructura sanitaria no puede evaluarse de manera aislada respecto de la disponibilidad del recurso, la seguridad hídrica y la necesidad de reducir pérdidas e infiltraciones. En un escenario de mayor incertidumbre climática, sequías prolongadas y presión sobre las fuentes, la eficiencia de las redes adquiere una relevancia estratégica. Si una tubería deteriorada genera pérdidas, infiltraciones, exfiltraciones o deterioro del desempeño hidráulico, su rehabilitación puede tener efectos que van más allá del costo de obra: puede contribuir a mejorar la eficiencia del sistema, reducir riesgos operacionales y proteger la continuidad del servicio. La literatura sobre pérdidas y deterioro de tuberías muestra que variables como edad, materialidad, diámetro, presión e intensidad de fallas son relevantes para priorizar intervenciones (Shaban et al., 2023; Tchorzewska-Cieślak et al., 2024). En consecuencia, el revestimiento interior debe analizarse como una herramienta posible dentro de una estrategia de eficiencia hídrica y resiliencia operacional.

El módulo de Evaluación de los Recursos (MWM 110) aporta una mirada metodológica sobre el uso de información, modelación e incertidumbre. Aunque su foco no es directamente tarifario, permite reforzar que la toma de decisiones en infraestructura hídrica requiere datos consistentes, parámetros comparables y evaluación de escenarios. Para esta tesina, ello se traduce en la necesidad de construir una base de datos que contenga diámetros, longitudes, materialidades, costos unitarios, vidas útiles, tipo de servicio, partidas de pavimento y criterios tarifarios. Esta información permitirá comparar de manera trazable el escenario base de reposición por zanja abierta con el escenario alternativo de revestimiento interior. La evaluación de alternativas en sistemas hídricos debe considerar costos, restricciones, desempeño, confiabilidad y efectos sobre los usuarios, evitando seleccionar soluciones sólo por menor costo inicial (Loucks & van Beek, 2017).

Los módulos de Planificación y Dirección Estratégica (MWM 510) y Sistemas de Gestión (MWM 530) aportan una mirada organizacional para proyectar la implementación del revestimiento interior más allá del caso puntual. Si la tecnología demuestra conveniencia técnica y tarifaria bajo determinadas condiciones, su incorporación debería formar parte de una estrategia formal de gestión de activos, con criterios de priorización, procedimientos de evaluación, estándares de control de calidad, indicadores de desempeño y seguimiento post-intervención. Esto es relevante porque una alternativa de rehabilitación puede perder validez económica

si no cuenta con control constructivo, trazabilidad de costos o verificación de desempeño. Estudios sobre CIPP han mostrado que la vida útil y el comportamiento del revestimiento dependen fuertemente de la calidad de instalación, del diseño y de los ensayos de aceptación técnica (Allouche et al., 2014; Gras-Travesset et al., 2023; Velásquez Agudelo, 2021).

Finalmente, los módulos de Gestión del Sistema Pluvial (MWM 420), Riesgos y Conflictos en la Gestión de los Recursos (MWM 140) y Gestión de Clientes (MWM 540) realizan aportes complementarios. La gestión pluvial permite comprender las interferencias urbanas y los desafíos de operar infraestructura enterrada en ciudades, donde la zanja abierta puede generar mayores impactos por tránsito, pavimentos, coordinación municipal y afectación del espacio público. El módulo de riesgos contribuye a situar la infraestructura sanitaria dentro de un contexto de vulnerabilidad climática, eventos extremos y necesidad de continuidad operacional. Por su parte, Gestión de Clientes permite recordar que el efecto final de una decisión tarifaria no se mide sólo en términos de inversión de la empresa, sino en el impacto que dicha inversión genera en la cuenta tipo del usuario. Esta perspectiva es coherente con estudios que recomiendan evaluar las alternativas de infraestructura no sólo por CAPEX y O&M, sino también por su efecto mensual en los hogares y su asequibilidad (EPA & U.S. Department of Agriculture, 2024a, 2024b).

4.1.3. Consultas a los distintos actores involucrados

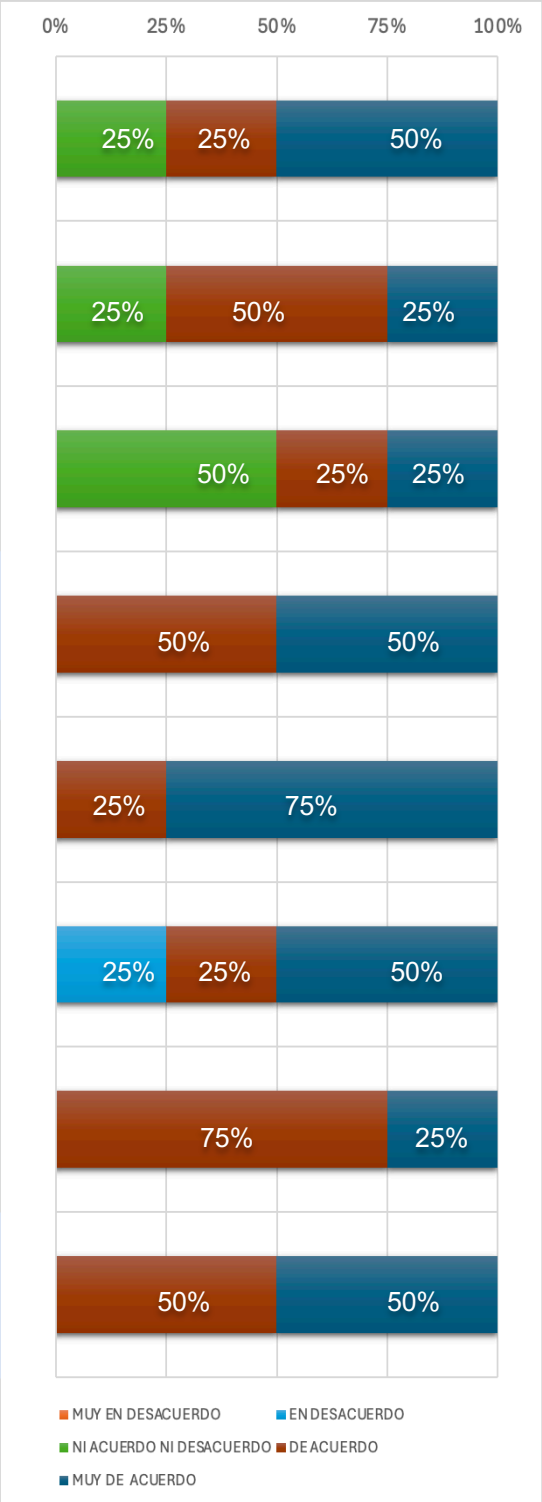
En el Anexo 3 se presenta la encuesta aplicada a los expertos nacionales sobre el tema de estudio. Se busca recoger, con base en su experiencia, aspectos referidos a la incorporación del revestimiento interior de tuberías en la reposición de redes y conducciones y su potencial impacto en la tarifa regulada en el sector sanitario, esto considerando que son obras que involucran grandes inversiones y que en varios casos ya han cumplido su vida útil. Los expertos considerados para este estudio corresponden a los siguientes:

- Álvaro Sola Alcázar - Jefe de la División de Concesiones SISS
- María Soledad Zepeda Nieme - Jefa Unidad de Tarifas Centro Norte, SISS
- Luis Aedo Smith, Jefe de Proyectos Unidad de Tarifas Centro Norte, SISS
- Roberto Irribarra Cona - Gerente General de CIPP Chile

En la Figura 2 Resultados de la Encuesta se resumen las respuestas obtenidas a los expertos consultados, los porcentajes representan el valor de la opción elegida por cada uno de los 4 expertos encuestados.

Figura 2. Resultados de la Encuesta

1. Actualmente, el conocimiento técnico disponible permite considerar al revestimiento interior de tuberías como una alternativa técnicamente validada para rehabilitar conducciones y redes de agua potable o aguas servidas, siempre que exista un diagnóstico previo de la tubería anfitriona y se cumplan los requisitos de diseño, instalación y control de calidad.	25% 25% 50%
2. La literatura técnica y normativa ha abordado principalmente el revestimiento interior desde las perspectivas constructiva, estructural, hidráulica y operacional, mientras que sus efectos sobre los costos tarifarios y el traspaso a las cuentas de los usuarios no han sido abordados de manera suficiente.	25% 50% 25%
3. La tendencia habitual en la gestión de esta infraestructura sanitaria se orienta hacia la selección de intervenciones basadas en condición, criticidad, riesgo de falla, costo de ciclo de vida y nivel de servicio, en lugar de aplicar únicamente criterios de antigüedad o reposición reactiva.	50% 25% 25%
4. En el sector sanitario chileno, existe una oportunidad técnicamente pertinente para evaluar la inclusión del revestimiento interior como alternativa eficiente dentro de los procesos de reposición optimizada y fijación tarifaria.	50% 50%
5. La elección entre reposición tradicional mediante zanja abierta y rehabilitación mediante revestimiento interior debe considerar, además del costo directo por metro lineal, las diferencias en vida útil, rotura y reposición de pavimentos, interferencias urbanas, tiempos de ejecución, riesgos constructivos, operación, mantenimiento y control de calidad.	25% 75%
6. El impacto tarifario del revestimiento interior puede estimarse mediante la comparación de escenarios técnicamente equivalentes y la incorporación de sus diferencias de inversión y vida útil en las variables del modelo tarifario, particularmente en el costo total de largo plazo neto (CTLPN).	25% 25% 50%
7. Para que el revestimiento interior sea considerado una alternativa eficiente y reconocible en un estudio tarifario, debe acreditarse que mantiene la capacidad hidráulica, la seguridad estructural, la estanqueidad, la calidad del servicio y una vida útil respaldada por antecedentes verificables.	75% 25%
8. Una metodología que vincule los costos reales del revestimiento interior con los criterios de reposición optimizada, vidas útiles, CTLPN, cargos tarifarios y cuentas tipo podría constituir un aporte relevante para la regulación sanitaria chilena y para futuros procesos tarifarios.	50% 50%



Dentro de los aspectos principales de las respuestas, podemos señalar lo siguiente:

En cuanto a los factores técnicos y operacionales, evaluados en las preguntas N°1, N°3, N°5 y N°7, se puede concluir que existe un acuerdo según el cual el revestimiento interior es una tecnología certificada y que debe evaluarse considerando las variables involucradas, como la vida útil y la capacidad hidráulica, entre otras.

Por la arista del vacío normativo e impacto regulatorio, evaluados en las preguntas N°2, N°4 y N°6, se reconoce que estos aspectos no han sido suficientemente evaluados, pero se reconoce que existe una oportunidad de incorporar esta tecnología.

Finalmente, los encuestados apoyan la elaboración de una metodología que facilite la integración de esta nueva tecnología con el modelo tarifario.

4.2. SUJETO DE ESTUDIO

El sujeto de estudio es la incorporación del revestimiento interior CIPP en la valorización de la reposición programada de conducciones y redes de aguas servidas de la empresa modelo del Grupo Aguas. El análisis compara las tarifas vigentes, calculadas con una reposición en un 100% mediante zanja abierta, con un escenario alternativo en que la misma reposición se ejecuta íntegramente mediante CIPP.

Las tuberías sanitarias constituyen activos de larga vida útil, cuya condición estructural, hidráulica y operacional se deteriora en el transcurso del tiempo. Este deterioro se manifiesta de diversas formas, como fallas, filtraciones, infiltraciones, exfiltraciones, pérdida de capacidad hidráulica, corrosión, deformaciones, daños en juntas o aumento de costos de mantenimiento. Por lo tanto, el costo eficiente para asegurar la continuidad y calidad del servicio depende del nivel de daño en el que se intervienen estos elementos, lo que puede ir desde la reparación, rehabilitación, renovación o sustitución de los tramos de los activos afectados.

En este contexto, el revestimiento interior representa el método alternativo mediante el cual se evaluará el 100% de la reposición programada en el escenario de la investigación. El análisis mantiene las cantidades y características de la infraestructura de la empresa modelo e incorpora los costos y vidas útiles asociados al método constructivo, con el objetivo de estimar su efecto en el CTLPN, la recaudación base y, en tercer lugar, en las tarifas.

Para encuadrar el sujeto de estudio, es esencial definir los conceptos de renovación, rehabilitación estructural, reposición, sustitución y revestimiento interior.

La renovación agrupa las *medidas para el mantenimiento o la mejora del estado de operación de los sistemas existentes, incluyendo la rehabilitación, reparación y sustitución* (NCh 3640-1, 2021). Esto depende del nivel de deterioro de la tubería, de las exigencias de servicio y de la solución técnica seleccionada. Desde una perspectiva de gestión de activos, la renovación debe responder a una estrategia a largo plazo basada en la condición, la criticidad, el desempeño, el riesgo de falla y el costo de ciclo de vida, más que a una respuesta exclusivamente reactiva frente a roturas o emergencias (Grigg, 2015; EPA, 2002).

La rehabilitación estructural corresponde a los “trabajos encaminados a mejorar las características funcionales actuales de una canalización existente, respetando su estructura original de forma parcial o total” (NCh 3640-1, 2021), es decir, una tubería rehabilitada no necesariamente es retirada o reemplazada

físicamente, sino que puede recuperar capacidad de servicio mediante la incorporación de un sistema interno o de refuerzo.

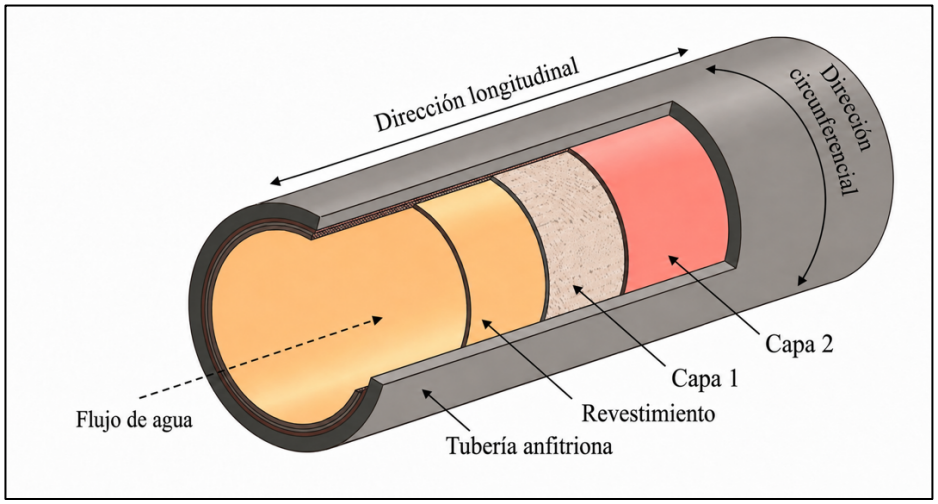
La sustitución es la “construcción de una nueva canalización, dentro o fuera de la línea de un sistema de canalización existente, donde la función del nuevo sistema de canalización incorpora la del anterior” (NCh 3640-1, 2021), esto es el reemplazo de una infraestructura existente por una nueva conducción que asume la función de la tubería original que puede ejecutarse en la misma línea o en una ubicación alternativa y, generalmente, implica actividades de excavación, retiro o abandono de la conducción anterior, instalación de nueva tubería, rellenos, compactación y restitución de pavimentos o superficies intervenidas. En las zonas urbanas, estas partidas pueden representar una proporción relevante del costo total de la obra debido a las interferencias existentes, la ocupación de vías, el manejo de tránsito, la reposición de pavimentos, permisos y las restricciones operacionales asociadas.

El revestimiento interior es una técnica específica de rehabilitación, la cual consiste en instalar un nuevo elemento dentro de una tubería existente o anfitriona, con el objeto de mejorar su estanqueidad, comportamiento estructural, resistencia interna, capacidad de servicio o vida útil. Dependiendo de la tecnología seleccionada, el revestimiento puede actuar como una solución independiente desde el punto de vista estructural, como un elemento parcialmente soportado por la tubería existente o como una capa de protección interna destinada a controlar deterioros específicos.

Entre las tecnologías de revestimiento interior, una de las más reconocidas y empleadas a nivel nacional es el sistema de tubería curada en obra o Cured-In-Place Pipe (CIPP). En lo específico, la NCh 3409 establece requisitos para la rehabilitación de tuberías y conductos mediante la instalación de una manga flexible impregnada con resina que, tras el proceso de curado, conforma una tubería continua y hermética en el interior del ducto existente (INN, 2019). Esta tecnología puede utilizarse en conducciones con o sin presión, aunque su diseño, espesor, método de instalación y controles de calidad deben adaptarse a las condiciones específicas de cada proyecto.

En la Figura 3 se muestra el esquema de la configuración del revestimiento interior CIPP instalado en la tubería anfitriona.

Figura 3. Esquema de tubería revestida mediante CIPP.



Fuente: Gras-Travesset et al., adaptado con IA.

La Figura 4 muestra la manga sin impregnar con resina epóxica ni catalizador, donde se aprecian las 2 capas de revestimiento interior CIPP previamente esquematizadas (Figura 3).

Figura 4. Manga de felpa sin impregnar para CIPP, en bodega de almacenamiento.



Fuente: Registro fotográfico personal en visita a planta CIPP Chile S.A. 2026.

La evaluación técnica de un revestimiento interior comienza con la caracterización de la tubería anfitriona. Este primer paso es imprescindible, conocer el material, diámetro, longitud, edad, condición estructural, condición hidráulica, presión de servicio, ubicación, accesibilidad, tipo de suelo, presencia de napa de aguas subterráneas, interferencias urbanas y número de conexiones existentes, antes de seleccionar una alternativa de rehabilitación. La condición del activo es determinante, ya que una solución de revestimiento puede ser adecuada para una tubería con deterioro localizado o pérdida de estanqueidad, pero no necesariamente para una conducción con colapso generalizado, deformaciones severas, pérdida significativa de sección o restricciones hidráulicas incompatibles con la reducción de diámetro interior.

La literatura especializada revisada indica que las variables más utilizadas para evaluar deterioro y priorizar intervenciones en tuberías incluyen edad, diámetro, materialidad, presión, historial de fallas, condición del entorno y tipo de deterioro observado (Shaban et al., 2023; Tchorzewska-Cieślak et al., 2024). Asimismo, la evaluación previa puede requerir inspección visual o con CCTV, levantamiento geométrico, detección de fugas, ensayos de estanqueidad, inspección de juntas, verificación de corrosión, identificación de obstrucciones y revisión de la capacidad hidráulica disponible (Latif et al., 2022).

Para los sistemas de agua potable, el revestimiento debe ser compatible con condiciones de presión, calidad de agua y requisitos sanitarios aplicables. Por otro lado, para los sistemas de aguas servidas, además de los requisitos estructurales, debe considerar exposición a gases, compuestos corrosivos, infiltraciones, conexiones domiciliarias y variaciones de caudal. En ambos casos, el desempeño del revestimiento debe ser evaluado no sólo respecto de su instalación inicial, sino también de su comportamiento durante la vida útil de diseño.

Luego, la instalación de un revestimiento no garantiza por sí misma la recuperación del activo si existen defectos de impregnación, curado, continuidad, espesor, adherencia, deformaciones, áreas secas o delaminaciones, por lo que el control de calidad adquiere una importancia decisiva. La NCh 3409 establece que la tubería terminada debe ser continua a lo largo del tramo y encontrarse libre de defectos que puedan comprometer su desempeño (INN, 2019). Los estudios sobre CIPP confirman que la calidad de instalación, el proceso de curado, la temperatura, la presión, el almacenamiento de materiales y la toma de muestras pueden afectar las propiedades mecánicas finales del revestimiento (Allouche et al., 2014; Velásquez Agudelo, 2021).

En el caso de tuberías a presión, la validación estructural resulta particularmente relevante. Gras-Travesset et al. (2023) señalan que los métodos de ensayo deben representar adecuadamente las condiciones reales de operación, especialmente cuando el revestimiento está sometido a presión interna. En consecuencia, para que un revestimiento interior pueda considerarse una alternativa técnicamente válida en una evaluación tarifaria, debe contar con respaldo de diseño, especificaciones de instalación, ensayos de control y evidencia del cumplimiento de los requisitos de servicio.

La comparación tarifaria considera como escenario base la inversión valorizada al 100% mediante zanja abierta, tal como se encuentra incorporada en las tarifas vigentes, dado que es el método de instalación inicial. El escenario alternativo mantiene la misma infraestructura y valora el 100% de dicha inversión mediante CIPP.

En áreas urbanas, la reposición por zanja abierta puede involucrar costos adicionales asociados a ocupación de calzada, desvíos de tránsito, reposición de pavimentos, intervención de veredas, coordinación con servicios existentes, restricciones de horario, interferencias subterráneas y afectación de actividades comerciales o residenciales. Estos costos pueden ser particularmente relevantes en sectores consolidados, donde la infraestructura sanitaria se emplaza bajo vías urbanas con alta densidad de servicios y tránsito.

El revestimiento interior reduce parte de estas partidas al requerir intervenciones localizadas para acceso, limpieza, instalación, curado, inspección y reconexión. Sin embargo, esta potencial ventaja depende de las condiciones específicas del tramo. La técnica puede requerir excavaciones puntuales, cámaras de acceso, limpieza intensiva, fresado de obstrucciones, desvíos temporales de caudal, preparación del tubo anfitrión y equipos especializados. Por ello, la comparación debe realizarse considerando el costo total de la alternativa y no únicamente el valor unitario del revestimiento.

Los estudios comparativos entre CIPP y zanja abierta han identificado que las soluciones sin zanja pueden reducir superficie intervenida, tiempos de ejecución y afectación urbana en determinados contextos, especialmente en conducciones ubicadas bajo calzadas o sectores densamente urbanizados (Gutiérrez Espinoza & Pinto Lobos, s. f.; Rojas Serrano, 2018), tal como se puede apreciar en la Figura 5 Instalación de CIPP en red de recolección de aguas servidas. No obstante, esta evidencia no permite afirmar que el revestimiento interior sea siempre más económico. La solución técnicamente eficiente dependerá de las características de

cada activo, de las restricciones de obra y de los costos específicos asociados a cada escenario.

Figura 5. Instalación de CIPP en red de recolección de aguas servidas.



Fuente: Página web CIPP Chile S.A.

De acuerdo con la información entregada por la empresa CIPP Chile S.A., la vida útil y los costos totales asociados a la inversión por revestimiento interior CIPP en tuberías de aguas servidas son los que se entregan en la Tabla 2 Costo Total de CIPP según diámetro:

Tabla 2: Costo Total de CIPP según diámetro.

