Hoja de Ruta de Gestión Circular de los servicios de acueducto y alcantarillado 2024 – 2035 de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá E.S.P

Autores:

Juana Camacho Otero, PhD.

Santiago Uribe

Felipe Vásquez, PhD.

Cooperación Técnica No Reembolsable No. ATN/OC-18752-CO. Hacia un Modelo Circular en la Prestación de los Servicios Públicos de Agua y Saneamiento de la EAAB, frente a los desafíos del Cambio Climático.

Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá ESP con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo

Septiembre 2023

Bogotá D.C.

Colombia

Este documento fue elaborado por Felipe Vásquez Ph.D. y Santiago Uribe en el marco del proyecto de cooperación técnica no reembolsable No. ATN/OC-18752-CO. Hacia un Modelo Circular en la Prestación de los Servicios Públicos de Agua y Saneamiento de la EAAB, frente a los desafíos del Cambio Climático entre el BID y la EAAB ESP y fue revisado y editado por Juana Camacho Otero, Ph.D., asesora nivel 08 de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

AGRADECIMIENTOS

La construcción de este documento contó con el apoyo de múltiples personas al interior de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá a quienes quisiéramos agradecer su participación. En primer lugar, a los gerentes corporativos ambientales Javier Humberto Sabogal (2020-2022) y Octavio Augusto Reyes (2022-actual) por su respaldo permanente. Al equipo del proyecto, especialmente a la especialista financiera y de adquisiciones, Angela María Gaitán por su apoyo en la coordinación de las actividades para ejecutar el diagnóstico y la formulación de la hoja de ruta. Al Comité Directivo del proyecto compuesto por Sandra Samacá, representante de la Gerencia General, a Adriana Ruiz, representante de la Gerencia Corporativa del Sistema Maestro, a William Gómez, representante de la Gerencia Corporativa de Planeamiento y Control. A nuestros enlaces en el BID, Manuel José Navarrete y Carlos Garavito. A Eli Nessim, quien desde un comienzo nos apoyó en la formulación de la cooperación, a la ex-Gerente General Cristina Arango quien le apostó a este ejercicio estratégico y al Gerente General Noel Valencia quien mantuvo su apoyo a esta iniciativa.

ACRONIMOS

ACV - Análisis de Ciclo de Vida (LCA en inglés)

AFM - Análisis de Flujo de Materiales (MFA en inglés)

COP – Pesos colombianos

CO2 – Dióxido de Carbono

BID – Banco Interamericano de Desarrollo

CONPES – Consejo Nacional de Política Económica y Social

CTI – Circular Transition Indicators

DOFA – Debilidades Oportunidades Fortalezas y Amenazas

EAAB ESP – Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá E.S.P.

ENEC – Estrategia Nacional de Economía Circular

FNCER – Fuentes de Energía No Convencionales y Energía Renovable

GRI – Global Reporting Initiative

I+D+i (Investigación+Desarrollo+Innovación)

ISO – International Standards Organization

KPI – Key Performance Indicator(s)

ODS – Objetivos de Desarrollo Sostenible

OLP – Objetivos de Largo Plazo

PGE – Plan General Estratégico

PGL – Plan de Gestión de Lodos

PTAR – Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

RCD – Residuos de Construcción y Demolición

RESPEL – Residuos Peligrosos

TOC – Theory of Change (Teoría del Cambio)

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN....6
2 LA EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ E.S.P. 8
2.1. Prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado 8
2.2. Gestión ambiental de EAAB....9
3 LA ECONOMÍA CIRCULAR EN EL SECTOR DE AGUA Y SANEAMIENTO....11
3.1. Economía Circular....11
3.2. La economía circular en las empresas....12
3.3. Economía circular y agua....13
4 METODOLOGÍA PARA LA FORMULACIÓN DE LA HOJA DE RUTA....15
4.1. Diagnóstico de circularidad 15
4.2. Formulación participativa de la Hoja de Ruta 17
4.3. Teoría del Cambio....19
4.4. Fases ejecutadas....20
5 VISIÓN Y DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO DE LA HOJA DE RUTA....24
5.1 Actores vinculados al proceso....24
5.2 Visión de economía circular para la EAAB ESP....25
5.3 Diagnóstico de Circularidad....26
5.4 Diagnóstico Estratégico 49
6 OBJETIVOS ESTRATÉGICOS, EFECTOS, PRODUCTOS Y ACCIONES 53
6.1 Objetivos y metas de largo plazo 53
6.2 Actividades por objetivo estratégico....56
7 CONCLUSIÓN Y LLAMADO A LA ACCIÓN....65
8 BIBLIOGRAFIA....66

1 INTRODUCCIÓN

Desde el año 2016, Colombia viene desarrollando un marco institucional para avanzar hacia un modelo de desarrollo basado en el crecimiento verde. Este marco incluye varios instrumentos como la Política de Cambio Climático, la Política de Crecimiento Verde y la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC), entre otros. La ENEC planteó como objetivo *"promover la transformación productiva para maximizar el valor agregado de los sistemas industriales y agropecuarios y las ciudades sostenibles en términos económicos, ambientales y sociales, a partir de la circularidad, innovación tecnológica, colaboración en nuevos modelos de negocios"*. Esta estrategia define la economía circular como los *"sistemas de producción y consumo que promuevan la eficiencia en el uso de materiales, agua y la energía, teniendo en cuenta la capacidad de recuperación de los ecosistemas, el uso circular de los flujos de materiales y la extensión de la vida útil a través de la implementación de la innovación tecnológica, alianzas y colaboraciones entre actores y el impulso de modelos de negocios que responden a los fundamentos del desarrollo sostenible"*(*Estrategia Nacional de Economía Circular*, 2019) .

La ENEC planteó como uno de los flujos de materiales prioritarios el agua dados los bajos niveles de productividad y eficiencia que exhibe el país en el tema. Posteriormente, en septiembre de 2020 el Gobierno Nacional expidió el documento de política económica y sectorial CONPES 4004: Economía circular en la Gestión de los Servicios de Agua Potable y Manejo de Aguas Residuales, que define como objetivo: *"mejorar las capacidades institucionales y de gobernanza, implementar un modelo de economía circular y desarrollar mecanismos de gestión de la información en la prestación de los servicios de agua potable y manejo de aguas residuales para garantizar la disponibilidad de agua en el largo plazo, y la prestación de los servicios de agua potable y manejo de aguas residuales en condiciones de calidad y continuidad"*(*CONPES 4004 ECONOMÍA CIRCULAR EN LA GESTIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y MANEJO DE AGUAS RESIDUALES*, 2020).

Para alcanzar este objetivo el CONPES propone como estrategias: i) fortalecer la gobernanza y capacidad institucional del sector para promover la economía circular en la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado; ii) desarrollar estrategias para promover la economía circular en los servicios de agua potable y manejo de aguas residuales que permita asegurar la oferta de agua en el largo plazo; y iii) mejorar calidad y confiabilidad de la información sectorial para la toma de decisiones en relación con la economía circular en los servicios de agua potable y manejo de aguas residuales.

Dando cumplimiento a estas recomendaciones, y con base en diferentes análisis desarrollados por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá E.S.P (EAAB ESP), la empresa solicitó el apoyo técnico del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para la formulación de una hoja de ruta para la gestión circular de agua potable y aguas residuales que orientara las acciones en el corto y mediano plazo de la empresa para avanzar hacia un modelo circular. En el marco de esta cooperación también se estableció la necesidad de identificar y evaluar oportunidades de negocio basadas en los principios de la economía circular aplicados al sector. Finalmente, dentro de la solicitud de apoyo, se incluyó el fortalecimiento de las capacidades institucionales en estas áreas, atendiendo las estrategias propuestas por la ENEC. Resultado de estas gestiones, el 5 de noviembre de 2021, la EAAB ESP y el BID firmaron el convenio de

cooperación técnica no reembolsable No. ATN/OC-18752-CO denominado *"Hacia un Modelo Circular en la Prestación de los Servicios Públicos de Agua y Saneamiento de la EAAB, frente a los desafíos del Cambio Climático"*

Este documento presenta la Hoja de Ruta de la EAAB para Avanzar hacia la Gestión Circular del Agua Potable y Aguas Residuales. En la primera sección después de esta introducción se presenta una breve descripción de la operación de la EAAB ESP. En la segunda sección se introduce de manera breve el concepto de la economía circular y su aplicación al sector de agua y saneamiento. En la siguiente sección se presenta la metodología para la construcción de la Hoja de Ruta. A continuación, se presentan los resultados del Diagnóstico de Circularidad 2019-2020 para la EAAB ESP. En la quinta sección se presenta la visión de la Hoja de Ruta y el Diagnóstico Estratégico. En la sección seis se presenta la formulación estratégica de la Hoja de Ruta. El documento finaliza con los pasos a seguir para su implementación.

2 LA EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ E.S.P.

La EAAB-ESP presta de manera directa el servicio de acueducto en la ciudad de Bogotá y en los municipios de Soacha y Gachancipá y el servicio de alcantarillado en Bogotá. También atiende la demanda de agua potable en 11 municipios vecinos de la Región, mediante el esquema de venta de agua en bloque: Soacha, Mosquera, Funza, Madrid, Chía, Cajicá, Cota, Tocancipá, Sopó, La Mesa y La Calera. Es de anotar que este suministro está condicionado a la existencia de excedentes de agua, una vez se garantice el cubrimiento de la demanda de la ciudad de Bogotá.

La EAAB – ESP es una empresa financieramente sólida, en crecimiento, y con importantes oportunidades de nuevos negocios a nivel nacional e internacional. Actualmente, cuenta con una calificación local AAA por Fitch Ratings, debido a su condición de monopolio natural, su perfil financiero sólido, flexibilidad financiera y naturaleza regulada de sus ingresos, lo cual le brinda firmeza y predictibilidad a su generación de flujos de efectivo.

2.1. Prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado

Dentro de las funciones de la empresa están las de: i) captar, almacenar, tratar, conducir y distribuir agua potable; ii) recibir, conducir, tratar y disponer las aguas servidas, en los términos y condiciones fijadas por las normas para estos servicios; y iii) recoger, conducir, regular y manejar las aguas lluvias y aguas superficiales que conforman el drenaje pluvial y el sistema hídrico dentro de su área de actividad, entre otras.

La Figura 1 ilustra los tres sistemas de abastecimiento con que cuenta la ciudad para satisfacer la demanda de agua potable de sus usuarios.



Figura 1 Sistema de abastecimiento de la EAAB incluyendo Plantas de Tratamiento de Agua Potable y embalses. Fuente: EAAB, 2021

La Figura 2 presenta la infraestructura de la red troncal y las dos plantas de tratamiento de aguas residuales, Salitre la cual está en funcionamiento y en proceso de ampliación, y Canoas que se encuentra en la fase de estructuración para su construcción.

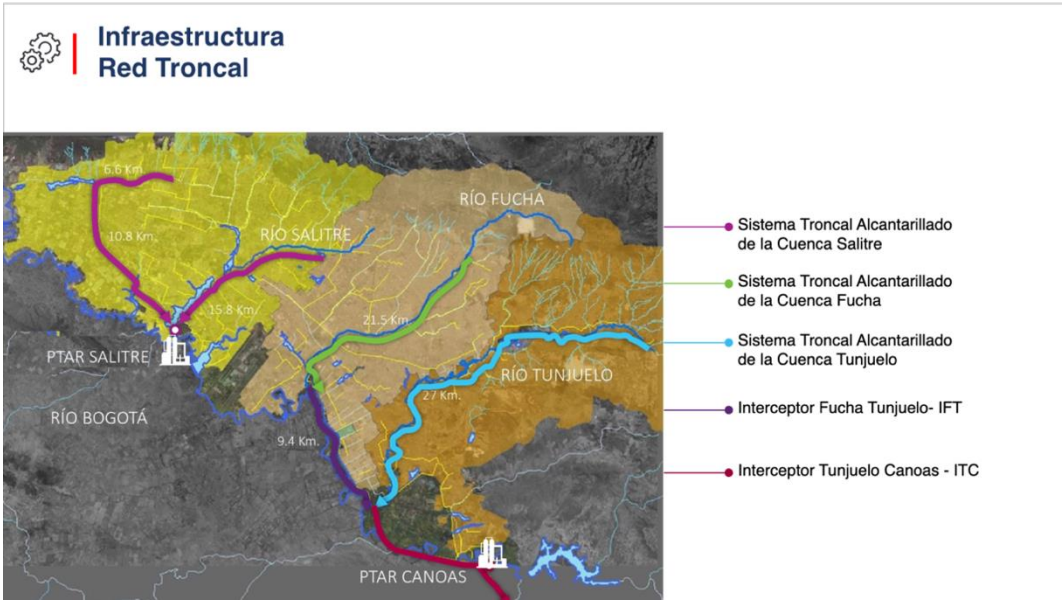


Figura 2 Sistema red troncal EAAB incluyendo Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. Fuente: EAAB, 2021

En el 2020, la empresa formuló su nuevo Plan General Estratégico (PGE) 2020-2024, que le apunta a una modernización sostenible. Este plan contiene varias apuestas estratégicas; el saneamiento del río Bogotá, la sostenibilidad ambiental, la modernización empresarial, la gestión integral del agua y los nuevos negocios. Estas apuestas están apalancadas en varios pilares que contribuyen a un cambio cultural, la innovación, la sostenibilidad, la integridad, la transparencia y el gobierno corporativo (EAAB, 2020). El PGE tiene tres objetivos principales, 1) Eficiencia Operacional, 2) Territorio Sensible al Agua y 3) Reputación y Liderazgo. Con la formulación de la hoja de ruta contribuimos al cumplimiento de las metas de fortalecimiento empresarial y operativo de la empresa.

2.2. Gestión ambiental de EAAB

La EAAB ESP cuenta con una Política de Sostenibilidad que establece que *"En la EAAB-ESP estamos comprometidos en agregar valor económico, ambiental y social a la gestión empresarial en beneficio de nuestros grupos de interés, a través de un modelo socialmente responsable, atendiendo los principios, lineamientos y materias fundamentales de la sostenibilidad."*

Atendiendo las directrices de esta política, la empresa cuenta con el Modelo de Responsabilidad Social Empresarial donde se articulan los entornos económico, social y ambiental con los estándares *Global Reporting Initiative* (GRI), principios del Pacto Global, numerales de la ISO 26000 y Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Para los temas ambientales, la EAAB ESP inició el proceso de implementación de su Sistema de Gestión Ambiental bajo la norma ISO14001, así como del Sistema de Gestión Basura Cero. En esta línea, estableció su Política Ambiental que indica que *"En la EAAB-ESP estamos*

comprometidos a proteger el medio ambiente mediante: a) la gestión integral del recurso hídrico desde la protección de los ecosistemas estratégicos relacionados con las cuencas abastecedoras hasta el saneamiento y recuperación de los cuerpos de agua que permiten el drenaje de Bogotá y su área de influencia, b) el manejo integral de los residuos a partir de su reducción, reutilización y aprovechamiento y c) la gestión eficiente de la energía mediante el uso de fuentes limpias y su utilización racional en todos los procesos, a través de una estrategia de mitigación y adaptación al cambio climático, el fortalecimiento de la cultura ambiental, prácticas empresariales sostenibles bajo la perspectiva de ciclo de vida y gestión del conocimiento, con el fin de mejorar nuestro desempeño ambiental, el cumplimiento de requisitos legales ambientales y otros requisitos aplicables y el Sistema de Gestión Ambiental."

El análisis de brechas en el marco del Sistema de Gestión Basura Cero mostró que la EAAB a pesar de tener un Programa de Gestión Integral de Residuos, no cuenta con una estrategia para avanzar hacia ese modelo de reducción, reutilización y aprovechamiento de residuos, que defina objetivos, metas, indicadores, acciones, y responsables. Dentro de las actividades requeridas para su implementación quedó consignada el diseño de una estrategia de economía circular que contribuya al cumplimiento de los requisitos del estándar.

3 LA ECONOMÍA CIRCULAR EN EL SECTOR DE AGUA Y SANEAMIENTO

En esta sección se hace una breve descripción del concepto de economía circular y su aplicación al sector agua y saneamiento de acuerdo con la literatura académica.

3.1. Economía Circular

Entre los requisitos para el desarrollo sostenible se encuentra la necesidad de desacoplar el crecimiento económico del consumo de materias primas vírgenes y de fuentes no renovables. La economía circular surge como un enfoque sistémico al crecimiento económico, alternativo al modelo tradicional de extracción-producción-consumo-descarte.

La economía circular se basa en tres principios (Ellen MacArthur Foundation, 2013):

- Eliminar residuos y contaminación desde el diseño
- Mantener productos y materiales en uso
- Regenerar sistemas naturales

La Fundación Ellen MacArthur desarrolló un diagrama del sistema circular (Figura 3) donde se evidencia un flujo continuo de materiales tecnológicos y biológicos a través del enfoque de cadenas de valor. Así, la Figura 3 distingue entre ciclos técnicos (en azul) y ciclos biológicos (en verde).

Los **materiales biológicos** son aquellos que pueden ser reintroducidos de manera segura en los sistemas naturales, una vez han realizado uno o más ciclos (en la antroposfera), donde se biodegradarán, regresando los nutrientes al ambiente (Ellen MacArthur Foundation, 2013). El consumo ocurre solamente en los ciclos biológicos, donde alimentos y otros materiales de base biológica (por ejemplo, algodón y madera) son diseñados para regresar al sistema mediante procesos de compostaje y digestión anaerobia. Los ciclos biológicos regeneran sistemas vivos, como el suelo, que ofrecen recursos renovables para la economía(Ellen MacArthur Foundation, 2013).

Los **materiales técnicos** no pueden ser reintroducidos en el ambiente. Materiales como metales, plásticos y químicos sintéticos deben circular continuamente en el sistema económico (antroposfera) para que su valor pueda ser capturado y recapturado (Ellen MacArthur Foundation, 2013). Los ciclos técnicos recuperan y restauran productos, componentes y materiales mediante estrategias de reutilización, reparación, remanufactura o (en última instancia) reciclaje (Ellen MacArthur Foundation, 2014).

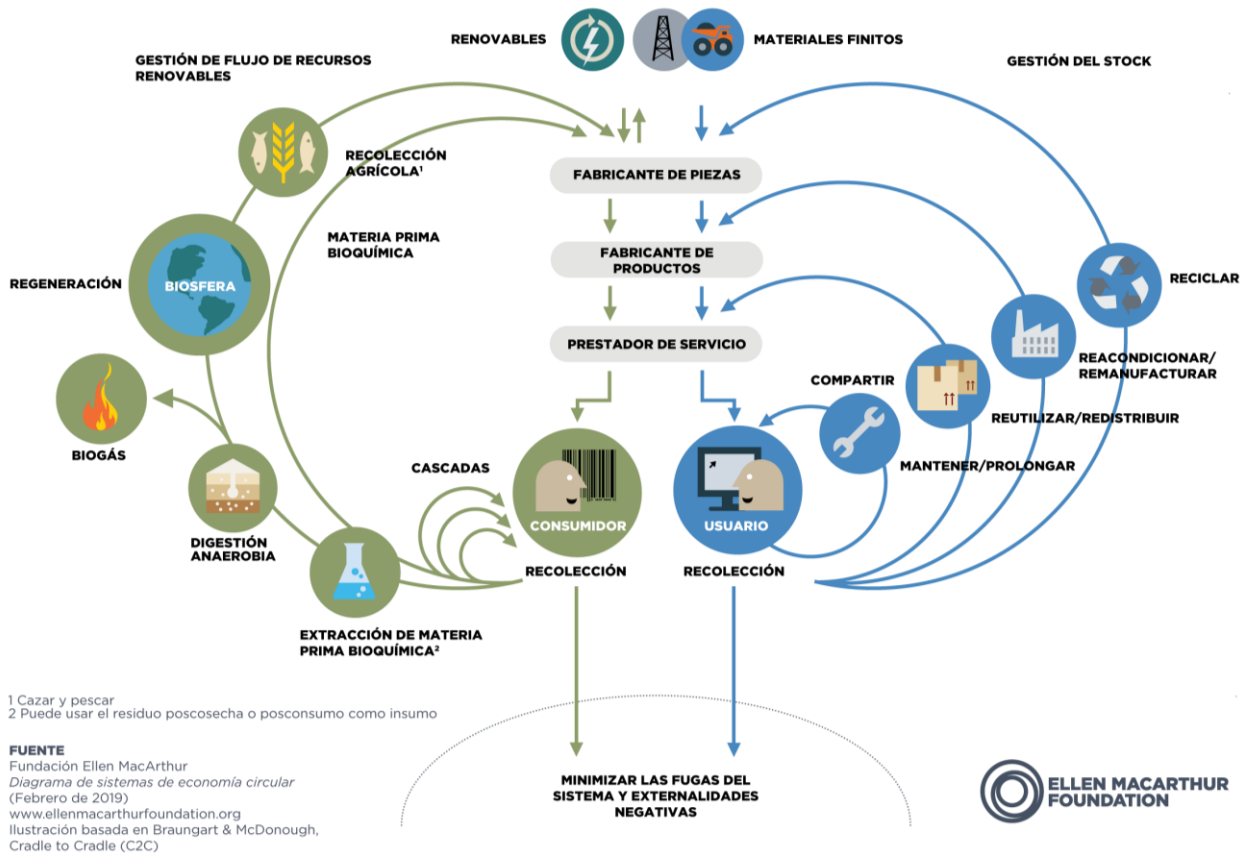


Figura 3. Diagrama del sistema de la economía circular. Tomado de (Ellen MacArthur Foundation, 2013)

3.2. La economía circular en las empresas

No existe una definición estándar sobre empresas circulares, fundamentalmente porque una empresa individual no constituye por sí misma la economía circular (Board of Innovation, n.d.). Las empresas son un punto en la cadena de valor de los productos y servicios, la cual forman en conjunto con sus proveedores y clientes. Por lo tanto, en la práctica, las empresas pueden implementar el modelo de economía circular mediante dos vías, a través de modelos de negocio circulares y/o productos circulares (Circular Tayside, n.d.).

