

Resumen Ejecutivo

El presente documento contiene los resultados de la consultoría realizada para la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), en el marco de la licitación N° 1588-151-LE09 denominada "Consultoría de apoyo a los procesos de normas ambientales en sistemas hídricos: Estimación de costos de abatimiento de contaminantes en residuos líquidos", cuyo objetivo general a abordar correspondió a "Estimar los costos de inversión, operación y mantención de abatir contaminantes en residuos líquidos (aguas servidas y Riles), según tecnologías de tratamiento existente en Chile y en el extranjero factibles de implementar y apoyar en estos temas a CONAMA en los procesos normativos que lleva a cabo".

Para el desarrollo de dicho objetivo se llevaron a cabo una serie de actividades enmarcadas dentro de cinco objetivos específicos relacionados con la identificación de tecnologías de abatimiento en agua dulce y marina, elaboración de fichas técnicas con las distintas tecnologías de abatimiento, estimación de costos de inversión, operación y mantención, elaboración de tablas resúmenes de evaluación rápida de costos y prestar asesoría técnica a CONAMA.

Uno de los primeros resultados que se presentan corresponden a la búsqueda bibliográfica tanto a nivel nacional como internacional de tecnologías existentes para establecer las alternativas de tratamiento para los parámetros en estudio: Temperatura, Bromo, Trihalometanos, Cloro Libre Residual, Sólidos Suspendidos Totales, Aceites y Grasas, Sólidos Sedimentables, Color Verdadero, Compuestos Orgánicos Halogenados (AOX), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Nitrógeno Total, Fósforo, Mercurio, Poder Espumógeno e Índice de Fenol. La búsqueda contempló diversos documentos, dentro de los cuales están los entregados por CONAMA, base de datos de la Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS, diversos proveedores de tecnologías de tratamiento de aguas y en bases de datos de buscadores especializados. Todo esto permitió obtener una base de datos de diversas tecnologías las que fueron clasificadas bajo la nomenclatura de convencional o establecidas, por ser desarrollos ampliamente usados a nivel mundial teniendo muchas de ellas representación en Chile por distintos proveedores internacionales, y emergentes por corresponder a desarrollos tecnológicos que no han alcanzado la consolidación industrial, sino que son iniciativas probadas a nivel laboratorio y piloto y que aún requieren de una maduración.

Cada una de las tecnologías identificadas y consolidadas permitieron elaborar treinta y cuatro fichas técnicas cuyos contenidos principales incluyen: tipo de tecnología; parámetros que remueve en forma directa e indirecta, entendiéndose por este último aquellos que se remueven adicionalmente producto de la aplicación de la tecnología; descripción y principio por el cual opera la tecnología; rubros en los cuales puede ser aplicada; su eficiencia; ventajas y desventajas; condiciones operativas principales; costos asociados; ejemplo destacable de aplicación y recomendaciones. La ficha técnica entrega al lector una noción amplia de las características de la tecnología y a su vez un acercamiento tal que le señale preliminarmente la factibilidad de implementarla en su proceso como tratamiento de sus residuos líquidos.

Paralelo a lo anterior, se efectuó la evaluación de estimación de costos de las tecnologías consolidadas cuya metodología fue consensuada con CONAMA, la que involucró las siguientes etapas:

1. Definición de las tecnologías de abatimiento muy ligada a la información recopilada para la confección de las fichas, principalmente por los parámetros de mayor remoción con el principal rubro industrial asociado, definiendo condiciones de borde con respecto al caudal y concentración de entrada al sistema de tratamiento.
2. Etapa preliminar en la cual se concreta la matriz planteada y se completa la información faltante mediante búsqueda especializada y balances de masa y energía en las

- operaciones unitarias más importantes del tratamiento, obteniendo así datos de evaluación con escenarios reales y que actualmente se están utilizando en Chile y el mundo.
3. Cálculo detallado involucrando modelos matemáticos para realizar cálculos de dimensiones, costos de tratamiento e inversión, comparando éstos con la información bibliográfica y así evaluar la mejor opción de configuración según caudal, concentración y carga.
 4. Etapa de documentación incluyó una compilación de la información de entrada, los cálculos realizados y un análisis detallado de cada tecnología describiendo las consideraciones más importantes para la estimación económica de inversión y tratamiento extrapolada con las funciones de costos obtenidas. El desglose del costo de tratamiento en insumo involucra materias primas y suministros, lo que equivale entre un 80 a 90% de costo; en operación se refiere principalmente al personal involucrado en el tratamiento (9 - 17 %) y en mantención se estima entre un 3 a 5% del costo físico de la planta, lo que significa entre un 1 a 3% del costo de tratamiento.

Lo anterior dio como resultado las respectivas evaluaciones económicas de cada tecnología donde es posible obtener información rápida de estimaciones de costos de inversión y costos de tratamiento de cada una de ellas a modo referencial tendiendo una primera aproximación de los costos asociados. Cabe señalar que esta información también es posible visualizarla en cada ficha técnica donde se muestran ejemplos de cálculos de costos relacionados con caudales y concentración del tipo de efluente a tratar. Además se agregan las respectivas funciones de estimación de costos de inversión y tratamiento, las que fueron obtenidas a través de expresiones simples de costos de producción y de economía de escala, informadas en bibliografía especializada de evaluación económica de procesos industriales.