Diámetro Comercial (mm)	CIPP Costo Total ($/ml)	Vida Útil (años)l
110	91.845	50
125	104.369	50
160	133.593	50
180	150.292	50
200	166.991	50
250	208.739	50
300	250.487	50
350	292.234	50
400	333.982	50
450	375.730	50
500	417.478	50
600	500.973	50
700	584.469	50
800	667.964	50
900	751.460	50
1000	834.955	50
1200	1.001.946	50
1400	1.168.937	50
1600	1.335.928	50

Fuente: Elaboración propia

El revestimiento interior se incorpora en esta tesina no solo como una posible herramienta de gestión de conducciones y redes de aguas servidas, más allá de extender la vida útil de una tubería, sino también como una alternativa de inversión eficiente dentro del modelo tarifario sanitario chileno, específicamente para el Grupo Aguas, y para contribuir a optimizar las decisiones de renovación de infraestructura en un sistema sanitario regulado. La gestión de activos propone que las alternativas de rehabilitación, reparación o reposición se comparen considerando el costo total de propiedad, la vida útil esperada, los costos de operación y mantención, el riesgo de falla y los niveles de servicio comprometidos (EPA, 2002).

Desde el punto de vista tarifario, el análisis debe ser consistente con el marco regulatorio chileno. El DFL Nº 70 establece que las tarifas se determinan sobre la base de costos eficientes y que el costo total de largo plazo considera los costos de explotación eficiente y las inversiones de un proyecto de reposición optimizado del prestador (Ministerio de Obras Públicas, 1988). A su vez, el DS Nº 453 regula la metodología aplicable al cálculo de costos a largo plazo, incluyendo la vida útil, la inversión, el valor residual, la anualidad de reposición y los costos eficientes de operación y mantención (Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, 1990).

En consecuencia, el revestimiento interior tendrá relevancia tarifaria en la medida en que la sustitución de la valorización mediante zanja abierta por CIPP modifique el costo anual equivalente de la reposición programada. La variación resultante deberá incorporarse en el CTLPN para estimar su efecto en la recaudación base, las tarifas y las cuentas tipo.

La existencia de un menor costo constructivo no garantiza una reducción proporcional de las tarifas. El efecto final dependerá de las diferencias en la vida útil, de la magnitud de la inversión sustituida, de la demanda y de los restantes componentes del cálculo tarifario. Por esta razón, la evaluación debe seguir la secuencia inversión de reposición–CTLPN–recaudación base–tarifas–cuentas tipo.

La evaluación de revestimientos interiores adquiere mayor relevancia en el contexto de escasez hídrica y cambio climático que enfrenta Chile. La reducción de disponibilidad hídrica, el aumento de la incertidumbre climática y la necesidad de asegurar la continuidad del servicio obligan a las empresas sanitarias a mejorar la eficiencia de sus sistemas y a utilizar de manera más estratégica sus recursos de inversión.

En redes de agua potable a nivel nacional, esta tecnología está en fase inicial o de prueba, y la rehabilitación de tuberías deterioradas podría contribuir a reducir

las pérdidas reales de agua cuando las fallas se deben a filtraciones, fisuras, juntas defectuosas o deterioro interno de las conducciones.

En redes de aguas servidas, varias empresas sanitarias ya han optado por utilizar esta tecnología que puede contribuir a disminuir infiltraciones o exfiltraciones cuando la condición de la infraestructura y el diseño de la solución lo permiten. Estos posibles beneficios deben ser analizados de manera diferenciada, ya que las pérdidas en conducciones a presión, la infiltración hacia colectores y la exfiltración desde redes de alcantarillado corresponden a fenómenos hidráulicos y operacionales distintos.

La incorporación de soluciones de rehabilitación eficientes puede contribuir a fortalecer la resiliencia de los sistemas sanitarios frente a escenarios de mayor exigencia operacional. No obstante, la tecnología debe ser evaluada bajo criterios de desempeño verificable, viabilidad económica y pertinencia territorial. La adaptación al cambio climático no se resuelve únicamente mediante nuevas fuentes de agua o expansión de infraestructura, sino también a través de una gestión más eficiente de los activos existentes y de intervenciones que permitan reducir pérdidas, fallas y costos evitables.

A partir de esta caracterización del sujeto de estudio, el apartado siguiente desarrolla el marco teórico de la investigación, integrando los conceptos técnicos, económicos y regulatorios necesarios para formular la metodología de evaluación del impacto tarifario.

4.3. MARCO TEÓRICO DEL ESTADO DEL ARTE

El marco teórico establece la relación entre el método utilizado para valorar la reposición programada de tuberías, la inversión reconocida en la empresa modelo, el costo total de largo plazo neto, la recaudación base y las tarifas del Grupo Aguas. Su propósito es explicar cómo el reemplazo de la valorización mediante zanja abierta por revestimiento interior CIPP podría modificar los resultados tarifarios vigentes.

Los estudios tarifarios vigentes de Aguas Andinas S.A., Aguas Cordillera S.A. y Aguas Manquehue S.A. para 2025–2030 consideran que el 100% de la instalación y reposición programadas de redes y conducciones se ejecuta mediante zanja abierta. La investigación no determina qué tuberías deben reponerse, pues utiliza los diámetros (disponibles para el uso de CIPP) y las longitudes modeladas por la empresa modelo. Sobre esa base, compara dos escenarios: el vigente, valorizado

al 100% mediante zanja abierta, y un escenario alternativo que conserva la misma infraestructura, pero valoriza al 100% su reposición mediante CIPP.

Desde el punto de vista técnico, el CIPP forma una tubería en el interior de una conducción existente o tubería anfitriona. Como se observa en las Figuras 3 a 5, el procedimiento comprende la preparación e impregnación de una manga flexible, su instalación y posterior curado hasta conformar un revestimiento continuo. La NCh 3409:2019 establece requisitos aplicables a esta tecnología y la NCh 3640-1:2021 la sitúa dentro de las técnicas de rehabilitación de canalizaciones existentes (Instituto Nacional de Normalización [INN], 2019, 2021).

En la empresa real, la factibilidad depende, entre otros factores, del diámetro, materialidad, presión, capacidad hidráulica, estado de la tubería anfitriona y exigencias estructurales. En la empresa modelo y con el objeto de aislar el efecto tarifario del cambio tecnológico, se supone que CIPP puede cumplir una función equivalente en toda la infraestructura analizada.

La diferencia entre escenarios se origina en sus estructuras de costos y vidas útiles. La zanja abierta incorpora excavación, movimiento de tierras, instalación de nuevas tuberías, rellenos, compactación y rotura y reposición de pavimentos. El CIPP concentra sus costos en inspección, limpieza y preparación de la tubería anfitriona, impregnación, instalación, curado, reconexiones, pruebas y control de calidad. La comparación debe considerar tanto el costo por metro lineal como la vida útil económica, debido a que ambos parámetros determinan el costo anual equivalente de la reposición.

El DFL Nº 70 establece que las tarifas sanitarias deben calcularse con base en costos eficientes y en un proyecto de reposición optimizado. El DS Nº 453 desarrolla esta metodología e incorpora inversión, vida útil económica, valor residual, tasa de costo de capital y costos eficientes de operación y mantención a una empresa modelo que inicia su operación. (Ministerio de Obras Públicas, 1988; Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, 1990). En este marco, el cambio a CIPP tendrá efecto tarifario si modifica el costo anual equivalente de la reposición. Esta diferencia se incorpora en los flujos para recalcular el CTLPN y estimar su incidencia en la recaudación base, las tarifas y las cuentas tipo.

La relación central del modelo es, por tanto, la siguiente: reposición vigente en un 100% mediante zanja abierta; reposición alternativa en un 100% mediante CIPP; variación de inversión y vida útil; variación del CTLPN; efecto en la recaudación base; y variación de tarifas y cuentas tipo. Como sintetiza la Figura 6, la fase teórica identifica los fundamentos y parámetros técnicos y tarifarios, mientras

que la fase aplicada sustituye la valorización vigente por el escenario CIPP y cuantifica sus efectos. La investigación no presupone una disminución tarifaria: su aporte consiste en determinar si la sustitución es reconocible dentro del modelo tarifario y, en caso de serlo, el sentido y magnitud de la variación resultante bajo los supuestos definidos.

En la Tabla 3 Carta Gantt del Estudio se muestra el plazo en semanas para cada uno de los objetivos específicos definidos.

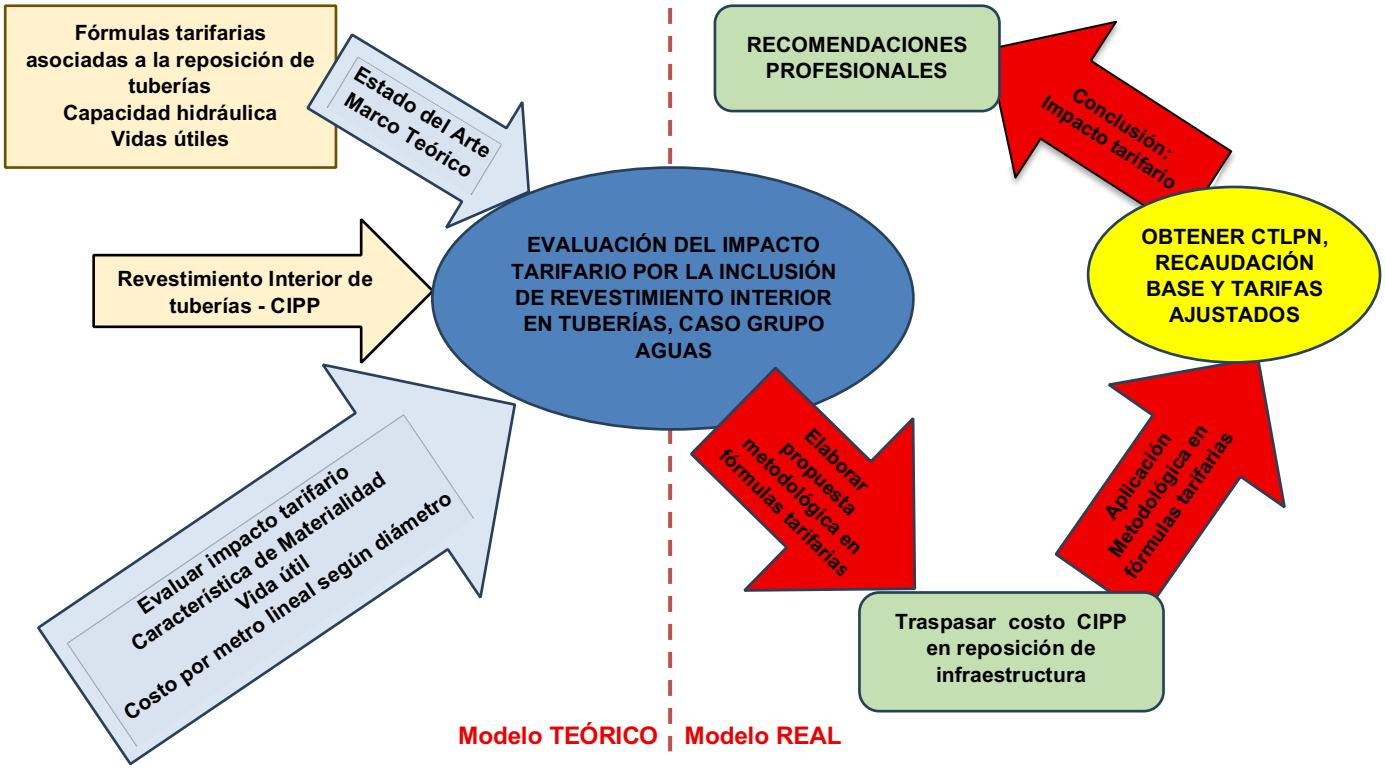
Tabla 3: Carta Gantt del Estudio

FASES	OBJETIVOS ESPECIFICOS	SEMANAS																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Fase 1: Estado del Arte y Marco Teórico	**1.Recopilar antecedentes de revestimientos interiores.**																																	
	2. Asociar asignaturas y consulta a expertos.																																	
	3.Revisar normativa atingente.																																	
	4.Caracterizar parámetros esenciales.																																	
	5. Plantear marco teórico.																																	
Fase 2: Diseño y Elaboración de la Propuesta Metodológica	**6. Revisar aplicación de revestimiento en modelo de reposición.**																																	
	7. Establecer base de datos del revestimiento.																																	
	8.Presentar fórmulas tarifarias atingentes a reposición.																																	
	9. Definir asociaciones en las fórmulas tarifarias.																																	
	10. Aplicar formulas tarifarias, según metodología.																																	
Fase 3: Aplicación y resultados	**11. Generar resultado general**																																	
	12. Establecer impacto o condiciones																																	
Fase 4: Conclusiones y recomendaciones	**13. Formular conclusiones según resultados obtenidos.**																																	
	14. Proponer recomendaciones implementación																																	
		Inicio Semana 1: 6 de diciembre de 2025; Fin Semana 33: 31 de julio de 2026																																

Fuente Elaboración propia

La Figura 6 Evolución del Modelo Teórico de la Investigación detalla el Mapa Mental del estudio, el cual se divide en dos modelos, Teórico y Real, con las actividades asociadas para su desarrollo, desde la caracterización técnica y económica del CIPP hasta la estimación de su efecto en el CTLPN y en las cuentas tipo del Grupo Aguas.

Figura 6. Evolución del Modelo Teórico de la Investigación



Fuente: Elaboración propia

5. PROPUESTA DE LA METODOLOGÍA DE TRABAJO

En este capítulo se describe la propuesta metodológica a ser aplicada, para poder valorizar el impacto de incluir el revestimiento interior CIPP como reposición de conducciones y redes de agua potable y aguas servidas en los Estudios Tarifarios del Grupo Aguas.

A continuación, se desarrollan las 4 fases establecidas en la Tabla 3 y sus actividades necesarias y los tiempos requeridos para implementar esta metodología.

5.1. FASE 1: ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO

Al comienzo del programa de trabajo, se lleva a cabo la revisión de la documentación que respalda el objetivo principal de la investigación.

Actividad 1: Identificar y recopilar las fuentes de información escrita que identifiquen las tecnologías de revestimiento interior de tuberías aprobadas por la normativa vigente y los documentos disponibles de los estudios tarifarios vigentes involucrados en el grupo de análisis. Organizar la información en fichas bibliográficas y en un cuadro resumen que vincule conceptos, preguntas de la investigación, palabras clave y aspectos relevantes. Ver páginas (20-22).

Actividad 2: Revisar la información en los módulos del MWM, los apuntes de las clases, las páginas web y las bibliotecas en línea, además de realizar entrevistas a expertos, así como los estudios y propuestas sobre la rehabilitación y mantención de tuberías. Ver páginas (22-23)

Actividad 3: Revisar la legislación y normas nacionales vigentes relacionadas con el objeto de la investigación, así como las aplicables al cálculo tarifario para las empresas sanitarias elegidas como caso de estudio.

Actividad 4: Caracterizar los diámetros, las vidas útiles, los costos unitarios para las condiciones funcionales de CIPP necesarias para construir el escenario tarifario alternativo para las tuberías operadas por el Grupo Aguas, para poder compararlas con los componentes de las conducciones y redes de aguas servidas. Ver página (33).

Actividad 5: Desarrollar el modelo teórico de la investigación basado en los objetivos previamente establecidos. También se llevará a cabo la identificación y evaluación del estado del arte y la descripción del sujeto de estudio.

5.2. FASE 2: DISEÑO Y ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA

La metodología específica se presenta a continuación y es el eje central de esta tesina, donde el objetivo principal es adaptar las fórmulas tarifarias para lograr incluir la tecnología CIPP en el modelo tarifario.

Actividad 6: Establecer el modo de reemplazar la valorización actual de la reposición programada por una alternativa que utilice 100% CIPP dentro del modelo tarifario vigente, en lugar de la valorización mediante zanja abierta.

Actividad 7: Desarrollar la base de datos que clasifique las inversiones por tipo de obra, de acuerdo con los diámetros, vidas útiles y costos por metro lineal de las conducciones y redes de aguas servidas junto con la rotura y reposición de pavimentos. Esta información se encuentra disponible en SISS, en los estudios finales de las empresas sanitarias del Grupo Aguas.

Actividad 8: Presentar las fórmulas tarifarias aplicables a las partidas de las obras tipo comparables con el CIPP en la reposición de redes y conducciones de aguas servidas, estas fórmulas se encuentran en el Reglamento (DS N° 453).

Actividad 9: Definir las condiciones de borde y las fórmulas tarifarias necesarias para estimar la variación del CTLPN, la recaudación base, las tarifas y las cuentas tipo resultantes del escenario CIPP.

Actividad 10: Aplicar las fórmulas tarifarias establecidas, según la metodología definida para el octavo proceso tarifario (2025-2030), para determinar si la valorización vigente de la reposición mediante zanja abierta puede ser reemplazada por el escenario CIPP y, con ello, estimar la variación del CTLPN, la recaudación base, las tarifas y las cuentas tipo.

5.3. FASE 3: APLICACIÓN Y RESULTADOS

Esta fase corresponde a la ejecución práctica de la investigación, en la cual la Figura 6 se define como el “Modelo Real”.

Actividad 11: Elaborar un resultado global, a nivel de etapa, a partir de los resultados parciales de obras tipo de conducciones y redes de aguas servidas y rotura y reposición de pavimentos obtenidos anteriormente para la incorporación del revestimiento interior.

Actividad 12: Con los valores del punto anterior, establecer el impacto en la recaudación base, las tarifas y la cuenta tipo al aplicar la rehabilitación de tuberías con CIPP o en caso contrario, levantar las condiciones que deben modificarse para que esto pueda concretarse.

5.4. FASE 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Esta fase de cierre, ya en las últimas semanas del cronograma y además de la redacción de este documento, se desarrollarán las siguientes actividades:

Actividad 13: Elaborar conclusiones basadas en los resultados, considerando el impacto tarifario tras la inclusión de los nuevos revestimientos interiores de tuberías desde perspectivas económica, ambiental y social.

Actividad 14: Proponer recomendaciones para la eventual incorporación del CIPP como método de valorización de la reposición programada, considerando los resultados tarifarios y los supuestos técnicos de la investigación.

6. APLICACIÓN METODOLÓGICA

En este apartado se describe el desarrollo de cada uno de los pasos definidos en la Fase 2 del Capítulo 5, en los temas de base de datos, identificación de fórmulas tarifarias, condiciones de borde y su aplicación, en el contexto correspondiente a la sustitución de la valorización vigente de la reposición programada de conducciones y redes de aguas servidas por una valorización alternativa mediante revestimiento interior CIPP, dentro del modelo tarifario establecido en el DFL Nº 70 y en su Reglamento, el DS Nº 453.

6.1. BASE DE DATOS

La primera acción metodológica consiste en extraer del Estudio Tarifario de cada una de las empresas del Grupo Aguas, solo las matrices del Anexo de Valorización de obras tipo redes y conducciones en acueducto y en presión de aguas servidas, y del Anexo 3.2 *Detalle de Inversiones*, la valorización de la rotura y reposición de pavimentos de las obras tipo mencionadas, manteniendo invariantes todos los demás elementos del modelo tarifario.

Luego, en las matrices de valorización, se seleccionan las tuberías con los diámetros en los que se puede utilizar el revestimiento CIPP, se suman las componentes tuberías y obras civiles involucradas en la reposición para obtener la inversión en el escenario vigente y se establece que, para ambas, la vida útil técnica a considerar es de 75 años, según lo indicado en el Anexo 3.2 *Detalle de Inversiones*.

Cabe destacar que, para simplificar el tratamiento de datos para la evaluación, se incluye la partida de cámaras de inspección dentro de la componente Obras Civiles, la cual se compara con el revestimiento CIPP, lo que, en estricto rigor, debería extraerse de la comparación.

Para obtener la valorización de la inversión con el revestimiento CIPP y poder comparar ambos métodos, de la Tabla 2 Costo Total de CIPP según diámetro del Capítulo 4 se extrae el valor por metro lineal y se multiplica por la longitud según el diámetro. En caso de que no exista el diámetro comercial, como ocurre con los colectores unitarios, se interpola para obtener un valor en este trabajo.

En la Tabla 4 Resumen de Valorizaciones de Inversión Propia del Grupo Aguas y Tabla 5 Resumen de Valorizaciones de Inversión Aportadas por Terceros del Grupo Aguas se entregan las valorizaciones de las inversiones de cada obra tipo a Costo Total, según etapa tarifaria: Recolección o Disposición Base para las 3 empresas del Grupo Aguas.

Los archivos de respaldo de los datos y cálculos realizados se entregan como archivos adjuntos a este documento (Anexo 4).

Tabla 4: Resumen de Valorizaciones de Inversión Propia del Grupo Aguas

		AGUAS ANDINAS			AGUAS CORDILLERA			AGUAS MANQUEHUE		
			INVERSIÓN (TUB+OOCC)			INVERSIÓN (TUB+OOCC)			INVERSIÓN (TUB+OOCC)	
Etapa	Obra Tipo	Longitud (m)	CT Zanja (MM$)	CT CIPP (MM$)	Longitud (m)	CT Zanja (MM$)	CT CIPP (MM$)	Longitud (m)	CT Zanja (MM$)	CT CIPP (MM$)
Recolección	RedAS CU	1.493.430	417.288	459.759	118.806	25.733	32.419	-	-	-
Recolección	RedAS	7.632.702	1.297.561	1.235.886	711.887	144.044	121.068	168.044	38.193	27.923
Recolección	RRP Red AS		809.459	-		38.781	-		5.855	-
Recolección	Cond AS Acueducto	181.326	67.086	71.946	34.340	10.274	12.603	15.098	7.104	6.201
Recolección	Cond AS Presión	39.737	3.803	6.982	1.157	94	128	2.063	272	543
Recolección	RRP Cond AS		8.096	-		2.279	-		123	-
Disposición Base	Cond AS Acueducto	130.745	309.171	77.008	-	-	-	-	-	-
Disposición Base	Cond AS Presión	88	7	14	-	-	-	4.260	2.557	2.525
TOTAL			2.912.470	1.851.595		221.204	166.219		54.104	37.193

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5: Resumen de Valorizaciones de Inversión Aportadas por Terceros del Grupo Aguas

		AGUAS ANDINAS			AGUAS CORDILLERA			AGUAS MANQUEHUE		
			INVERSIÓN (TUB+OOCC)			INVERSIÓN (TUB+OOCC)			INVERSIÓN (TUB+OOCC)	
Etapa	Obra Tipo	Longitud (m)	CT Zanja (MM$)	CT CIPP (MM$)	Longitud (m)	CT Zanja (MM$)	CT CIPP (MM$)	Longitud (m)	CT Zanja (MM$)	CT CIPP (MM$)
Recolección	RedAS CU	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recolección	RedAS	5.607.528	922.838	856.848	698.443	141.023	118.587	153.978	34.751	25.054
Recolección	RRP Red AS		490.049	-		30.683	-		5.339	-
Recolección	Cond AS Acueducto	657	238	217	512	164	161	-	-	-
Recolección	Cond AS Presión	1.939	118	203	517	43	69	2.063	272	543
Recolección	RRP Cond AS		-	-		-	-		-	-
Disposición Base	Cond AS Acueducto	200	38	33	-	-	-	-	-	-
Disposición Base	Cond AS Presión	-	-	-	-	-	-		-	-
TOTAL			1.413.280	857.301		171.913	118.818		40.362	25.597

Fuente: Elaboración Propia

6.2. FÓRMULAS TARIFARIAS APLICABLES

Las fórmulas tarifarias aplicables a las partidas de las obras tipo comparables con el CIPP en la reposición de redes y conducciones de aguas servidas se encuentran en el Reglamento o DS N° 453.