Un modelo de negocio circular contribuye a la economía circular mediante la adopción de los principios de economía circular en sus prácticas (Board of Innovation, n.d.; Circular Tayside, n.d.). Es decir, busca eliminar la generación de residuos y la contaminación desde el diseño de sus servicios y productos, procura mantener los productos y materiales en uso por tanto tiempo como sea posible, y contribuye a la regeneración de los sistemas naturales. En últimas un modelo de negocio circular interviene en su cadena de valor buscando minimizar sus impactos ambientales y sociales negativos (Stiftelsen Svensk Industridesign, 2018) a través de estrategias como el uso de recursos y productos no vírgenes (reciclados) o de origen renovable, remanufacturado, reparado o de segunda mano, así como la promoción del reúso, reparación y reciclaje de sus residuos técnicos y la recuperación de nutrientes (ej. compost) o energética (ej. biogás) de sus residuos biodegradables, Otras estrategias incluyen la recirculación de agua en sus instalaciones, el uso de energía de fuentes renovables, y la venta de productos como servicios. La implementación de estas estrategias requiere la generación

de propuestas de valor novedosas, así como de adaptaciones en las cadenas de valor de las empresas incluyendo proveedores, clientes y gestores de residuos.

Un producto circular es aquel que opera bajo un modelo de economía circular, reduciendo parcial o completamente la necesidad de materias primas vírgenes, apalancado en el uso de recursos renovables, y diseñado para minimizar el consumo de materiales y para permanecer en el sistema económico por tanto tiempo como sea posible mediante prácticas de extensión de vida útil, reutilización, remanufactura y reciclaje (Circular Tayside, n.d.; Stiftelsen Svensk Industridesign, 2018).

Para generar un modelo de negocio y/o producto circular se debe contar con un diagnóstico de circularidad que permita establecer no solo la medición de la línea base y el monitoreo continuo de aspectos de circularidad de la empresa sino también la identificación de brechas y oportunidades de circularidad desde una perspectiva de cadena de ciclo de vida de manera que se puedan cerrar ciclos y retener al máximo el valor de los materiales, el agua y la energía, así como disminuir la vulnerabilidad (ej. suministro de productos con materiales críticos) y el impacto ambiental de las entradas y salidas de la empresa.

3.3. Economía circular y agua

El agua es un flujo priorizado dentro de la Estrategia Nacional de Economía Circular de Colombia. Para este flujo la ENEC propone las siguientes acciones para aplicar los principios de economía circular:

- El reúso y recirculación de agua
- La recuperación de materiales (fosfatos)

Además, la literatura académica indica que la gestión circular del agua permitiría también la generación de energía a partir de material residual logrando la reducción de emisiones de GEI (Neczaj & Grosser, 2018).

De acuerdo con Neczaj and Grosser (2018) el tema de **recuperación de recursos**, la aplicación de principios de circularidad en el tratamiento de aguas logra:

- Recuperación de materiales como fosfatos y potasio utilizando tecnologías para tratamiento aeróbico/anaeróbico, compostaje, secado o químico de biosólidos. Específicamente para fosforo se puede obtener de los lodos o las cenizas. También existen tratamientos para recuperar P o N de la orina. Finalmente se propone el uso de agua-especies para generar fertilizantes y alimento animal.
- Recuperación de agua para usos agrícolas, industriales, sanitarios, riego residencial, atención de incendios y lavado de vehículos.

En el tema de **generación de energía**, existen las siguientes alternativas:

- Generacion de biogas a partir de digestión anaeróbica de los lodos los cuales requieren un pretratamiento para lograrlo.

- También se pueden tener sistemas combinando lodos y otros residuos orgánicos para generar biogás que puede suplir las necesidades energéticas de las plantas de tratamiento.

Según (Siraj et al., 2018), la aplicación de los principios de la economía circular en el sector de agua y saneamiento básico, resultaría en las iniciativas presentadas en la Figura 4.



Figura 4 Iniciativas circulares para el sector de agua y saneamiento básico. Adaptado de (Siraj et al., 2018).

4 METODOLOGÍA PARA LA FORMULACIÓN DE LA HOJA DE RUTA

En esta sección se detalla la aproximación metodológica para la construcción de la Hoja de Ruta. Consta de tres subsecciones, en la primera se detalla cómo se desarrolló el diagnóstico de circularidad y qué herramientas se aplicaron. En la segunda se describe el método de planeación estratégica que se utilizó para construir el proceso de formulación. Finalmente, se presenta la Teoría de Cambio como herramienta aplicada para identificar los productos y actividades para cumplir con los objetivos estratégicos.

4.1. Diagnóstico de circularidad

Según el estado de madurez de la empresa en su transición hacia un modelo de negocio circular, la evaluación de su desempeño puede requerir del uso de varias metodologías (Verstraeten-Jochemsen et al., 2020). Para el caso específico de la EAAB, la cual se encuentra en la etapa inicial o de preparación para su transición hacia prácticas circulares se recomendó adoptar una metodología que:

- Permita realizar una medición de línea base (conocer el estado actual)
- Permita identificar oportunidades o brechas de circularidad
- Genere indicadores enfocados en medir los aspectos físicos de la circularidad
- Genere indicadores que midan el desempeño global de la empresa
- Tenga un enfoque de cadena de valor
- Se puede implementar de manera independiente

Se recomendó además que los indicadores seleccionados cumplieran con los siguientes criterios generales:

- Permitan su fácil comparación con otras empresas, metodologías o indicadores
- Faciliten el seguimiento del desempeño de circularidad
- Sean de fácil comunicación al interior y exterior de la empresa
- Faciliten la transparencia en la documentación y cálculos

Teniendo en cuenta estas recomendaciones, el diagnóstico de circularidad de la EAAB se realizó aplicando la metodología CTI - *Circular Transition Indicators v3.0: Metrics for business, by business* desarrollada por el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (World Business Council for Sustainable Development, 2022). Esta metodología se basa en una evaluación de los flujos de materiales, agua y energía dentro de los límites de la empresa, combinada con indicadores adicionales sobre la eficiencia y la eficacia de los recursos físicos, así como el valor económico y ambiental agregado por un modelo de circularidad. Cuatro enfoques o grupos de indicadores son considerados:

i. Cierre del ciclo, para medir la circularidad de materiales, agua y energía;
ii. Optimización del ciclo, para evaluar la distribución y avance de las medidas de recuperación y recirculación de las salidas, el contenido de materiales críticos en las entradas, y la vida útil de los activos
iii. Valoración del ciclo, donde se relaciona la circularidad material con la generación de ingresos financieros para evaluar desacoplamiento (de los ingresos lineales) y productividad de los ingresos circulares; e

iv. Impacto del ciclo con el objetivo de medir la huella ambiental de las entradas de la empresa.

La metodología CTI consiste en siete (7) pasos:

1. Alcance: determinar los límites del sistema de análisis
2. Seleccionar: los indicadores a medir
3. Recopilar: identificar fuentes de información y recopilar datos
4. Calcular: realizar los cálculos (medir los indicadores)
5. Analizar: interpretar los resultados
6. Priorizar: identificar oportunidades
7. Aplicar: planear y actuar

Indicadores de circularidad

Para el diagnóstico se adoptaron todos los indicadores y método de cálculo de los primeros tres grupos – cierre, optimización y valorización - de la metodología CTI. Para los indicadores de impacto se adoptaron los indicadores del método ReCiPe (M.A.J. Huijbregts et al., 2017) calculados a través de la herramienta del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), con el objetivo de estudiar el impacto de la empresa de una manera más holística, más allá de la huella de carbono incluida en CTI.

La Tabla 1 presenta la batería de indicadores seleccionada para el diagnóstico de circularidad de la EAAB en tres bloques distintos, así:

- Indicadores KPI (endpoint): buscan dar un diagnóstico final sobre el desempeño general de la empresa en diferentes áreas de la circularidad.
- Indicadores intermedios (midpoint): describen una situación específica respecto a los flujos de la empresa o una afectación al ambiente. Son la base para el cálculo de los indicadores KPI.
- Indicadores base: describen o expresan una condición, fracción o componente del indicador intermedio. Son la base para la estimación de los indicadores intermedios.

Nota 1: impactos ambientales: En la metodología ReCiPe (M.A.J. Huijbregts et al., 2017) usada en el análisis de ciclo de vida, la huella de carbono y la huella hídrico no constituyen indicadores de impacto final "endpoint". Aquí se presentan a este nivel por considerarse indicadores esenciales para la EAAB, y en el caso de la huella de carbono parte de la metodología CTI (World Business Council for Sustainable Development, 2022).

Tabla 1. Indicadores propuestos para la evaluación de la circularidad en la EAAB

Grupo	Indicador KPI (endpoint)	Indicador intermedio (midpoint)	Indicador base
Cierre de ciclo	% de circularidad material	% de circularidad de las entradas	% material no virgen
			% material renovable
		% de circularidad de las salidas	% potencial de recuperación
			% real de recuperación
	% de circularidad de agua	% de agua circular de entrada	
		% de agua circular de salida	
	% energía renovable		
Optimización del ciclo	% de materiales críticos		
	% de recuperación (por tipo) *	% extensión de vida útil	% Reúso

			% Restauración
			% Remanufactura
		% reciclaje	
		% consumo (alimentos)	
		% consumo alternativo (alimentos)	
		% biodegradación (absorción de nutrientes)	
		% valorización energética (biogás/biomasa)	
	% vida útil		
	Recirculación de agua en sitio		
Valoración del ciclo	Productividad material circular		
	Ingresos circulares		
Impacto del ciclo	Daño a la salud humana	Cambio climático	
		Uso del agua	
	Daño a los ecosistemas	Agotamiento de ozono (estratosférico)	
		Radiación ionizante	
	Daño a la disponibilidad de recursos	Formación de partículas finas	
		Formación fotoquímica de oxidantes (ozono troposférico): salud humana	
		Formación fotoquímica de oxidantes (ozono troposférico): calidad de los ecosistemas	
		Acidificación terrestre	
		Eutrofización de agua dulce	
		Eutrofización marina	
		Toxicidad humana: cancerígena	
		Toxicidad humana: no cancerígena	
		Ecotoxicidad terrestre	
		Ecotoxicidad en agua dulce	
		Ecotoxicidad marina	
		Transformación del uso del suelo	
		Escasez de recursos minerales	
		Escasez de recursos fósiles	
	Huella de carbono	Cambio climático	
	Huella hídrica	Uso del agua	

* El % de recuperación (por tipo) – indicador KPI – es equivalente al % real de recuperación – indicador base. El primero se utiliza para describir la situación global recuperación de materiales de la empresa. El segundo se utiliza a nivel de cada material o producto (flujo) de salida.

Para la formulación de la hoja de ruta se hizo una medición para los años 2019 y 2020 como línea de base. Esta información fue incorporada como parte de la fase de diagnóstico de la formulación.

4.2. Formulación participativa de la Hoja de Ruta

A partir de la revisión de las diferentes metodologías y experiencias en el desarrollo de estrategias y hojas de rutas relacionadas con Economía Circular se propusieron los siguientes objetivos para el proceso:

- Identificar, involucrar y empoderar a las partes interesadas en el desarrollo de iniciativas de economía circular dentro de la empresa, con el fin de generar un sentido de pertenencia a través de una visión compartida de Economía Circular que permita construir una hoja de ruta elaborada valida y aceptada por todos.
- Construir en conjunto con las partes interesadas el punto de partida o estado del arte de la empresa frente a la gestión de economía circular y sensibilizarlas a estos actores sobre la importancia que la economía circular representa frente a las diferentes gestiones de la empresa.
- Construir una Visión de Economía Circular de la empresa, de acuerdo con el punto de partida encontrado con todas las partes interesadas y mediante la validación y socialización de un diagnóstico de circularidad o potencial de circularidad de la Empresa.
- Identificar las acciones necesarias para cerrar la brecha entre la visión y el punto de partida en dos periodos, 2024-2028 y 2028-2035, identificando responsables y recursos necesarios. Lo anterior, a través de una serie de talleres participativos y didácticos con las partes interesadas.
- Contar con insumos importantes para desarrollar una segunda fase que logre definir un plan de acción para la Hoja de Ruta, un piloto formulado a nivel de prefactibilidad, un marco de monitoreo y un tablero de control para la Hoja de Ruta

Para elaborar la hoja de ruta se propuso la implementación de un enfoque denominado ABCD (Holmberg, 1998). Este enfoque incorpora el método Backcasting, el cual usa un enfoque de retrospectiva desde el futuro, así como también una implementación sistemática y progresiva, manteniendo una visión a largo plazo (Holmberg, 2000; Holmberg & Robert, 2000; Robinson et al., 2011).

El enfoque ABCD se resume en el siguiente diagrama y cuenta con cuatro pasos:

- **Conciencia & visión:** Se crea una visión conjunta luego de entender y definir la sostenibilidad para las personas, las empresas y otras organizaciones y la sociedad, teniendo en cuenta los alcances del proyecto.
- **Análisis de línea base:** Se define el punto de partida para entender luego la brecha entre lo que queremos llegar.
- **Soluciones creativas:** En esta fase es donde se desarrollan de manera participativa las soluciones innovadoras para cerrar la brecha en el tiempo y con los recursos disponibles.
- **Idear un plan: decidir sobre las prioridades** ¿Qué debemos hacer y cuándo debemos hacerlo? ¿Cuáles son los primeros pasos y los "mangos bajitos" que traerán beneficios más rápidos? ¿qué necesita una planificación a más largo plazo?

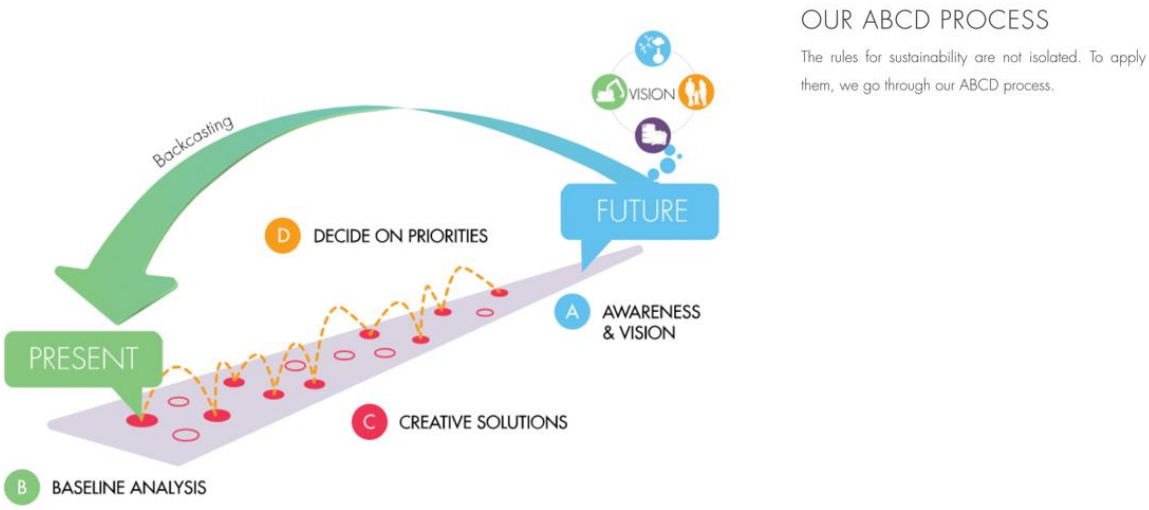


Figura 5 Proceso de Backcasting. (Holmberg, 1998)

4.3. Teoría del Cambio

La teoría del cambio (Theory of Change, TOC por sus siglas en inglés) es una metodología que ayuda a comprender el impacto de estrategias de largo plazo en áreas difíciles de medir, como la gobernanza, fortalecimiento de capacidades y el desarrollo institucional. La TOC describe un conjunto de suposiciones que ayudan a entender los acciones y actividades que conducen a metas de largo plazo y realiza conexiones entre un programa o estrategia con los resultados que deben ocurrir en cada paso del proceso (The Center for Theory of Change, s.i.).

La teoría básicamente responde al diseño de una secuencia de resultados que se espera que ocurran como consecuencia de unas intervenciones y realizar una estrategia de seguimiento y evaluación para rastrear si estos resultados se producen. Su implementación se resume en los siguientes seis pasos:

1. Identificar metas a largo plazo
2. Retroceder y conectar las condiciones previas o requisitos necesarios para lograr esas metas de largo plazo y explicar por qué estas condiciones previas son necesarias y suficientes
3. Identificar suposiciones básicas sobre el contexto.
4. Identificar las intervenciones que su iniciativa realizará para crear el cambio deseado
5. Desarrollar indicadores para medir los resultados para evaluar el desempeño de las iniciativas
6. Presentar una narrativa para explicar la lógica de su iniciativa.

La Figura 6 muestra un esquema para abordar la teoría. Aplicar esta herramienta metodológica permitió no solo identificar las actividades y estrategias que conforman el plan de acción, sino que permitió identificar los productos y resultados o efectos que se esperan en el desarrollo de la hoja de ruta.



Figura 6. Teoría del Cambio, explicada a través de cadena de resultados. Tomado de (UNICEF, 2017)

4.4. Fases ejecutadas

El proceso de elaboración de la Hoja de Ruta de Economía Circular de la EAAB se diseñó en seis fases como se muestra en la Figura 7.

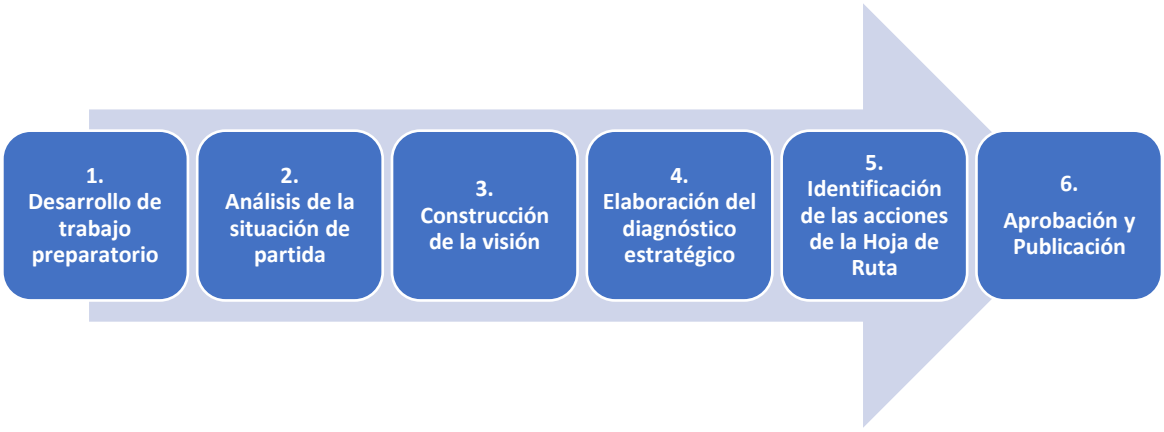


Figura 7. Fases para la elaboración de la Hoja de Ruta

Fase 1: Desarrollo de trabajo preparatorio

En esta fase se mapearon las metodologías disponibles para elaborar hojas de ruta de Economía Circular, así como casos de este tipo de iniciativas para el sector de Servicios de Acueducto y Alcantarillado. Con base en esta revisión se estructuró un plan de trabajo y se identificaron los recursos necesarios para desarrollar cada una de las fases.

Fase 2: Análisis de la situación de partida

En esta fase se realizaron dos actividades principales:

1. Identificación de las partes interesadas y sus roles. Por otra parte, se realizó una sensibilización a las partes interesadas frente a la economía circular y una evaluación perceptiva de estos actores frente a los temas de economía circular y las gestiones de la empresa en esos temas.
2. Identificación de política pública, normativa y las iniciativas externas e internas relacionada con los temas economía circular.

De la caracterización de los grupos de interés de la empresa se identificaron y priorizaron aquellos relevantes y estratégicos para ser consultados en la elaboración de la hoja de ruta, los cuales se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Grupos de Interés de la EAAB que se consultaron durante el proceso de elaboración de la hoja de ruta

Grupos de interés de la EAAB	involucrados en la elaboración
Usuarios	
Comunidad	
Colaboradores	X
Proveedores	
Gobierno	X
Organizaciones	X
Medios de Comunicación	
Academia e investigación	X

Fase 3: Construcción de la visión

La visión es la meta de largo plazo donde se plasman las aspiraciones de todos los actores, por lo tanto, se realizó de manera participativa recolectando la información de diferentes actores tanto internos como externos. Estos pasos se pueden ver en la Figura 8.

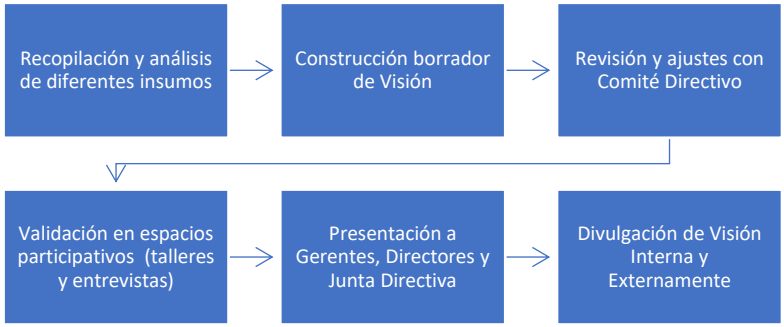


Figura 8. Pasos para la elaboración de la visión

Fase 4: Elaboración del diagnóstico estratégico

El diagnóstico estratégico permitió a la empresa identificar la situación interna de partida respecto a la gestión de la economía circular y entender los cambios de su entorno, con el propósito de diseñar una estrategia corporativa que le permita alcanzar su visión.

La metodología para elaborar este diagnóstico estratégico se presenta en la Figura 9.

