



# Estudio para **reusar el efluente final** de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Fernando

## Contenido:

- Antecedentes
- Información recolectada
- Análisis tecnológico
- Ingeniería conceptual
- Desafíos



## Agradecimientos

Unidad Tratamiento Gestión Aguas Residuales  
Unidad Operación Integrada A&S  
Gerencia Desarrollo e Innovación  
Dirección Regulación A&S  
Dirección Soporte Legal Negocios  
Dirección Contabilidad y Costos  
Dirección Planeación y Análisis Financiero  
Unidad Ingeniería de Proyectos 2  
Unidad Estudios y Asimilación Tecnológica

## Antecedentes - Oportunidad

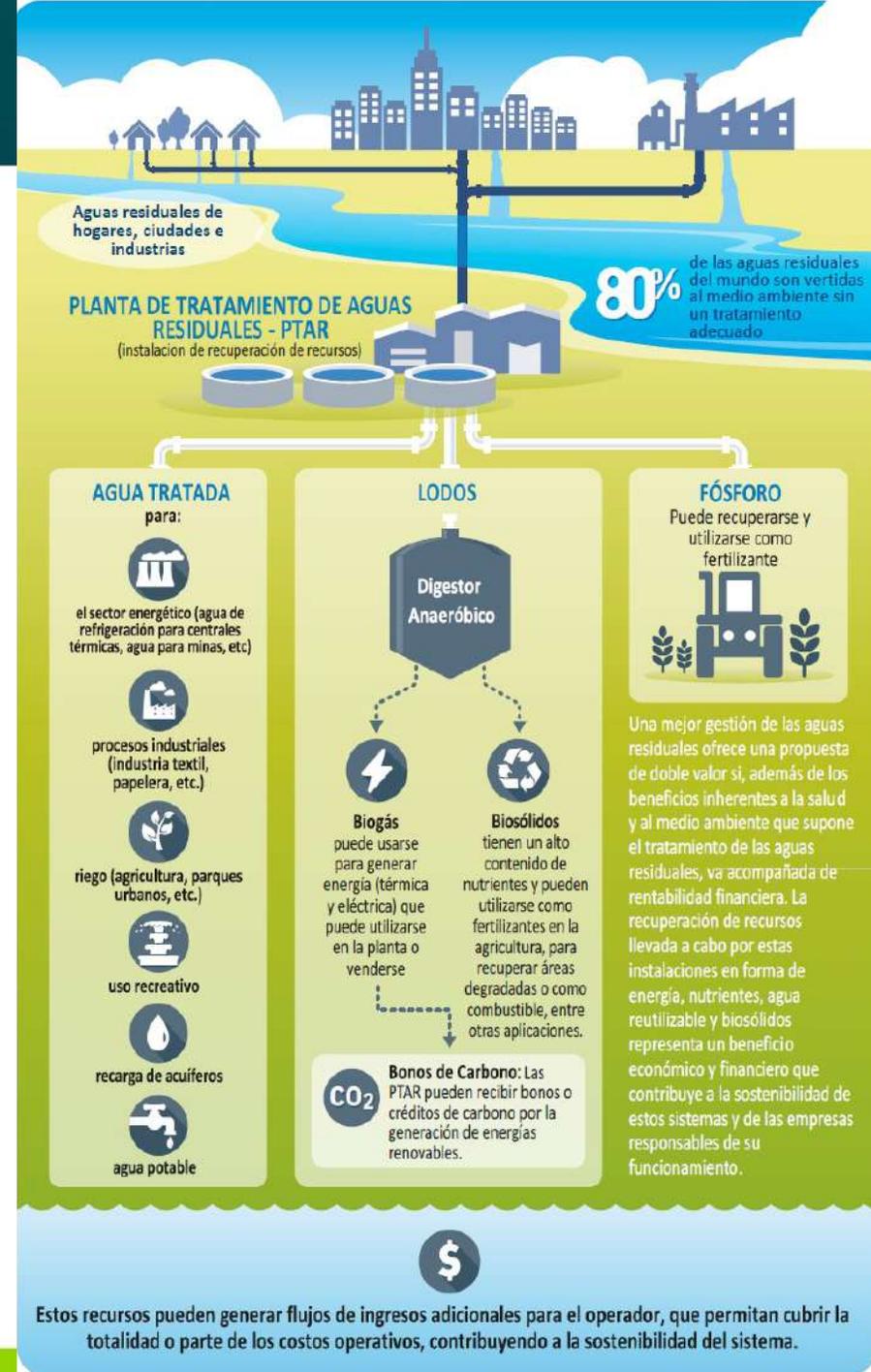
- Entre la Gerencia de Aguas Residuales y la Unidad Estudios y Asimilación Tecnológica se promovió la iniciativa de elaborar un estudio de ingeniería a nivel de ingeniería conceptual para el reúso del agua de la PTAR San Fernando.
- En época de baja pluviosidad, en Valle de Aburrá sufre de estrés hídrico, especialmente en la zona abastecida por la planta Ayurá, debido al bajo caudal del río Piedras y del embalse La Fe.
- La utilización de aguas regeneradas de las PTAR, para usos no potables, se presenta como una alternativa factible para aumentar la disponibilidad y disminuir la presión sobre el recurso hídrico.
- Alrededor de la PTAR San Fernando, existe una zona industrial que demanda agua para sus procesos productivos. Esta agua no necesariamente debe ser potable.