A continuación, se entregan las fórmulas a utilizar en la medida en que se empleen, es decir, desde el CTLP hasta la cuenta tipo del usuario. Su presentación cumple una doble finalidad: entregar el marco de cálculo comprometido en la Fase 2 e identificar con precisión en qué componente de cada expresión debería ingresar el revestimiento interior para que tenga efecto tarifario.

La primera fórmula por describir es la del Costo Total a Largo Plazo, según lo establece el Artículo 24 del Reglamento, como sigue:

$$CTLP = \frac{I - \frac{R}{(1+r)^{35}} + \sum_{i=1}^{35} \frac{(G+D)*(1+t) - D}{(1+r)^{i}}}{(1-t) * \frac{(1+r)^{35} - 1}{(1+r)^{35} * r}}$$

Donde:

CTLP: Costo Total a Largo Plazo
I: Inversión asociada a la reposición optimizada de la empresa en el período cero, más el valor actual de la inversión necesaria para mantener la vida útil del proyecto de reposición hasta finalizar el horizonte de evaluación, actualizado a la tasa de costo capital.
G: Gastos anuales de operación y mantención asociados a la reposición de la empresa.
D: Depreciación anual de las inversiones asociadas a la reposición de la empresa.
R: Valor residual de la inversión al cabo de n años.
t: Tasa de impuesto vigente.
r: Tasa de costo de capital.
i: Período anual.

Luego, la fórmula del Costo Total a Largo Plazo Neto incorpora a los aportes de terceros, según lo establece el Artículo 36 del Reglamento, como sigue:

$$CTLPN = CTLP - r * \frac{AT - \frac{RAT}{(1+r)^{35}}}{(1-t)} + \frac{DAT * t}{(1-t)}$$

Donde:

CTLPN: Costo Total a Largo Plazo Neto de aportes de terceros
CTLP: Costo Total a Largo Plazo
AT: Valor de la inversión aportada por terceros
r: Tasa de costo de capital.
DAT: Depreciación de la inversión aportada por terceros (anualidad).
RAT: Valor residual de la inversión aportada por terceros.
t: Tasa de impuesto vigente.
r: Tasa de costo de capital.
i: Período anual.

Cabe destacar que el artículo 9 del DFL N°70 ordena valorizar los aportes de terceros a su costo de reposición, por lo que un cambio en el método de valorización de la reposición modificaría también el valor de los aportes, su depreciación y su valor residual. Es decir, la variación del costo total de largo plazo neto no coincidiría con la variación del costo total de largo plazo, y mantener los aportes valorizados bajo el método vigente mientras se modifica el resto sobreestimaría el efecto obtenido.

La siguiente fórmula viene del artículo 8.º del DFL Nº 70, que establece que el ingreso anual obtenido de aplicar las tarifas de eficiencia a la demanda anual actualizada debe compararse con el costo total de largo plazo de satisfacerla y que, de existir diferencia, las tarifas deben ajustarse hasta igualarlos (Chile. Ministerio de Obras Públicas, 1988). El artículo 35 del Reglamento precisa el procedimiento, señalando que la demanda anual actualizada se calcula como:

$$Q = \left(\sum_{i=1}^{5} \frac{Q_i}{(1+r)^i}\right) * \left(\frac{(1+r)^5 * r}{(1+r)^5 - 1}\right)$$

Donde:

Q: Demanda anual actualizada
Q_i: Demanda del periodo i
r: Tasa de costo de capital.
i: Período anual.

De existir una diferencia entre el ingreso y el costo total a largo plazo, las tarifas de eficiencia se corrigen aplicando un ajuste porcentual igual a cada uno de los cargos considerados (Chile. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, 1990). El carácter uniforme de este ajuste es lo que permite vincular directamente la variación del costo total a largo plazo neto con la variación de los cargos tarifarios. Siendo el ajuste porcentual el mismo para todos los cargos de la etapa, la variación porcentual de cada cargo corresponde a:

$$Ajuste\ de\ la\ etapa\ = \Delta \frac{CTLPN\ de\ la\ etapa}{CTLPN\ vigente\ de\ la\ etapa}$$

El artículo 32 del Reglamento establece que las tarifas de eficiencia correspondientes al servicio de recolección de aguas servidas se estructuran mediante un cargo variable por metro cúbico en período no punta, un cargo variable en período punta y un cargo por sobreconsumo, construidos a partir de los costos *CVR1, CVR2 y CVR3*, definidos en el artículo 19. De estos tres costos, únicamente

CVR3 incorpora los costos de inversión del sistema de recolección, mientras que *CVR1 y CVR2* recogen gastos de operación y mantención. En consecuencia, una modificación en la valorización de la inversión incidiría exclusivamente sobre el componente de capacidad, y el ajuste del artículo 35 la redistribuiría luego de manera uniforme sobre todos los cargos de la etapa.

El artículo 33 del Reglamento dispone que *las tarifas de eficiencia correspondientes al servicio final se obtienen sumando los cargos considerados en cada una de las etapas involucradas en la prestación de dicho servicio* (Chile. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, 1990). Sobre esta base, la cuenta tipo corresponde al monto mensual que enfrenta un usuario representativo por un consumo de referencia, y se construye sumando los cargos de las etapas aplicables.

Cabe precisar que la cuenta tipo no se encuentra definida en el DFL Nº 70 ni en el Reglamento, sino que constituye una convención metodológica utilizada por la Superintendencia de Servicios Sanitarios para expresar el resultado de un proceso tarifario en términos comparables entre empresas y períodos. Esta investigación adopta dicha convención y toma el consumo de referencia de los informes finales del proceso 2025–2030.

Siendo únicamente las etapas de aguas servidas las que resultarían afectadas por un cambio en la valorización de sus redes, la variación de la cuenta tipo corresponde a

Variación de la cuenta tipo = suma de las variaciones de cada etapa ponderadas por su participación en la cuenta

Esta expresión incorpora el último factor de atenuación de la cadena de cálculo. Aun cuando una modificación produjera una variación porcentual significativa en el costo total de largo plazo neto de la etapa de recolección de aguas servidas, el efecto sobre la cuenta tipo se encuentra limitado por la participación de dicha etapa en el total facturado al usuario.

6.3. DEFINICIÓN DE CONDICIONES DE BORDE

En este punto se describen las condiciones de borde y las fórmulas tarifarias necesarias para estimar la variación del CTLPN, la recaudación base, las tarifas y las cuentas tipo resultantes del escenario CIPP.

La Tabla 6 Resumen de Condiciones de Borde presenta una descripción medular de cada condición de borde, con su fundamento y el efecto sobre el resultado.

Tabla 6: Resumen de Condiciones de Borde

Condición de borde	Fundamento	Efecto sobre el resultado
La empresa modelo inicia su operación sin infraestructura preexistente.	Artículos 24 y 27 del DS Nº 453	Determinante: impide reconocer el revestimiento interior como inversión inicial.
El revestimiento interior requiere una tubería anfitriona	NCh 3409 y NCh 3640-1 (INN, 2019, 2021)	Determinante: condiciona la técnica a la existencia de infraestructura previa.
El horizonte de evaluación es de 35 años	Artículo 17 del DS Nº 453	Determinante: excluye del cálculo las reposiciones posteriores al año 35.
La depreciación se calcula bajo régimen lineal según la vida útil de cada ítem	Artículo 18 del DS Nº 453	Define la depreciación anual y el valor residual
Las cantidades de obra, trazados y configuración son idénticas entre escenarios	Artículos 27 y 28 del DS Nº 453	Permite atribuir cualquier diferencia al método constructivo
La demanda del quinquenio es idéntica entre escenarios	Artículo 35 del DS Nº 453	Permite comparar ingresos sin efectos de demanda
La tasa de costo de capital y la tasa de impuesto son las del proceso vigente	Artículo 5 del DFL Nº 70 y artículos 38 a 40 del DS Nº 453	Indiferente: Común a ambos escenarios.
Los aportes de terceros se valorizan a costo de reposición	Artículo 9 del DFL Nº 70 y artículo 36 del DS Nº 453	Obliga a revalorizar los aportes ante cualquier cambio de método

Fuente: Elaboración Propia

6.4. APLICACIÓN DE FÓRMULAS TARIFARIAS

De acuerdo con lo descrito en los puntos anteriores, no es posible aplicar las fórmulas tarifarias establecidas, según la metodología definida para el octavo proceso tarifario (2025-2030), para sustituir la valorización vigente de la reposición mediante zanja abierta por el escenario CIPP.

Las variables de la fórmula de Costo Total a Largo Plazo no permiten incorporar el revestimiento interior conforme a la normativa vigente, por lo que el valor se mantiene sin modificaciones. La inversión inicial no cambia, ya que la empresa modelo continúa construyendo con zanja abierta la totalidad de sus instalaciones y no registra reposiciones a lo largo del horizonte. El valor residual y la depreciación tampoco varían, debido a que se calculan sobre esa misma inversión y sobre la vida útil de las obras tipos consideradas. Los gastos de explotación se mantienen invariantes conforme a la condición de borde establecida. La diferencia entre ambos escenarios es, por lo tanto, igual a cero en las cuatro variables, y el costo total a largo plazo permanece sin alteración.

El valor cero obtenido se debe a la ausencia de un componente en el que la tecnología pueda ingresar, esto es, a la inexistencia de un canal de reconocimiento dentro del modelo tarifario vigente, es decir, la variación no es nula, sino no calculable.

Consecuentemente, no es posible estimar la variación del CTLP/CTLPN, la recaudación base, las tarifas y las cuentas tipo con la incorporación del revestimiento interior de tuberías para aguas servidas.

7. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de la aplicación metodológica desarrollada en el Capítulo 6, organizados en tres aristas: la valorización comparada de la inversión entre ambos métodos constructivos, la verificación de las vidas útiles reconocidas en el modelo tarifario y el resultado de la aplicación de las fórmulas tarifarias.

7.1. COMPARACIÓN DE LA INVERSIÓN

Al comparar la reposición de tuberías con los métodos de zanja abierta y CIPP, la valorización de las obras tipo de conducciones y redes de aguas servidas, incluyendo la rotura y reposición de pavimentos, manteniendo invariantes las longitudes, los diámetros y las etapas del servicio, se obtienen los resultados que se resumen en la Tabla 7 Inversiones propias y aportadas por terceros para ambos escenarios.

Se realiza el cálculo de las inversiones propias y aportadas por terceros para los componentes de CTLP y CTLPN, respectivamente, recordando que no son sumables y que el efecto en el CTLPN opera en sentidos opuestos: una menor inversión propia lo reduce, mientras que un menor aporte de terceros disminuye la reducción y, en consecuencia, lo aumenta.

Tabla 7: Inversiones propias y aportadas por terceros para ambos escenarios.

Empresa	Inversión Propia			Inversión Aportada por Terceros		
	CT Zanja (MM$)	CT CIPP (MM$)	Variación Porcentual	CT Zanja (MM$)	CT CIPP (MM$)	Variación Porcentual
Aguas Andinas S.A:	2.912.470	1.851.595	−36,4 %	1.413.280	857.301	−39,3 %
Aguas Cordillera S.A.	221.204	166.219	−24,9 %	171.913	118.818	−30,9 %
Aguas Manquehue S.A:	54.104	37.193	−31,3 %	40.362	25.597	−36,6 %
Grupo Aguas	3.187.778	2.055.007	−35,5 %	1.625.555	1.001.716	−38,4 %

Fuente: Elaboración Propia

Considerando que la inversión la realiza por completo el Grupo Aguas, inversión propia, la valorización de la infraestructura analizada disminuye de MM$ 3.187.778, en el escenario base, a MM$ 2.055.007 en el escenario alternativo, es decir, una diferencia equivalente al 35,5 %.

Estos montos corresponden al desembolso que cada método efectivamente involucra para reponer la misma infraestructura, de modo que reflejan una diferencia real de costo de ejecución. Cada una de las empresas incurre en dichos montos al momento de intervenir sus redes, y la elección entre uno u otro método tiene, para ella, consecuencias económicas verificables. Sin embargo, en el Capítulo 6 se

establece que esa diferencia no puede trasladarse al cálculo de la tarifa, ya que la empresa modelo sobre la que se determinan los costos tarifarios no admite el reconocimiento del revestimiento interior como inversión.

En el caso de la inversión aportada por un tercero a la empresa, la valorización de la infraestructura analizada disminuye de MM$ 1.625.555 en el escenario base a MM$ 1.001.716 en el escenario alternativo, es decir, una diferencia equivalente al 38,4 %.

7.2. VERIFICACIÓN DE VIDAS ÚTILES

De acuerdo con el Anexo 3.2 Detalle de Inversiones de los estudios tarifarios del período 2025–2030, la vida útil técnica indicada para las componentes Tuberías y Obras Civiles de las obras tipo analizadas es de 75 años (Superintendencia de Servicios Sanitarios [SISS], 2025a, 2025b, 2025c).

Este valor supera el horizonte de evaluación de 35 años establecido en el artículo 17 del Reglamento (Chile. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, 1990). En consecuencia, la totalidad de las obras tipo analizadas presenta un número de reposiciones dentro del horizonte igual a cero, lo que significa que el modelo tarifario no reconoce reposiciones de tuberías de aguas servidas durante el período de evaluación. La primera reposición de estos activos ocurriría en el año 75, es decir, 40 años después del término del horizonte considerado en el cálculo.

Este resultado cierra empíricamente el análisis desarrollado, ya que descarta la única ventana temporal en la que el revestimiento interior podría haberse incorporado al cálculo como inversión de reposición.

7.3. RESULTADO DE LA APLICACIÓN DE LAS FÓRMULAS TARIFARIAS

La revisión de los componentes de las fórmulas de los artículos 24 y 36 del Reglamento establece que ninguno de ellos permite la incorporación del revestimiento interior bajo la metodología vigente. La inversión del período cero no lo admite, debido a que la empresa modelo inicia su operación sin infraestructura preexistente y el CIPP requiere una tubería anfitriona conforme a la NCh 3409 y a la NCh 3640-1 (Instituto Nacional de Normalización [INN], 2019, 2021). La inversión de reposición dentro del horizonte tampoco lo admite, dado que con una vida útil de 75 años dicha reposición no ocurre antes del año 35. El valor residual, la depreciación y los aportes de terceros no lo admiten por derivación, ya que se calculan sobre una inversión que no incorpora el revestimiento.

Al no verificarse variación en la inversión reconocida, en el valor residual, en la depreciación ni en los gastos de explotación, el costo total de largo plazo permanece sin alteración, y con él el costo total de largo plazo neto, por consiguiente el ajuste de autofinanciamiento del artículo 35 no se activa, los cargos de la etapa de recolección de aguas servidas conservan sus valores vigentes, la recaudación base no experimenta cambios y la cuenta tipo permanece igual a la del escenario vigente.

Cabe precisar que este valor cero no proviene de una compensación entre efectos de signo contrario, sino de la ausencia de un componente en el que la tecnología pueda incidir. La variación no es nula, sino que no es calculable. La distinción es relevante, ya que un resultado nulo permitiría concluir que la tecnología es tarifariamente indiferente, mientras que un resultado no calculable indica que el instrumento de cálculo no se encuentra construido para evaluarla.

En síntesis, los resultados obtenidos muestran la imposibilidad de incorporar el revestimiento interior al cálculo tarifario vigente, de modo que el costo total a largo plazo neto, la recaudación base, las tarifas y las cuentas tipo de los usuarios del Grupo Aguas permanecen sin alteración, y, de manera complementaria, una diferencia de costo de ejecución entre ambos métodos que a nivel de grupo alcanza un 35,5 % en la inversión propia y un 38,4 % en la inversión aportada por terceros.

8. CONCLUSIONES

El objetivo general de esta investigación era evaluar la inclusión del revestimiento interior en la renovación de conducciones y redes de aguas servidas del territorio operacional del Grupo Aguas, considerando costos y vidas útiles, con el propósito de dimensionar el impacto tarifario en las cuentas tipo de los usuarios. La investigación permite concluir que aplicando la metodología establecida en el DFL N° 70 y desarrollada por el DS N° 453, no se identifica un componente del modelo tarifario vigente en el cual el revestimiento interior mediante CIPP pueda ser reconocido como inversión, es decir, existe una incompatibilidad estructural entre la tecnología evaluada y la estructura normativa sobre la que se calculan las tarifas sanitarias en Chile.

La causa de la incompatibilidad puede formularse en términos simples. El modelo tarifario chileno prescinde de la historia del prestador, pues valoriza una empresa eficiente que inicia su operación y construye la totalidad de sus instalaciones desde su origen, conforme a los artículos 24 y 27 del Reglamento. El revestimiento interior, en cambio, es una técnica de rehabilitación que solo tiene sentido sobre una tubería ya existente y envejecida; es decir, requiere precisamente la historia de la cual el modelo prescinde. Además, se agrega que la vida útil reconocida de estos activos, de 75 años, sitúa su primera reposición muy por fuera del horizonte de evaluación de 35 años. Ninguna de estas dos condiciones proviene de un defecto de redacción de la normativa, sino del diseño mismo de la regulación por empresa modelo.

Desde el punto de vista económico, la investigación concluye que existe una diferencia relevante entre ambos métodos en el costo de ejecución de la reposición que a nivel del Grupo Aguas alcanza un 35,5 % en la inversión propia y un 38,4 % en la inversión aportada por terceros. Esta diferencia es efectiva para la empresa real, que incurre en dichos montos al intervenir sus redes, pero carece de expresión tarifaria. La consecuencia es que el prestador que adopta el revestimiento interior captura íntegramente el eventual ahorro sin que este se traslade al usuario regulado, y que el usuario no percibe efecto alguno, favorable o desfavorable, derivado de la decisión tecnológica.

Desde el punto de vista ambiental, el revestimiento interior evita la excavación, el movimiento de tierras, la rotura y reposición de pavimentos y la disposición de excedentes en la totalidad de la longitud intervenida, con la consiguiente reducción de residuos de construcción y demolición, del consumo de áridos y de las emisiones asociadas al transporte de materiales. Adicionalmente, la mejora de la estanqueidad de las conducciones puede contribuir a reducir las

infiltraciones y exfiltraciones, con efectos favorables sobre la operación del sistema. Estos beneficios, sin embargo, no cuentan hoy con una vía de reconocimiento dentro del cálculo tarifario, ya que este se estructura sobre costos eficientes y no incorpora externalidades ambientales.

Desde el punto de vista social, la menor intervención de la vía pública reduce los tiempos de obra, los desvíos de tránsito, la afectación de actividades comerciales y residenciales y las molestias a la comunidad en sectores urbanos consolidados, característica especialmente relevante en el territorio operacional del Grupo Aguas. Al igual que en el caso anterior, estos efectos no disponen de un componente tarifario que los recoja.

Finalmente, la investigación concluye que el aporte de este trabajo no reside en una cifra de variación tarifaria, que no fue posible obtener, sino en tres elementos verificables: la identificación precisa del punto del modelo tarifario en el cual la rehabilitación queda excluida, la valorización comparada de ambos métodos para la infraestructura real del Grupo Aguas, y la especificación de las condiciones que deberían modificarse para que una tecnología de rehabilitación pueda ser reconocida en un proceso de fijación tarifaria.

Este resultado es coherente con la opinión de los expertos consultados, quienes reconocieron que los efectos regulatorios y tarifarios de esta tecnología no han sido suficientemente evaluados y apoyaron la elaboración de una metodología que facilite su integración con el modelo tarifario.

En este contexto, la principal adecuación regulatoria debiera consistir en incorporar, para efectos de la valorización y reposición de la infraestructura, el reconocimiento de la historia efectiva de la infraestructura y de su vida útil remanente al momento de tarificar. Ello se podría complementar con un mecanismo acotado que permita identificar el estado, la antigüedad, el nivel de deterioro y las intervenciones previas de las conducciones existentes. Sobre dicha base, la decisión entre reposición convencional y rehabilitación mediante revestimiento interior podría sustentarse en una evaluación técnico-económica del costo total del ciclo de vida, considerando la extensión de vida útil atribuible a cada alternativa, su desempeño hidráulico y estructural, los riesgos operacionales y la oportunidad eficiente de intervención. De este modo, la regulación podría otorgar expresión tarifaria a las tecnologías de rehabilitación cuando estas permitan prolongar justificadamente la vida útil de la infraestructura y postergar o sustituir una reposición, asegurando que las eficiencias resultantes sean incorporadas en la determinación tarifaria y transferidas a los usuarios.

9. RECOMENDACIONES APLICADAS/PROFESIONALES

Las recomendaciones se presentan separadas según su destinatario, dado que las condiciones que impiden el reconocimiento tarifario del revestimiento interior corresponden al ámbito del regulador, mientras que el aprovechamiento de sus ventajas de ejecución corresponde al ámbito de las empresas prestadoras.

9.1. RECOMENDACIONES DIRIGIDAS AL REGULADOR

La primera recomendación consiste en incorporar la rehabilitación de conducciones y redes como partida diferenciada en las bases de los estudios tarifarios. El artículo 13 del DFL Nº 70 otorga a dichas bases la definición de los criterios de optimización aplicables a la operación y a la expansión de los sistemas, de modo que esta incorporación no requiere modificación legal ni reglamentaria (Chile. Ministerio de Obras Públicas, 1988). Se trata, por lo tanto, de la vía de menor exigencia normativa para abrir un canal de reconocimiento a las tecnologías de rehabilitación.

La segunda recomendación consiste en evaluar la ampliación del horizonte de evaluación por sobre los 35 años vigentes. El artículo 4 del DFL Nº 70 establece un horizonte no inferior a 35 años, es decir, fija un mínimo y no un valor único, siendo el artículo 17 del Reglamento el que lo determina exactamente en esa cifra (Chile. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, 1990). Una ampliación del horizonte hacia un plazo compatible con la vida útil de 75 años reconocida a estos activos permitiría que los ciclos de reposición y las decisiones de rehabilitación asociadas ingresaran efectivamente al cálculo.

La tercera recomendación consiste en revisar la consistencia entre las vidas útiles técnicas reconocidas y el horizonte de evaluación. La situación actual, en la cual la totalidad de las obras tipo de conducciones y redes de aguas servidas presenta una vida útil que duplica el horizonte, implica que el modelo tarifario no incorpora en sus flujos ninguna decisión de renovación de estos activos, siendo estos los de mayor peso en la base de inversión de las etapas de aguas servidas.