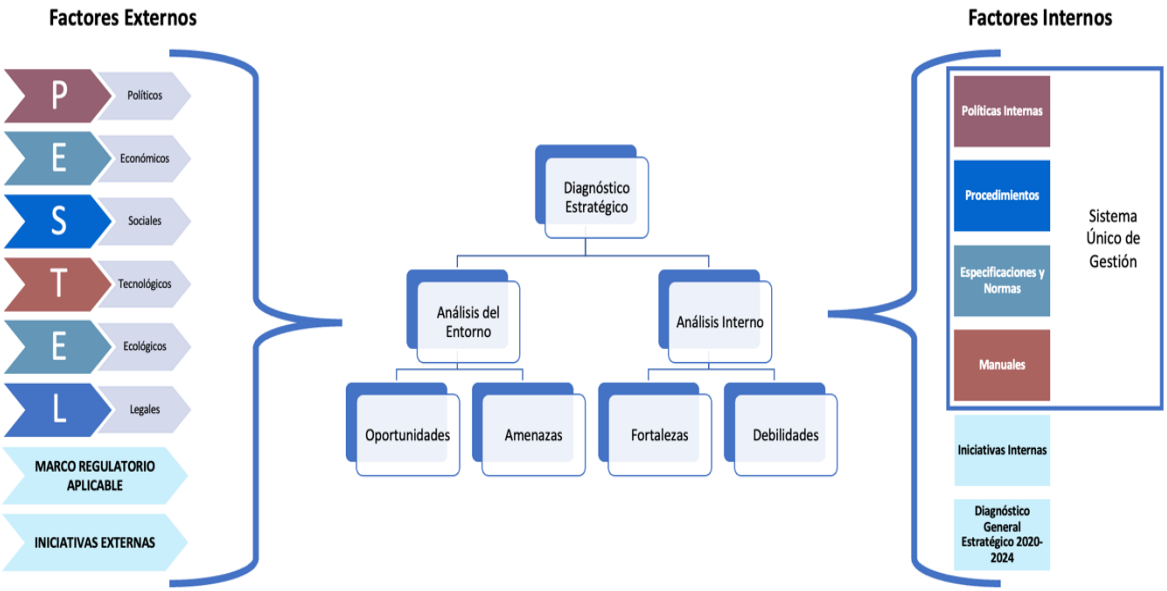


Figura 9. Representación esquemática de la elaboración del diagnóstico estratégico.

El resultado final de este diagnóstico fue una matriz DOFA (Debilidades Oportunidades Fortalezas y Amenazas) donde se identificaron las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas con respecto a la visión de economía circular que la empresa acordó.

Fase 5: Identificación de las acciones de la hoja de ruta

La identificación de las acciones de la Hoja de ruta tuvo dos momentos. Un momento participativo, a través de un taller de identificación de acciones con. Un segundo momento incluyó un proceso analítico para identificar el camino del cambio requerido para lograr su visión.

La elaboración de la hoja de ruta se abordó en cinco etapas (Figura 10) y tomó en cuenta los resultados de los talleres y las validaciones de resultados preliminares con diferentes especialistas técnicos a través de reuniones y consultas por mail.

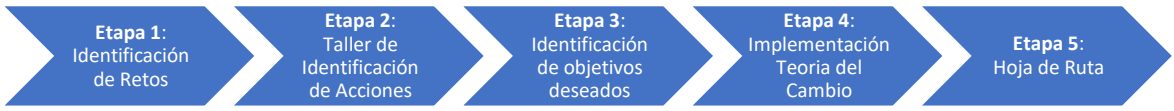


Figura 10 Etapas para la construcción de la Hoja de Ruta

Con el fin de interactuar con las partes interesadas a lo largo de estas fases, se diseñaron diferentes espacios de participación:

- El **Comité Directivo**, estuvo conformado por representantes de la Gerencia General, Gerencia Corporativa Ambiental, Gerencia Corporativa Sistema Maestro y la Gerencia

Corporativa Planeamiento y Control, fue una instancia que ofreció el respaldo al proceso y los representantes ofrecieron un direccionamiento estratégico en los avances de cada una de las etapas del proceso de construcción.

- Los **espacios de participación con expertos técnicos** incluyeron talleres grupales de co-creación con metodologías *design-thinking,* entrevistas semiestructuradas y una encuesta de percepción para toda la empresa. Los talleres y entrevistas semiestructuradas se llevaron en casi todas las fases de la elaboración de la hoja de ruta, con el fin de validar resultados y hallazgos, así como obtener información que no se encontraba en la documentación revisada.

En las siguientes secciones se presentan los resultados de cada etapa del proceso de formulación estratégica.

5 VISIÓN Y DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO DE LA HOJA DE RUTA

En esta sección se describen los resultados del proceso de diseño de la visión y elaboración del diagnóstico estratégico que alimentan la formulación estratégica.

5.1 Actores vinculados al proceso

El proceso de elaboración de la hoja de ruta contó con la participación de actores internos y externos diversos que se relacionan en la Tabla 3 y Tabla 4.

Tabla 3. Actores interesados consultados en el proceso de elaboración de la hoja de Ruta

TIPO	Entidad
Organizaciones	Asociación Nacional de Empresas de Servicios Públicos y Comunicaciones- Andesco Asociación Nacional de Empresarios de Colombia - Andi Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional- GIZ CEMPRE Colombia ENEL ProBogota Región Connect Bogotá Región
Gobierno Nacional	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Ministerio de Vivienda y Desarrollo Territorial CRA DNP Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos -UAESP
Gobierno Regional	RAPE
Gobierno Distrital	Alcaldía Mayor de Bogotá Secretaria Distrital de Desarrollo Económico Secretaria Distrital del Hábitat Secretaria Distrital de Ambiente
Academia	Universidad Javeriana Universidad Nacional de Colombia Universidad de los Andes

Tabla 4. Dependencias que acompañaron el proceso

Gerencias	Dependencias
Secretaria General	Dirección de Contratación y Compras
	Oficina Asesora Imagen Corporativa y Comunicaciones
Gerencia Corporativa Planeamiento y Control	Dirección de Gestión Calidad y Procesos
	Dirección Planeación y control de inversiones
	Dirección Planeación y Control renta. gastos y costos
	Dirección Planeación de Resultados Corporativos
Gerencia Corporativa Gestión Humana y Administrativa	Dirección Administración Activos fijos
	Dirección de Servicios Administrativos
	Dirección de Salud

Gerencia de tecnología	Dirección de Ingeniería Especializada
	Dirección de Servicios de Electromecánica
	Dirección Servicios Técnicos
	Dirección de Servicios de Informática
	Dirección Información Técnica y Geográfica
Gerencia Corporativa Sistema Maestro	Dirección de Abastecimiento
	Dirección Red Matriz Acueducto
	Dirección Red Troncal Alcantarillado
	Dirección de Bienes Raíces
Gerencia corporativa de servicio al cliente	Dirección de Gestión Comunitaria
	Dirección Apoyo Técnico
Gerencia Corporativa Ambiental	Dirección Saneamiento Ambiental
	Dirección Gestión Ambiental del Sistema Hídrico

5.2 Visión de economía circular para la EAAB ESP

La visión para la Hoja de Ruta para avanzar hacia la gestión circular del servicio de agua potable y aguas residuales en la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá E.S.P. al 2050 es:

"Para el 2050, la EAAB ha mejorado la eficiencia en la prestación del servicio de acueducto y alcantarillado en toda su cadena, extrayendo valor del agua residual tratada, los materiales y la energía que usa en sus procesos regenerando sus activos naturales y promoviendo una cultura de la circularidad hacia adentro y hacia afuera"

La visión contempla tres períodos de implementación que se ajustan con varias de estas iniciativas, de la siguiente forma:

2024-2028	•Próximo Plan General Estratégico de la EAAB
2028-2035	•Finalización Política Distrital de Servicios Públicos y ODS
2035-2050	•Finalización Estrategia Climática de Largo plazo

Figura 11. Periodos de implementación de la Visión

Figura 12. Visión de economía circular de la empresa y sus cuatro líneas de acción

5.3 Diagnóstico de Circularidad

El diagnóstico de circularidad se basa en la información recopilada para los años 2019 – 2022. A continuación, se presentan los principales resultados del diagnóstico y recomendaciones.

Análisis de flujo de materiales y de ciclo de vida

El cálculo de los flujos se realizó a través de un modelo programado en Excel. La Figura 13, Figura 14y Figura 15 presentan los resultados del modelo de flujos para el año 2019 utilizando un diagrama tipo *sankey* elaborado en el software eSankey. Las figuras Figura 16,Figura 17 y Figura 18 presentan los resultados para el año 2020.

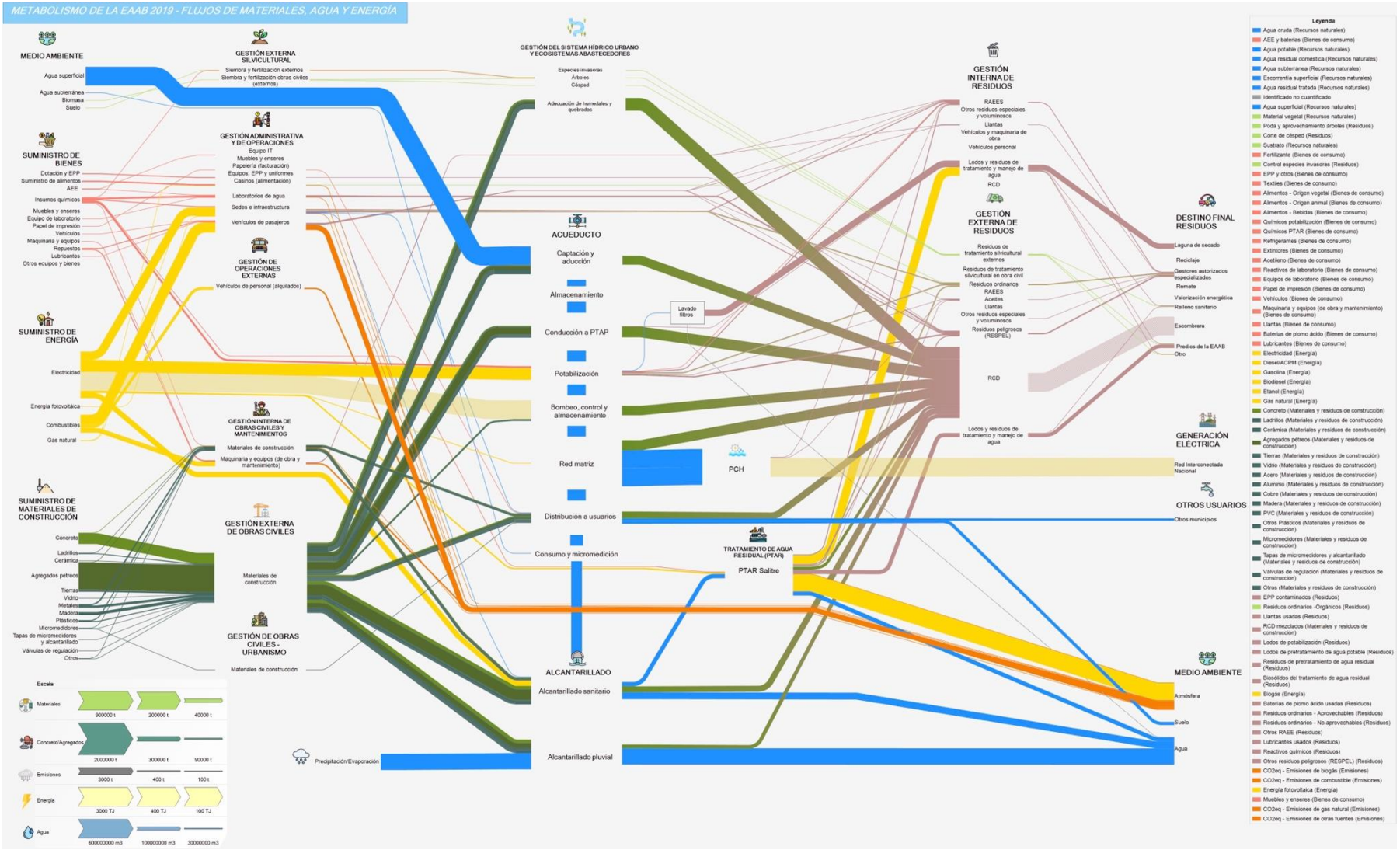


Figura 13. Metabolismo detallado de la EAAB: flujos de materiales, agua y energía en el 2019.

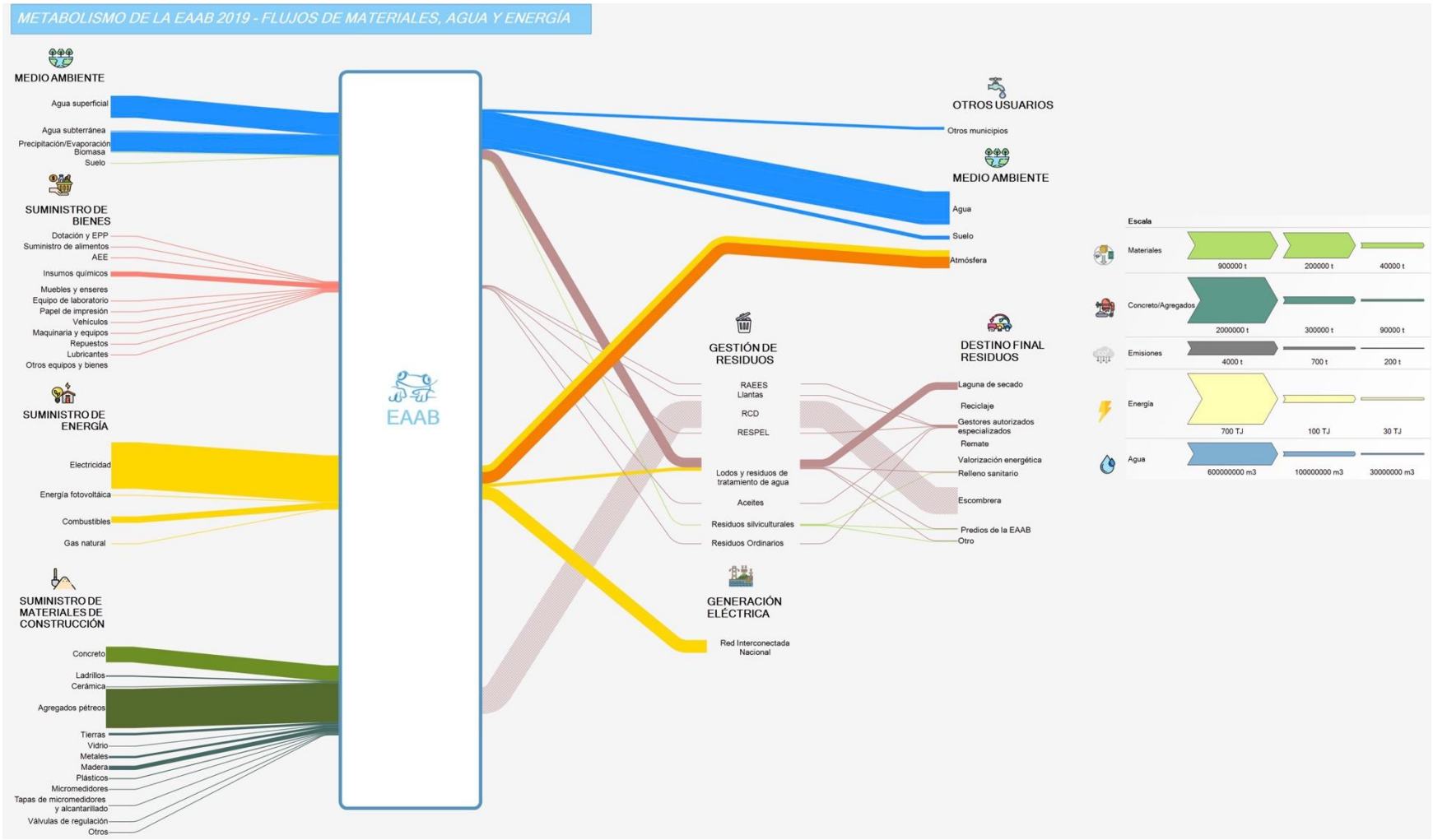


Figura 14. Metabolismo de la EAAB en el 2019: procesos de entrada agregados.

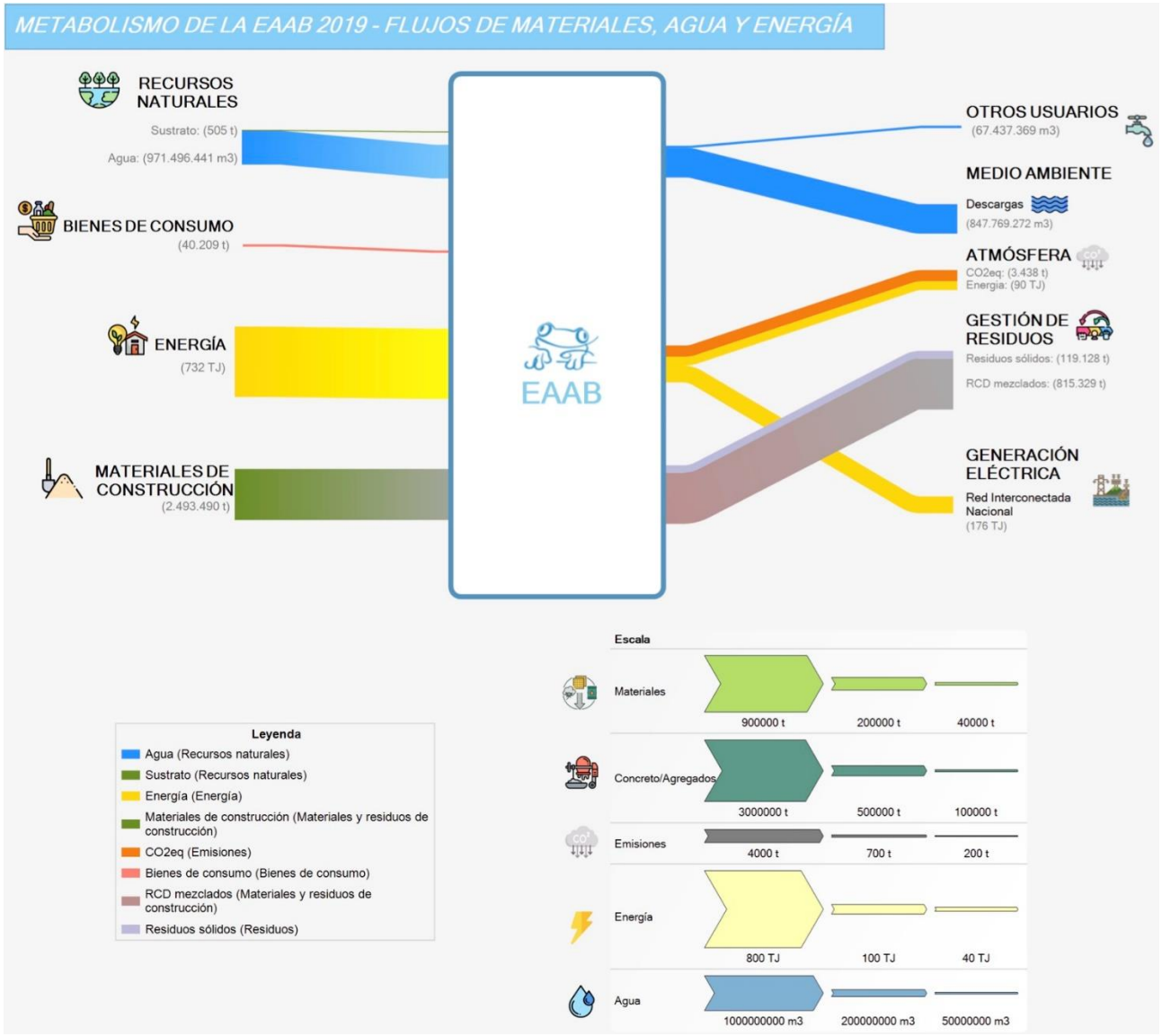


Figura 15. Metabolismo resumen de la EAAB en el 2019.

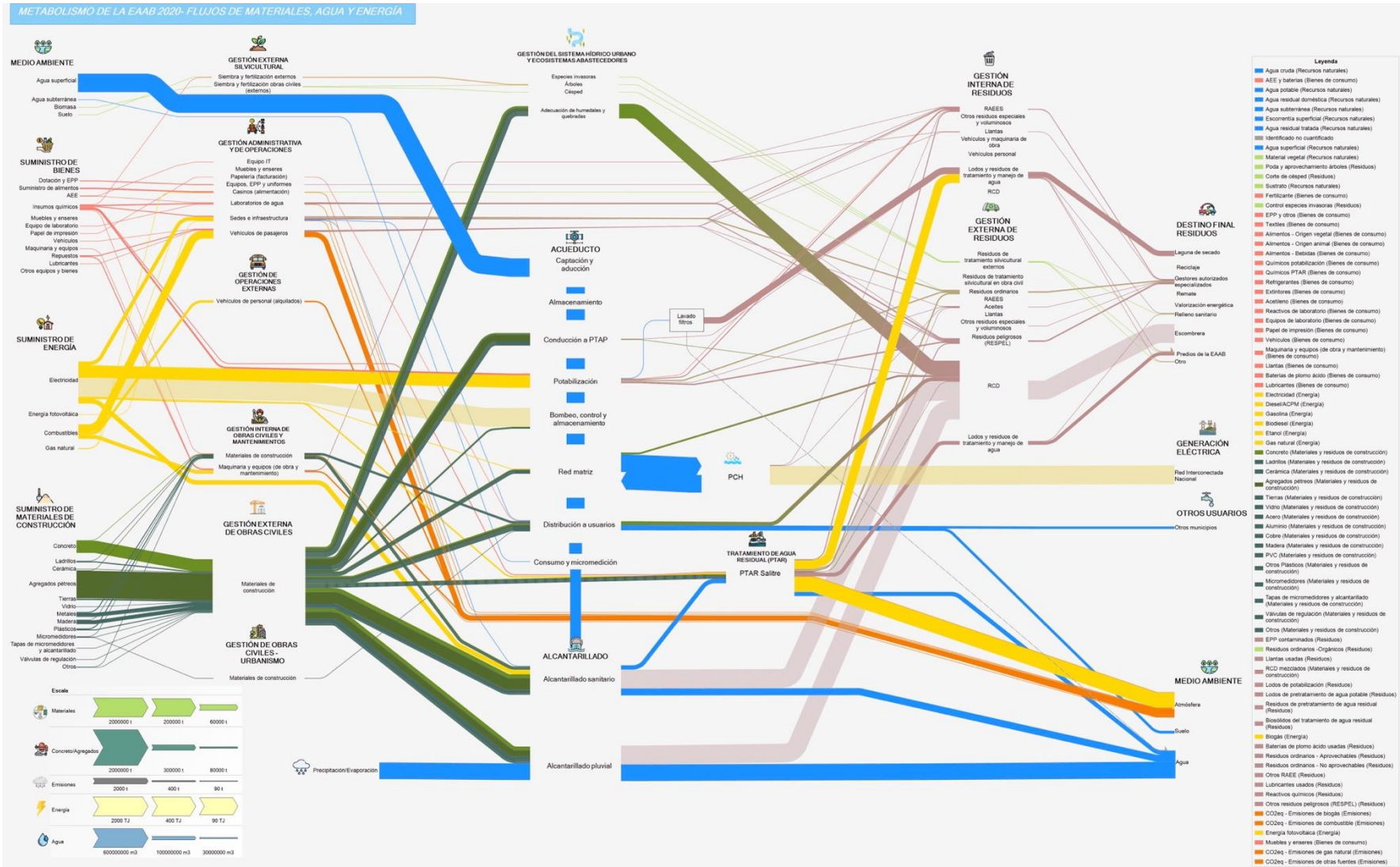


Figura 16. Metabolismo detallado de la EAAB: flujos de materiales, agua y energía en el 2020.