## Antecedentes- Cambio de paradigma

### 1. El agua residual como recurso en una economía circular

“ En un mundo en el que la demanda de agua potable crece continuamente, y donde los limitados recursos hídricos se ven cada vez más estresados por la sobreextracción, la contaminación y el cambio climático, desaprovechar las oportunidades que surgen de una mejor gestión de las aguas residuales es impensable en el contexto de una economía circular. ”

*Informe de la ONU sobre el desarrollo del agua en el mundo (WWAP 2017)*

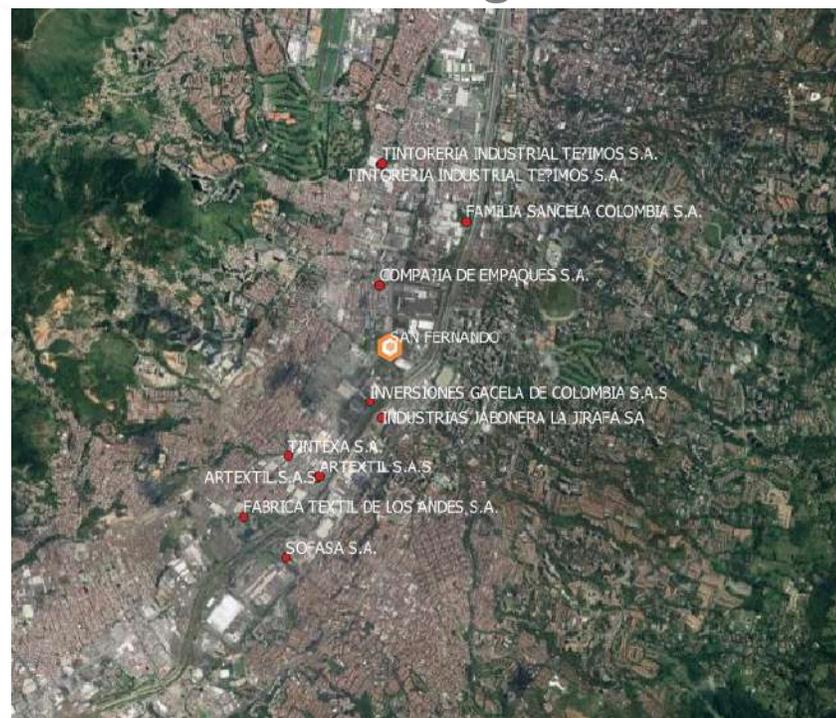


## Información recolectada

### Información suministrada por Gerencia Aguas Residuales

En la estimación del potencial de clientes se encontró que hay **9 usuarios** no residenciales que podrían demandar un caudal aproximado de 50 L/s (120.000 m<sup>3</sup>/mes, aprox.). Los posibles clientes encontrados son los siguientes:

- Tintorería Industrial Teñimos S.A
- Familia Sancela Colombia S.A
- Compañía de Empaques S.A
- Inversiones Gacela de Colombia S.A.S
- Industria Jabonera La Jirafa S.A
- Tintexa S.A
- Artextil S.A.S
- Fábrica textil de los Andes S.A (Fatelares)
- Sofasa S.A



## Información recolectada

### Análisis de normatividad existente

A nivel mundial, los países con mayor avance en términos de normatividad de reúso son España y Estados Unidos (Arizona, California, Colorado, Florida, Texas, Washington).