La cuarta recomendación consiste en definir el tratamiento aplicable a incorporación de elementos tecnológicos, como en este caso, la rehabilitación cuando esta se ejecute como medida de mantención mayor. De esta forma la variable correspondiente a los gastos de explotación eficiente del artículo 24 del Reglamento constituye el único componente formalmente abierto del cálculo que puede dar pie a la inclusión del revestimiento interior, pero su utilización requiere un pronunciamiento previo del regulador respecto de su compatibilidad con la NCh

3640-1, que clasifica la rehabilitación dentro de las medidas de renovación de activos y no dentro de la mantención (INN, 2021).

9.2. RECOMENDACIONES DIRIGIDAS AL GRUPO AGUAS

La primera recomendación consiste en que, al incorporar el revestimiento interior dentro de la cartera de alternativas de intervención de la gestión de activos, se revise la capacidad de porteo futuro del tramo del sistema de aguas servidas, puesto que, por densificación o ampliación del territorio operacional saneado por la tubería a intervenir, solo se base en la valorización comparada presentada en los resultados. Dado que la diferencia de costo de ejecución no tiene expresión tarifaria, el beneficio de la decisión permanece en el ámbito de la eficiencia operacional del prestador, lo cual refuerza la conveniencia de evaluarla con criterios de condición, criticidad, riesgo de falla y costo de ciclo de vida, conforme al enfoque de gestión de activos revisado en el estado del arte (Grigg, 2015; United States Environmental Protection Agency [EPA], 2002).

La segunda recomendación consiste en construir un registro sistemático de costos y de desempeño de las intervenciones ejecutadas mediante revestimiento interior. La ausencia de evidencia nacional cuantificada sobre reducción de infiltraciones, de fallas y de costos de mantención impidió incorporar dichos efectos en esta investigación, y es también la que impediría acreditarlos ante el regulador en un futuro proceso tarifario.

La tercera recomendación consiste en reforzar el control de calidad de la ejecución. La literatura especializada coincide en que la vida útil y el comportamiento del revestimiento dependen críticamente del diseño, de la impregnación, del proceso de curado y de los ensayos de aceptación, de modo que una ejecución deficiente puede anular las ventajas económicas esperadas (Allouche et al., 2014; Gras-Travesset et al., 2023; Velásquez Agudelo, 2021). La verificación previa de la tubería anfitriona mediante inspección con circuito cerrado de televisión y ensayos de estanqueidad debe ser condición de entrada de cada intervención.

10. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

Allouche, E., Alam, S., Simicevic, J., Sterling, R., Condit, W., Matthews, J., & Selvakumar, A. (2014). A pilot study for retrospective evaluation of cured-in-place pipe (CIPP) rehabilitation of municipal gravity sewers. *Tunnelling and Underground Space Technology, 39*, 82–93. https://doi.org/10.1016/j.tust.2012.02.002

Chile. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. (1990). *Decreto Supremo Nº 453: Aprueba el reglamento del Decreto con Fuerza de Ley Nº 70, de 1988, del Ministerio de Obras Públicas, que establece la fijación de tarifas de servicios de agua potable y alcantarillado*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

Chile. Ministerio de Obras Públicas. (1988). *Decreto con Fuerza de Ley Nº 70: Establece normas sobre tarifas de servicios sanitarios*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

CIPP Chile. (s.f.). *Rehabilitación de tubería sin zanja*. https://cipp.cl/servicios/rehabilitacion-de-tuberia-sin-zanja/

Comisari, P., Feng, L., & Freeman, B. (s. f.). Valuation of water resources and water infrastructure assets. Australian Bureau of Statistics.

Gras-Travesset, F., Andreu-Torras, A., & Pérez, M. A. (2023). A novel test procedure for evaluating the performance of composite cured-in-place-pipe liners in water pressure pipe rehabilitation. *Case Studies in Construction Materials, 19*, e02381. https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02381

Grigg, N. S. (2015). Management tools to optimize pipeline longevity. *Journal AWWA, 107*(1), 40–50. https://doi.org/10.5942/jawwa.2015.107.0019

Gutiérrez Espinoza, J. I., & Pinto Lobos, R. N. (s. f.). *Análisis comparativo entre el método CIPP y el enfoque tradicional de zanja abierta en la rehabilitación de conductos de gran diámetro para el transporte de agua potable en sector de Providencia* [Memoria de proyecto para optar al título de Ingeniero Civil en Obras Civiles, Universidad Central de Chile].

Instituto Nacional de Normalización. (2019). *NCh 3409:2019. Rehabilitación de tuberías para conducción de fluidos con o sin presión—Curado en obra*. INN.

Instituto Nacional de Normalización. (2021). *NCh 3640/1:2021. Sistemas de rehabilitación en materiales plásticos para redes de alcantarillado de aguas*

servidas y aguas lluvias enterradas sin presión—Parte 1: Generalidades. INN.

Latif, J., Shakir, M. Z., Edwards, N., Jaszczykowski, M., Ramzan, N., & Edwards, V. (2022). Review on condition monitoring techniques for water pipelines. *Measurement, 193*, 110895. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2022.110895

Loucks, D. P., & van Beek, E. (2017). Water resource systems planning and management: An introduction to methods, models and applications.

Mastracchio, J., McCartney, A., Fedder, T., Bui, A., King, P., & Lane, M. (2020). How much is it worth? An overview of valuing water utilities. *Journal AWWA, 112*(8), 32–43.

Rojas Serrano, S. I. (2018). *Tecnologías más promisorias para renovar y rehabilitar tuberías de distribución de agua potable* [Tesis de maestría, Universidad de los Andes].

Shaban, I. A., Eltoukhy, A. E. E., & Zayed, T. (2023). Systematic and scientometric analyses of predictors for modelling water pipes deterioration. *Automation in Construction, 149*, 104710. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104710

Superintendencia de Servicios Sanitarios. (2025a). *Estudio Tarifario Empresa de Servicios Sanitarios Aguas Andinas S.A. Periodo 2025–2030. Informe final*. SISS.

Superintendencia de Servicios Sanitarios. (2025b). *Estudio Tarifario Empresa de Servicios Sanitarios Aguas Cordillera S.A. Periodo 2025–2030. Informe final*. SISS.

Superintendencia de Servicios Sanitarios. (2025c). *Estudio Tarifario Empresa de Servicios Sanitarios Aguas Manquehue S.A. Periodo 2025–2030. Informe final*. SISS.

Superintendencia de Servicios Sanitarios. (s.f.). *Sistema de Gestión Unidad Información*. https://sit.siss.gob.cl/

Tchorzewska-Cieślak, B., Szpak, D., Żywiec, J., & Roznowski, M. (2024). The concept of estimating the risk of water losses in the water supply network. *Journal of Environmental Management, 359*, 120965. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120965

United States Environmental Protection Agency. (2002). *Asset management for sewer collection systems* (EPA 833-F-02-001). Office of Wastewater Management.

Velásquez Agudelo, J. J. (2021). *Evaluación de las propiedades mecánicas de revestimientos Cured-In-Place Pipe (CIPP) utilizados en la rehabilitación de tuberías de alcantarillado* [Trabajo de grado de maestría, Pontificia Universidad Javeriana].

11. GLOSARIO Y ACRÓNIMOS

ANC: Aguas No Contabilizadas que ingresan al sistema de recolección y disposición de aguas servidas.

CAPEX: (Capital Expenditure) Gasto de capital o inversión para adquirir, mejorar o mantener activos físicos a largo plazo.

CCTV: Circuito Cerrado de Televisión. Sistema de videovigilancia diseñado para supervisar espacios y actividades.

CIPP: Cured In Place Pipe o Tubería curada en el lugar, tecnología de rehabilitación de tuberías sin zanja o sin la necesidad de excavar.

CT: Costo Total.

CTLP: Costo Total de Largo Plazo, en términos tarifarios es el valor anual necesario para financiar las inversiones de capital y los costos de operación eficientes a largo plazo.

CTLPN: Costo Total de Largo Plazo Neto, en términos tarifarios es el valor anual necesario para financiar las inversiones de capital y los costos de operación eficientes a largo plazo, incluyendo los aportes de terceros.

CU: Colector Unitario de Aguas Servidas, son las conducciones gravitacionales que portean, en conjunto, aguas servidas y aguas servidas. Admitidas hasta el año 1989.

CVR1: Costo Variable de Recolección, costo por metro cúbico asociado a volumen, en el periodo no punta del sistema de recolección de aguas servidas.

CVR2: Costo Variable de Recolección, costo por metro cúbico asociado a volumen, en el periodo punta del sistema de recolección de aguas servidas.

CVR3: Costo Variable de Recolección, costo por metro cúbico asociado a la capacidad del sistema de disposición de aguas servidas.

EPA: Environmental Protection Agency - EEUU.

INN: Instituto Nacional de Normalización.

MM$: Millones de pesos chilenos.

NCh: Norma Chile, emitida por el Instituto Nacional de Normalización.

OPEX: (Operational Expenditure) Gasto operativo para entregar el servicio.

OOCC: Obras Civiles es la componente de la valorización que agrupa las partidas de movimiento de tierra (excavaciones, rellenos y cama de arena) y cámaras de inspección.

O&M: Operación y Mantención.

RRP: Rotura y Reposición de Pavimentos.

SISS: Superintendencia de Servicios Sanitarios, organismo del Estado dependiente del Ministerio de Obras Públicas (MOP).

TO: Territorio Operacional de una empresa prestadora de servicios sanitarios.

TUB: tuberías es la componente de la valorización que agrupa las partidas de las diferentes materialidades de tuberías, tanto el suministro como la instalación y pruebas de operación.

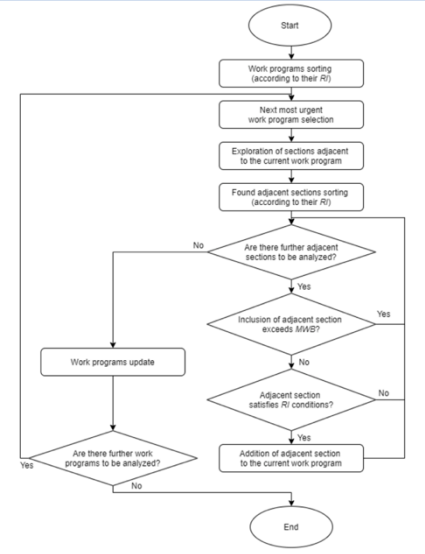
12. ANEXOS

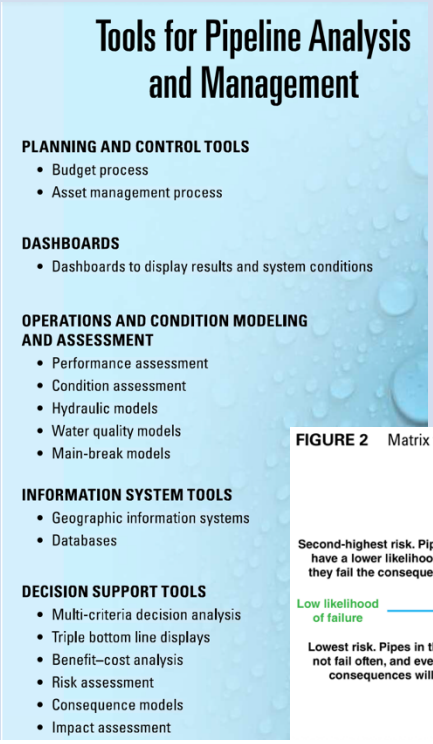
12.1. Anexo 1 Orden de las Ideas

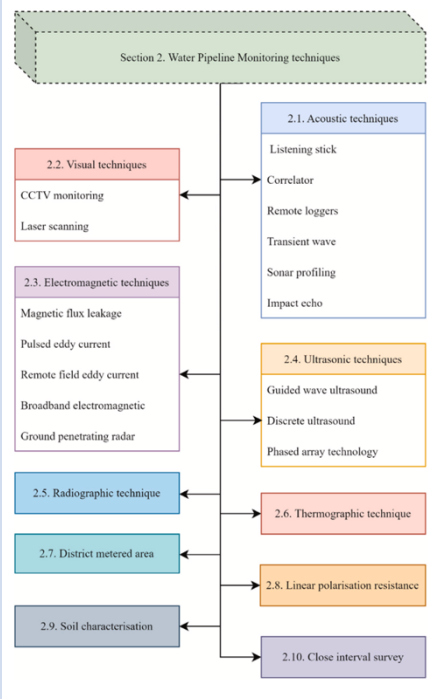
Porque es una idea **ORIGINAL**, que es propia del alumno	Las tuberías de agua potable y aguas servidas tienen una vida útil y gran parte de ellas están en fase obsolescencia, por lo que es necesario hacer la renovación de esta infraestructura sanitaria, lo que implica una fuerte inversión, dado los altos costos de componentes y los riesgos de la continuidad de servicio. En esta búsqueda para disminuir tiempos y costos de rotura y reposición de pavimentos, movimientos de tierra, y trabajos en general, aparece la tecnología de revestimiento interior. Alternativa que poco a poco se ha abierto espacio en el mercado de la renovación de dicha infraestructura, comprobando que cumple con los objetivos de calidad y un menor costo que la metodología tradicional. Tras la demostración de su efectividad técnica en el mercado nacional y su aceptación por parte de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) como una alternativa a la renovación convencional de tuberías con el beneficio de ser menos invasiva y más económica, se encuentra en posición de implementación. El traspaso del ahorro de esta nueva tecnología desde la operación hacia el área tarifaria es inminente, por lo que estudiar su impacto en la tarifa se vuelve esencial. Dada la especificidad y el modelo tarifario nacional no hay trabajos/literatura que evidencien los efectos tarifarios, se asume que podría darse una rebaja, pero no se ha dimensionado un valor aproximado.
Motivos personales o profesionales **MOTIVACIÓN** por desarrollar el tema	Es un tema atingente a mi área de trabajo como Analista de Tarifas, dando un aporte relevante en la incorporación de tecnologías que permitan reducir y/o optimizar los componentes de la tarifa a calcular. Entregando este documento como respaldo de la factibilidad de incorporación de los próximo procesos tarifarios (9P). Representa una disminución en el costo total de largo plazo neto (CTLPN), en la reposición de tuberías. Por otro lado, se puede tomar como una alternativa a la impermeabilización del sistema de agua potable y agua servida, disminuyendo pérdidas e infiltración. Esto implementa, en parte, lo instruido por Contraloría sobre la impermeabilización de los sistemas de agua potable y aguas servidas de la empresa modelo en los estudios tarifarios.
Objetivo es posible de lograr es un tema **REALISTA** o aplicado	Actualmente el modelo tarifario define como metodología de renovación de tuberías a través de la rotura y reposición de pavimentos, movimientos de tierra, remoción y colocación de tuberías. Es un tema realista, ya que es una solución tecnológica que ya se está implementando en el territorio operacional, por lo que se tiene evidencia del costo real, afectando positivamente en la disminución de costos y tiempos de renovación.

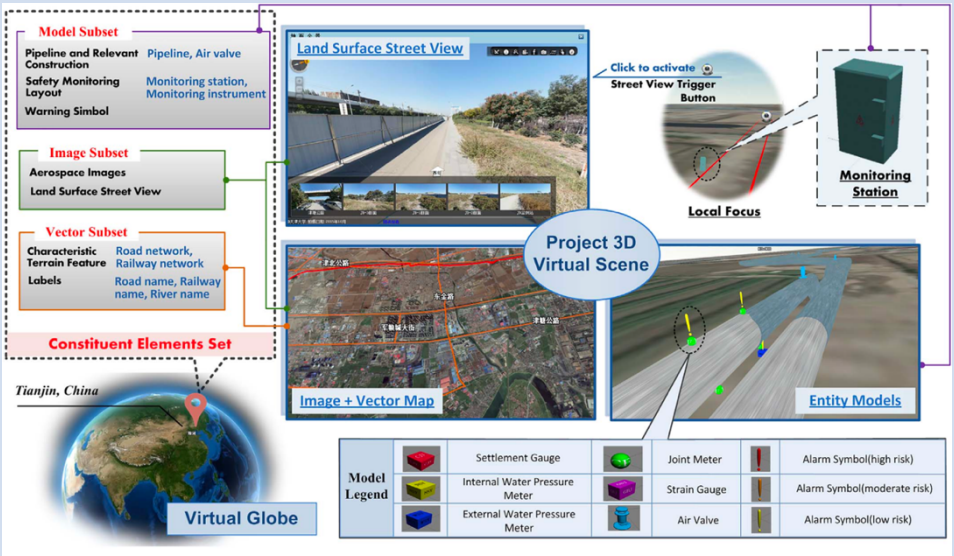
	Cuenta con el respaldo de certificación de calidad del fabricante de la vida útil de los diversos materiales, lo que alarga la vida de las tuberías. Se validó como alternativa efectiva, pero no se ha traspasado su efecto en la rebaja tarifaria.
Atractivo tema para la Gestión del Agua **VINCULADO** con el objetivo del magíster del agua	Gestión de redes (implementación de nuevas tecnologías) Gestión del recurso (reduce pérdidas y gastos) Innovación y gestión de Proyectos Eficiencia hídrica Riesgo y conflicto en la gestión de los recursos
El problema investigado servirá para RESOLVER un tema aplicado desde la **PERSPECTIVA PROFESIONAL**	Anticipar el efecto de incorporar nuevas tecnologías en el cálculo tarifario en miras al próximo proceso tarifario, dado que esta metodología de renovación es cada vez más usada en la renovación de infraestructura No se tiene el valor empírico del impacto tarifario. Modernización del modelo tarifario
Otras características	Beneficio directo a la Comunidad, ya que si se logra demostrar que esta nueva tecnología en cuanto a inversión es menor al método actual y se puede introducir en el cálculo tarifario, en consecuencia, podría entregar una disminución de tarifas en la cuenta tipo de clientes regulados de empresas sanitarias en Chile

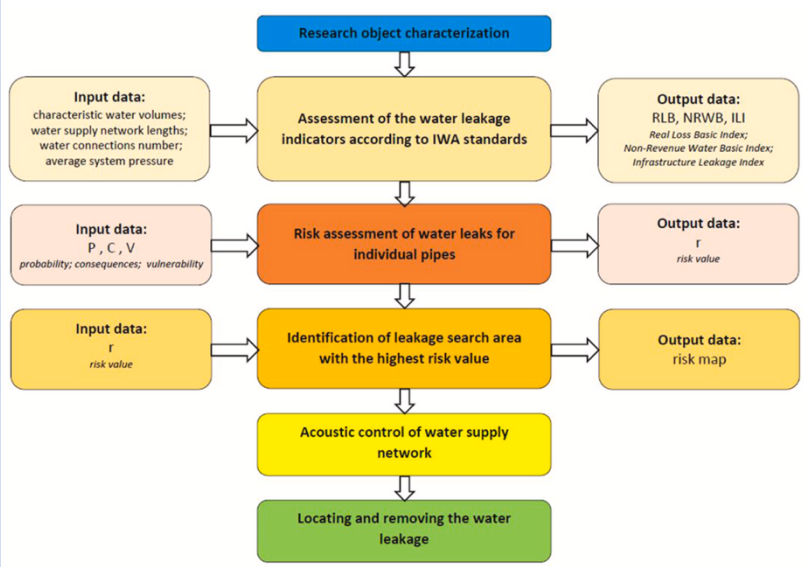
12.2. Anexo 2: Fichas Bibliográficas

Ficha 1	Lectura Fundamental
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Ramos-Salgado, C., Muñuzuri, J., Aparicio-Ruiz, P., & Onieva, L. (2021). A decision support system to design water supply and sewer pipes replacement intervention programs. Reliability Engineering & System Safety, *216*, 107967. https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.107967
Palabras claves:	Rehabilitación de redes - Índice de riesgo (RI) - Celdas de Voronoi
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- Las empresas de suministro de agua no planifican ni realizan actividades de sustitución en elementos individuales, sino en agrupaciones coherentes de tuberías vecinas. - Una celda de Voronoi representa la unidad de reemplazo más pequeña posible. - La decisión de realizar una intervención se desencadena por un único tramo de calle, generalmente con un alto valor de RI que justifica su sustitución. - Cinco factores diferentes se combinan simultáneamente en el algoritmo: adyacencia geográfica, prioridad de reemplazo similar, mismo tipo de red, presupuesto máximo y longitud mínima afectada.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	Entrega una metodología muy útil para definir prioridades de intervención, estructurar programas de obra y optimizar agrupamientos de tramos, lo que puede alimentar una estrategia de rehabilitación con revestimiento interior.
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	 **Flowchart 2.** Second stage of the algorithm, involving the expansion of the resulting works by incorporating intersecting street sections.

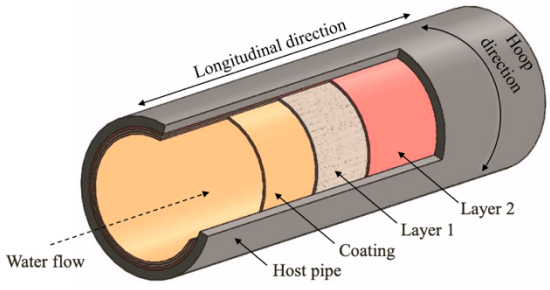
Ficha 2	Lectura Fundamental
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Grigg, N. S. (2015). Management tools to optimize pipeline longevity. Journal AWWA, 107(1), 40–50. https://doi.org/10.5942/jawwa.2015.107.0019
Palabras claves:	Planificación de Renovación - Análisis multicriterio
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- la renovación de tuberías no debe gestionarse sólo desde una lógica reactiva de rotura y reparación, sino desde una gestión integral de activos basada en información técnica, riesgo, condición, desempeño y planificación de capital - dos grandes impulsores de renovación: (a) confiabilidad y desempeño, y (b) eficiencia de gestión - La renovación no depende sólo del deterioro físico; también influyen crecimiento, exigencias normativas y obsolescencia.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	Aporta el marco de decisión y priorización donde después se inserta la solución técnica del revestimiento, Primero se identifica la tubería crítica; luego se define si la solución más adecuada es revestir, encamisar, reemplazar o rehabilitar de otra forma.
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	 **FIGURE 2** Matrix to classify pipelines by risk 

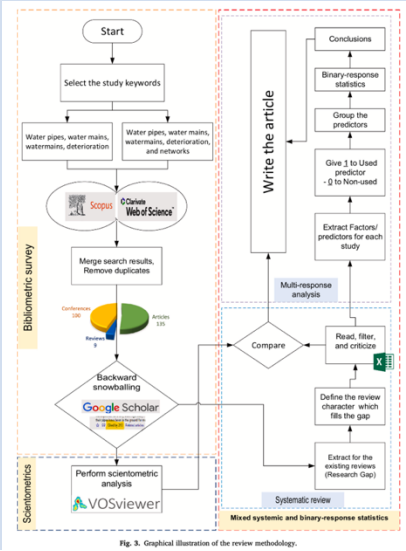
Ficha 3	Lectura Fundamental
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Latif, J., Shakir, M. Z., Edwards, N., Jaszczykowski, M., Ramzan, N., & Edwards, V. (2022). Review on condition monitoring techniques for water pipelines. Measurement, 193, 110895. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2022.110895
Palabras claves:	Monitoreo de condición de tuberías – CCTV – Detección de fugas – Corrosión – Monitoreo acústico - Termografía
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- Las sanitarias utilizan diversas técnicas de monitorización del estado de las tuberías subterráneas - "Estas tecnologías también presentan limitaciones que dependen del material de la tubería, el tamaño de la tubería, los tipos de defectos, los factores ambientales, el tamaño de la red de tuberías, la presión del agua y los caudales." - El método directo implica una inspección no destructiva, visual, manual o automatizada, como inspecciones visuales, técnicas electromagnéticas, técnicas ultrasónicas, técnicas radiográficas y técnicas termográficas.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	Ayuda a definir qué variables del tubo anfitrión deben conocerse antes de intervenir: fugas, grietas, pérdida de espesor, corrosión, defectos geométricos, defectos localizados o extensivos, interacción con material del tubo y entorno porque entrega el marco de inspección y evaluación previa que permite justificar técnicamente si la alternativa de lining es viable.
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	 Fig. 1. WPM techniques.