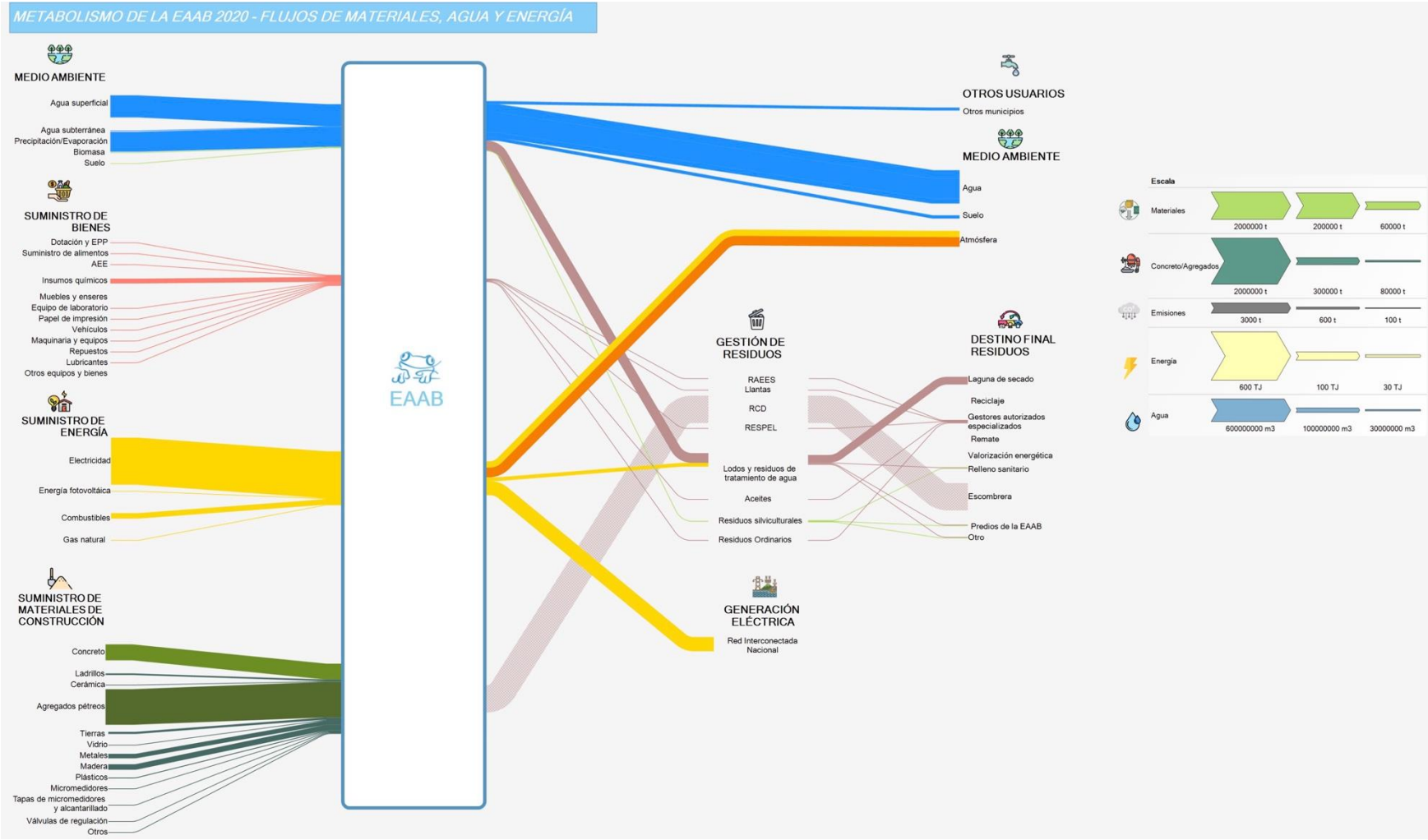


Figura 17. Metabolismo de la EAAB en el 2020: procesos de entrada agregados.



Figura 18. Metabolismo resumen de la EAAB en el 2020.

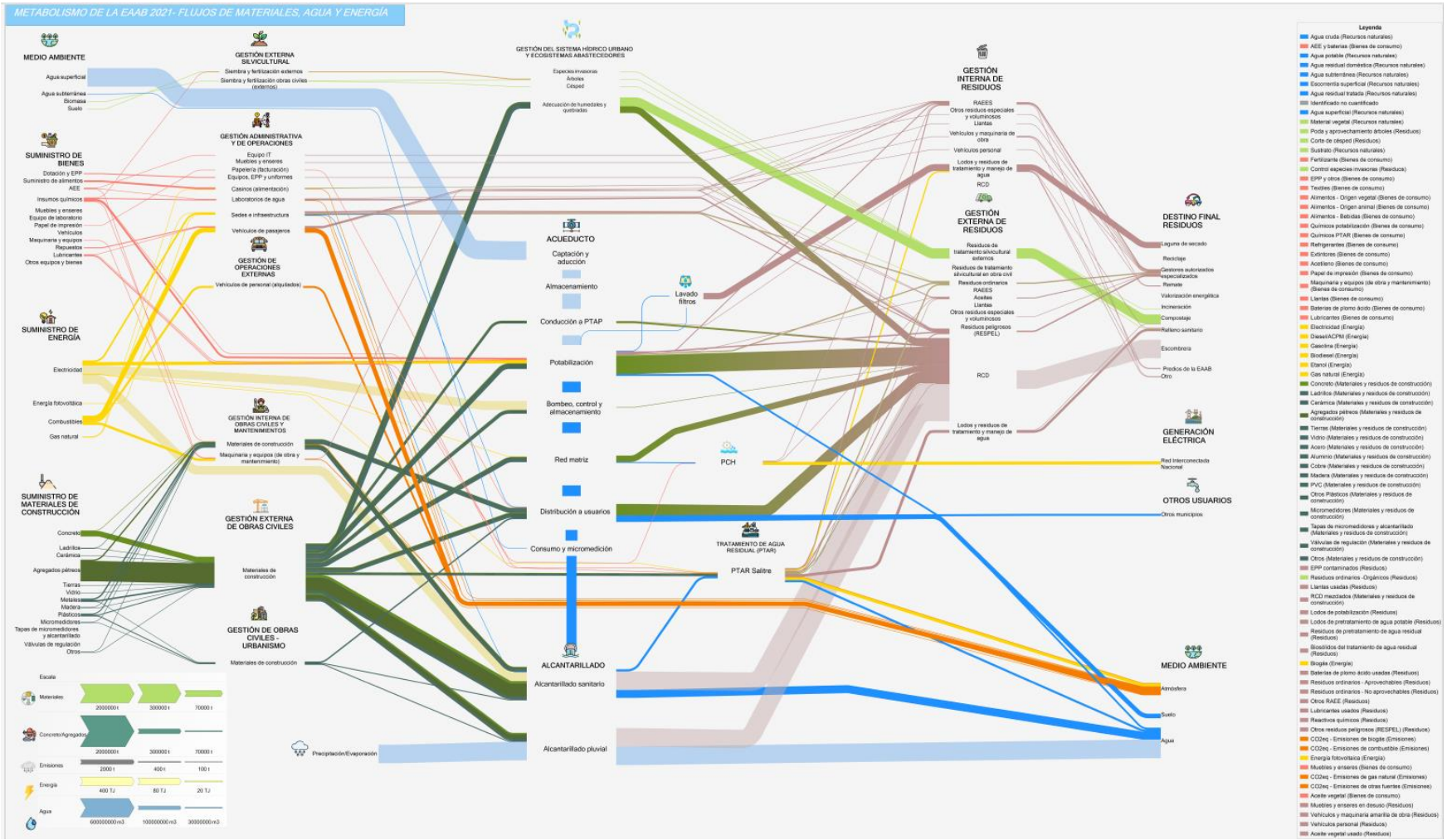


Figura 19 Metabolismo detallado de la EAAB en el 2021.

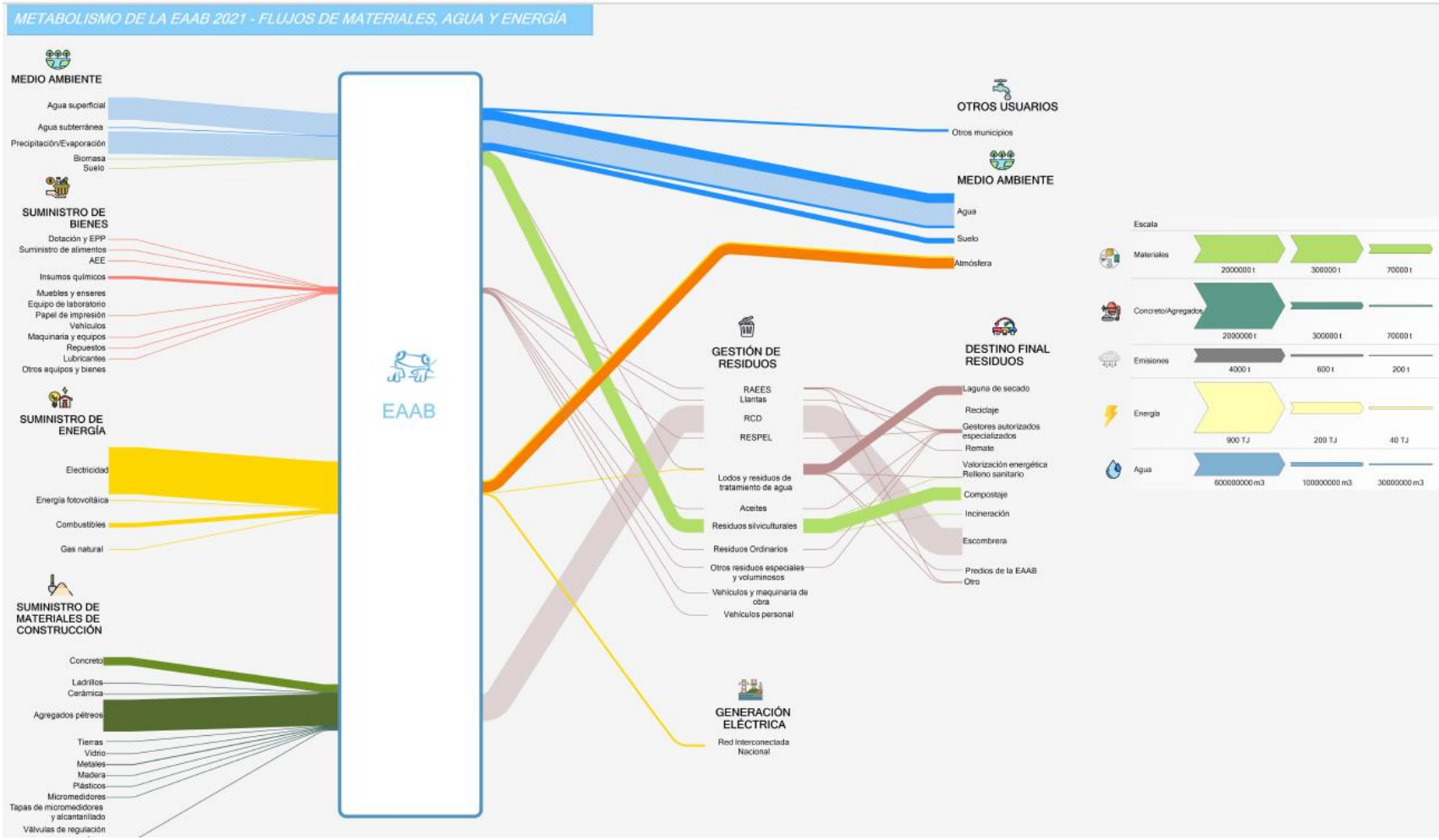


Figura 20 Metabolismo resumen: procesos de entrega agregados 2021



Figura 21 Metabolismo resumen 2021

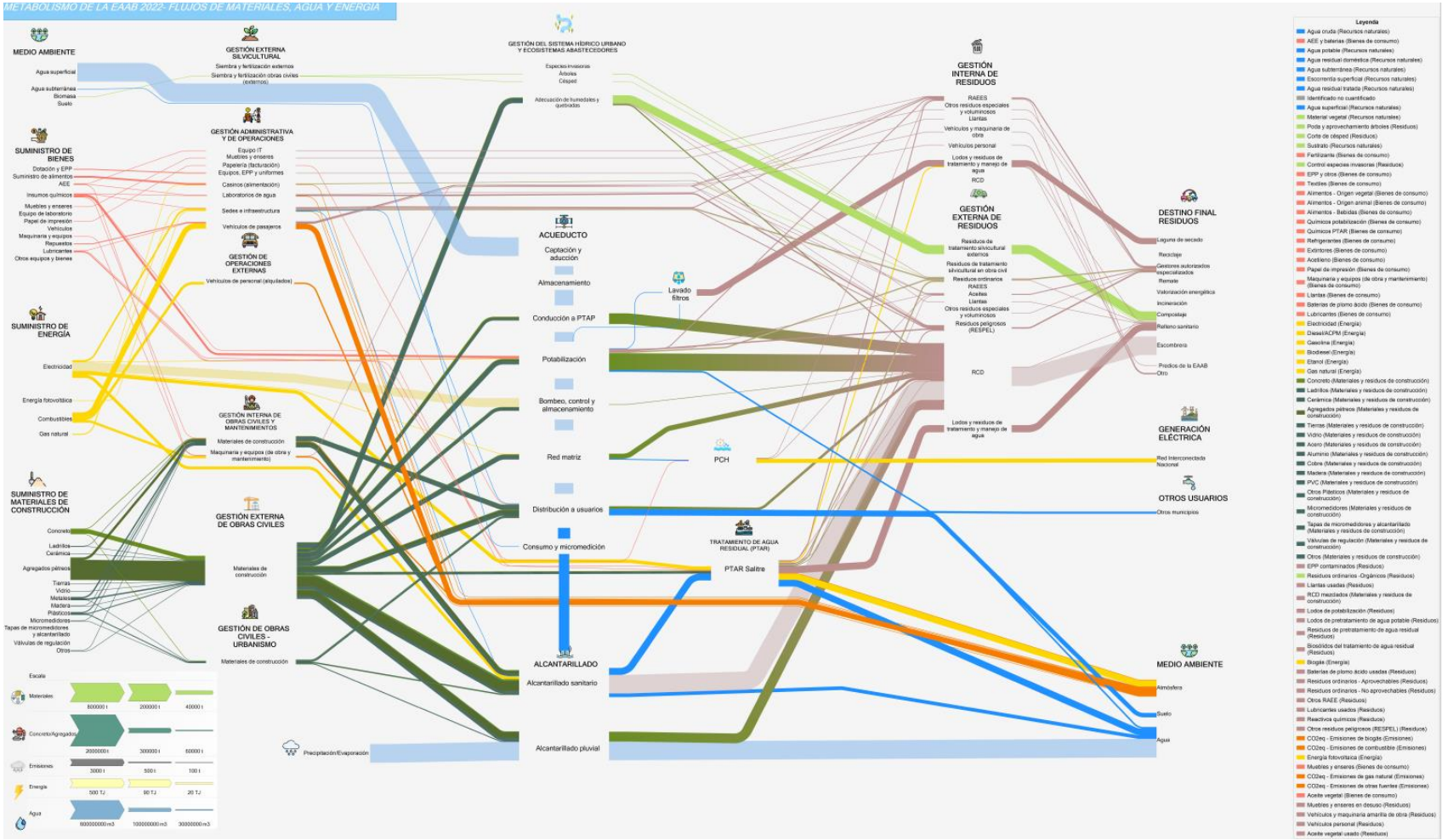


Figura 22 Metabolismo empresarial EAAB ESP 2022

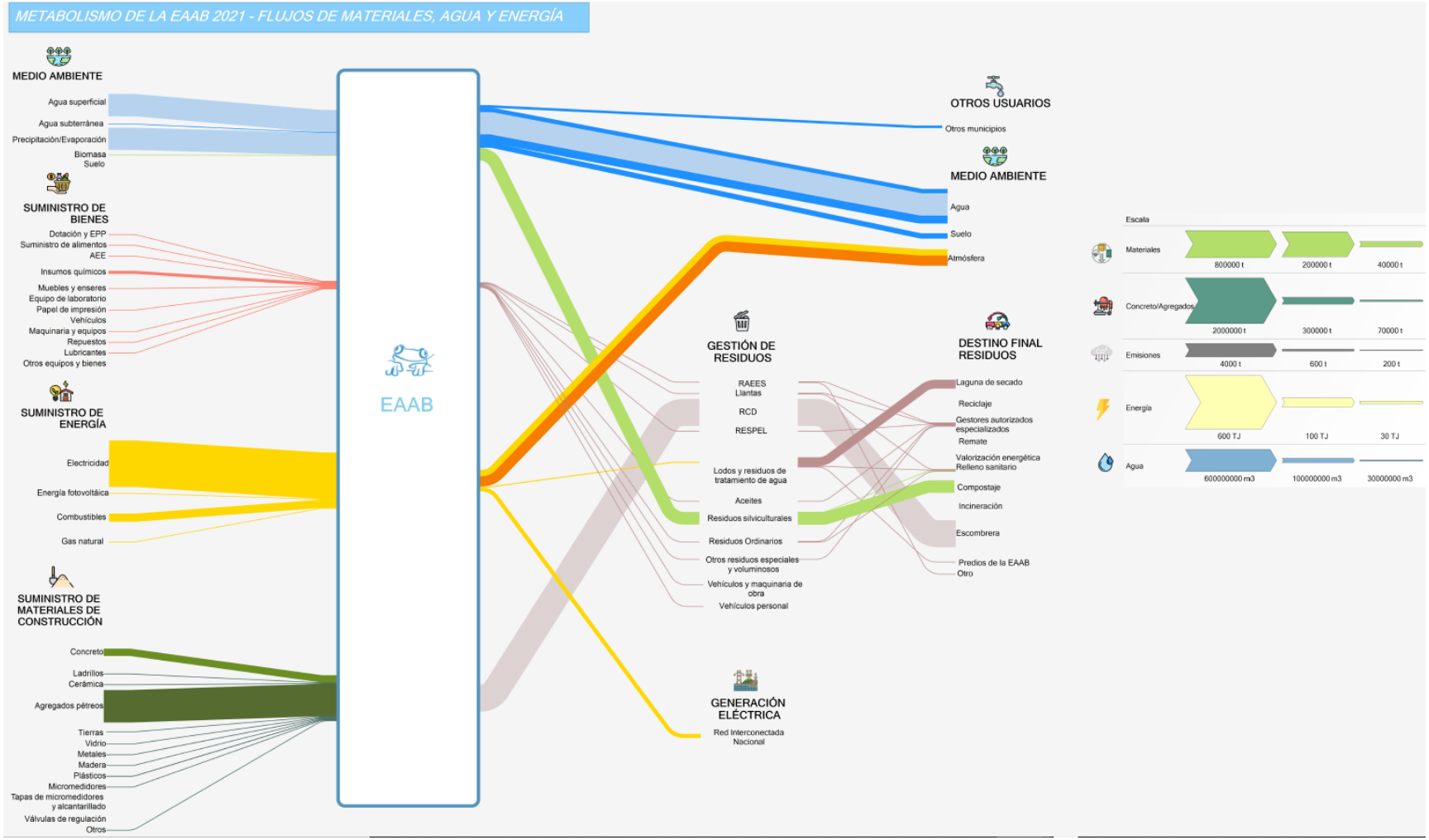


Figura 23 Metabolismo resumen: procesos de entrega agregados 2022

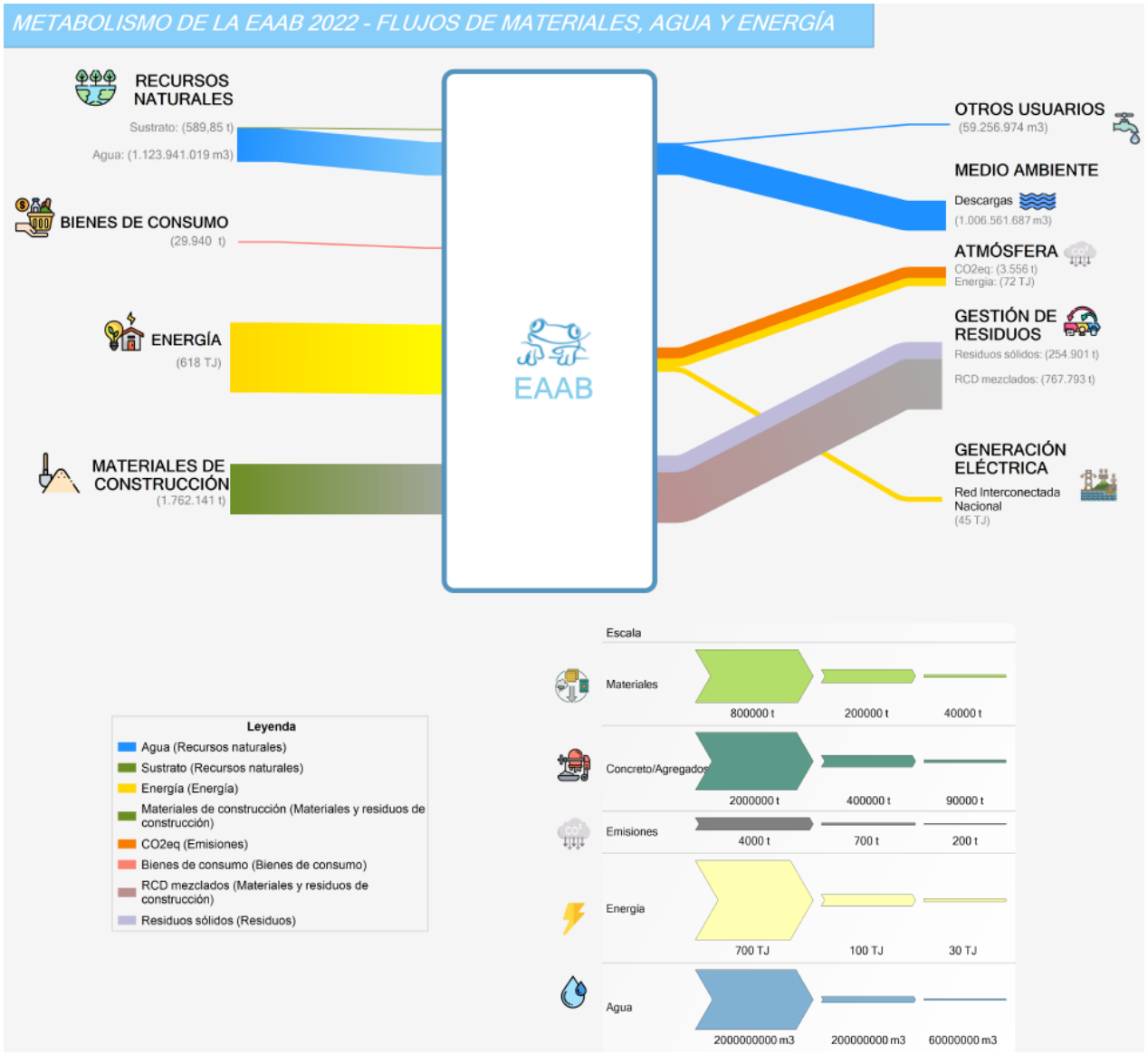


Figura 24 Metabolismo resumen 2022

Indicadores de circularidad

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** reporta los resultados de la medición de los indicadores KPI de circularidad de la EAAB. Los indicadores intermedios y de base se presentan y discuten en las siguientes subsecciones donde se analizan los resultados KPI por grupo.