A nivel nacional, la normatividad colombiana, en términos de reúso de aguas residuales, está regida por la Resolución 1207 de 2014, la cual define puntualmente los usos o aplicaciones que se le pueden dar a las aguas residuales tratadas, tanto para uso industrial como agrícola. Dichos usos son los siguientes:

#### INDUSTRIALES

- Intercambio de calor en torres de enfriamiento y calderas
- Descarga de aparatos sanitarios
- Limpieza mecánica de vías
- Riego de vías para el control de material particulado
- Sistemas de redes contra incendio
- Generación de vapor
- Procesos de lavado (remoción de residuos o contaminantes de productos/equipos de manufactura).
- Para realizar el ajuste de pH
- Finalización de textiles.

#### AGRÍCOLAS

- Pastos y forrajes para el consumo animal
- Cultivos no alimenticios para humanos o animales
- Cultivos de fibras celulósicas y derivados
- Cultivos para la obtención de biocombustibles
- Lubricantes
- Cultivos forestales de madera
- Fibras y otros no comestibles
- Cultivos alimenticios que no son de consumo directo para humanos o animales
- Áreas verdes en parques y campos deportivos
- En actividades de ornato y mantenimiento
- Jardines en áreas no domiciliarias

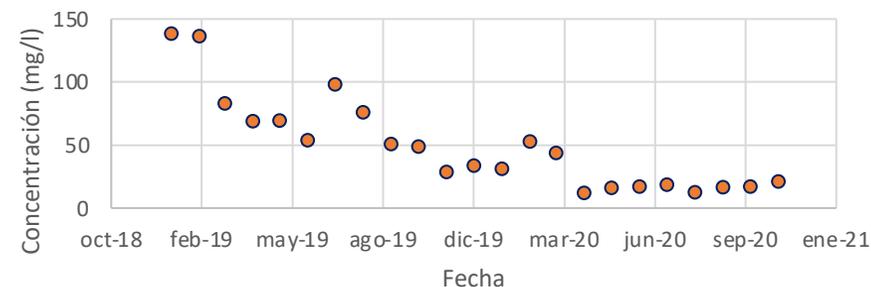
## Información recolectada

### Información de la calidad del agua del efluente

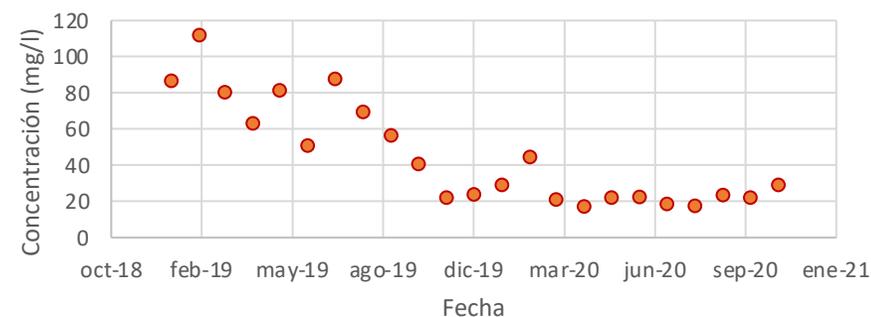
La Unidad Tratamiento Gestión Aguas Residuales suministró la información de calidad de aguas de algunos parámetros del efluente de la PTAR San Fernando:

Parámetro	DBO (mg/l)	SST (mg/l)	DQO (mg/l)
Media	24.40	24.05	93.69
Desviación estándar	12.60	7.14	46.56
Varianza de la muestra	158.79	51.02	2,168.29
Curtosis	0.66	5.67	10.81
Coefficiente de asimetría	1.19	2.15	3.16
Mínimo	12.00	17.00	55.00
Máximo	52.67	44.50	243.20