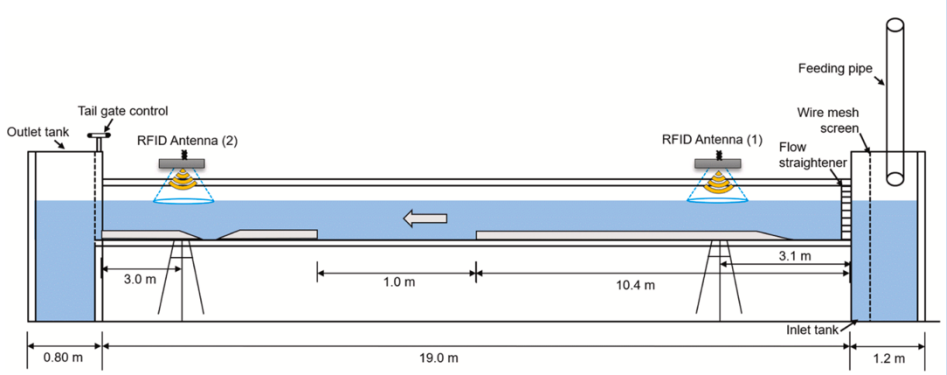
Ficha 4	Lectura Complementaria
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Liu, D., Chen, J., Li, S., & Cui, W. (2018). An integrated visualization framework to support whole-process management of water pipeline safety. Automation in Construction, 89, 24–37. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.01.010
Palabras claves:	Gestión integral seguridad de tuberías – monitoreo - análisis automático de datos - emisión de alertas - visualización 3D GIS - street view - simulación numérica
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- La evaluación oportuna del estado estructural de las tuberías de desviación de agua y la adopción de las precauciones necesarias son esenciales para garantizar la seguridad operativa de las grandes estructuras de desviación de agua. - En este estudio, se integran sistemas de información geográfica (SIG) 3D, Street View, minería de datos y simulación numérica para optimizar la recopilación de datos, el análisis de datos, la emisión de alertas y el apoyo a la toma de decisiones en un marco integral. - El prototipo del sistema puede evaluar automáticamente el estado estructural de las tuberías de desviación de agua y emitir las advertencias correspondientes a los profesionales pertinentes.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	Estructura un sistema técnico de vigilancia y respuesta para tuberías críticas, integrando monitoreo, análisis, alertas y visualización. Eso sirve para decidir cuándo una tubería amerita inspección detallada o evaluación de rehabilitación, según variables relevantes previas a una intervención: presión interna y externa, deformación, fisuración, asentamientos, localización geográfica, entorno de acceso y severidad de alertas.
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	 Fig. 6. Organization of multi-source information for safety monitoring.

Ficha 5	Lectura Fundamental
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Tchorzewska-Cieślak, B., Szpak, D., Żywiec, J., & Roznowski, M. (2024). The concept of estimating the risk of water losses in the water supply network. Journal of Environmental Management, 359, 120965. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120965
Palabras claves:	Pérdidas de agua - Riesgo de fugas - Vulnerabilidad de tuberías - Edad de tubería - Rehabilitación de redes
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- Estimación del riesgo de pérdidas de agua en la red de suministro de agua utilizando el método de evaluación de riesgos de tres parámetros y mapas de riesgo. - La innovación del método desarrollado consiste en: utilizar el método de matriz cuantitativa para estimar el riesgo de pérdidas de agua. - Relacionar el parámetro de intensidad de falla de la tubería, diámetro de la tubería, material de la tubería, antigüedad de la tubería y presión en la tubería de agua con el riesgo de pérdidas de agua.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	Entrega una capa previa de priorización y gestión del riesgo, útil antes de entrar al diseño de la solución de rehabilitación al definir criterios de intervención preliminar: intensidad de fallas, diámetro, material, edad, presión de servicio, desempeño de pérdidas vía ILI (índice de pérdidas inevitables).
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	 **Fig. 2.** Diagram summarizing the methodological approach.

Ficha 6	Lectura Fundamental
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Allouche, E., Alam, S., Simicevic, J., Sterling, R., Condit, W., Matthews, J., & Selvakumar, A. (2014). A pilot study for retrospective evaluation of cured-in-place pipe (CIPP) rehabilitation of municipal gravity sewers. Tunnelling and Underground Space Technology, 39, 82–93. https://doi.org/10.1016/j.tust.2012.02.002
Palabras claves:	CIPP - Revestimiento interior de tuberías - Rehabilitación sin zanja (trenchless) - Colectores sanitarios - Vida útil
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- Se han realizado pocas evaluaciones formales y cuantitativas sobre si las tecnologías de rehabilitación funcionan como se espera y si la rehabilitación es realmente rentable en comparación con la sustitución. - Todas las muestras extraídas de los cuatro lugares que participaron en el estudio piloto se encontraban en excelentes condiciones tras haber estado en uso durante 25, 23, 21 y 5 años, respectivamente. - Concluye que no hay motivo para prever que los revestimientos evaluados en este estudio piloto no durarán su vida útil prevista de 50 años, e incluso mucho más.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	Se comprueba, años después, si el CIPP realmente está envejeciendo bien en condiciones reales de operación. En vez de quedarse en ensayos de laboratorio o diseño teórico, trabaja con liners exhumados desde redes reales Se inspecciona visualmente el revestimiento y, además, se somete a una batería amplia de ensayos que permiten evaluar integridad física, desempeño mecánico, estabilidad material y posible deterioro químico. Uno de los hallazgos más importantes es que los liners evaluados mostraron muy buen desempeño global, incluso cuando algunos no cumplían exactamente con el espesor de diseño o presentaban ciertos valores bajos de módulo de flexión. Eso sugiere que la condición real en servicio puede ser más compleja que una simple comparación binaria contra el valor de especificación. Levanta la importancia de la correcta instalación y el control de calidad para el desempeño durante la vida útil del revestimiento
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	 **Fig. 5.** View of in situ liner and sample retrieval for Columbus 36-in. liner.  **Fig. 4.** View of liner within 8-in. clay host pipe in Columbus.

Ficha 7	Lectura Fundamental
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Gras-Travesset, F., Andreu-Torras, A., & Pérez, M. A. (2023). A novel test procedure for evaluating the performance of composite cured-in-place-pipe liners in water pressure pipe rehabilitation. Case Studies in Construction Materials, 19, e02381. https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02381
Palabras claves:	CIPP - Inner Balloon Pressure Test (IBPT) -
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- Propone y valida el procedimiento experimental Inner Balloon Pressure Test —IBPT—, diseñado para evaluar el desempeño estructural de revestimientos interiores tipo CIPP utilizados en la rehabilitación de tuberías de agua a presión. - Los ensayos actualmente recomendados por normas como EN ISO 11296-4 y ASTM F1216, especialmente el ensayo de flexión en tres puntos sobre muestras curvas, podrían sobrestimar significativamente la resistencia real del liner instalado. - Las redes de agua potable y alcantarillado envejecidas aumentan fallas, fugas y pérdidas de agua. Frente a esto, las tecnologías de rehabilitación sin zanja, como CIPP, aparecen como alternativas más rápidas, menos disruptivas, más económicas y ambientalmente más favorables que el reemplazo tradicional de tuberías, pero en presiones sobre los 10 bar, pequeñas imperfecciones de instalación o errores de diseño pueden comprometer el tramo. - El IBPT presuriza internamente una muestra anular del liner, reproduciendo de forma más representativa las condiciones reales de trabajo de un revestimiento instalado.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	Avala técnicamente que la inclusión del revestimiento interior de tuberías en una evaluación tarifaria debe apoyarse en criterios de diseño, desempeño y control de calidad robustos. Se destaca la importancia de los ensayos de calidad en la justificación de inversiones. Si la tarifa reconoce una inversión en rehabilitación mediante revestimiento interior, dicha inversión debería estar respaldada por pruebas que validen su desempeño estructural real.
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	 **Fig. 2.** Representation of a pipeline rehabilitated using CIPP.

Ficha 8	Lectura Fundamental
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Shaban, I. A., Eltoukhy, A. E. E., & Zayed, T. (2023). Systematic and scientometric analyses of predictors for modelling water pipes deterioration. Automation in Construction, 149, 104710. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104710
Palabras claves:	Modelación del deterioro tuberías – Vida útil - Proba
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- El deterioro de las tuberías de agua provoca importantes problemas socioeconómicos y medioambientales. - Los resultados revelan que los factores predictivos relacionados con las tuberías han recibido la mayor atención en los estudios revisados, mientras que se requieren investigaciones adicionales para estudiar los cambios a largo plazo en los factores predictivos inducidos por el medio ambiente. - Las estadísticas de respuesta muestran que el diámetro, la antigüedad y el material de la tubería se utilizan en casi el 84% de los estudios revisados. - Los métodos de protección para mitigar el deterioro de las tuberías son de dos tipos: protección interna, como el revestimiento, que se utiliza para mitigar la corrosión interna, o protección externa, utilizada para minimizar la corrosión causada por la corrosividad del suelo.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	Identificar qué variables explican el deterioro de las tuberías y cómo esas variables han sido utilizadas en la literatura para predecir falla, rotura, vida útil remanente o probabilidad de falla. Los predictores más usados siguen siendo los más básicos: diámetro, edad y material. Sin embargo, variables muy importantes para el desempeño real, como espesor de pared, método de fabricación, corrosión interna y métodos de protección, aparecen mucho menos estudiadas. Eso es técnicamente relevante porque justamente esas variables son críticas al decidir si un tubo puede ser revestido con seguridad.
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	 Fig. 3. Graphical illustration of the review methodology.

Ficha 9	Lectura Complementaria
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Tatiparthi, S. R., De Costa, Y. G., Wyllie, D., Zhong, R. Y., Hu, S., Yuan, Z., Whittaker, C. N., & Zhuang, W.-Q. (2025). Real-time detection of sewer water levels and blockages using UHF-RFID sensors. Water Research, 278, 123380. https://doi.org/10.1016/j.watres.2025.123380
Palabras claves:	UHF-RFID - Monitoreo de alcantarillado - Detección de obstrucciones - Entrada e infiltración
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- El artículo propone una herramienta de monitoreo hidráulico continuo para redes de alcantarillado, usando sensores UHF-RFID pasivos para medir dos variables simples pero muy informativas: nivel de agua y velocidad superficial. La lógica es que cambios simultáneos en ambas permiten inferir bloqueos o eventos de I/I. - Aporta en la etapa previa a la rehabilitación: ayuda a responder dónde sospechar problemas, qué tramos presentan comportamiento anómalo y dónde vale la pena focalizar CCTV o inspección más invasiva antes de decidir revestir o reemplazar.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	Se muestra que el sistema no sólo detecta obstrucciones, sino que distingue entre condiciones de dry weather flow y wet weather flow, lo cual puede ser muy útil para identificar infiltraciones o ingresos indebidos que deterioran el desempeño hidráulico del sistema. Detecta una anomalía hidráulica, pero no distingue directamente si ésta proviene de pérdida de sección por incrustación, colapso parcial, intrusión, defectos de junta o deformación del tubo. Por eso sigue siendo una herramienta de primera detección, no de diagnóstico final.
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	 **Fig. 2.** Experimental setup in the 19 m long two-dimensional flume.

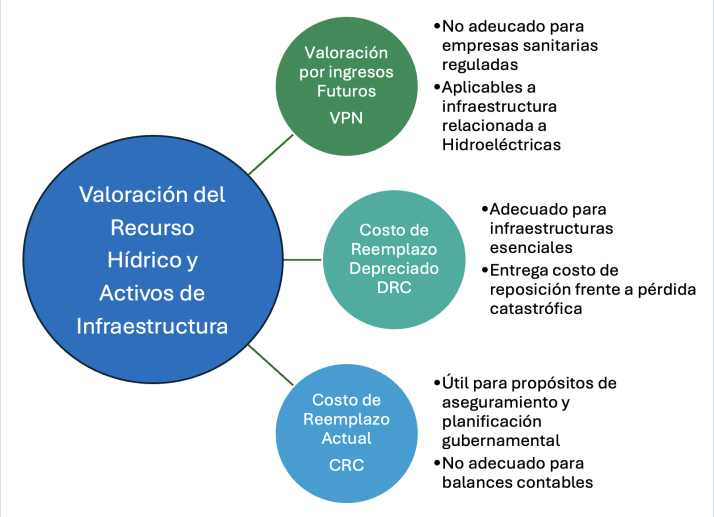
Ficha 10	Lectura Complementaria
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Ulloa, D. (2019, 13 de agosto). Modificaciones a Ley de Tarifas Sector Sanitario: Propuestas preliminares [presentación]. Comisión OOPP Senado. Equipo H. Senadora Ximena Órdenes, con apoyo de economistas de la BCN y profesores de la Universidad Adolfo Ibáñez.
Palabras claves:	Tasa de costo de capital (WACC) - Regulación sanitaria chilena
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- El documento propone una revisión del marco tarifario del sector sanitario chileno, con énfasis en reemplazar la tasa de costo de capital fija/pisada por un enfoque WACC, más alineado con el mercado financiero real y con la estructura deuda-patrimonio de las empresas sanitarias. - El argumento de fondo es que el esquema tarifario vigente podría estar reconociendo una tasa de capital superior a la observada bajo condiciones reales de mercado, lo que impactaría rentabilidades, tarifas y señales de inversión.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	Ayuda a entender cómo las reglas tarifarias y el costo de capital pueden influir en la capacidad de financiar reposición, rehabilitación o inversiones en infraestructura sanitaria. Es un complemento regulatorio-financiero, no técnico de tuberías
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	Tasa de costo capital: Comparado entre marco regulatorio actual, estudios tarifarios y WACC mercado financiero real K_0 según marco regulatorio: 2010 – 2019: Piso 7% K_0 según mercado financiero real : WACC: 3,7% ROA: - Aguas Andinas: + 11% - ESSBIO: 6,5% - ESSAL: +12% - ESVAL: 4,6% - Aguas Patagonia: +20% - SMAPA: 3%

Empresa	Resultado Operacional sobre Activos (ROA)				
	2017	2016	2015	2014	2013
AGUAS ANDINAS	12,0%	12,0%	11,9%	11,9%	10,6%
ESSBÍO	6,5%	6,1%	7,1%	5,1%	5,1%
ESVAL	4,6%	4,2%	3,7%	4,0%	4,8%
NUEVOSUR	7,7%	7,4%	9,8%	7,5%	7,3%
AGUAS ARAUCANIA	4,3%	4,6%	4,2%	4,6%	4,5%
ESSAL	10,7%	12,7%	12,3%	13,1%	11,3%
SMAPA	2,9%	1,9%	2,2%	6,0%	6,1%
AGUAS DEL VALLE	6,9%	6,5%	6,2%	7,9%	7,7%
AGUAS ANTOFAGASTA	5,4%	4,6%	4,4%	23,2%	19,6%
AGUAS DEL ALTIPLANO	6,2%	6,6%	7,3%	7,4%	7,8%
AGUAS CORDILLERA	7,1%	6,4%	7,1%	7,6%	7,3%
AGUAS CHAÑAR	7,2%	12,2%	1,9%	10,4%	9,9%
AGUAS MAGALLANES	11,7%	8,5%	10,4%	8,8%	7,9%
AGUAS DÉCIMA	13,7%	14,8%	12,5%	12,4%	12,3%
AGUAS PATAGONIA DE AYSÉN	20,8%	20,1%	19,6%	15,7%	15,3%
SEMBCORP AGUAS CHACABUCO	-0,1%	0,1%	-1,9%	0,0%	-3,7%
AGUAS SAN PEDRO	5,4%	4,5%	2,8%	10,3%	5,9%
ESSI SAN ISIDRO	3,0%	5,0%	2,1%	-1,0%	1,4%
AGUAS MANQUEHUE	4,7%	4,1%	6,3%	8,6%	6,6%
SEMBCORP AGUAS LAMPA	2,5%	2,3%	0,9%	-15,7%	-35,2%
COOPAGUA	2,7%	2,8%	6,1%	6,3%	6,3%
COSSBO	2,3%	3,5%	-4,4%	6,0%	-5,5%
AGUAS SANTIAGO PONIENTE	4,8%	3,3%	3,9%	4,8%	2,7%
MELIPILLA NORTE	1,7%	2,7%	2,0%	4,9%	1,3%
SEMBCORP AGUAS SANTIAGO	2,2%	1,3%	0,5%	0,4%	-4,0%
NOVAGUAS	-5,2%	-5,9%	-3,2%	-11,9%	-8,6%
LARAPINTA	-1,4%	-1,3%	-5,2%	-1,7%	-2,3%
SEPRA	5,6%	3,5%	6,2%	-5,1%	
Promedio	**7,5%**	**7,3%**	**7,4%**	**8,3%**	**7,9%**

Empresa	Periodo Tarifario	Tasa de Costo Capital Calculada en Estudio Tarifario	Tasa de Costo Capital Utilizada en Estudio Tarifario
AGUAS DEL ALTIPLANO S.A.	2013-2018	6,26%	7,00%
AGUAS ANTOFAGASTA S.A.	2016-2021	4,67%	7,00%
AGUAS CHAÑAR S.A.	2014-2019	6,31%	7,00%
AGUAS DEL VALLE S. A.	2016-2021	4,70%	7,00%
ESVAL S. A.	2015-2020	5,38%	7,00%
SMAPA	2016-2021	4,65%	7,00%
AGUAS ANDINAS S.A.	2015-2020	5,26%	7,00%
AGUAS CORDILLERA S.A.	2015-2020	5,49%	7,00%
AGUAS MANQUEHUE S.A.,	2015-2020	5,58%	7,00%
AGUAS NUEVO SUR S.A.	2016-2021	4,71%	7,00%
ESSBIO S.A.	2016-2021	4,53%	7,00%
AGUAS ARAUCANÍA S.A.	2011-2016	6,33%	7,00%
ESSAL S.A.	2016-2021	4,75%	7,00%
AGUAS PATAGONIA DE AYSÉN S.A.	2006-2011	5,77%	7,00%
AGUAS MAGALLANES S.A.	2011-2016	6,34%	7,00%

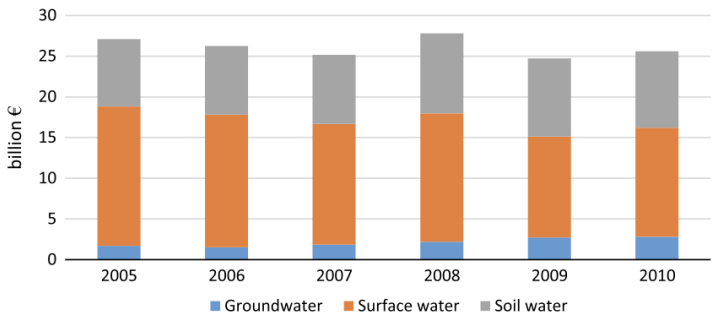
Fuente: SISS, MOP

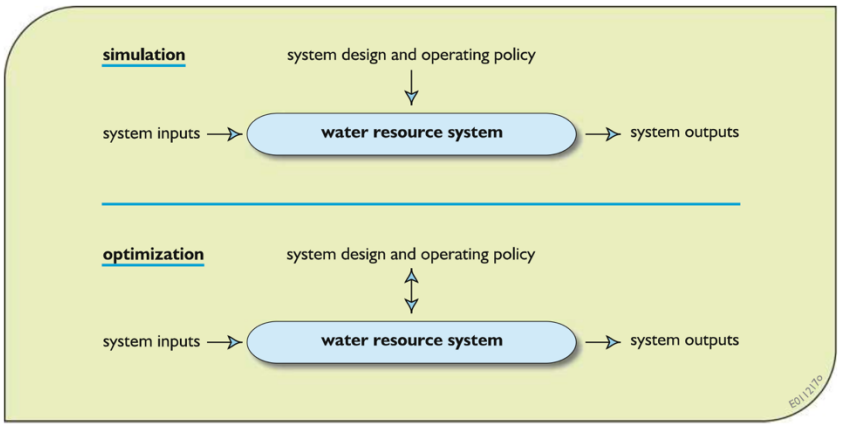
Ficha 11	Lectura Complementaria
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Favreau Negront, N. (2017). Propuesta de cálculo para la tasa de costo de capital del sector sanitario en Chile [Tesis de magíster, Universidad de Chile].
Palabras claves:	Tasa de costo capital – Tarifas - DFL N°70
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- Una metodología que sobreestima el valor del capital, entregará tarifas mayores a las socialmente óptimas. - el problema tarifario de cualquier inversión en redes, incluida una eventual rehabilitación por revestimiento interior: requiere de elevados montos de inversión en infraestructura inicial, los cuales constituyen activos fijos indivisibles, de larga vida útil
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	Entrega la base económica-regulatoria que define cómo una sanitaria remunera o reconoce inversiones en infraestructura dentro del esquema tarifario chileno. El texto explica que la tasa de costo de capital tiene relación directa con las tarifas, y que una sobreestimación de esa tasa puede generar tarifas mayores a las socialmente óptimas. También muestra que el sector requiere elevados montos de inversión en infraestructura, activos de larga vida útil y procesos tarifarios quinquenales. Todo eso es directamente relevante para discutir si una solución como el revestimiento interior podría generar menor CAPEX reconocido, diferimiento de reposición total o menores tarifas respecto de un reemplazo completo.
Materiales más significantes: Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros	$$r_i = r_f + \lambda_i + \beta_i \lambda_M$$ Donde: r_f : *Tasa libre de riesgo* β_i : *Riesgo sistemático* λ_i: *Premio por riesgo específico* λ_M: *Premio por riesgo de mercado*