Tabla 5 Indicadores "endpoint" 2019-2022

Grupo	Indicador	Unidades	Promedio	2019	2020	2021	2022
Cierre de ciclo	% de circularidad material	%	1,18%	1,50%	1,99%	0,54%	0,68%
	% de circularidad de agua	%	72,78%	74,24%	74,66%	67,93%	74,29%
	% de energía renovable	%	75,50%	75,50%	76,91%	77,17%	72,43%
Optimización del ciclo	% de materiales críticos	%	1,18%	1,02%	1,40%	1,13%	1,15%
	% de recuperación por tipo	%	4,02%	0,35%	0,25%	6,41%	9,05%
	% vida útil	%	105,67%	111,54%	109,30%	100,26%	101,56%
	Recirculación de agua en sitio	# usos	1,01	1,00	1,00	1,02	1,02
Valoración del ciclo	Productividad material circular	Miles de COP/ton	1.025,02	830,92	772,56	1.167,33	1.329,27
	Ingresos circulares	Millones de COP	59.704,60	20.559,80	20.987,20	73.226,83	124.044,56
Impacto del ciclo	Daños a la salud humana	Años	1.217,58	1.320,73	2.051,98	840,04	657,55
	Daños a los ecosistemas	Especies x año	2,39	2,70	3,17	2,06	1,64
	Daño a la disponibilidad de los recursos	Miles de Dólares (2013)	19.933,93	22.347,18	27.109,82	17.378,06	12.900,65
	Cambio climático	Miles de Ton CO2 al aire	259,93	288,54	361,96	220,84	168,41
	Uso del agua	Millones de m3 de agua consumida	543,58	513,96	514,00	573,15	573,20

Fuente: EAAB ESP, 2023

Tabla 6. Variación en las mediciones de los indicadores "endpoint" 2019 - 2022

Grupo	Indicador endpoint	Variación 2019 - 2020	Variación 2020 - 2021	Variación 2021 - 2022
Cierre de ciclo	% de circularidad material	32.33%	-73,08%	27,45%
	% de circularidad de agua	0.57%	-9,01%	9,36%
	% de energía renovable	1.86%	0,34%	-6,14%
Optimización del ciclo	% de materiales críticos	36.80%	-19,29%	1,55%
	% de recuperación por tipo	-29.18%	2451,51%	41,15%
	% vida útil	-2.00%	-8,27%	1,30%
	Recirculación de agua en sitio	0.00%	2,00%	0,09%
Valoración del ciclo	Productividad material circular	-7.02%	51,10%	13,87%
	Ingresos circulares	2.08%	248,91%	69,40%
Impacto del ciclo	Daños a la salud humana	55.37%	-59,06%	-21,72%
	Daños a los ecosistemas	17.20%	-34,99%	-20,20%
	Daño a la disponibilidad de los recursos	21.31%	-35,90%	-25,76%
	Cambio climático	25.44%	-38,99%	-23,74%
	Uso del agua	0.01%	11,51%	0,01%

Fuente: EAAB, 2023

Cierre de ciclo

Los indicadores de cierre de ciclo incluyen el % de circularidad material, el % de circularidad de agua y el % de energía renovable. La circularidad promedio de los materiales para el periodo evaluado se mantuvo por debajo del 2%, mostrando un comportamiento oscilatorio a lo largo de los años - ha subido en algunos y en otros ha bajado. La circularidad de las entradas materiales aumentó entre el 2019 y 2020 gracias al incremento en la siembra de árboles y césped. A partir de allí ha venido decreciendo, de 2% en 2020 a 0,11% en 2022. En general, para el periodo de evaluación, la circularidad media de las salidas materiales (4,49%) fue mucho mayor que la circularidad media de las entradas materiales (0,94%).

Entre los años 2019 y 2022 la circularidad promedio del agua fue del 73%. En el año 2021 se observó una ligera reducción con respecto a los años anteriores debido a una reducción en la circularidad de las salidas asociado a la restricción de caudal de ingreso a la PTAR Salitre por obras de construcción. Para el año 2022 se observa un incremento significativo en la circularidad de las salidas debido a un aumento considerable en el caudal tratado en la PTAR con respecto a los años anteriores.

Finalmente, la participación de energía renovable en el total de la energía consumida por la empresa registró un promedio de 76%. Durante los años 2019 a 2021 se observó un aumento progresivo en el valor de este indicador, llegado a posicionarse en 77,2%. Para el año 2022 se reportó una disminución a 72,4%, asociada a la disminución del consumo de energía eléctrica - la cual tiene una participación alta de renovables - por la disminución del caudal de entrada a la PTAR Salitre, así como al aumento en el consumo de combustibles fósiles vinculado a la normalización de las actividades laborales de la empresa por la culminación de la medida sanitaria asociado a la pandemia de COVID-19.

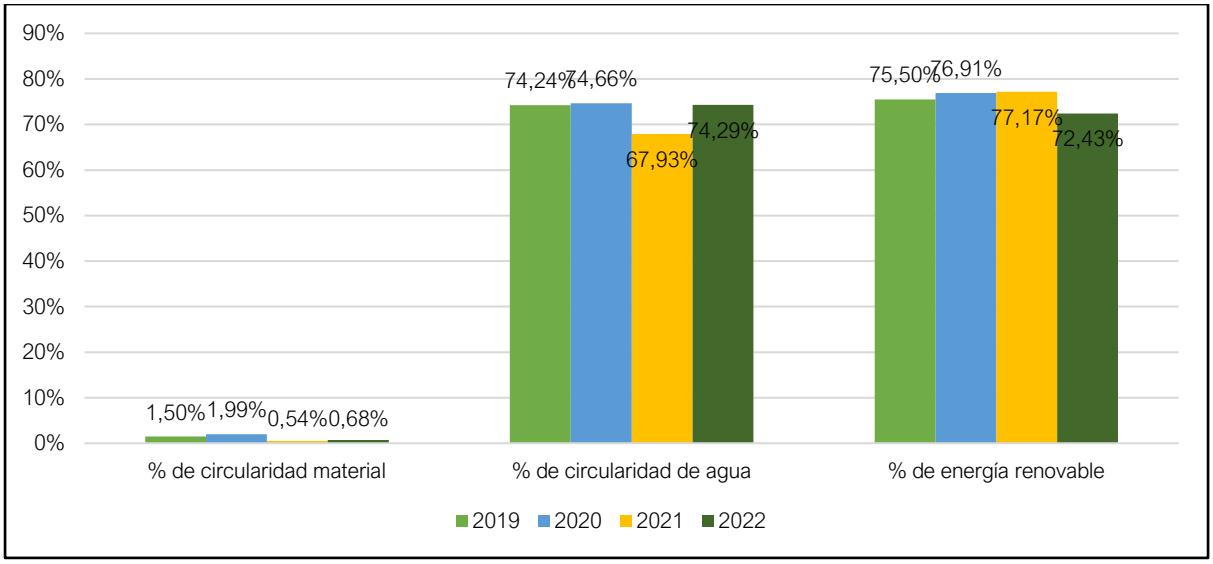


Figura 25 Indicadores circularidad material 2019-2022.

Optimización del ciclo

El contenido de materiales críticos en las entradas promedió 1,18% para el periodo estudiado. Se observó que el valor de este indicador varía año a año en función de las compras y adquisiciones que realiza la empresa. De manera general, se observa que los bienes de consumo y los materiales de construcción son los principales responsables de la demanda de materiales críticos. En los años 2021 y 2022 los bienes de consumo han cobrado una mayor relevancia; siendo los químicos de potabilización los principales responsables del segmento. Por el lado de los materiales de construcción, la mayor demanda de materiales críticos está asociada a la cadena de valor del acero consumido por la EAAB.

La recuperación de las salidas (o residuos) promedió cerca del 4% entre los años 2019 y 2022. Sin embargo, es de resaltar que en este periodo el indicador creció del 0,35% en 2019 al 9,05% en 2022. Este drástico crecimiento obedeció a la incorporación de nuevos flujos (residuos de podas y mantenimiento de humedales) que se recuperan a través de procesos de biodegradación (compostaje semi-controlado).

La vida útil promedio de los activos durante el periodo estudiado fue de aproximadamente el 106%, con respecto a la vida útil de referencia en la industria. El valor del indicador varía en función de las compras y bajas de activos que realiza la empresa cada año. En general se ha observado una tendencia a la baja en el indicador, es decir que la vida útil promedio de los activos ha disminuido, indicando un proceso de renovación que no afecta significativamente el desempeño de circularidad.

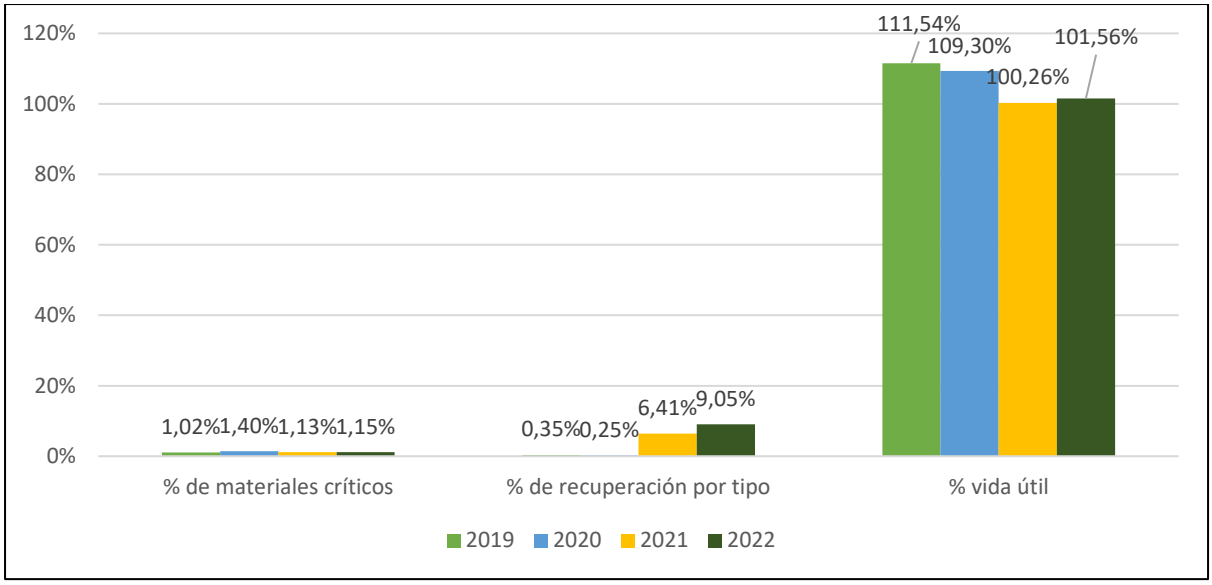


Figura 26. Indicadores de optimización del ciclo 2019-2022

Finalmente, el valor promedio de la recirculación de agua in-situ fue de 1,01 (cada litro de agua consumido por la empresa fue utilizado 1,01 veces). El indicador pasó de un valor de uno (1) en 2019 y 2020 a 1,02 en 2021 y 2022 debido a la puesta en marcha del sistema de recirculación de agua de lavado de filtros (y residual doméstica) de la PTAP El Dorado.

Valoración del ciclo

La productividad material circular registró un promedio anual cercano a un (1) millón de pesos por cada tonelada material lineal de entrada. El indicador ha registrado una tendencia al alza en los últimos tres años, pasando de 772 mil pesos en 2020 a 1,3 millones de pesos en 2022, evidenciando un desacoplamiento de la empresa de los materiales líneas en su generación de ingresos. Dos factores han contribuido al comportamiento del indicador: un incremento en los ingresos corrientes seguido de una ligera disminución en la masa de entradas lineales.

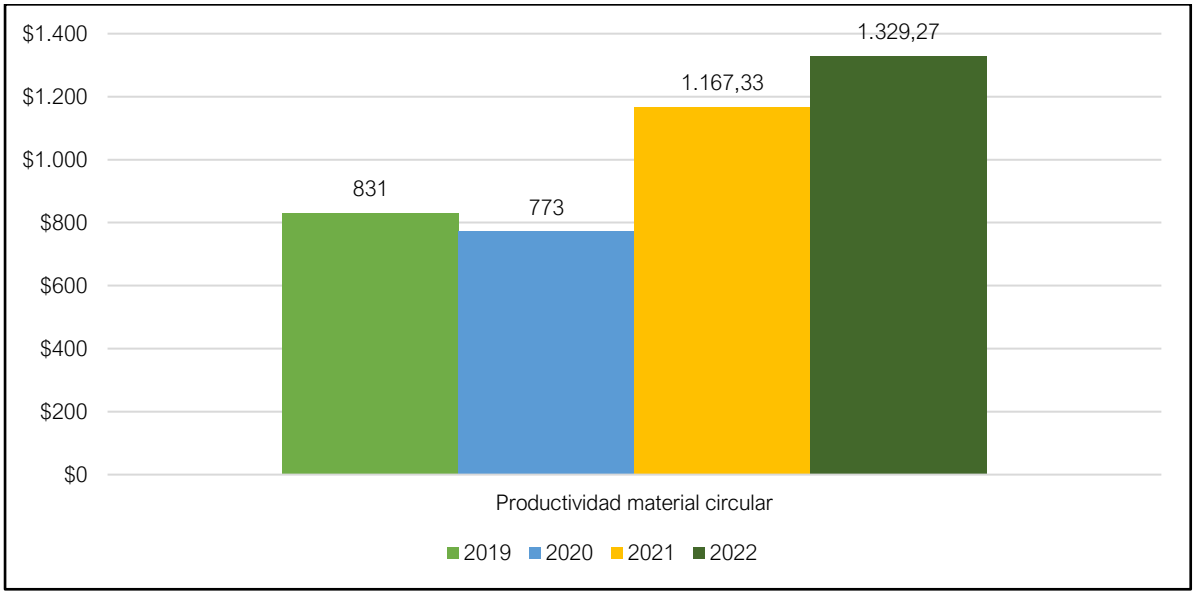


Figura 27 Productividad del material circular. Miles de COP.

Los ingresos circulares de la empresa promediaron cerca de 60 millones de pesos anuales, pasando de alrededor de 21 millones en 2019 y 2020 a 124 millones en 2022; lo que representa el 5,22% de los ingresos de la empresa. A pesar de la disminución en la circularidad material de la empresa, los ingresos circulares aumentaron siguiendo un aumento en los ingresos corrientes de la empresa, cuya tasa de crecimiento fue superior a la tasa de disminución de la circularidad material.

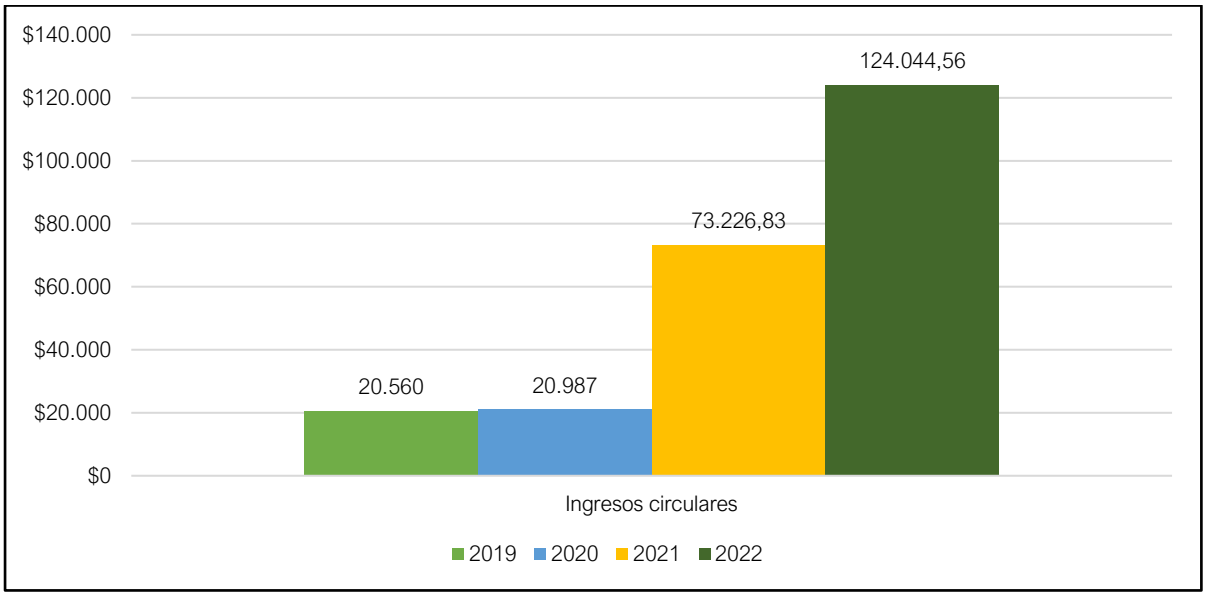


Figura 28 Ingresos circulares. Millones de COP.

Impacto del ciclo

En general, los impactos ambientales del ciclo de vida de las entradas a la empresa han disminuido a lo largo del periodo estudiado, salvo por el año 2020 donde se registró un incremento con respecto al año 2019. Entre los años 2019 y 2022 se registraron reducciones entre el 40% y el 50% en los impactos, excepto por la huella hídrica que registró un incremento del 11%. La huella de carbono de las entradas disminuyó un 41,6%. Estas reducciones se explican principalmente por la disminución en el consumo de materiales de construcción para los años 2021 y 2022.

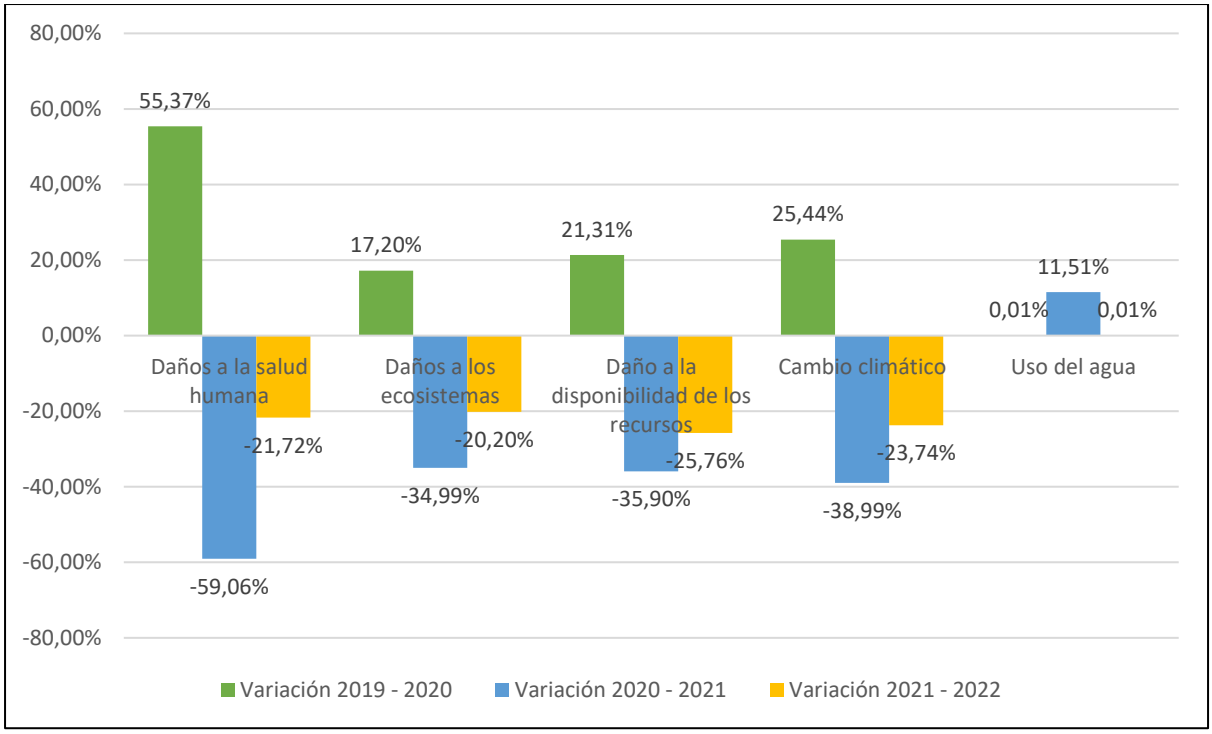


Figura 29 Variación de los impactos ambientales de las entradas del metabolismo. 2019-2022

Con respecto al 2019, en el 2022 se registró una reducción cercana al 29% en el consumo de materiales de construcción y del 38% en el consumo de bienes, lo que destaca la significancia de reducir el consumo de estos materiales, o su sustitución por alternativas más sostenibles, por razones de impacto ambiental más allá de su relevancia en la circularidad material. De maneral general, en el 2022 se consumieron casi 30% menos materiales que en el 2019, sin embargo, la huella ambiental, como ya se mencionó, disminuyó más allá del 40%.