Adicionalmente se elaboraron tablas resúmenes relacionadas con los parámetros en estudio, las que contienen información del siguiente tipo: tecnologías establecidas vs parámetros que remueve; parámetros vs rubros asociados; parámetros vs tecnología, eficiencia, estimación de rangos de costo de inversión y tratamiento y la vida útil de la tecnología. Cada una de estas tablas permite hacer una evaluación rápida en cuanto a la consideración de una u otra tecnología a considerar en el tratamiento de un efluente dado.

Cabe destacar que durante el periodo de duración de la consultoría, y tal como lo señalaba uno de los objetivos específicos del presente estudio, se prestó asesoría técnica a CONAMA relacionadas con la aplicación de las distintas tecnologías, respondiendo así a los requerimientos solicitados en cuanto a evaluar distintos casos solicitados, los cuales se mencionan en el transcurso del informe.

Finalmente como parte del análisis técnico – económico de cada una de las tecnologías se presenta un análisis por parámetro de estudio, evaluando todas las alternativas existentes y haciendo una comparación de ventajas técnicas y económicas en diferentes casos de aplicación, en resumen se tiene:

Temperatura: las tecnologías evaluadas arrojaron que en el caso de Torres de Enfriamiento la variación de temperaturas no influye directamente al nivel de inversión de estos equipos. Los parámetros de diseño más relevante son el caudal y la temperatura de bulbo húmedo y en el caso de Intercambiadores de Calor estos pueden ser utilizados para la regulación de la T° en un RIL de descarga, siempre y cuando se pueda aprovechar la temperatura transferida desde el flujo caliente al flujo de refrigeración.

Bromo: Se detectaron tres tecnologías que presentan elevada eficiencia para remover el bromo del agua, estas son: Adsorción con carbón activado, intercambio iónico y osmosis inversa. En términos económicos, la mejor alternativa para sólo remover el bromo es carbón activado. Si se

requieren tratamientos que además remuevan otros parámetros se deberá considerar las opciones de intercambio iónico y osmosis inversa.

Trihalometanos (THM): Se detectaron ocho alternativas tecnológicas para su remoción las cuales se clasificaron según el tipo su eficiencia, caudal de operación, costos operacionales e inversión.

Cloro Residual: si bien se sugiere sustituir al cloro en el proceso de desinfección, en general se usa a nivel mundial la técnica de eliminación de cloro usando dióxido de azufre, ya que permite usar rangos amplios de caudales de tratamiento.

Sólidos Suspendidos Totales y Sólidos Sedimentables: existe una gran variedad de alternativas tecnológicas, las que pueden combinarse dependiendo de la matriz a tratar y el nivel de salida que se desee alcanzar.

Aceites y Grasas: se debe considerar las características químicas (como su polaridad, biodegradabilidad) y características físicas (como tamaño y aglomeración, entre otras) las que influirán en el tratamiento seleccionado, pudiendo ser estos de separación física, degradación fisicoquímica degradación biológica.

Color Verdadero: La elección de la tecnología más adecuada dependerá directamente de la naturaleza fisicoquímica del o los compuestos generadores de color.

Compuestos Orgánicos Halogenados (AOX): En general las tecnologías disponibles son de dos tipos, físicas que sólo separan los AOX y los tratamientos fisicoquímicos de oxidación que pretenden degradar estos compuestos hasta moléculas más simples y más inocuas.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅): Las alternativas más usadas corresponden a Tratamiento biológico, Tratamiento físico y Tratamiento fisicoquímico. Se recomienda siempre para la remoción de DBO que el tratamiento principal sea biológico, siempre que la toxicidad del efluente lo permita. Luego, en función de la calidad del efluente que se quiera alcanzar se incorporen otras técnicas.

Nitrógeno: La remoción total del Nitrógeno no es posible lograrlo solo con una tecnología. Lo más recomendable es aprovechar las características de nutriente y usar un tratamiento biológico de bajo costo. Y a esto sumarle una etapa de tratamiento terciario, que dependiendo de las características del efluente puede ser físico o fisicoquímico.

Fósforo: para la remoción de este parámetro se tiene que el tratamiento biológico comprende el grupo de los de baja capacidad, exceptuando Lodos Activados. Y existe el grupo de alta capacidad, tales como los físicos y los fisicoquímicos.

Mercurio: la remoción puede realizarse mediante métodos físicos de separación y métodos fisicoquímicos.

Índice de Fenol: existen variadas alternativas del tipo biológico, físico y fisicoquímico. Para establecer la tecnología más costo efectiva debe considerarse en el análisis las características del efluente, la carga del contaminante, el caudal de tratamiento, el desempeño técnico de cada alternativa tecnología y los costos tanto de operación como los costos de inversión inicial. Además de analizarse variables como condiciones climáticas, logística, espacio, entre otras.

Poder Espumógeno: Debido a que el poder espumógeno no es un parámetro específico y de estructura conocida, lo recomendable en este caso es realizar una especiación del fluido a tratar para determinar específicamente el componente que genera esta espuma, pudiendo realizarse

INFORME FINAL

Consultoría de Apoyo a los Procesos de Normas Ambientales en Sistemas Hídricos: Estimación de Costos de abatimiento de Contaminantes en Residuos Líquidos

una combinación de tecnologías de tratamiento para su eficiente remoción, y si éste es persistente, considerar el carbón activado como un tratamiento terciario.