Ficha 12	Lectura Fundamental
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Comisari, P., Feng, L., & Freeman, B. (s. f.). Valuation of water resources and water infrastructure assets. Australian Bureau of Statistics.
Palabras claves:	Infraestructura sanitaria - DRC - CRC
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- Para una sanitaria, reemplazar completamente una tubería suele implicar un CAPEX mayor y una base de activos más alta. En cambio, un revestimiento interior bien diseñado podría extender vida útil a menor costo, reduciendo depreciación futura y retorno exigible sobre nuevo capital. - los beneficios de la infraestructura hídrica muchas veces no se expresan completamente en utilidades empresariales, sino en servicio seguro, confiable y barato para hogares y empresas. Eso es muy importante para el revestimiento interior, porque una rehabilitación puede tener valor tarifario y social aun cuando no maximice utilidad contable.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	El documento discute dos enfoques de valoración con implicancias tarifarias directas: income approach/NPV y depreciated replacement cost (DRC). Esa discusión es muy útil para un análisis del revestimiento interior porque una rehabilitación puede leerse precisamente como una estrategia para evitar el costo pleno de reposición y, por tanto, moderar la base de activos sobre la cual luego se calculan retornos y cargos.
Materiales más significantes: Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros	

Ficha 13	Lectura Fundamental
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Mastracchio, J., McCartney, A., Fedder, T., Bui, A., King, P., & Lane, M. (2020). How much is it worth? An overview of valuing water utilities. Journal AWWA, 112(8), 32–43. https://doi.org/10.1002/awwa.1554
Palabras claves:	Impacto tarifario – Planificación inversiones
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- El artículo muestra que la valorización de una empresa sanitaria no se reduce al costo físico de sus activos, sino que depende de cómo esos activos participan en la generación de ingresos regulados y en la estructura tarifaria. - El revestimiento interior entrega vida útil adicional suficiente a un costo inferior al reemplazo completo, puede reducir la presión sobre tarifas al disminuir el monto de reinversión exigido, moderar el aumento de la base de activos y hacer más viable mantener tasas o alzas acotadas. - Muchos sistemas enfrentan problemas por infraestructura envejecida y por no haber implementado adecuadamente planes de asset management. En ese contexto, el revestimiento interior puede analizarse como una herramienta de capital reinvestment planning más eficiente que la reposición abierta, especialmente cuando la restricción principal es evitar alzas tarifarias bruscas.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	El revestimiento interior reduce CAPEX frente al reemplazo total, posterga reinversión mayor o disminuye la presión sobre la base tarifaria, entonces puede tener un efecto tarifario moderador.
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	

Ficha 14	Lectura Complementaria
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Nesheva-Kiosseva, N. (2020). Raw water as business source of water utilities companies in integrated reporting. In International Conference on Accounting and Finance Innovation (pp. 213–231).
Palabras claves:	
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- si una empresa sanitaria debe internalizar costos asociados a pérdidas de agua, degradación de fuentes y uso del capital natural, entonces una intervención que reduzca pérdidas y extienda vida útil de tuberías puede tener un efecto económico relevante en tarifa. - el sistema presenta pérdidas en transmisión o distribución, entonces cualquier tecnología que reduzca esas pérdidas —entre ellas, en ciertos contextos, el revestimiento interior— puede interpretarse como una forma de disminuir el costo total de provisión y, por ende, mejorar el desempeño tarifario del servicio. - los costos o valores reconocidos como activos regulados pueden trasladarse al precio final del servicio. Por contraste, una rehabilitación eficiente que evite CAPEX mayor podría ayudar a contener esa base regulatoria
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	tiene valor alto como complemento tarifario-regulatorio, porque propone una lógica de rentas, reconocimiento del agua como capital natural, e incluso sugiere explícitamente incorporar el agua en la Regulatory Asset Base (RAB) y considerar obligaciones hacia sociedad y naturaleza en la fijación de precios.
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	**Table 1 - Sample Water Natural Capital of WUC Balance Sheet** **Water Related Capital Assets** | **Current, non-current and contingent water-related liabilities (Monetary)** | **Non-Monetary Liabilities** - Man-made Capital Assets Infrastructure for purification, Repair and Delivery to Customers -Pipelines, Buildings, Equipment et setera | Payable Standard Items | Water Safety and Qualiti Inprovements - Non Man Made Capital Asset (Natural Capital) Raw Water | Payable to Nature (monetary) -Present (current-less than 1 year) Environmental Liabilities (Environmental Taxes, Fines, O&M costs with Ecological Purposes)= Water Rents Payable to Nature -Long term (Future) Environmental Liabilities (Investments for Ecologiacal Purposes) |
	Table 2 - Balance sheet of WUC with Interactive economic (monetary) and social (non monetary) components **Monetary (Economic)** | | | **Non monetary** |
	WUC Capital Assets | Transferred Capital Assets | Liabilities | Corporate Social/Environmental Assets | Corporate Social/Environmental Liabilities
	Corporate man-made capital (current and non-current assets) | In Corporate Use water-natural capital assets | Current, non-current and contingent | Education, trainings, beautiful view, regular water supply, increased water quality, quality of Life of Customers and Nature et cetera. | Removing/reduction of agricultural lands, possibilities for tourism, recreation, poor water quality, stopping water supply and similar liabilities
	Intangible assets | | | |
	Infrastructure amortization and damage/write-offs | Damage to natural capital | | |

Ficha 15	Lectura Complementaria
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Edens, B., & Graveland, C. (2014). Experimental valuation of Dutch water resources according to SNA and SEEA. Water Resources and Economics, 7, 66–81. https://doi.org/10.1016/j.wre.2014.10.003
Palabras claves:	Costo de reemplazo – rentabilidad – impacto tarifario
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- La señal económica relevante no es solamente la utilidad o renta directa del recurso, sino el costo de sostener el servicio con continuidad, calidad y precios contenidos. Desde esa lógica, el impacto tarifario del revestimiento interior debe evaluarse como una posible reducción del costo de reposición necesario para mantener el servicio. - La rehabilitación entrega vida útil suficiente, entonces el efecto económico relevante no es sólo técnico-operacional, sino también tarifario, porque reduce el costo del "next best alternative" que el sistema tendría que reconocer para seguir prestando el servicio.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	Sustentar cómo una decisión de rehabilitación de tuberías puede influir en tarifa a través de la valoración económica del agua, el uso de costos de reposición, la diferencia entre resource rent y replacement cost, y la lógica de recuperación de costos en un sector regulado.
Materiales más significantes: Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros	 **Fig. 2.** Experimental stock values of Dutch water resources in current prices (2005–2010).

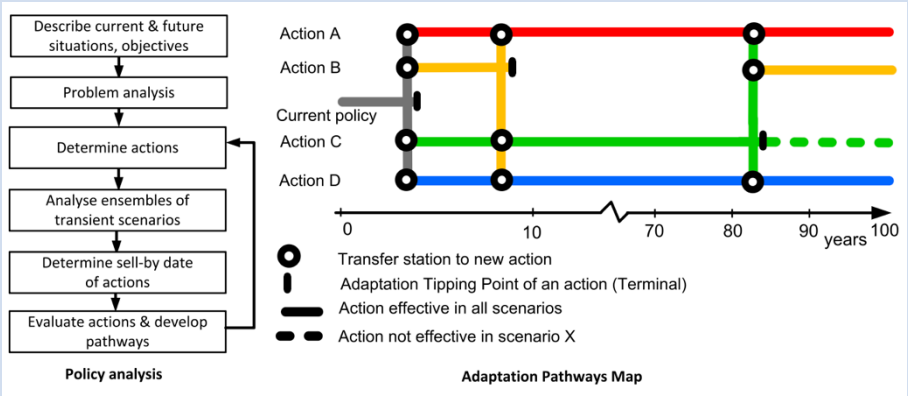
Ficha 16	Lectura Fundamental
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Loucks, D. P., & van Beek, E. (2017). Water Resource Systems Planning and Management. Capítulo 3: “Models for Identifying and Evaluating Alternatives”.
Palabras claves:	CAPEX - O&M
Conceptos y/o Ideas fundamentales: “Citas textuales” o Redacciones propias	- Entrega un marco conceptual para comparar alternativas de gestión, operación e inversión en infraestructura hídrica. - Permite estructurar un problema de evaluación de alternativas, donde deben compararse costos, beneficios, restricciones técnicas, impactos operacionales y consecuencias sobre el sistema tarifario, es decir, cada alternativa puede evaluarse según indicadores de costo, desempeño hidráulico, confiabilidad, riesgo de falla, impacto en tarifa y beneficio social.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	Orienta que decisión de inversión en infraestructura sanitaria no debe evaluarse aisladamente por su costo directo, sino dentro de un sistema compuesto por restricciones hidráulicas, demandas, usuarios, activos existentes, objetivos regulatorios y criterios de desempeño.
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	

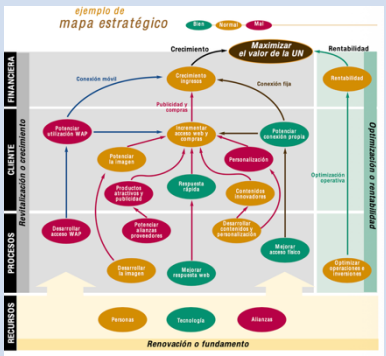
Ficha 17	Lectura Complementaria
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Maza Ávila, F. J., Navarro España, J. L., & Puello Payares, J. G. (2012). ¿Fue eficiente la asignación de recursos en el suministro de agua potable en el departamento de Bolívar - Colombia en el periodo 2007-2008? Entramado, 8(1), 58-70.
Palabras claves:	Análisis Envolvente de Datos (DEA) -
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- Entrega una lógica metodológica para evaluar si los recursos invertidos en agua potable (DEA), lo que se traduce efectivamente en mayor cobertura, continuidad del servicio y producción de agua. - No basta con justificar la obra por su costo o por su necesidad técnica; debe evaluarse si contribuye a mejorar indicadores como continuidad, eficiencia operacional, reducción de fallas, disminución de agua no facturada y expansión o mantención de cobertura. - Se destaca que el servicio de agua potable es una responsabilidad pública orientada a asegurar prestación eficiente, cobertura y continuidad: "Los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado. Es deber del Estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional..."
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	Orienta en que toda inversión incorporada a tarifa debe analizarse no solo por su magnitud financiera, sino por su capacidad de generar mejoras medibles en el sistema de agua potable.
Materiales más significantes: Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros	

Variable	Aclaraciones	Fuente
Producto 1: Metros cúbicos de agua producida (m^3)	Metros cúbicos de agua producida para la zona urbana.	Formulario 1 del Sistema de información para la Captura de la información Presupuestal (SICEP) de Inversión: Indicador 4.11 del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, Municipio, empresas.
	Metros cúbicos de agua producida en un periodo de un (1) año.	
Producto 2: Número de Usuarios del Servicio de Acueducto (Usuarios)	Número de Usuarios del Servicio de Acueducto zona Urbana.	Formulario 1 del SICEP: Indicador 4.13 del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, Municipio, empresas.
	Número de personas consumidores, receptores directos del servicio.	
	No es igual a suscriptores.	
Insumo No. 1: Inversión total en agua potable para la prestación del servicio de los últimos tres años (Inversión)	Inversión para la prestación del servicio de agua potable (subsidios, diseños, construcción, ampliación, etc)	Departamento Nacional de Planeación (DNP) - Dirección de Desarrollo Territorial Sostenible (DDTS): información de últimos 3 años deflactada a precios de 2007, con base en lo reportado en FC de inversión del SICEP, Municipio, empresas.
	Incluir inversiones del operador privado si lo hay.	
Insumo No. 2: Promedio mensual del No. de horas de prestación del servicio de Acueducto en Zona urbana (Horas).	La variable se reescala para conocer discontinuidad en la prestación del servicio.	Formulario 1 del SICEP: Indicador 4.17 del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, Municipio, empresas.

Tabla 1. Descripción de las variables de la función de producción. Aprovechamiento del recurso hídrico, cobertura y continuidad del servicio
Fuente: Departamento Nacional de Planeación.

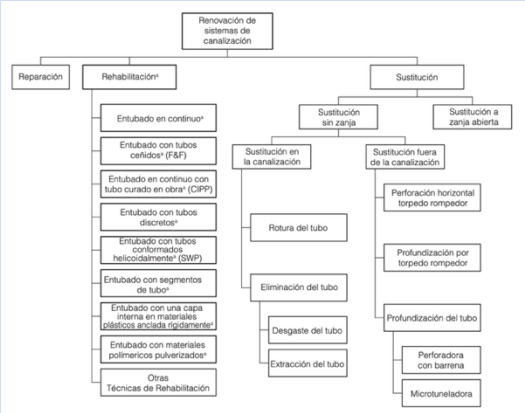
Ficha 18	Lectura Complementaria
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Lombardi, G. V., Stefani, G., Paci, A., Becagli, C., Miliacca, M., Gastaldi, M., Giannetti, B. F., & Almeida, C. M. V. B. (2019). The sustainability of the Italian water sector: An empirical analysis by DEA. Journal of Cleaner Production, 227, 1035-1043.
Palabras claves:	Análisis Envolvente de Datos (DEA) - pérdida de agua
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- Evalúa la eficiencia técnica, económica y ambiental de estas empresas, incorporando por primera vez en este tipo de estudios italianos una variable clave: las pérdidas de agua en las redes de distribución. - Los servicios de agua funcionan como monopolios naturales, lo que genera riesgos regulatorios importantes: baja calidad del servicio, escasos incentivos para reducir costos, menor presión competitiva y posibilidad de tarifas superiores a las eficientes. Por ello, la regulación debe equilibrar tres intereses: la sostenibilidad ambiental, la eficiencia de las empresas y la protección de los consumidores. - Las pérdidas de agua no deben considerarse solo un problema técnico, sino también un indicador de sostenibilidad ambiental y eficiencia económica. Por lo que reducir fugas y pérdidas en redes es clave para mejorar el desempeño global del sistema.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	Define que la evaluación del desempeño de las empresas sanitarias debe incorporar no solo variables económicas, sino también variables ambientales, especialmente las pérdidas de agua. Además, la eficiencia de una empresa sanitaria debe evaluarse en función de su capacidad para transformar recursos financieros, infraestructura y costos en resultados efectivos: agua entregada, menor pérdida, mayor cobertura, mejor servicio y menor impacto ambiental.
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	**Table 6** Input and output variables. Inputs: Cost of materials; Cost of labour; Cost of services; Cost of leases; Capital costs Outputs: Water distributed; Percentage delivery of water; Network length

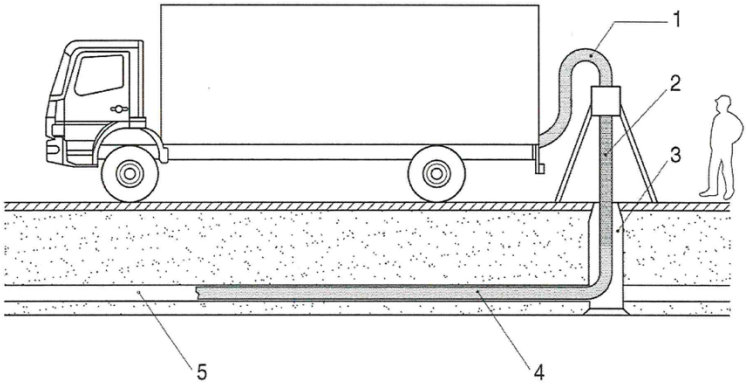
Ficha 19	Lectura Complementaria
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Haasnoot, M., van Deursen, W. P. A., Guillaume, J. H. A., Kwakkel, J. H., van Beek, E., & Middelkoop, H. (2014). Fit for purpose? Building and evaluating a fast, integrated model for exploring water policy pathways. Environmental Modelling & Software, 60, 99-120.
Palabras claves:	Integrated Assessment Metamodel (IAMM) - Evaluación Alternativas
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- Presenta el desarrollo y evaluación de un modelo integrado rápido, denominado Integrated Assessment Metamodel (IAMM), diseñado para explorar distintas trayectorias o rutas de política hídrica bajo condiciones de alta incertidumbre. - Frente a incertidumbres profundas —cambio climático, crecimiento poblacional, desarrollo económico, aumento del nivel del mar y respuestas institucionales futuras—, no sirve una única política rígida, por el contrario, se requiere construir políticas adaptativas, capaces de modificarse en el tiempo según cambien las condiciones del sistema (adaptation pathways), entendido como una secuencia de acciones de política orientadas a cumplir objetivos específicos bajo diferentes escenarios futuros. - El IAMM no pretende sustituir a modelos hidráulicos e hidrológicos complejos, sino servir como herramienta estratégica de exploración, selección y ranking preliminar de alternativas de política pública.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	Orienta en mostrar que un modelo no siempre necesita ser el más detallado posible; debe ser adecuado al propósito de decisión. Además, da un enfoque de planificación adaptativa, muy útil para sistemas hídricos sujetos a cambio climático, crecimiento de demanda, envejecimiento de infraestructura o restricciones regulatorias. Las decisiones de infraestructura y política hídrica deben evaluarse en escenarios dinámicos, no solo en condiciones actuales.
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	

Ficha 20	Lectura Complementaria
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Fernández, A. (2001). El Balanced Scorecard: ayudando a implantar la estrategia. IESE, Revista de Antiguos Alumnos.
Palabras claves:	Balanced Scorecard (BSC) - Planificación Estratégica - Control de Gestión
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- Se define Balanced Scorecard —BSC— o Cuadro de Mando Integral como un modelo de planificación y gestión que permite traducir la estrategia de una organización en objetivos, indicadores, metas, iniciativas y responsables. Su propósito central es ayudar a que la estrategia deje de ser una declaración general y se convierta en un sistema concreto de gestión, seguimiento y alineamiento organizacional. - El modelo permite ordenar la gestión mediante una lógica causa-efecto: misión, visión y valores; perspectivas estratégicas; mapas estratégicos; objetivos; indicadores; metas; iniciativas; responsables y recursos. - "El Balanced Scorecard es un modelo de gestión que traduce la estrategia en objetivos relacionados, medidos a través de indicadores y ligados a unos planes de acción."
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	Orienta la forma en que una organización sanitaria o reguladora podría gestionar estratégicamente un programa de rehabilitación de tuberías mediante revestimiento interior. Aporta como marco de gestión para ordenar los objetivos del proyecto: mejorar continuidad del servicio, reducir pérdidas, optimizar inversiones, controlar costos, extender vida útil de activos y justificar técnicamente la incorporación tarifaria.
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	

Ficha 21	Lectura Esencial
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Chile. Ministerio de Obras Públicas. (1988). Decreto con Fuerza de Ley N° 70: Establece normas sobre tarifas de servicios sanitarios (texto actualizado al 15 de febrero de 2018). Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
Palabras claves:	Normativa vigente - Tarifas
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **"Citas textuales" o Redacciones propias**	Esta frase es clave en el enfoque:"Se entenderá por costo total de largo plazo aquel valor anual constante requerido para cubrir los costos de explotación eficiente y los de inversión de un proyecto de reposición optimizado del prestador..." Orienta cómo debe plantearse técnicamente una tesis sobre impacto tarifario del revestimiento interior: no desde el costo de la obra en abstracto, sino desde su capacidad de formar parte de una reposición optimizada y eficiente reconocible por el sistema tarifario
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	Establece que las fórmulas tarifarias se calculan sobre la base de: - costos incrementales de desarrollo, - costos marginales de largo plazo, - costo total de largo plazo, - vida útil económica de los activos, - inversión de un proyecto de reposición optimizado, - y tasa de costo de capital.
Materiales más significantes: Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros	N/A

Ficha 22	Lectura Esencial
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Chile. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. (1990). Decreto Supremo N° 453: Aprueba el reglamento del Decreto con Fuerza de Ley N° 70, de 1988, del Ministerio de Obras Públicas, que establece la fijación de tarifas de servicios de agua potable y alcantarillado (texto actualizado al 8 de junio de 2001). Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
Palabras claves:	Normativa vigente - Tarifas
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **"Citas textuales" o Redacciones propias**	El artículo 24 es especialmente importante porque define el CTLP como anualidad de una reposición optimizada más explotación eficiente. Bajo esa lógica, el revestimiento interior puede ser una alternativa de alto interés si: - reduce la inversión necesaria, - mantiene la función del activo, - extiende vida útil, - y evita mayores gastos de mantención. Para defender el revestimiento interior como alternativa tarifariamente favorable, no basta con presentar costos históricos de obra; hay que demostrar que es consistente con una solución eficiente bajo las restricciones tecnológicas y geográficas del sistema.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes**	Aterriza reglamentariamente lo que el DFL N°70 establece a nivel legal general, se entrega la metodología del cálculo tarifario y las variables del modelo tarifario se verían afectadas.
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	$$CTLP = \frac{I - \frac{R}{(1+r)^{35}} + E_{i=1}^{35}\frac{(G+D)(1-t) - D}{(1+r)^{i}}}{(1-t) * \left(\frac{(1+r)^{35}-1}{(1+r)^{35} * r}\right)}$$ La definición de las variables consideradas es la siguiente: CTLP = costo total de largo plazo. I = Inversión asociada a la reposición optimizada de la empresa en el período cero, más el valor actual de la inversión necesaria para mantener la vida útil del proyecto de reposición hasta finalizar el horizonte de evaluación, actualizado a la tasa de costo de capital. G = Gastos anuales de operación y mantención asociados a la reposición de la empresa. D = Depreciación anual de las inversiones asociadas a la reposición de la empresa. R = Valor residual de la inversión al cabo de n años. t = Tasa de impuesto vigente. r = Tasa de costo de capital. i = Período anual.