Las contribuciones a los impactos ambientales de la empresa generados por sus consumos provienen principalmente de los materiales de construcción, seguidos de los bienes de consumo y en tercer lugar por la demanda de energía (Figura 30, Figura 31 y Figura 32).

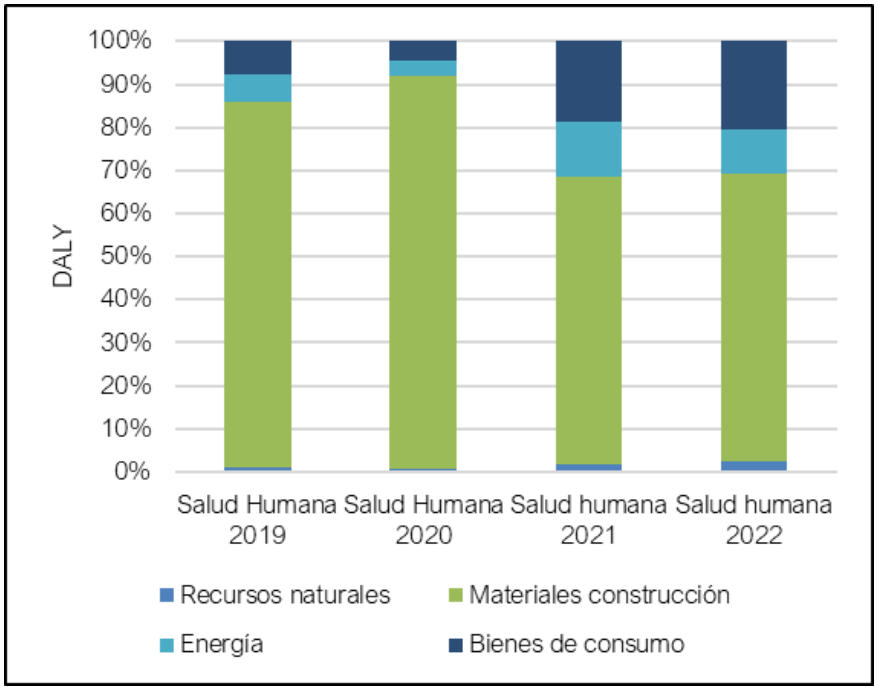


Figura 30. Contribución por grupo de entrada a los impactos a la salud.

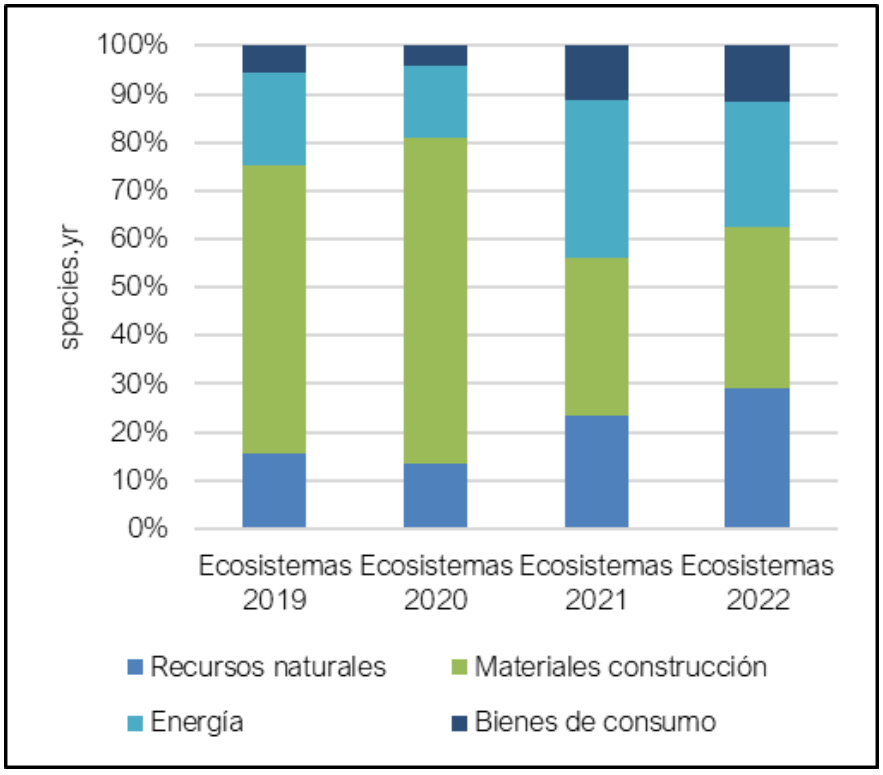


Figura 31. Contribución por grupo de entrada a los impactos a los ecosistemas.

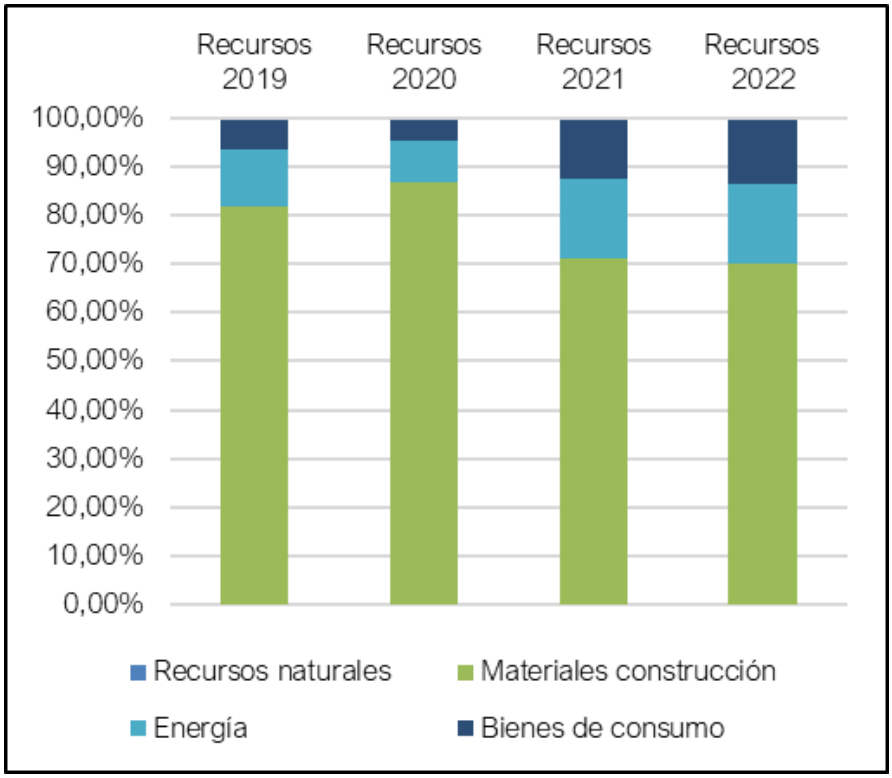


Figura 32. Contribución por grupo de entrada a los impactos a los recursos naturales.

Potencial de Circularidad

En esta sección se identifican los aspectos claves que le permitirán a la EAAB ESP avanzar hacia un modelo de gestión circular con base en el análisis de circularidad 2019-2022, que alimentan la formulación de la Hoja de Ruta.

Cierre de ciclo

La mayor cantidad de material saliente, cerca del 75%, corresponde a RCD; principalmente de las obras ejecutadas por externos. En la actualidad no se realiza ningún tipo de recuperación de estos residuos, por lo que es aquí donde se evidencia la mayor brecha de circularidad material y a su vez la de mayores oportunidades de impacto si se priorizan estrategias enfocadas a garantizar un adecuado aprovechamiento de los RCD en los contratos de obra. Por esto, las acciones de circularidad de la empresa le deben apuntar a aumentar el uso de entradas circulares, la recuperación de las salidas, mejorar la calidad del agua que sale del sistema, promover el reúso del agua tratada, y promover el consumo de la energía producida en la operación.

La segunda oportunidad relevante para cerrar la brecha de circularidad de las salidas materiales de la empresa es garantizar un adecuado aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en las actividades de poda de árboles, corte de césped y mantenimiento del sistema hídrico urbano de la ciudad. Estrategias orientadas a mejorar la circularidad en otros grupos de materiales consumidos (ej. químicos de potabilización, muebles y enseres, etc.) y otros grupos de materiales de salida (ej. residuos ordinarios o especiales) tendrán un

efecto marginal en la mejora de este indicador en la empresa, sin embargo, pueden contribuir a mejorar otros índices de optimización y/o impacto del ciclo.

Las oportunidades para mejorar el índice de circularidad de las entradas de agua se deben centrar en el corto plazo en la priorización de la captación de las fuentes hídricas que pertenecen a la cuenca del río Bogotá, y en el largo plazo en buscar reemplazar gradualmente la demanda del Sistema Chingaza por fuentes alternativas como aguas lluvias o agua residual tratada recirculada. La empresa como usuario o consumidor de agua para el lavado de filtros en PTAP, así como sus funciones administrativas tiene el reto de escalar y normalizar la recirculación de agua in-situ como una estrategia de circularidad. La entrada en operación del sistema de recirculación de agua de filtros en la PTAP El Dorado en el año 2021 representó una recirculación del 2% del agua utilizada por la empresa durante ese año.

En términos de energía renovable, la empresa se ve beneficiada de la alta participación de energía hidroeléctrica en la red nacional eléctrica. La brecha de circularidad existe por el uso de combustibles fósiles, principalmente para el transporte de personal. En este sentido, las principales oportunidades de la empresa residen en desarrollar estrategias que le permitan priorizar el uso de biocombustibles por encima de combustibles convencionales para su flota vehicular actual, así como priorizar la compra de vehículos eléctricos en procesos de renovación o adquisición de nueva flota.

En el mediano-largo plazo, la empresa podría acercarse a un 100% de consumo de energías renovables complementando las estrategias anteriores con medidas de autoabastecimiento a través de la expansión de sistemas PCH y el uso total y eficiente del biogás generado en PTAR.

Optimización del ciclo

La demanda de materiales críticos de la empresa está asociada principalmente a las cadenas de valor de los químicos de potabilización y el acero utilizados. Por esta razón, desarrollar acciones para garantizar la provisión de estos insumos por fuentes con altos estándares de producción sostenible genera los mayores efectos para el cierre de brecha de circularidad material crítica.

Adicionalmente, buscar sustitutos o fuentes de producción limpia para el aluminio también puede contribuir a disminuir la demanda de elementos críticos por tratarse de un metal cuya producción es altamente exigente en estos elementos.

Si bien se evidencia una buena gestión de la vida útil de los activos de la empresa, excediendo en muchos casos (vehículos de personal, muebles y enseres, equipos y herramientas de construcción, y equipos de telecomunicaciones y laboratorio) la vida promedio registrada por la industria en la literatura, aún existen oportunidades de mejora. Principalmente se debe garantizar que los vehículos pesados y maquinaria de obra logren cumplir con la vida útil esperada ya que actualmente se encuentra por debajo y su vida media ha venido disminuyendo a lo largo de los años.

Valoración del ciclo

En la medida en que aumente la cantidad de materiales circulares utilizados en la operación de la empresa, el indicador de productividad material circular crecerá. De igual manera los ingresos circulares también aumentarán.

Impacto del ciclo

La diminución en el consumo de materiales de construcción y bienes de consumo se consideran como las prácticas más efectivas para disminuir la huella ambiental de la empresa. En este sentido las oportunidades de circularidad residen en la optimización de los diseños de las obras orientado a la minimización en el consumo de materiales, así como en la optimización del uso y compra de los activos de la empresa. La transición a fuentes de energía viene en tercer lugar dentro de las estrategias que se pueden utilizar para disminuir los impactos.

Adicionalmente la empresa debe promover estrategias orientadas a garantizar compras sostenibles, principalmente de insumos con baja huella ambiental, lo cual redunda además en los indicadores de circularidad material y optimización del ciclo de la empresa.

5.4 Diagnóstico Estratégico

El diagnóstico estratégico permitió entender el punto de partida de la empresa desde donde piensa llegar a la visión definida. El proceso para el análisis interno incluyó la revisión de manuales, iniciativas y políticas internas, especificaciones y normas y procedimientos. Para el análisis externo se mapearon iniciativas externas, normativas relacionadas y se consultaron varias fuentes de información que permitieron identificar los factores externos relevantes.

A continuación, se presentan los principales hallazgos tanto en el análisis interno (fortalezas y debilidades) como en el análisis externo (oportunidades y amenazas).

Fortalezas

- Existen procesos y procedimientos para la innovación y el mejoramiento continuo que pueden impulsar la transición hacia un modelo de gestión circular (Política de Conocimiento y la Innovación, y Política normalización técnica).
- La empresa viene implementando su Sistema de Gestión Ambiental que incorpora la estrategia de circularidad como insumo para la formulación de programas.
- Existen criterios internos para diseño y construcción de soluciones de bajo impacto asociados a la gestión del agua como por ejemplo los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS).
- La empresa ha sido pionera en el aprovechamiento energético del agua a través de la construcción y operación de pequeñas centrales hidroeléctricas (Santa Ana, Suba, Usaquén).
- La empresa cuenta con un Plan Maestro de Energía (PME) que reconoce el potencial de aprovechar los subproductos asociados a la prestación del servicio en la generación de energía.
- La empresa viene realizando el fortalecimiento de capacidades para Economía Circular en funcionarios y contratistas a través de conferencias, cursos y proyectos piloto.

- La empresa cuenta con el primer diagnóstico de circularidad en temas de materiales, agua y energía.
- La empresa viene identificando casos de negocio para aprovechar flujos de materiales, agua y energía claves que contribuyan a mejorar circularidad.
- La empresa ha logrado avances significativos en telemetría y gestión de pérdidas de agua.
- La alta dirección ha hecho una apuesta estratégica por la sostenibilidad que se traduce en inversiones para lograr la carbono neutralidad y el aprovechamiento de biosólidos.
- La empresa cuenta con el apoyo de banca multilateral y de otros actores estratégicos para avanzar hacia un modelo de gestión circular.
- La empresa cuenta con un Plan de Gestión de Lodos que identifica oportunidades para el aprovechamiento.
- El diseño de la PTAR Canoas incorpora criterios de circularidad para el aprovechamiento del biogás y de los biosólidos.

Debilidades

- La empresa tiene retos significativos frente a la sistematización de información relevante, accesible, precisa, oportuna y/o comparable para la toma de decisiones basada en evidencia (Política de Información Estadística, Política de Gestión Documental).
- Se identificaron procedimientos no están alineados con la visión, impidiendo que la gestión de la empresa sea circular.
- La norma y los documentos relacionados con el manejo de impacto ambiental y urbano de las obras internas y contratadas con terceros no están alineadas con la economía circular. (p.e. Manual de manejo de impacto ambiental y urbano).
- La normatividad para la adquisición de productos no contempla de manera explícita prácticas e indicadores de sostenibilidad y circularidad en los productos que adquiere la empresa. (p.e. Norma “Criterios para la evaluación de la conformidad de los productos que adquiere la EAAB-ESP”).
- Las normas para desarrollar y madurar proyectos no incorporan criterios de circularidad en etapas tempranas del ciclo de maduración. (p.e. Norma “Modelo de maduración y gestión de proyectos”).
- Ausencia de criterios de circularidad y sostenibilidad en el Manual de Contratación.
- Poca ambición de los resultados de corto plazo en el Plan de Gestión de Lodos.
- Los procedimientos para incorporar recursos para ejecutar pilotos de innovación de fuentes externas son complejos y generan demoras en la ejecución.
- La transferencia de conocimiento al interior de la empresa es intermitente y su metodología se basa en enfoques rígidos de tipo magistral.
- La gestión administrativa se apoya principalmente en contratos de prestación de servicios comprometiendo la continuidad de las iniciativas.
- No existen procesos formalizados de transferencia de conocimiento.
- La alta dirección tiene ciclos cortos de alrededor de cuatro años debido a su dependencia del ciclo político de la ciudad.
- La implementación de procesos de innovación al interior de la empresa no es una práctica establecida generando resistencia.

- Los trabajadores oficiales de planta tienen poca disponibilidad de tiempo para asumir nuevas actividades y responsabilidades.
- La empresa tiene muchos indicadores, sin embargo, un número significativos no sirve por la forma en la que fueron construidos ya que miden aspectos que no son relevantes para el cambio transformacional que se quiere dar en el mediano y largo plazo.

Oportunidades

- Implementación del marco normativo nacional y territorial de Economía Circular, ODS y Cambio Climático que genera recursos, cooperación técnica, incentivos a empresas.
- Nuevo marco legal en materia de FNCER (Fuentes de Energía No Convencionales y Energía Renovable) y transición energética, que ofrece alternativas económicas y técnicas en la autogeneración de energía.
- Nueva Política Distrital de Servicios Públicos y de Economía Circular, que facilita el avance de todas las entidades del distrito hacia el modelo de economía circular.
- Creación del Distrito de Ciencia y Tecnología e Innovación de Bogotá que permite espacios de innovación para problemáticas de la ciudad y la región.
- El Plan de Ordenamiento Territorial 555 del 2021 tiene un enfoque ambiental, orientado al reverdecimiento de la ciudad, la mitigación y adaptación al cambio climático (artículo 17).
- Conformación Región Metropolitana Bogotá – Cundinamarca que trae una nueva visión de la región-ciudad.
- Impuesto al Carbono y al Plástico de un solo Uso que ofrece posibilidades para acelerar estrategias de economía circular.
- Beneficios e incentivos tributarios a proyectos de I+D+i y oportunidades para el apalancamiento de recursos concesionales a través de banca multilateral.
- Nueva Taxonomía Verde de Colombia que canalizan eficientemente los recursos hacia la descarbonización y hacia una economía más sostenible.
- Vía libre para la Autogeneración Eléctrica.
- La plataforma multiactor Bogotá Circular que permite la identificación y consolidación de alianzas con sector público, privado y de cooperación internacional.
- Cambio de gobierno distrital y formulación de un nuevo Plan Distrital de Desarrollo.
- El Gobierno Nacional priorizó la economía circular como un eje de acción del sector ambiental en el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026.
- La Comisión de Regulación de Acueducto tiene interés en integrar perspectivas de economía circular dentro de la regulación y el nuevo marco tarifario.

Amenazas

- Incertidumbre por cambios de gobierno que amenaza la permanencia de los proyectos.
- Recesión económica e inflación que puede encarecer los materiales e insumos y por lo tanto las operaciones de la empresa.
- Clima de opinión y percepción de los ciudadanos desfavorable para la gestión pública
- Población cada vez mayor representa desafíos para introducir cambios de comportamiento y culturales.

- Alta urbanización formal e informalidad en la ciudad que amenaza la eficiencia del sistema de acueducto y alcantarillado.
- Falta de gobernanza del agua y medio ambiente con visión integral, a nivel regional y nacional.
- Incremento del riesgo de escasez hídrica y aumento de las inundaciones por cambios extremos en el clima.
- Impactos en el ciclo del agua y la vulnerabilidad hídrica de la región por infraestructura y cambios en el uso de suelo.
- Incertidumbre sobre actualizaciones en la normativa a nivel nacional y distrital relacionada con biosólidos, reúso de agua, aprovechamiento de RCD.
- Normativas Distritales sobre Silvicultura, Suelos y Arbolado Urbano desalineadas y sin criterios de Economía Circular

Brechas

- Falta información técnica sistematizada y periódica que apoye la toma de decisiones estratégicas alrededor de temas de economía circular
- Dificultad para lograr la articulación y el trabajo coordinado entre áreas clave para implementar iniciativas de economía circular
- Procedimientos, normas y especificaciones técnicas, manuales de operación de la empresa claves no incluyen criterios de circularidad que permitan la implementación de modelos de gestión y operación circular
- El personal de la empresa tanto operativo como administrativo no cuenta con conocimientos y capacidades para identificar e implementar modelos de gestión y operación circular
- La innovación al interior de la EAAB ESP no cuenta con recursos humanos, financieros suficientes para desarrollar procesos exitosos
- La gestión ambiental al interior de la empresa no cuenta con recursos significativos para realizar una gestión integral de proyectos y actividades
- El marco tarifario no incluye criterios de economía circular
- Procesos de adquisición y contratación en la empresa no integran consideraciones de economía circular
- Pocas iniciativas internas para ejecutar proyectos de innovación asociados a la economía circular

Estas brechas fueron utilizadas como insumo en el proceso de formulación estratégica para alcanzar la visión de economía de circular de la EAAB ESP en conjunto con los resultados del diagnóstico de circularidad. En la siguiente sección se presentan los objetivos, resultados, productos y actividades identificadas que permitirán atender dichos retos y avanzar a la visión.

6 OBJETIVOS ESTRATÉGICOS, EFECTOS, PRODUCTOS Y ACCIONES

La definición estratégica de la Hoja de Ruta de Economía circular se hizo utilizando la Teoría del Cambio como metodología de formulación. El proceso inició con los siguientes supuestos:

1. La Economía Circular es un modelo para la gestión de los servicios de acueducto y alcantarillado que ofrece oportunidades para reducir costos, aumentar ingresos y minimizar impactos ambientales.
2. La EAAB ESP tiene oportunidades para moverse hacia un modelo de economía circular en la gestión de los servicios de acueducto y alcantarillado.
3. La EAAB ESP necesita crear y desarrollar capacidades para transitar hacia un modelo de economía circular y aprovechar las ventajas que le ofrece en el corto, mediano y largo plazo.

6.1 Objetivos y metas de largo plazo

La construcción de la teoría del cambio se llevó a cabo por periodos de implementación así:

- Para el primer periodo de implementación (2024 - 2028) se detallan actividades para lograr los productos.
- Para el segundo periodo de implementación (2028 - 2035) se identifican acciones gruesas o estratégicas que deben programarse o priorizarse para este periodo. Sin embargo, muchas acciones nuevas pueden resultar del primer periodo de implementación y que no se pueden identificar en esta etapa.
- Para el último periodo de implementación (2035 - 2050), se propone una revisión detallada de la implementación de la Hoja de Ruta, las estrategias y logros alcanzados. Se deberá volver a establecer objetivos de corto mediano y largo plazo, para abordar lo que no hayan sido implementados y evaluar nuevas tecnologías y aproximaciones que haya en la materia para ese entonces.

Con base en el diagnóstico de circularidad y el diagnóstico estratégico, aplicando la teoría del cambio se identificaron los siguientes objetivos de largo plazo:

OLP 1: Mejorar la eficiencia en las operaciones de la empresa para lograr el 50% de circularidad en los materiales.

OPL 2: Incrementar el abastecimiento energético de sus operaciones a partir de fuentes no convencionales y energía renovable para lograr el 100% de circularidad de energía.

OLP 3: Mejorar la eficiencia en las operaciones de la empresa para alcanzar el 100% de circularidad de agua.

Estos objetivos se construyeron tomando insumos del diagnóstico estratégico, el diagnóstico de circularidad y el diagnóstico del sector presentado por el CONPES 4004. Se identificaron tres OLP que responden a problemas de flujo de energía, flujo de agua y flujo de materiales y se presentan en la Figura 33, Figura 34 y Figura 35.

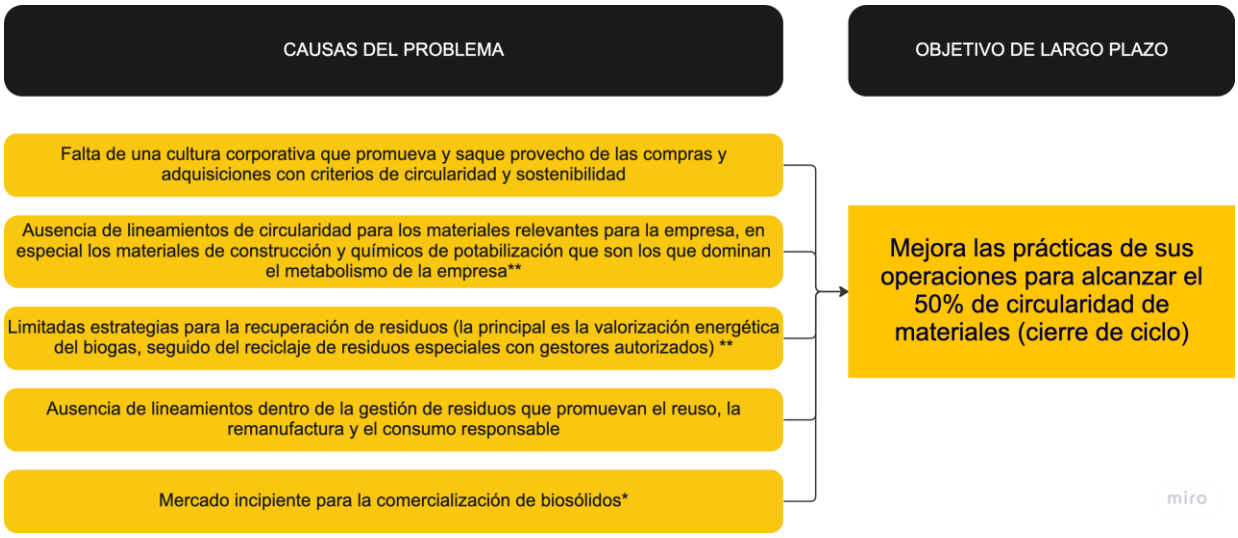


Figura 33. OLP1 relacionado con flujos de materiales

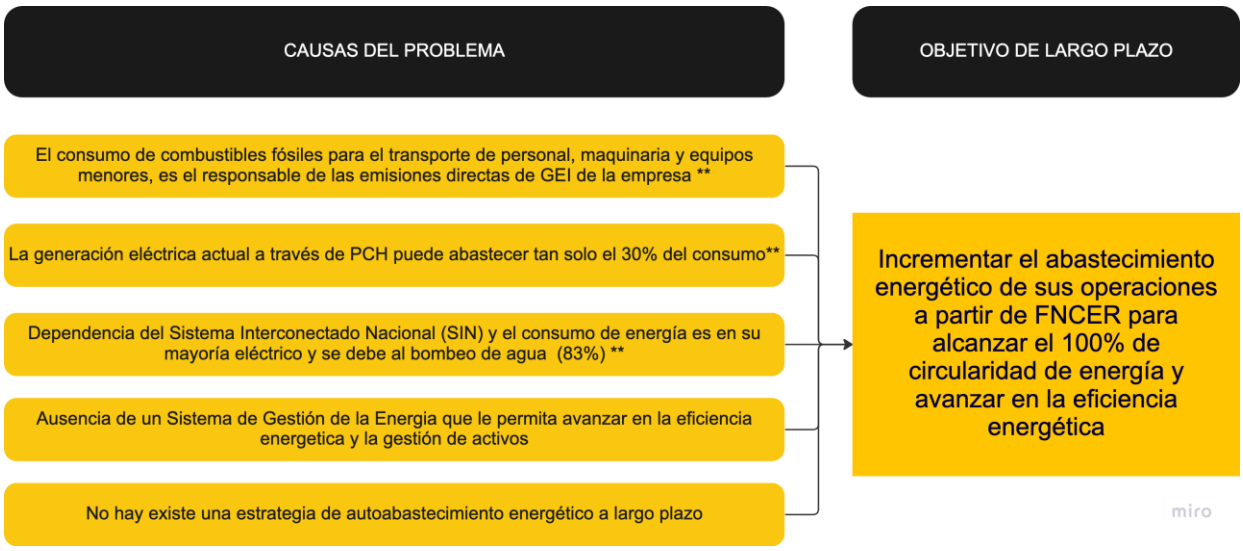


Figura 34. OLP2 relacionado con flujos de energía

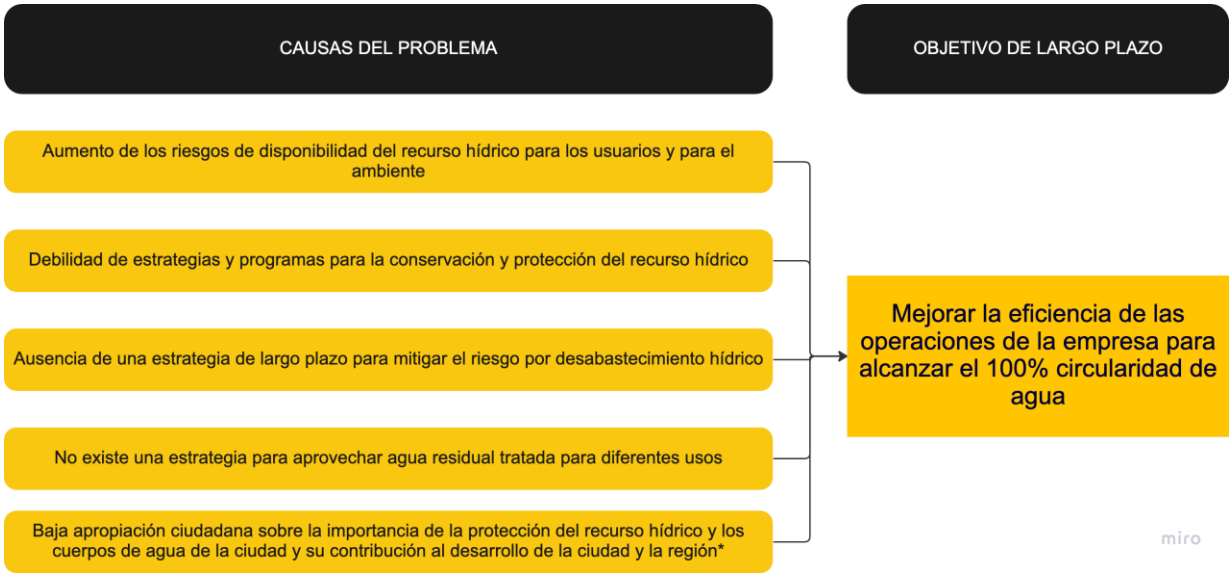


Figura 35. OLP3 relacionado con flujos de agua

A través de un proceso iterativo se identificaron las condiciones previas o requisitos necesarios para lograr esas metas de largo plazo y se expresaron a través de efectos o resultados con productos asociados a cada uno de estos efectos o resultados. Esto se hizo para el primer y segundo periodo de implementación, con el fin de entender la cadena de sucesos para lograr el objetivo de largo plazo. Los resultados para los objetivos se muestran en la Figura 36, Figura 37 y Figura 38.

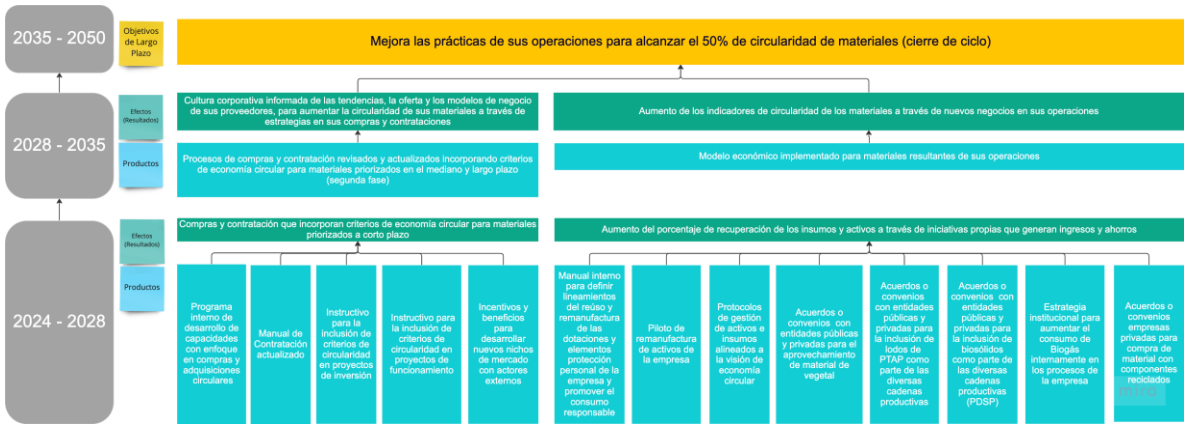


Figura 36. Efectos y productos para el OLP de flujos de materiales

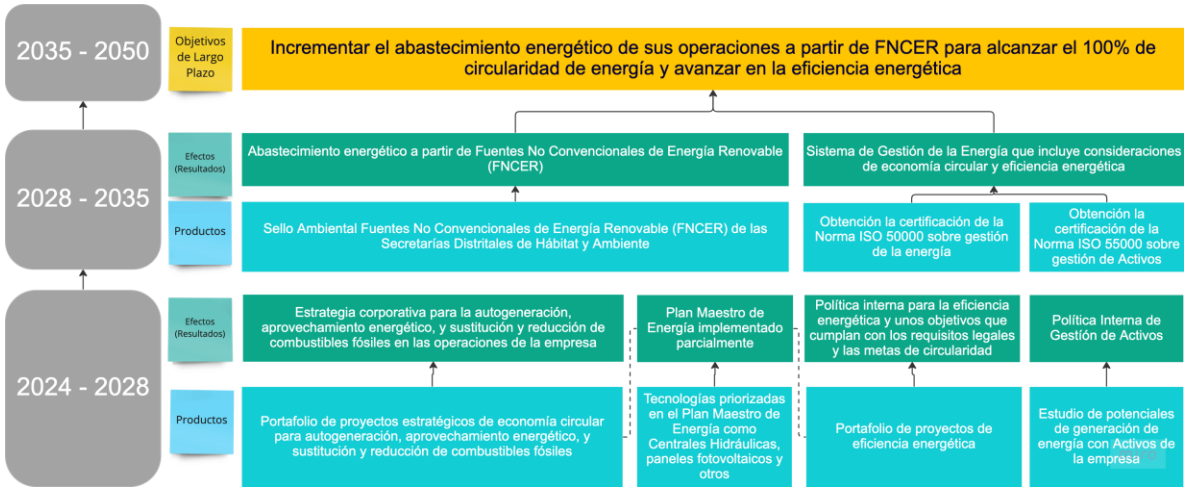


Figura 37. Efectos y productos para el OLP de flujo de energía

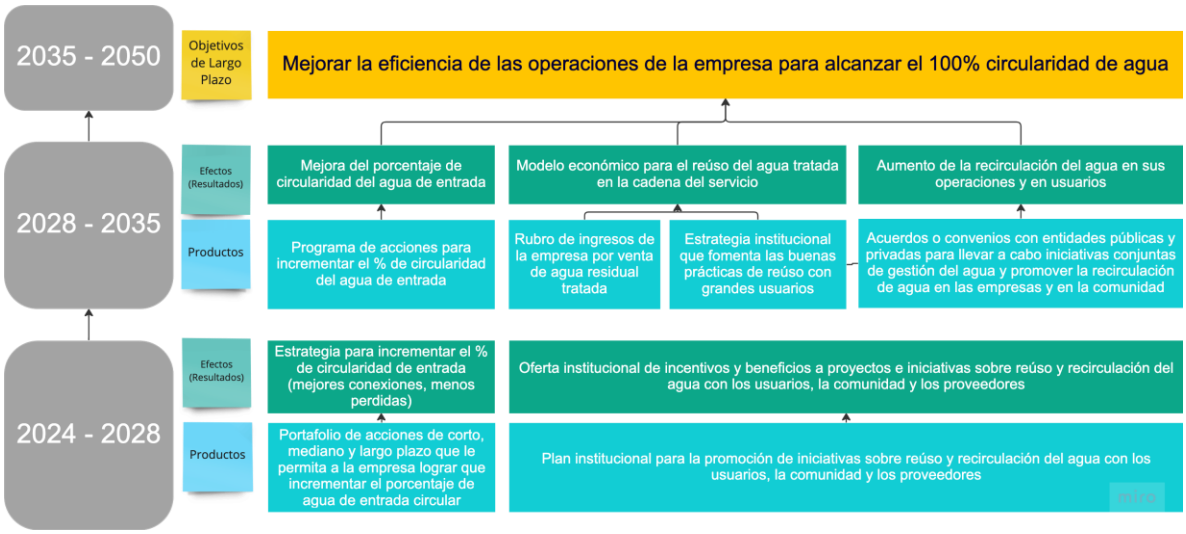


Figura 38. Efectos y productos para el OLP de flujo de agua

6.2 Actividades por objetivo estratégico

Una vez identificados los efectos y productos se presenta de manera detallada las actividades para llevar a cabo estos productos. En esta sección se incluyen las actividades que se están llevando actualmente al interior de la empresa como los casos de negocios, la segunda fase de la Hoja de Ruta y los resultados de la consultoría de diagnóstico de circularidad para entender como todo aporta a los OLP.

OLP1: Mejora las prácticas de sus operaciones para alcanzar el 50% de circularidad de materiales (cierre de ciclo)

Tabla 7 Actividades asociadas al OPL1 de la Hoja de Ruta en el periodo 2024-2028

ACTIVIDADES	2024-2028 PRODUCTO
• Identificación actores claves para el proceso de formalización • Implementar un programa de fortalecimiento de capacidades técnicas para el acompañamiento de construcción de una estrategia de compras y contratación con criterios de economía circular	**Programa interno de desarrollo de capacidades con enfoque en compras y adquisiciones circulares**
• Identificar los procedimientos y acuerdos que requerirán modificaciones • Actualizar acuerdos marco sobre compra de insumo y gestión de activos • Actualizar norma “Criterios para la evaluación de la conformidad de los productos que adquiere la EAAB-ESP” • Actualizar norma "Manual de manejo de impacto ambiental y urbano" • Actualizar norma “Modelo de maduración y gestión de proyectos”	**Manual de Contratación y normas técnicas actualizadas**
• Definir las acciones tácticas para Compras Circulares en el corto plazo (Enfoque en estrategias con proveedores y estrategias de gestión interna) • Definir junto con el Distrito la propiedad legal de ciertos materiales estratégicos de la empresa (tuberías, canales, redes, RCD, otros) • Dar preferencia a proveedores donde el producto o activo sea de propiedad del proveedor y se pague "por uso" o "por resultado" • Dar preferencia a productos o bienes con posibilidad de recolección al final de su vida útil por parte del proveedor o de un tercero (para reutilizar, renovar, remanufacturar, reciclar o compostar), cuando el producto o activo debe quedar en propiedad de la empresa.	**Instructivo para la inclusión de criterios de circularidad en proyectos de inversión**
• Identificar los riesgos y oportunidades relacionados con cada uno de los activos y productos priorizados • Construir canales de comunicación entre proveedores y gestores de residuos para que se conozca la estrategia de la empresa y las responsabilidades de todos en el ciclo de vida del producto o activo • Identificar la madurez y la capacidad de los proveedores de aportar a los indicadores de economía circular • Recopilación de información de proveedores a partir de los criterios de economía circular priorizados • Elaborar un portafolio de proveedores por cada material y crear un perfil de los proveedores en el cumplimiento de los criterios de circularidad y sostenibilidad que se están persiguiendo • Definir una lista de criterios para los activos fijos, los insumos y los servicios contratados (priorizando los servicios y materiales relacionados con concreto, acero, PVC, químicos de potabilización, dotaciones, y otros que priorice la empresa para el corto plazo) • Definir lineamientos para criterios obligatorios dentro de los procesos de contratación • Definir unos lineamientos para criterios y prácticas voluntarias dentro de los procesos de contratación • Priorización de los atributos y/o criterios que van en los parámetros de evaluación de los pliegos de contratación (Proyectos de Funcionamiento y proyectos de Inversión) • Realizar jornadas informativa previas para preparar a los actores internos y externos a la empresa • Priorización de materiales en el corto plazo por la empresa (Concreto, Acero, PVC, Químicos de potabilización, Elementos de Protección Personal, y otros) • Establecer una línea base detallada de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) para los materiales priorizados • Realizar un Coste de Ciclo de Vida (CCV) de los bienes e insumos priorizados en el corto plazo • Identificar y evaluar aspectos como el valor de los bienes, el costo de mantenimiento y uso, costo de disposición final, el costo de recuperación de materiales, los riesgos e impactos sociales, ambientales y económicos durante las fases de producción, uso y disposición. • Definir los criterios de circularidad y sostenibilidad por cada material. • Definir una estrategia Corporativa de Compras Circulares en el corto, mediano y largo plazo	**Instructivo para la inclusión de criterios de circularidad en proyectos de funcionamiento**
• Desarrollo de un estudio de las empresas que proveen a la EAAB con las cuales se podrían explorar modelos de negocios circulares • Evaluar impactos financieros en la implementación de estrategias, especialmente en términos de la tarifa • Identificación de incentivos para desarrollar nuevos nichos de mercado que permitan establecer modelos de negocios circulares de largo plazo que generen beneficios para las empresas contratistas	**Incentivos y beneficios para desarrollar nuevos nichos de mercado con actores externos**

ACTIVIDADES	2024-2028 PRODUCTO
• Implementación de lecciones aprendidas, ajustes y recomendaciones de los resultados de los Casos de Negocio • Incluir en el comité de inventarios a un colaborador con conocimientos en modelos de negocio circulares que permita dar lineamientos estratégicos a las decisiones que allí se toman • Establecer un nuevo concepto técnico que permita el ajuste en los términos y definiciones, clasificaciones, y otras consideraciones en los procedimientos y formatos de la Dirección de Administrativo de Activos Fijos • Realizar un estudio que identifique mejoras en la adquisición de dotaciones y EEP • Solicitar/Promover ecodiseño en las dotaciones y EPP con las empresas contratistas y dentro de las compras de la empresa	**Manual interno para definir lineamientos del reúso y remanufactura de las dotaciones y elementos protección personal de la empresa y promover el consumo responsable**
• Elaborar una propuesta de detalle para la generación de energía eléctrica en las redes transformando bombas en desuso por turbinas de generación • Identificar gestores de los insumos y dotaciones con los que se puedan identificar posibilidades de valorización de estos residuos • Junto con el Distrito solicitar ajustes a la normatividad en materia de residuos peligrosos para los EPP contaminados que permitan estrategias de reúso y/o remanufactura	**Piloto de remanufactura de activos de la empresa**
• Elaborar un estudio que identifique posibilidades de remanufactura de medidores y otros "residuos" de importancia de la empresa para generar valor agregado o nuevos ingresos • Elaborar una propuesta de reúso, restauración, remanufactura y donación de dotaciones, EPP y activos fijos estratégicos de la empresa, para el mediano y largo plazo	**Protocolos de gestión de activos e insumos alineados a la visión de economía circular**
• Implementación de lecciones aprendidas, ajustes y recomendaciones de los resultados de los Casos de Negocio • Identificación de posibles actores estratégicos • Escalar el caso de negocio • Realizar ajustes en las actividades y procedimientos de los contratos con terceros para el tratamiento de los residuos silvicultural • Consolidar un modelo de negocio para el aprovechamiento de material vegetal	**Acuerdos o convenios con entidades públicas y privadas para el aprovechamiento de material de vegetal**
• Identificar oportunidades de aprovechamiento de lodos de las PTAP junto con el Jardín Botánico de Bogotá, el Instituto de Desarrollo Urbano-IDU, el Instituto de Recreación y Deporte (IDRD), la Empresa de Renovación Urbana (ERU) y la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP) para actividades o iniciativas donde los requerimientos de los biosólidos no cumplen con los criterios de calidad, pero si los lodos de las PTAP • Consolidar una estrategia de mediano y largo plazo para el aprovechamiento de lodos de PTAP	**Acuerdos o convenios con entidades públicas y privadas para la inclusión de lodos de PTAP como parte de las diversas cadenas productivas**
• Implementación de tecnologías y soluciones del Plan de Gestión de Lodos • Identificar oportunidades de aprovechamiento de biosólidos en la Región junto con el Jardín Botánico de Bogotá, el Instituto de Desarrollo Urbano-IDU, el Instituto de Recreación y Deporte (IDRD), la Empresa de Renovación Urbana (ERU) y la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP) las soluciones para el aprovechamiento de biosólidos • Identificar oportunidades promover el uso de biosólidos en la recuperación de suelos degradados por procesos de erosión con los municipios aledaños al Bogotá, junto la Secretaría Distrital de Ambiente y la Secretaría Distrital del Hábitat (PDSP) • Revisar las propuestas de la PTAR Canoas y elaborar un estudio técnico y financiero para determinar si el aprovechamiento de Biosólidos de la PTAR Canoas y Salitre con fines de generación eléctrica insitu es rentable para la empresa a mediano y largo plazo • Consolidar una estrategia de mediano y largo plazo para el aprovechamiento de los biosólidos de la PTAR Salitre y Canoas	**Acuerdos o convenios con entidades públicas y privadas para la inclusión de biosólidos como parte de las diversas cadenas productivas (PDSP)**
• Implementación de lecciones aprendidas, ajustes y recomendaciones de los resultados Casos de Negocio para Materiales de Construcción • Identificar empresas que garanticen reutilización del PVC para nuevos productos • Identificar empresas que garanticen reutilización del acero para aplicación en otros productos o como aleación • Identificar empresas que garanticen reutilización de concretos como masa para rellenos, suelo en carreteras, o reciclar como grava suelta, producción de morteros y cementos, o como material granulado • Lograr acuerdos con las empresas para hacer pilotos y comprobar si hay un modelo de negocio para la gestión propia de dichos materiales	**Acuerdos o convenios empresas privadas para compra de material con componentes reciclados**