Ficha 23	Lectura Esencial
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Instituto Nacional de Normalización. (2021). NCh 3640/1:2021. Sistemas de rehabilitación en materiales plásticos para redes de alcantarillado de aguas servidas y aguas lluvias enterradas sin presión—Parte 1: Generalidades. INN.
Palabras claves:	Rehabilitación de tuberías – Normativa vigente - Revestimiento Interior
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- rehabilitación estructural: trabajos encaminados a mejorar las características funcionales actuales de una canalización existente, respetando su estructura original de forma parcial o total - sustitución: construcción de una nueva canalización, dentro o fuera de la línea de un sistema de canalización existente, donde la función del nuevo sistema de canalización incorpora la del anterior - Previo a la rehabilitación de una red de alcantarillado... la entidad responsable debe realizar un estudio de su red... tanto estructural como operacional. - "Todos los elementos del sistema de entubado instalado deben ser capaces de soportar sin fugas, y durante la vida de diseño completa, todos los esfuerzos..." - El sistema de entubado instalado debe tener una sección mínima libre de acuerdo con los requisitos de diseño (por ejemplo, capacidad de flujo, estabilidad estructural, mantenimiento rutinario).
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	Norma específica porque trata de manera directa los sistemas de rehabilitación en materiales plásticos para redes de alcantarillado enterradas sin presión, incluyendo varias técnicas de revestimiento interior o entubado, entre ellas CIPP, tubos ceñidos (F&F), tubos discretos, tubos conformados helicoidalmente, segmentos de tubo, capa interna plástica anclada rígidamente y materiales poliméricos pulverizados. Además, exige evaluación previa de la red, inspección CCTV, cumplimiento de sección libre, integridad y capacidad estructural durante la vida de diseño.
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	 **Figura 1 – Familias de técnicas para la rehabilitación estructural de redes de alcantarillado de aguas servidas y aguas lluvias enterradas sin presión con materiales plásticos, dentro del campo de aplicación de las técnicas de renovación**

Ficha 24	Lectura Esencial
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Instituto Nacional de Normalización. (2019). NCh 3409:2019. Rehabilitación de tuberías para conducción de fluidos con o sin presión—Curado en obra. INN.
Palabras claves:	Revestimiento Interior – CIPP – Normativa vigente
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- Esta norma describe los procedimientos para la rehabilitación de tuberías y conductos... mediante la instalación de una manga flexible impregnada de resina... - Una vez curada, la tubería terminada será continua y hermética. - Este proceso de reconstrucción se puede usar en una variedad de aplicaciones de gravedad y presión... - El espesor de diseño del CIPP es en gran parte una función de la condición de la tubería existente. - La tubería terminada debe ser continua a lo largo del tramo... y estar libre de áreas secas, deformaciones y delaminaciones.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	Esta norma regula específicamente la rehabilitación de tuberías por CIPP curado en obra, tanto en aplicaciones con presión como sin presión. El alcance de aplicación para diámetros de 50 a 2500mm
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	 1 Manga flexible impregnada 2 Tubería vertical de inversión 3 Area de acceso - Cámara de inspección 4 Manga flexible invertida 5 Tubería existente **Figura 1 – Inversión con la membrana de plástico**

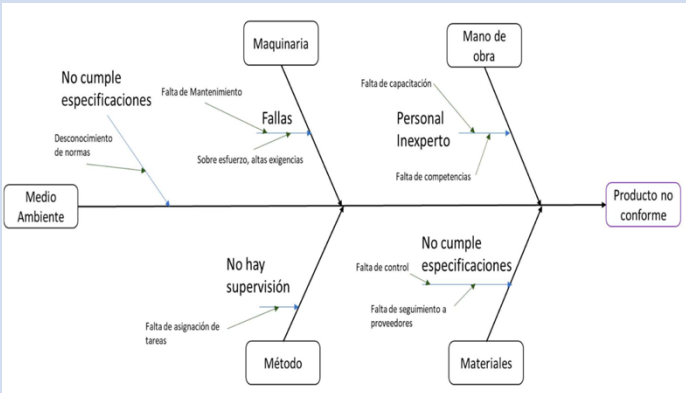
Ficha 25	Lectura Específica
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Gutiérrez Espinoza, J. I., & Pinto Lobos, R. N. (s. f.). Análisis comparativo entre el método CIPP y el enfoque tradicional de zanja abierta en la rehabilitación de conductos de gran diámetro para el transporte de agua potable en sector de Providencia [Memoria de proyecto para optar al título de Ingeniero Civil en Obras Civiles, Universidad Central de Chile].
Palabras claves:	Rehabilitación tuberías – CIPP – Reposición por zanja abierta – agua potable
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- Se efectuó una comparación precisa entre la rehabilitación de tuberías de agua potable con el método tradicional y el innovador método CIPPUna vez que el proceso de curado se ha completado en su totalidad, el revestimiento asume la función de una nueva tubería que es estructural por si sola - el método sin zanja, si bien por razones forzadas la gran mayoría de la alimentadora providencia discurre por la calzada, utiliza menos superficie y requiere menos tiempo para la rehabilitación en calzada en comparación con el método tradicional - Estas nuevas metodologías prometen beneficios sustanciales en términos de costos, tiempos de ejecución, seguridad laboral y reducción del impacto ambiental en comparación con la zanja abierta.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	Esta tesis es una comparación directa entre una reposición mediante CIPP y el método tradicional de zanja abierta en una conducción de agua potable de gran diámetro en Providencia. Eso la hace especialmente útil para analizar el impacto tarifario por reposición del revestimiento interior de tuberías.
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	

Criterio	Método Tradicional (Zanja Abierta)	Método CIPP (Sin Zanja)
Tiempo de Ejecución	179 días para 1045 metros	35 días para 1042 metros
Costo Total Neto	$ 4.098.936.902	$ 3.087.695.551
Costo por Metro Lineal	$ 3.922.428	$ 2.963.239
Eficiencia de Instalación	5,5 metros por día	29,7 metros por día
Acceso a la Tubería	Inspección visual directa	Acceso limitado
Interrupciones y Impacto	Alto impacto en el entorno	Mínimo impacto en el entorno
Disponibilidad de Tecnología	Amplia disponibilidad	Relativamente nueva
Aumento de Diámetro	APLICA	NO APLICA

Tabla 22 Tabla resumen temas de investigación entre métodos.

Ficha 26	Lectura Fundamental
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Superintendencia de Servicios Sanitarios. (2024). Informe de gestión del sector sanitario 2024. Superintendencia de Servicios Sanitarios.
Palabras claves:	Calidad de Servicio, Descripción del sector, Inversiones y reposición, Desempeño Financiero, Sanciones.
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	La tasa de reposición de redes continúa siendo muy baja para el año 2024 considerando que una tasa de un 2%, tal como la usada en la empresa modelo al momento de calcular la tarifa, implicaría renovar la totalidad de la red en un horizonte de 50 años aproximadamente. Las tasas de reposición de redes de acuerdo con los valores informados por las empresas a través del Autocontrol de sus Planes de Desarrollo (PR032001) corresponden a un 0,44% para Redes de Agua Potable (AP) y un 0,42% para Redes de Aguas Servidas (AS) como se observa en el cuadro 2.6, valores muy lejanos del 2% que hablan de una renovación total de las redes en más de un siglo.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	El aporte específico está asociado al largo de las redes de alcantarillado, a su nivel de calidad en lo que respecta a este servicio, a los clientes abastecidos y a las multas recibidas entre otros antecedentes que son de utilidad para el estudio.
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	CUADRO 2.6 REPOSICIÓN DE REDES

N°	Empresa Concesionaria	Longitud Total Red AP 2024	Reposición Anual Red AP	% Reposición Redes AP 2024	% Reposición Redes AP 2023	Longitud Total Red AS 2024	Reposición Anual Red AS	% Reposición Redes AS 2024	% Reposición Redes AS 2023
1	Aguas del Altiplano	1.103	2,5	0,22%	0,53%	894	8,0	0,90%	0,44%
2	Aguas Antofagasta	1.126	5,3	0,47%	0,74%	897	4,4	0,49%	0,58%
3	Nueva Atacama	873	4,7	0,54%	0,58%	756	4,1	0,54%	0,44%
4	Aguas del Valle	2.110	3,8	0,18%	0,29%	1.820	5,5	0,30%	0,22%
5	ESSSI (4)	310	0,2	0,05%	1,15%	219	-	0,00%	0,00%
6	ESVAL	4.879	13,1	0,27%	0,47%	3.728	20,0	0,54%	0,57%
7	COOPAGUA	97	0,8	0,82%	0,80%	58	-	0,00%	0,00%
8	Aguas Andinas	11.922	59,8	0,50%	0,38%	7.976	51,4	0,64%	0,48%
9	Aguas Cordillera	1.086	5,3	0,49%	0,46%	775	4,5	0,59%	0,47%
10	Aguas Manquehue	224	0,6	0,26%	0,15%	176	0,1	0,08%	0,09%
11	SMAPA	1.494	-	0,00%	0,29%	1.023	-	0,00%	0,39%
12	Sacyr Agua Lampa	177	0,5	0,26%	0,56%	138	0,1	0,05%	0,47%
13	Sacyr Agua Chacabuco	78	0,4	0,47%	0,45%	47	0,7	1,45%	0,00%
14	Sacyr Agua Santiago	83	-	0,00%	0,00%	79	-	0,00%	0,00%
15	Aguas Santiago Poniente	74	-	0,00%	0,00%	56	-	0,00%	0,00%

Ficha 27	Lectura Específica
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Gómez López, J. M. (2021). Riesgos previsibles en la rehabilitación de tuberías de alcantarillado [Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil, Universidad Militar Nueva Granada].
Palabras claves:	Rehabilitación – Renovación - CIPP
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- esta tecnología tiene el potencial de convertirse en el principal método de rehabilitación de redes en Colombia debido a su costo relativamente bajo frente a otros competidores del mercado - el método SPR-EX es un 40% más económico con respecto a la tecnología sin zanja CIPP-GRP". - la ventaja de estos métodos con respecto al método tradicional a zanja abierta, son el empleo de la tubería existente como un anfitrión, lo cual genera menor impacto ambiental y del tráfico - el impacto tarifario de la reposición por revestimiento interior depende no sólo del costo inicial de la tecnología, sino también del riesgo de falla del proceso constructivo. Si la instalación falla, aparecen reprocesos, pérdida de materiales, zanja abierta correctiva y mayores costos que pueden anular la ventaja inicial. - La memoria además insiste en la importancia de CCTV, fresado de obstrucciones, sellado, pruebas de estanqueidad, inspección final, listas de chequeo, control de competencia del personal y mantenimiento de maquinaria. Todo eso puede leerse económicamente: mientras más robusto sea el sistema de aseguramiento de calidad, menor probabilidad de costos no reconocidos o fallas prematuras en la reposición.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	La memoria es específica porque trata directamente una tecnología de revestimiento interior/rehabilitación sin zanja: Spiral Wound Liners – método SPR-EX, describe su proceso constructivo, la compara con CIPP-GRP, y analiza riesgos previsibles de instalación, control de calidad, materiales, maquinaria y personal. Además, explicita que el método tiene un costo relativamente bajo frente a otros competidores del mercado y señala que puede ser 40% más económico que CIPP-GRP para diámetros equivalentes.
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	

Ficha 28	Lectura Específica
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Rojas Serrano, S. I. (2018). Tecnologías más promisorias para renovar y rehabilitar tuberías de distribución de agua potable [Tesis de maestría, Universidad de los Andes]. Universidad de los Andes.
Palabras claves:	Rehabilitación – Renovación - CIPP
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- La renovación de redes de acueducto requiere de la destrucción de la antigua tubería, ya sea para reemplazarla por un excesivo deterioro o para aumentar el diámetro debido a un incremento de la demanda hidráulica. - La rehabilitación de redes de acueducto es el conjunto de técnicas sin apertura de zanja que mejoran las condiciones internas de la tubería antigua sin necesidad de destruirla. - Los principales parámetros que se deben evaluar son: edad, longitud, diámetro y materiales de las tuberías, características del suelo circundante, presión de la red... - La metodología CIPP es recomendable de aplicar en la rehabilitación o renovación de tuberías en proyectos con áreas urbanas y congestionadas.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	Define con claridad técnica qué es rehabilitación y qué es renovación, lo cual es esencial para no confundir reposición parcial, refuerzo interno y reemplazo total de tuberías. Sustenta que la reposición de tuberías deterioradas puede ejecutarse mediante distintas metodologías, y que muchas tecnologías sin zanja ofrecen ventajas comparativas reales frente a la zanja abierta.
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	Tabla 1. Diferencias entre Rehabilitación y Renovación. (Matthews, 2013)

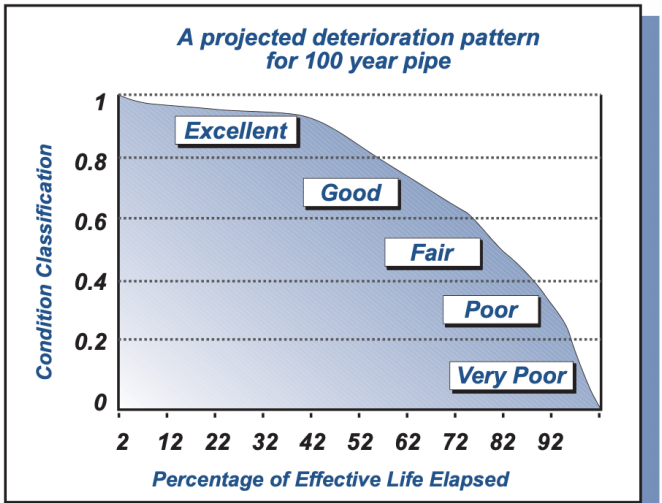
Rehabilitación	Renovación
No destruye la tubería existente	Requiere la destrucción de la tubería existente
Se utiliza cuando la tubería existente no presenta un grado de deterioro considerable	Se utiliza cuando el grado de deterioro de la tubería existente amerita su reemplazo
Incrementa el tiempo de vida de la tubería existente	Aplicable cuando no es económica la frecuente reparación de la tubería existente
La sección de la tubería es disminuida	Es posible incrementar la sección transversal de la tubería
Mejora las características hidráulicas internas	Reemplaza totalmente la antigua tubería.

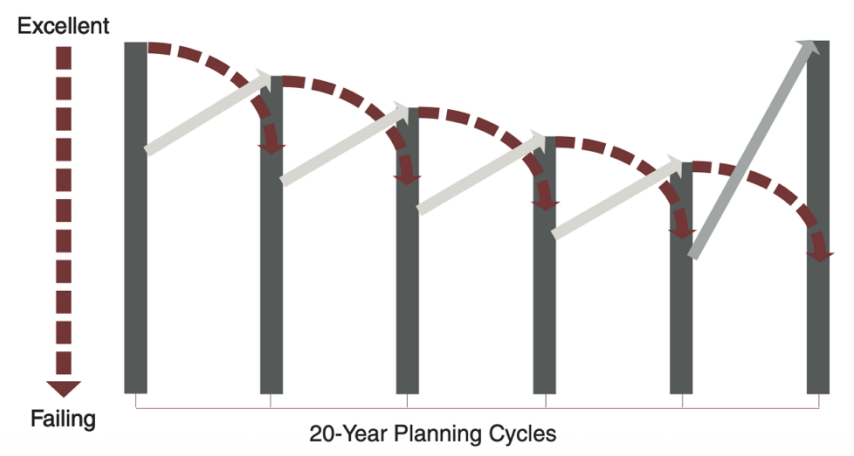
Ficha 29	Lectura Específica
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Guzman Nateros, J. A. (2024). Propuesta de una guía técnica para la rehabilitación de tubería de alcantarillado con el método tubería curado in situ en el distrito de Villa María del Triunfo, Lima 2023 [Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Civil]. Universidad Privada del Norte.
Palabras claves:	CIPP – CAPEX
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **"Citas textuales" o Redacciones propias**	- el método Tubería Curado in Situ tiene una mayor ventaja ante el método Tradicional principalmente porque el método tiene un mayor costo y tiempo en su ejecución - el impacto tarifario de la reposición por revestimiento interior no debe analizarse sólo como una reducción de costo unitario, sino como una combinación de menor CAPEX**,** menor tiempo de ejecución y menor afectación urbana y social**.** En proyectos de saneamiento regulados, esa combinación puede traducirse en una reposición más eficiente y, por ende, en menor presión sobre la tarifa futura. - un caso real de alcantarillado donde el método tradicional enfrenta restricciones físicas severas por cercanía a infraestructura sensible. Eso es importante porque muestra que la eficiencia del CIPP no sólo depende del costo directo, sino también de evitar sobrecostos de interferencia, demolición, accesos complejos y riesgo constructivo.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: **Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes**	Esta memoria describe el método Tubería Curado in Situ (CIPP/UV), y además desarrolla una comparación económica y de tiempo frente al método tradicional, en un caso real de alcantarillado en Villa María del Triunfo. Eso la vuelve especialmente valiosa para argumentar que una reposición mediante revestimiento interior puede traducirse en menor costo de reposición y, potencialmente, en menor presión tarifaria, siempre que la solución mantenga desempeño hidráulico y operacional suficiente.
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	

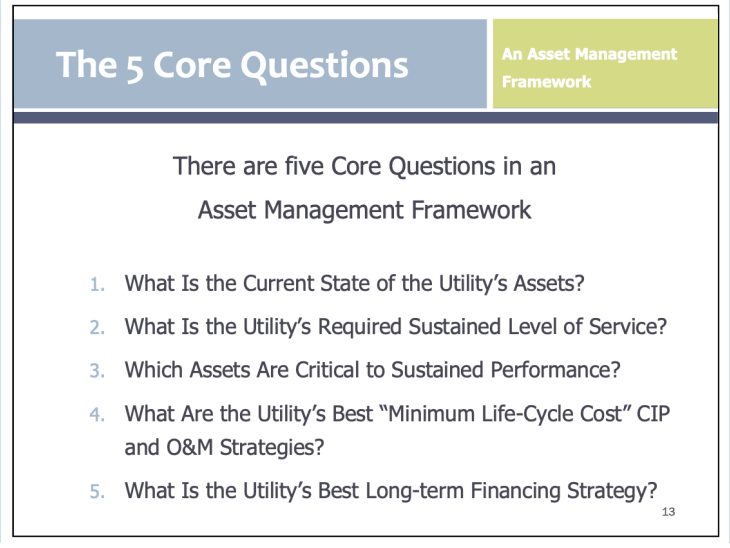
Ficha 30	Lectura Específica
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Velásquez Agudelo, J. J. (2021). Evaluación de las propiedades mecánicas de revestimientos Cured-In-Place Pipe (CIPP) utilizados en la rehabilitación de tuberías de alcantarillado [Trabajo de grado de maestría, Pontificia Universidad Javeriana]. Pontificia Universidad Javeriana.
Palabras claves:	CIPP – rehabilitación tuberías – control de calidad
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **"Citas textuales" o Redacciones propias**	- Este documento es muy valioso porque permite diferenciar conceptualmente entre reposición por reemplazo de tubería y rehabilitación estructural interna. En términos de gestión de activos, el CIPP no reemplaza físicamente la tubería existente, pero sí puede restituir parte relevante de su capacidad estructural y prolongar su vida útil. - el estudio demuestra que no basta con instalar un revestimiento para asumir que la tubería rehabilitada tendrá buen desempeño. La aceptación técnica depende de que el material realmente cumpla parámetros como resistencia a flexión y módulo de elasticidad, que son fundamentales para resistir cargas externas, deformación y pandeo. - El hallazgo de que solo 67% de las muestras cumplieran con los valores mínimos normativos es muy relevante para un análisis serio de reposición o rehabilitación. Significa que una solución técnicamente atractiva puede perder validez si el control de calidad en obra es deficiente. - Un punto técnico especialmente importante es que el desempeño final del CIPP depende no solo del diseño nominal del material, sino también de variables de ejecución: curado, presión, temperatura, impregnación de resina, almacenamiento y toma de muestras. Esto traslada parte crítica del riesgo desde el papel de diseño hacia la calidad constructiva real.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	aporta evidencia experimental de laboratorio sobre el cumplimiento —o incumplimiento— de propiedades mecánicas exigidas por normas ASTM, lo cual permite sustentar posturas técnicas con datos y no solo con teoría.
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	**Tabla 1. Combinaciones de revestimientos en CIPP de esta investigación**

		Componentes		
Proyecto	**Combinación de CIPP**	**Manga**	**Resina**	**Curado**
Proyecto M	Tipo 1	Poliéster	Epóxica	Vapor de agua
Proyecto S	Tipo 2	Fibra de vidrio	Poliéster	Luz UV
Proyecto C				

Fuente: Autor

Ficha 31	Lectura Fundamental
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	United States Environmental Protection Agency. (2002). The clean water and drinking water infrastructure gap analysis (EPA-816-R-02-020). U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water.
Palabras claves:	Financiamiento infraestructura – Gestión - Estrategia – Reemplazo infraestructura
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- Documento con enfoque económico-sectorial, porque explica cómo el envejecimiento de tuberías, la reposición de activos, los costos de operación y mantención, y la brecha entre necesidades y gasto terminan presionando el financiamiento del servicio. - La relación al impacto tarifario son 4: la infraestructura envejece y una parte relevante de las redes está llegando al final de su vida útil; el costo de operación y mantención crece con el envejecimiento de los activos; una fracción importante de la necesidad futura corresponde a capital de reemplazo subreportado en los planes; la brecha se reduce fuertemente si los sistemas incrementan su gasto real de forma sostenida.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	Orienta cómo pensar el impacto tarifario por reposición: no sólo como precio de obra, sino como relación entre necesidad de capital, O&M futuro, vida útil del activo y brecha de financiamiento del sistema.
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	 *Figure 2–3: Example of Life Cycle Deterioration Curve*

Ficha 32	Lectura Fundamental
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	United States Environmental Protection Agency. (2002). Asset management for sewer collection systems (833-F-02-001). U.S. Environmental Protection Agency, Office of Wastewater Management.
Palabras claves:	Gestión activos – Recolección – Rehabilitación – reemplazo - Planificación
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- Entrega el marco de gestión y financiamiento que permite sostener que una reposición eficiente mediante revestimiento interior puede disminuir el costo total de propiedad del sistema - "La gestión de activos puede definirse como la administración de los activos de capital de infraestructura para minimizar el costo total de su propiedad y operación, al tiempo que se brindan los niveles de servicio que los clientes desean." - "Los programas de gestión de activos que incluyen planificación a largo plazo, análisis del coste del ciclo de vida, operaciones y mantenimiento proactivos, y planes de sustitución de capital basados en análisis de coste-beneficio pueden ser el método más eficiente para afrontar este reto." - Los elevados costes iniciales de adquisición de capital suelen ser el factor dominante en la planificación de mejoras de capital. Sin embargo, es importante evaluar las alternativas de mejora de capital en función de la combinación de costes de capital y de ciclo de vida, así como de la vida útil prevista del activo
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	Orienta cómo debe analizarse el impacto tarifario por reposición: no sólo por costo directo de obra, sino por su efecto en costo total de propiedad, mantenimiento planificado, reemplazo de capital y tarifas
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	

Ficha 33	Lectura Fundamental
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	United States Environmental Protection Agency. (s. f.). Asset management 101: Basics for small water and wastewater systems. U.S. Environmental Protection Agency.
Palabras claves:	Gestión de activos – SMART – Mínimo costo – Ciclo de vida
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- guía para la gestión de activos diseñada específicamente para pequeñas infraestructuras de agua y aguas residuales. - El contenido define los activos como todos los componentes físicos y humanos necesarios para garantizar un servicio de agua seguro, subrayando la importancia de mitigar el deterioro de la infraestructura envejecida. - Se propone un marco de trabajo basado en cinco preguntas principales para que las empresas operen con una mentalidad de negocio, optimizando costos y manteniendo la calidad. - Los pasos iniciales incluyen la creación de un inventario detallado y la definición de niveles de servicio mediante metas SMART. - Se destaca la necesidad de realizar un análisis de criticidad para identificar los riesgos de falla y sus posibles consecuencias financieras o sociales.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	Orienta cómo debe estructurarse el análisis del impacto tarifario por reposición: inventario, condición, criticidad, costo de ciclo de vida, estrategia de O&M/CIP y financiamiento de largo plazo.
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	

Ficha 34	Lectura Fundamental
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	United States Environmental Protection Agency, & U.S. Department of Agriculture. (2024). Options for clean water solutions in Mound Bayou and Dunlap, Mississippi (EPA-830-R-24-006). U.S. Environmental Protection Agency.
Palabras claves:	CAPEX – O&M - Tarifa
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- el análisis tarifario de una solución de infraestructura no puede detenerse en el costo de capital. - La reposición mediante revestimiento interior sólo será defendible tarifariamente si además de reducir CAPEX permite contener el costo mensual del servicio o repartirlo mejor entre más usuarios. - Los escenarios con 100% grant/forgivable loan dejan la tarifa mucho más contenida que los escenarios con porciones financiadas vía deuda, es decir, el impacto tarifario de una reposición por revestimiento interior no depende sólo de la técnica, sino también de cómo esa inversión se estructura financieramente.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	Orienta muy bien cómo debe analizarse el impacto tarifario por reposición: no sólo con CAPEX, sino con O&M, servicio de deuda, subsidios, economías de escala y carga mensual por hogar.
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	***Table 2. Estimated Monthly Costs for Centralized Sewer for the Dunlap Community in Bolivar County, Mississippi***

Funding Scenario	Total Loan Amount	Monthly Loan Payment per Residential Customer	Monthly O&M per Residential Customer (Dunlap Customers)	Estimated Monthly Cost per Residential Customer (Loan Repayment plus O&M)
Option 1: Centralized Sewer; Capital Cost of $2 Million to $3 Million				
All grant or forgivable loan	$0	$0	$15[d]	$15
MDEQ WPCRLF funding[a]	$0.4 million to $0.6 million	$3 to $4[c]	$15[d]	$18 to $19
USDA-RD funding[b]	$0.5 million to $0.75 million	$3 to $4[c]	$15[d]	$18 to $19
Option 2: Onsite Systems; Capital Cost of $1 Million to $1.5 Million				
All grant or forgivable loan	$0	$0	$50[f]	$50
MDEQ WPCRLF funding[a]	$0.2 million to $0.3 million	$21 to $32[e]	$50[f]	$71 to $82
USDA-RD funding[b]	$0.25 million to $0.375 million	$23 to $35[e]	$50[f]	$73 to $85

[a] Assumes 80 percent of total project cost is funded with a grant or forgivable loan and the remainder is funded with a loan. Also assumes a 1.8 percent annual interest rate and 30-year loan term (current MDEQ WPCRLF funding terms).

[b] Assumes 75 percent of the total project cost is funded with a grant and the remainder is funded with a loan. Also assumes the current annual poverty interest rate of 2.375 percent (with interest rate changes quarterly) and a loan repayment period of 35 years.

Ficha 35	Lectura Complementaria
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	United States Environmental Protection Agency, & U.S. Department of Agriculture. (2024). Options for clean water solutions on Calico Bay Road, North Carolina (EPA-830-R-24-003). U.S. Environmental Protection Agency.
Palabras claves:	CAPEX - O&M – Financiamiento – Gestión - Tarifa
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- Evalúa opciones de saneamiento y el impacto en la comunidad - Todas las opciones de tratamiento de aguas residuales tienen un alto impacto financiero en los residentes de menores ingresos de Calico Bay Road. - El crecimiento económico puede reducir los costos mensuales de los sistemas de tratamiento centralizados. - La infraestructura de saneamiento no debe evaluarse sólo por su costo de construcción, sino por su traducción a costo mensual del usuario y su relación con el ingreso del hogar.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	Orienta muy bien cómo debe hacerse un análisis tarifario serio: CAPEX, O&M, deuda, costo por conexión, sostenibilidad de O&M y porcentaje del ingreso destinado al servicio.
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	*Table 2. Potential Monthly Costs for Calico Bay Road Customers*

Option	Name	Utility Fee[a]	STEP or Grinder Pump O&M[b]	STEP or Grinder Pump Energy Cost[c]	Amortized Septic Tank Pump-Out[c]	Dispersal Field O&M Costs[d]	Amortized Dispersal Field Replacement[e]
1a	Sewer extension via Wallace industrial site	$61.80	$20	$3	$0	$0	$0
1b	Sewer extension via James Andrews Lane	$61.80	$20	$3	$0	$0	$0
2	Community cluster system	$0	$30	$2	$2.30	$21.90	$13.60
3	Onsite system upgrades	$0	$6[c]	$1	$2.30	$19[c]	$36[d]

[a] Sewer fee estimate based on Wallace out-of-town rates for 3/4-inch meter size, $34 monthly base charge, and average monthly water usages of 4,000 gallons per residence ($27.80).

[b] Estimated raw O&M costs to maintain grinder or STEP pump systems. Final costs are to be determined by the town or RME based on overhead requirements.

[c] Responsibility of homeowner. Assumes the pump runs 20 hours per day at $0.13 per kilowatt-hour. Could be managed by a Homeowner's Association (HOA) or RME if established for community.

[d] Capital and O&M costs for onsite/septic systems and community cluster systems could be reduced based on results of soil testing. Costs are based on unsuitable soils as noted in USDA Web Soil Survey.

[e] Assumed 30-year life span for onsite fill systems and 60-year life span for cluster drip system with pretreatment.

Ficha 36	Lectura Fundamental
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	United States Environmental Protection Agency. (2005). Guide for evaluating capacity, management, operation, and maintenance (CMOM) programs at sanitary sewer collection systems (EPA 305-B-05-002). U.S. Environmental Protection Agency, Office of Enforcement and Compliance Assurance.
Palabras claves:	Gestión Activos – Mantenimiento - CMOM
Conceptos y/o Ideas fundamentales: **"Citas textuales" o Redacciones propias**	- Una gestión, operación y mantenimiento eficaces y continuos, así como garantizar una capacidad adecuada y la rehabilitación cuando sea necesario, son fundamentales para mantener la capacidad y el rendimiento del sistema de recolección, al tiempo que se prolonga su vida útil. - CMOM puede ayudar a las empresas de servicios públicos a optimizar el uso de los recursos humanos y materiales al cambiar las actividades de mantenimiento de "reactivas" a "proactivas", lo que a menudo genera ahorros gracias a la reducción de costos por horas extras, la disminución de los costos de construcción de emergencia y la reducción de las primas de seguros. - Una adecuada reinversión en infraestructura permite mantener la capacidad de prestar servicios y generar ventas al menor coste posible - Reparación, sustitución y rehabilitación de los componentes del sistema en función de su estado y rendimiento. - El operador del sistema de recolección debe mantener registros adecuados de todos los costos de mantenimiento... Esto ayudará en la preparación del presupuesto del año siguiente.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	Orienta cómo analizar el impacto tarifario por reposición desde la gestión del sistema: presupuesto, mantenimiento planificado, reservas de capital, rehabilitación según condición y extensión de vida útil.
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	A CMOM program is what an owner or operator should use to manage its assets; in this case, the collection system itself. The CMOM program consists of a set of best management practices that have been developed by the industry and are applied over the entire life cycle of the collection system and treatment plant. These practices include: • Designing and constructing for O&M • Knowing what comprises the system (inventory and physical attributes) • Knowing where the system is (maps and location) • Knowing the condition of the system (assessment) • Planning and scheduling work based on condition and performance • Repairing, replacing, and rehabilitating system components based on condition and performance • Managing timely, relevant information to establish and prioritize appropriate CMOM activities • Training of personnel **1.6 National Pollutant Discharge Elimination System Regulatory Requirement** The National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES)  Sewer rehabilitation can include lining aging sewers (photo: NJ Department of Environmental Protection).

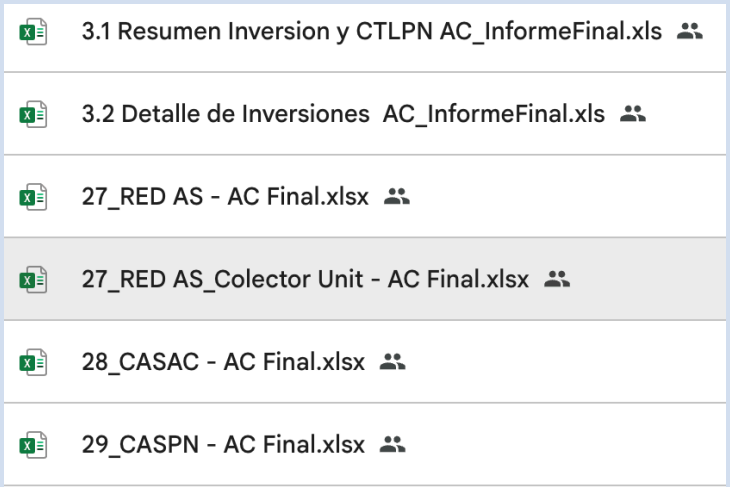
Ficha 37	Lectura Complementaria
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	United States Environmental Protection Agency, & U.S. Department of Agriculture. (2024). Options for clean water solutions for East Log Cabin Road, Duplin County, North Carolina (EPA-830-R-24-002). U.S. Environmental Protection Agency.
Palabras claves:	Tarifas - O&M – CAPEX
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- compara tres alternativas de saneamiento para una comunidad pequeña y luego las traduce a costos mensuales y esfuerzo económico por hogar. - "Todas las opciones tendrán un alto impacto financiero en los residentes de menores ingresos de East Log Cabin Road." - La solución más sostenible para el sistema de alcantarillado sería operado por una empresa de servicios públicos en funcionamiento con un programa activo de gestión de activos. - Recomienda analizar n enfoque triple-bottom-line para seleccionar alternativa: resultados sociales, ambientales y económicos. - la mejor alternativa no es sólo la técnicamente posible, sino la que resulta más sostenible y asequible en operación y financiamiento.
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	Orienta muy bien cómo debe hacerse un análisis del impacto tarifario por reposición: costo de capital, costo por conexión, O&M, deuda, ownership del sistema, asset management y porcentaje del ingreso afectado.
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	***Table 2. Capital and Financing Costs for Wastewater Treatment Options***

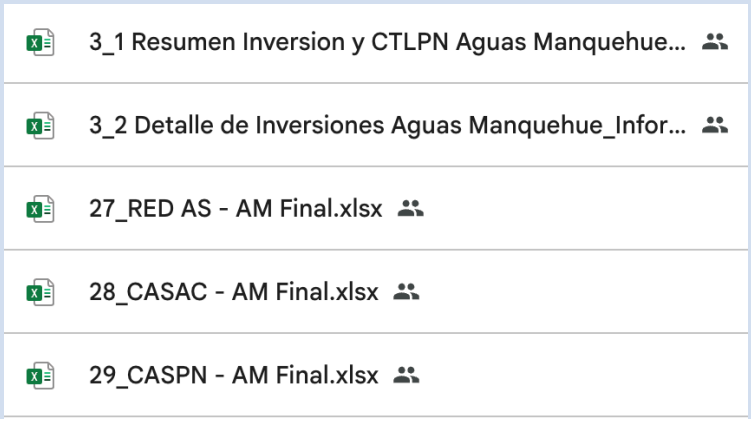
Option	Name	Estimated Total Capital Cost	Estimated Capital Cost Per Connection	Monthly Bill Addition for Financing Options of Capital Costs *(CWSRF Principal Forgiveness Loan[a])*	Monthly Bill Addition for Financing Options of Capital Costs *(USDA-RD 25% Loan 75% Grant[b])*
1	Sewer extension via Log Cabin Road	$504,750	$33,650	$0	$27
2	Community cluster system	$727,500	$48,500	$0	$39
3	Onsite system upgrades	$520,500	$34,700	Financing dependent on individual situations.	Financing dependent on individual situations.

a Full principal forgiveness is possible but not guaranteed. Funding availability depends on several factors. The Town of Teachey or Duplin County will need to engage with NCDEQ along the way to determine principal forgiveness funding availability.

b Assumes 75% of the total project cost is funded with grant or forgivable loan, and the remainder is funded with a loan. Also assumes 15 existing developed lots repay the loan at a 2.325% annual interest rate and 40-year loan term.

Ficha 38	Lectura Esencial
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Superintendencia de Servicios Sanitarios (2025). Estudio Tarifario Empresa de Servicios Sanitarios Aguas Andinas S.A. Periodo 2025-2030. Informe Final
Palabras claves:	Tarifa – Redes – Conducciones- Rotura Reposición de Pavimento – Vida Útil
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- Entrega las metodologías utilizadas en el proceso tarifario para obtener modelamientos y con ello la inversión de la infraestructura considerada para conducciones, redes y rotura y reposición de pavimentos de aguas servidas. - Se establecen las vidas útiles, materialidad y características que permiten calcular el costo total a largo plazo para luego llevarlo a tarifa de los servicios prestados por la empresa
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	Entrega los valores base para la evaluación del impacto tarifario, ya que son los valores vigentes de la empresa
Materiales más significantes: Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros	Listado de archivos esenciales para realizar la evaluación: 

Ficha 39	Lectura Esencial
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Superintendencia de Servicios Sanitarios (2025). Estudio Tarifario Empresa de Servicios Sanitarios Aguas Cordillera S.A. Periodo 2025-2030. Informe Final
Palabras claves:	Tarifa – Redes – Conducciones- Rotura Reposición de Pavimento – Vida Útil
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- Entrega las metodologías utilizadas en el proceso tarifario para obtener modelamientos y con ello la inversión de la infraestructura considerada para conducciones, redes y rotura y reposición de pavimentos de aguas servidas. - Se establecen las vidas útiles, materialidad y características que permiten calcular el costo total a largo plazo para luego llevarlo a tarifa de los servicios prestados por la empresa
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	Entrega los valores base para la evaluación del impacto tarifario, ya que son los valores vigentes de la empresa
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	Listado de archivos esenciales para realizar la evaluación: 

Ficha 40	Lectura Esencial
Referencia bibliográfica o Dirección web completa:	Superintendencia de Servicios Sanitarios (2025). Estudio Tarifario Empresa de Servicios Sanitarios Aguas Manquehue S.A. Periodo 2025-2030. Informe Final
Palabras claves:	Tarifa – Redes – Conducciones- Rotura Reposición de Pavimento – Vida Útil
Conceptos y/o Ideas fundamentales: "Citas textuales" o Redacciones propias	- Entrega las metodologías utilizadas en el proceso tarifario para obtener modelamientos y con ello la inversión de la infraestructura considerada para conducciones, redes y rotura y reposición de pavimentos de aguas servidas. - Se establecen las vidas útiles, materialidad y características que permiten calcular el costo total a largo plazo para luego llevarlo a tarifa de los servicios prestados por la empresa
Aporte específico que se cree obtener sirve para: Orientar, Avalar, Complementar, Definir, Contrapropuesta u Otros aportes	- Entrega los valores base para la evaluación del impacto tarifario, ya que son los valores vigentes de la empresa
Materiales más significantes: **Tablas, Gráficos, Ejemplos, Fotografías, Mapas u Otros**	Listado de archivos esenciales para realizar la evaluación: 

12.3. Anexo 3: Encuesta a Expertos

Encuesta sobre el impacto tarifario de la inclusión del revestimiento interior de tuberías para la reposición de esta infraestructura.

Instrucciones: A continuación se entregan 8 afirmaciones relacionadas con la incorporación del revestimiento interior de tuberías tanto como tecnología de reposición de conducciones y redes como su inclusión en el modelo tarifario. Basado en su experiencia y conocimiento, marque el nivel que represente mejor su grado de acuerdo:

1 : Muy en desacuerdo
2 : En desacuerdo
3: Ni acuerdo ni desacuerdo
4: De acuerdo
5: Muy de acuerdo

I. Información General

El título de la Tesina es **"Evaluación del impacto tarifario por la inclusión de revestimiento interior en tuberías. Caso Grupo Aguas"** y está siendo desarrollada por la investigadora Carolina Flores Hernández, en el marco de la obtención del grado académico Magíster en Gestión del Agua de la Universidad Técnica Federico Santa María.

Su objetivo es recopilar la opinión de especialistas en ingeniería sanitaria, gestión de redes, rehabilitación de tuberías, regulación económica y tarifas sanitarias, con el propósito de complementar la revisión bibliográfica y contrastar las principales ideas técnicas, metodológicas y tarifarias identificadas durante la investigación. La información recolectada será utilizada para fines académicos.

II. Afirmaciones

1. Actualmente, el conocimiento técnico disponible permite considerar al revestimiento interior de tuberías como una alternativa técnicamente validada para rehabilitar conducciones y redes de agua potable o aguas servidas, siempre que exista un diagnóstico previo de la tubería anfitriona y se cumplan los requisitos de diseño, instalación y control de calidad.

1	2	3	4	5

2. La literatura técnica y normativa ha abordado principalmente el revestimiento interior desde las perspectivas constructiva, estructural, hidráulica y operacional,

mientras que sus efectos sobre los costos tarifarios y el traspaso a las cuentas de los usuarios no han sido abordados de manera suficiente.

1	2	3	4	5

3. La tendencia habitual en la gestión de esta infraestructura sanitaria se orienta hacia la selección de intervenciones basadas en condición, criticidad, riesgo de falla, costo de ciclo de vida y nivel de servicio, en lugar de aplicar únicamente criterios de antigüedad o reposición reactiva.

1	2	3	4	5

4. En el sector sanitario chileno, existe una oportunidad técnicamente pertinente para evaluar la inclusión del revestimiento interior como alternativa eficiente dentro de los procesos de reposición optimizada y fijación tarifaria.

1	2	3	4	5

5. La elección entre reposición tradicional mediante zanja abierta y rehabilitación mediante revestimiento interior debe considerar, además del costo directo por metro lineal, las diferencias en vida útil, rotura y reposición de pavimentos, interferencias urbanas, tiempos de ejecución, riesgos constructivos, operación, mantenimiento y control de calidad.

1	2	3	4	5

6. El impacto tarifario del revestimiento interior puede estimarse mediante la comparación de escenarios técnicamente equivalentes y la incorporación de sus diferencias de inversión y vida útil en las variables del modelo tarifario, particularmente en el costo total de largo plazo neto (CTLPN).

1	2	3	4	5

7. Para que el revestimiento interior sea considerado una alternativa eficiente y reconocible en un estudio tarifario, debe acreditarse que mantiene la capacidad hidráulica, la seguridad estructural, la estanqueidad, la calidad del servicio y una vida útil respaldada por antecedentes verificables.

1	2	3	4	5

8. Una metodología que vincule los costos reales del revestimiento interior con los criterios de reposición optimizada, vidas útiles, CTLPN, cargos tarifarios y cuentas

tipo podría constituir un aporte relevante para la regulación sanitaria chilena y para futuros procesos tarifarios.

1	2	3	4	5

III. Pregunta abierta complementaria

Desde su experiencia profesional, ¿Cuáles serían las principales condiciones, restricciones o antecedentes que debieran considerarse para incorporar el revestimiento interior de tuberías como alternativa en la evaluación tarifaria de redes y conducciones sanitarias?:

_____
_____
_____

Nombre: _____

12.1. Anexo 4: Archivos de Respaldo

La valorización de inversiones propias y de terceros se determinan bajo los archivos tipo utilizados en el proceso tarifario según la siguiente tipología de infraestructura sanitaria.

Familia	Tipo	Caracterización	Valorización
Derechos De Agua	Derechos De Agua	A1	$A1
Captaciones Superficiales	Captación Superficial En Río	A2	$A2
	Captación Superficial En Canal	A3	$A3
Captaciones Subterráneas	Sondajes	A4	$A4
	Norias	A5	$A5
	Drenes	A6	$A6
	Punteras	A7	$A7
Estanques de producción	Estanque Semienterrado	A8	$A8
	Tranques de agua cruda	A9	$A9
Conducciones de Agua Potable	Conducciones de Agua Potable en Acueductos	A10	$A10
	Conducciones de Agua Potable en Presión	A11	$A11
	Rotura y Reposición de Pavimentos en Conducciones AP	A12	$A12
Planta de Tratamiento Agua Potable	Convencional	A13	$A13
	Compacta	A14	$A14
	Osmosis Inversa para agua salobre	A15	$A15
	Osmosis Inversa para agua de mar	A16	$A16
Sistema de Cloración	Sistema de Cloración	A17	$A17
Sistema de Fluoruración	Sistema de Fluoruración	A18	$A18
Planta Elevadora De Agua Potable	Planta Tipo A	A19	$A19
	Planta Tipo B	A20	$A20
	Planta Tipo C	A21	$A21
	Planta Tipo D	A22	$A22
	Planta Tipo E	A23	$A23
Estanques de Regulación	Estanque Semienterrado	A24	$A24
	Estanque Elevado	A25	$A25

Red de Distribución de Agua Potable	Redes de distribución de agua potable (Red AP)	A26	$A26
	Rotura y Reposición de Pavimentos en Red AP	A27	$A27
Reductora de Presión	Reductora de Presión	A28	$A28
Arranques	Arranques	A29	$A29
	Rotura y Reposición de Pavimentos en Arranques	A30	$A30
Uniones	Uniones	A31	$A31
	Rotura y Reposición de Pavimentos en Uniones	A32	$A32
Red de Recolección de Aguas Servidas	Red de recolección de aguas servidas (Red AS)	A33	$A33
	Rotura y Reposición de Pavimentos en Red AS	A34	$A34
Conducciones de Aguas Servidas	Conducciones de Aguas Servidas en Acueductos	A35	$A35
	Conducciones de Aguas Servidas en Presión	A36	$A36
	Rotura y Reposición de Pavimentos en Conducciones AS	A37	$A37
Plantas Elevadoras de Aguas Servidas	Plantas Elevadoras de Aguas Servidas	A38	$A38
Emisario Submarino	Planta de pretratamiento de aguas servidas	A39	$A39
	Emisario Submarino	A40	$A40
Planta de Tratamiento Aguas Servidas	Lagunas Facultativas	A41	$A41
	Lagunas Aireadas	A42	$A42
	Lodos Activados	A43	$A43
	Tratamiento Primario	A44	$A44
	Lombrifiltros	A45	$A45
Infraestructura de Apoyo	Macromedidor	A46	$A46
	Equipo generador	A47	$A47
	Sistema anti-golpe de ariete	A48	$A48
	Telemetría	A49	$A49
Sigularidades de Obras Tipo	Sigularidades de Obras Tipo	A50	$A50
Terrenos	Terrenos	A51	$A51
Servidumbres	Servidumbres	A52	$A52
Capital De Trabajo	Capital De Trabajo		$A53
Otras Inversiones	Otras Inversiones		$A54

El detalle de la valorización se encuentra en respaldo digital (archivo Excel).