Tabla 8 Actividades asociadas al OPL1 de la Hoja de Ruta en el periodo 2028-35

ACTIVIDADES	2028-2035 PRODUCTO
• Formar y concienciar continuamente a la Gerencia de Planeamiento y Control en la importancia de la economía circular en las adquisiciones y proyectos de la planeación estratégica • Incluir criterios ESG cuando el sector financiero cuente con una normativa específica de Administración de Riesgos Ambientales y Sociales (ARAS) • Formar y concienciar continuamente a los estructuradores de proyectos sobre economía circular y cómo aplicarla en los proyectos • Formar y concienciar continuamente a la Dirección de Contratación y Compras sobre economía circular y cómo aplicarla en las compras y adquisiciones de la empresa • Implementar un programa de fortalecimiento de capacidades para continuar incorporando criterios de circularidad en los procesos de compras y proyectos de funcionamiento de la empresa • Implementar un programa de fortalecimiento de capacidades para continuar incorporando criterios de circularidad en la estructuración de proyectos • Implementar un programa de fortalecimiento de capacidades para conectar la planificación, objetivos e indicadores institucionales con la estructuración de proyectos, compras y adquisiciones • Identificación de nuevos requerimientos y criterios para los materiales priorizados en el mediano y corto plazo dentro de las compras públicas • Establecer una línea base detallada de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) para los flujos priorizados en el mediano y largo plazo	**Procesos de compras y contratación revisados y actualizados incorporando criterios de economía circular para materiales priorizados en el mediano y largo plazo (segunda fase)**
• Desarrollar un estudio de detalle que identifique alternativas para reemplazar materiales críticos que adquiere la empresa y que no han sido atendidos en el corto plazo • Formular una estrategia para incrementar la vida útil de los activos fijos de la empresa que se encuentran por debajo del promedio • Identificar otras estrategias e iniciativas de recuperación en materiales en el mediano y largo plazo • Diseñar un procedimiento, norma o especificación que establezca criterios de selección para empresas contratistas privilegiando aquellos que implementen aprovechamiento de RCD, acero y PVC para incorporar nuevamente en las cadenas productivas	**Modelo económico implementado para materiales resultantes de sus operaciones**

Insumos:

- Compromiso de la Alta Gerencia y Junta Directiva
- Liderazgo de Secretaría General y Gerencia Corporativa Ambiental
- Apoyo Gerencia Corporativa Gestión Humana y Administrativa
- Respaldo y apoyo de los sindicatos de la empresa
- Apoyo externo de consultorías especializadas
- Asignación de recursos para ejecutar consultorías y pilotos
- Acompañamiento técnico de especializado externo
- Articulación con entidades gubernamentales y con medianas y pequeñas empresas
- Programas de investigación aplicada y desarrollos tecnológicos con la Academia
- Espacios de articulación e innovación con los sectores académico, productivo y cooperación internacional
- Gestión de recursos con fuentes locales y otras fuentes externas

Supuestos:

- Los sistemas de información y los indicadores de circularidad ayudarán para el cumplimiento del objetivo y el rápido avance en los indicares de circularidad de los flujos de materiales
- Los proveedores se ajustarán a los cambios con tiempos adecuados y todos los interesados avanzan al mismo ritmo

- Los empleados y proveedores están abiertos al cambio y asumir nuevas responsabilidades
- Los programas de capacitación y formación son continuos, especializados y generan resultados
- Existen o se asignan los recursos humanos para gestionar las nuevas acciones recurrentes que se proponen
- Las iniciativas priorizadas generan ingresos que comienzan a ser relevantes para justificar los cambios de los procedimientos y el esfuerzo requerido en recursos económicos y humanos
- La empresa encuentra complementariedad en las estrategias priorizadas en los criterios de compras públicas y las estrategias del aprovechamiento propio y a su cargo de sus "residuos"

La estrategia para alimentos no representa un peso significativo para avanzar en la circularidad de la empresa, pero la empresa implementará políticas para disminución de desperdicios y consumos alternativos de los residuos de alimentos en línea con su estrategia de economía circular.

OPL 2: Incrementar el abastecimiento energético de sus operaciones a partir de FNCER para alcanzar el %100 de circularidad de energía y avanzar en la eficiencia energética

Tabla 9 Actividades asociadas al OPL2 de la Hoja de Ruta en el periodo 2024-2028

ACTIVIDADES	2024-2028 PRODUCTO
• Concluir el Piloto de secado de Biosólidos en la PTAR Salitre • Elaborar una propuesta para la reproducción del Piloto de secado de biosólidos de la PTAR Salitre • Elaborar un estudio de detalle para identificar el potencial y la costo-eficiencia del uso del biogás para satisfacer el consumo de energía eléctrica dentro de la PTAR Salitre y Canoas • Definir la estrategia institucional para aumentar el consumo de biogás internamente en los procesos de la empresa	**Portafolio de proyectos estratégicos de economía circular para autogeneración, aprovechamiento energético, y sustitución y reducción de combustibles fósiles**
• Elaborar una propuesta de detalle que identifique la viabilidad técnica y financiera de la renovación del parque automotor y mejoras en el sistema de rutas de la empresa (como aumento de la eficiencia de las rutas de los empleados y contratistas, identificación de técnicas de eco-conducción en los vehículos propios y de terceros, etc.) con el fin de reducir el consumo de combustibles fósiles en las operaciones de la empresa • Elaborar una propuesta de detalle que identifique la viabilidad técnica y financiera de abastecerse de biocombustible hecho a partir de material vegetal • Piloto de programa de rutas y conducción eficientes • Piloto de renovación del parque automotor de la empresa • Piloto de producción de Biocombustibles a partir de material vegetal • Definir la estrategia institucional para disminuir y sustituir el consumo de combustibles fósiles	
• Elaborar una propuesta de detalle que identifique puntos en el sistema de captación y distribución donde se pueda instalar sistemas de medición hidráulica de redes de acueducto y alcantarillado con alimentación energética a partir de FNCER • Elaborar una propuesta de detalle para la generación de energía eléctrica en las redes transformando bombas en desuso por turbinas de generación • Piloto para el acondicionamiento de equipos en desuso para generación eléctrica en redes • Piloto para generación eléctrica en redes • Definir la estrategia institucional para consumir la electricidad generada en las operaciones	
• Respaldar las inversiones en el POIR para los proyectos priorizados del Plan Maestro de Energía buscando cumplimientos de indicadores circulares • Liderar y participar en espacios de concertación legislativa y de política pública para lograr disminuir tasas de impuestos e intereses en inversiones de FNCER. • Madurar recursos al Plan	**Tecnologías priorizadas en el Plan Maestro de Energía como Centrales Hidráulicas, paneles fotovoltaicos y otros**

ACTIVIDADES	2024-2028 PRODUCTO
• Implementar un programa de fortalecimiento de capacidades en gestión de la energía para sensibilizar sobre la incidencia positiva del ahorro energético y el uso de FNCER a colaboradores y dependencias • Desarrollar una consultoría para obtener la ISO 50000 • Implementar una auditoría energética para la ISO 50000 • Elaborar un inventario detallado del consumo energético de todas las operaciones	**Portafolio de proyectos de eficiencia energética**
• Implementar un programa de capacitaciones y formación necesaria para gestionar activos • Desarrollar una consultoría para obtener la ISO 55000	**Estudio de potenciales de generación de energía con Activos de la empresa**

Tabla 10 Actividades asociadas al OPL1 de la Hoja de Ruta en el periodo 2028-2035

ACTIVIDADES	2028-2035 PRODUCTO
• Portafolio de proyectos de mediano y largo plazo implementados para tecnologías de autogeneración, aprovechamiento energético, y sustitución y reducción de combustibles fósiles • Elaborar un estudio técnico de detalle para la implementación de tecnologías de autogeneración, aprovechamiento energético, y sustitución y reducción de combustibles fósiles priorizadas en el mediano y largo plazo • Aprovechar el biogás de la gestión anaeróbica de la PTAR Canoas para producción de energía térmica, eléctrica y/o motriz • Articular soluciones y acciones de la empresa con la Hoja de Ruta para la transición energética Bogotá del Distrito (PDSP)	**Sello Ambiental Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER) de las Secretarías Distritales de Hábitat y Ambiente (PDSP)**
• Implementar una estrategia de gestión energética (EGE) • Implementar un plan estratégico de gestión de activos (PEGA) • Formular una Política energética de la empresa • Formular una estrategia para la generación de valor de los activos de la empresa	**Obtención la certificación de la Norma ISO 50000 sobre gestión de la energía** **Obtención la certificación de la Norma ISO 55000 sobre gestión de Activos**

Insumos:

- Compromiso de la Alta Gerencia y Junta Directiva
- Liderazgo de Gerencia de Tecnología
- Apoyo externo de consultorías especializadas
- Acompañamiento técnico de especializado externo
- Asignación de recursos para ejecutar consultorías, pilotos y tecnologías
- Apoyo del sector financiero para tasas preferenciales en implementación de tecnologías
- Apoyo del sector público para generar beneficios tributarios por implementación de tecnologías
- Programas de investigación aplicada y desarrollos tecnológicos con la Academia
- Gestión de recursos con el Fondos de Desarrollo Local (Política de Servicios Públicos) y otras fuentes externas

Supuestos:

- El sector público apoya los proyectos e iniciativas priorizadas por la empresa

- El sector financiero facilita y genera beneficios para la implementación de los proyectos priorizados
- Los programas de capacitación y formación son continuos, especializados y generan resultados
- Existen o se asignan los recursos humanos para gestionar las acciones que se proponen
- Los empleados están abiertos al cambio y asumir nuevas responsabilidades
- Todos los actores comprenden que las acciones que se proponen para cumplir este objetivo se articulan con la misión y la visión de la empresa a largo plazo

OPL3: Mejorar la eficiencia de las operaciones de la empresa para alcanzar el 100% circularidad de agua

Tabla 11 Actividades asociadas al OPL3 de la Hoja de Ruta en el periodo 2024-2028

ACTIVIDADES	2024-2028 PRODUCTO
• Implementar un proyecto piloto para un sistema predictivo inteligente que incluya el monitoreo continuo de la calidad de las aguas residuales no domésticas y el análisis inteligente de datos para la identificación de descargas en la red de alcantarillado que no cumplan con la ley (PDSP) • Elaborar el plan institucional de medición avanzada (100% de los usuarios con telemedición y telegestión a 2035) que propone la Política Distrital de Servicios Públicos	**Portafolio de acciones de corto, mediano y largo plazo que le permita a la empresa lograr que incrementar el porcentaje de agua de entrada circular**
• Implementación de lecciones aprendidas, ajustes y recomendaciones de los resultados de los Casos de Negocio agua residual tratada • Elaborar una estrategia para la venta de agua tratada de la PTAR Salitre a urbanizadores y constructores en uso en fase de obra, a través de carrotanques o vehículos externo mediante una tarifa diferencial • Identificar de otros actores interesados en el uso y compra de Agua Residual Tratada (Frentes de obra propios, industria colindante, etc.), a partir de lecciones aprendidas, ajustes y recomendaciones de los resultados del Piloto • Elaborar un portafolio de clientes y soluciones para el suministro y venta de agua tratada de la PTAR Salitre	**Plan institucional para la promoción de iniciativas sobre reúso y recirculación del agua con los usuarios, la comunidad y los proveedores**
• Identificar otros potenciales de recircular el agua en la operación de la PTAR Salitre (que complementen lo existente) • Identificar opciones de para la recirculación del agua en las sedes Administrativas • Realizar un Piloto para recirculación de agua en sedes Administrativas	
• Elaborar un programa de comunicaciones que promueva el reúso y recirculación de agua (grandes usuarios y usuarios domésticos) • Identificar y documentar casos exitosos y buenas prácticas en el reúso de agua y recirculación de agua (grandes usuarios y usuarios domésticos) • Desarrollar un portafolio de proyectos exitosos de recirculación de agua con usuarios domésticos y comunidad • Desarrollar un portafolio de proyectos exitosos de reúso de agua con grandes usuarios • Implementar un piloto con comunidades y barrios, para establecer una manera de promover vía tarifa u otros beneficios el reúso del agua a nivel doméstico • Realizar un estudio que permita identificar los beneficios económicos del reúso del agua por parte de los grandes usuarios, los usuarios domésticos y las comunidades en las operaciones de la empresa • Junto con el Distrito diseñar y desarrollar una guía de buenas prácticas (y/o mensajes a vía facturación) con la academia para fomentar el Ahorro y Uso del Agua Eficiente, enfocando a recirculación de agua en usuarios y comunidades • Junto con el Distrito diseñar y desarrollar una guía con los lineamientos técnicos y soluciones tipo para el reúso de agua con beneficios sobre la tarifa para los grandes usuarios (insitu) • Estructurar con el apoyo del sector financiero beneficios sobre la tarifa para actividades de reúso de agua vía tarifa • Liderar y participar en espacios de concertación legislativa y de política junto con otras entidades del distrito en el marco de los instrumentos de la política pública con el fin incentivar el ahorro y uso eficiente del agua	

ACTIVIDADES	2024-2028 PRODUCTO
• Identificar junto con el Distrito incentivos fiscales para las empresas que implementen prácticas sostenibles de gestión del agua	

Tabla 12 Actividades asociadas al OPL3 de la Hoja de Ruta en el periodo 2028-2035

ACTIVIDADES	2028-2035 PRODUCTO
• Implementar el plan institucional de medición avanzada llegando a 100% de los usuarios con telemedición y telegestión a 2035 (PDSP)	**Programa de acciones para incrementar el % de circularidad del agua de entrada**
• Consolidar un plan que permita a la empresa incorporar la venta de agua residual de sus operaciones y la de sus usuarios como parte de sus operaciones económicas	**Rubro de ingresos de la empresa por venta de agua residual tratada** **Estrategia institucional que fomenta las buenas prácticas de reúso con grandes usuarios**
• Estructurar un programa institucional de fomento de recirculación del agua de usuarios y la comunidad • Implementar operación de PTAR Salitre y Canoas con procesos de recirculación de Aguas alcanzado el mayor potencial	**Acuerdos o convenios con entidades públicas y privadas para llevar a cabo iniciativas conjuntas de gestión del agua y promover la recirculación de agua en las empresas y en la comunidad**

Insumos:

- Compromiso de la Alta Gerencia y Junta Directiva
- Liderazgo de Gerencia corporativa de servicio al cliente y Gerencia Corporativa Sistema Maestro
- Apoyo y liderazgo del Distrito y la CRA
- Apoyo externo de consultorías especializadas
- Asignación de recursos para ejecutar consultorías y pilotos
- Asignación de recursos humanos para gestionar los cambios y nuevas tareas
- Acompañamiento técnico de especializado externo
- Programas de investigación aplicada y desarrollos tecnológicos con la Academia
- Gestión de recursos con el Fondos de Desarrollo Local (Política de Servicios Públicos) y otras fuentes externas

Supuestos:

- El Distrito y la CRA apoya el enfoque y los proyectos e iniciativas priorizadas por la empresa
- El sector financiero facilita y genera beneficios para la implementación de los proyectos priorizados
- A pesar de que los cambios culturales toman tiempo, las iniciativas muestran resultados en el corto y mediano plazo
- Existen o se asignan los recursos humanos para gestionar las nuevas acciones recurrentes que se proponen
- La empresa percibe el reúso y la recirculación del agua en su modelo de negocio como una estrategia de sostenibilidad que es rentable a largo plazo

- Los empleados están abiertos al cambio y asumir nuevas responsabilidades

7 CONCLUSIÓN Y LLAMADO A LA ACCIÓN

En conclusión, el desarrollo de un modelo de gestión circular del servicio de agua potable y saneamiento es fundamental para abordar los desafíos actuales y futuros relacionados con la escasez de agua y la sostenibilidad ambiental. Esta hoja de ruta proporciona una guía clara y detallada para implementar prácticas circulares en todo el ciclo del agua, desde la captación y distribución hasta el tratamiento y reutilización.

El enfoque circular se basa en la premisa de que el agua es un recurso preciado y limitado, y que su gestión debe basarse en la conservación, la eficiencia y la reutilización. Este enfoque implica la adopción de tecnologías y prácticas innovadoras que minimicen la extracción de agua fresca, reduzcan la contaminación y maximicen la recuperación de recursos valiosos.

Para lograr una gestión circular del agua, es crucial establecer alianzas y colaboraciones entre diferentes actores, incluidos los gobiernos, las empresas, las organizaciones de la sociedad civil y los ciudadanos. Se requiere un compromiso conjunto para promover la inversión en infraestructuras resilientes y eficientes, así como para fomentar la educación y la conciencia pública sobre la importancia de la conservación del agua.

Además, es necesario implementar políticas y regulaciones sólidas que respalden el enfoque circular y establezcan metas claras para la reducción del consumo de agua, la reutilización de aguas residuales tratadas y la implementación de tecnologías más eficientes. Esto incluye incentivos para la adopción de prácticas circulares, así como sanciones por el uso inadecuado o irresponsable del agua.

La implementación de un modelo de gestión circular en la EAAB ESP puede traducirse en reducción en los costos de operación al integrar materiales reciclados y reutilizados, ayuda a minimizar los costos de disposición al encontrarle mercado a los residuos de la operación de la empresa. Adicionalmente puede traducirse en una menor demanda por agua en las operaciones de la empresa, menores gastos de mantenimiento y reemplazo de infraestructura. En últimas reduce riesgos en la operación

El camino hacia la circularidad no es fácil, implica ajustes en la operación, en los comportamientos y en las creencias de quienes participan en la operación de la empresa. Para esto se requiere que el liderazgo de la implementación de la hoja de ruta esté en la alta dirección para que los cambios sean comprensivos e integrales. Para que se comprometan los recursos necesarios en el largo plazo, siempre con una visión de sostenibilidad.

8 BIBLIOGRAFIA

Board of Innovation. (n.d.). *Circular Economy business models explained*. Retrieved June 14, 2022, from https://www.boardofinnovation.com/circular-economy-business-models-explained/

Circular Tayside. (n.d.). *What is a circular product and a circular business model?* Retrieved October 16, 2022, from https://circulartayside.co.uk/what-is-a-circular-product-and-business-model/

CONPES 4004 ECONOMÍA CIRCULAR EN LA GESTIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y MANEJO DE AGUAS RESIDUALES, (2020) (testimony of DNP). https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4004.pdf

ecoinvent. (n.d.). *ecoinvent Database*. Retrieved October 30, 2022, from https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-database/

Ellen MacArthur Foundation. (2013). *Towards the circular economy 1: economic and business rationale for an accelerated transition* (Vol. 1). http://www.ellenmacarthurfoundation.org/business/reports

Ellen MacArthur Foundation. (2014). *Towards the circular economy 3: accelerating the scale-up accross global supply chains*.

Holmberg, J. (1998). Backcasting: A Natural Step in Operationalising Sustainable Development. In *Greener Management International* (Vol. 46, pp. 30–52). https://doi.org/10.1080/00393277408587587

Holmberg, J. (2000). *Backcasting from non-overlapping sustainability principles — a framework for strategic planning*. 291–308.

Holmberg, J., & Robert, K.-H. (2000). Backcasting — a framework for strategic planning. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, *7*, 291–308. https://doi.org/10.1080/13504500009470049

ICONTEC. (2007). *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC-ISO 14040 GESTIÓN AMBIENTAL. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA. PRINCIPIOS Y MARCO DE REFERENCIA*.

M.A.J. Huijbregts, Z.J.N. Steinmann, P.M.F. Elshout, G. Stam, F. Verones, M.D.M. Vieira, A. Hollander, M. Zijp, & R. van Zelm. (2017). *ReCiPe 2016 v1.1 A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level Report I: Characterization*. www.rivm.nl/en

Estrategia Nacional de Economía Circular, (2019) (testimony of Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible).

Neczaj, E., & Grosser, A. (2018). Circular Economy in Wastewater Treatment Plant–Challenges and Barriers. *Proceedings*, *2*(11), 614. https://doi.org/10.3390/proceedings2110614

Robinson, J., Burch, S., Talwar, S., O'Shea, M., & Walsh, M. (2011). Envisioning sustainability: Recent progress in the use of participatory backcasting approaches for sustainability research.

Technological Forecasting and Social Change, *78*(5), 756–768. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.12.006

Siraj, T., Steichen, T., & Shuoler, M. (2018). Water and Circular Economy: White Paper. In *Arup Group. Antea Group & Ellen Macarthur Foundation*.

Stiftelsen Svensk Industridesign. (2018). *Circular Business Models*. Sustainability Guide. https://sustainabilityguide.eu/methods/circular-business-models/

TECPA. (2022). *Qué es el análisis de ciclo de vida (ACV)?* https://www.tecpa.es/que-es-el-analisis-de-ciclo-de-vida-acv/

Verstraeten-Jochemsen, J., Baars, N., & von Daniels, C. (2020). *Circular metrics for business - Finding opportunites in the circular economy* (Issue October). https://www.circle-economy.com/resources/circular-metrics-for-business

World Business Council for Sustainable Development. (2022). *Circular Transition Indicators V3.0 Metrics for business, by business*. https://www.wbcsd.org/contentwbc/download/14172/204337/1