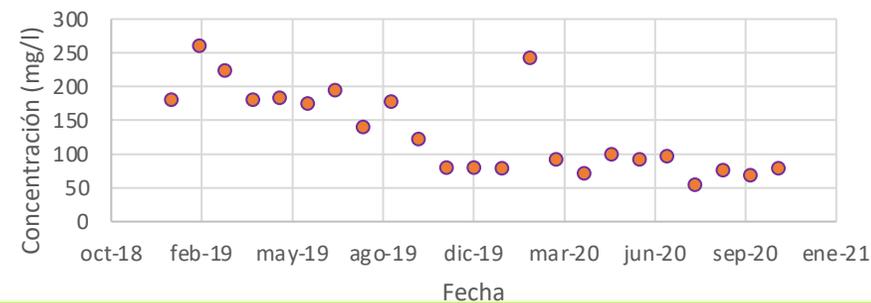
DBO OUT



SST OUT



DQO OUT



# Ingeniería conceptual

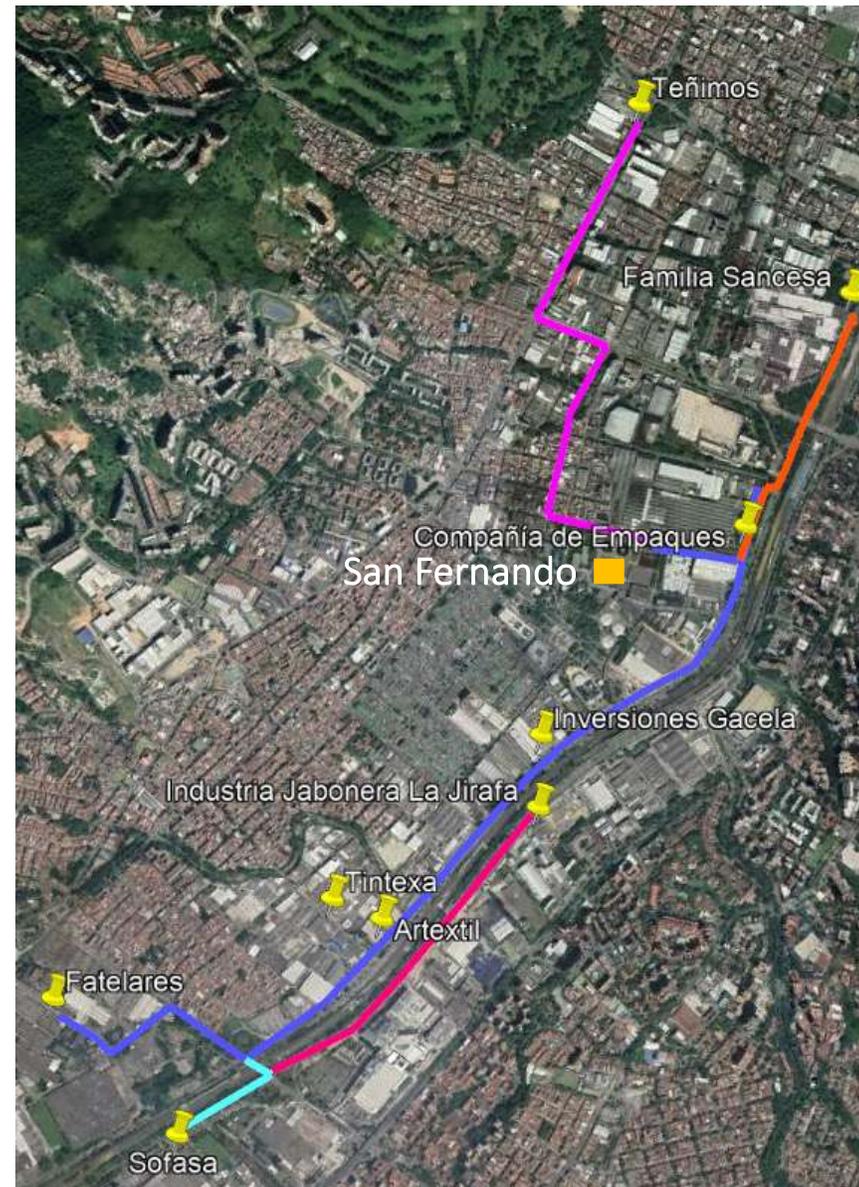
## Predimensionamiento del sistema

Vol. Tanque para las 3 alternativas= **1540,5m<sup>3</sup>**

**Alternativa 1:** Bombeo a tanque elevado en lote PTAR, distribución por gravedad a los clientes potenciales.  $H_{\text{tanque}}=50\text{m}$  (\$5000-\$8000 millones)

**Alternativa 2:** Tanque en superficie y sistema de bombeo en lote PTAR. Dos motobombas sumergibles de 73kW de potencia y redes distribuidoras  $L=7700\text{m}$ ,  $\varnothing=315\text{mm}$  PEAD.

**Alternativa 3:** Tanque en superficie en lote PTAR y bombeo independiente para cada cliente. Dos motobombas por cada cliente (18 motobombas y 17950m de tubería).



# Análisis tecnológico

## Clasificación de tecnologías de tratamiento para el reúso

- Tecnologías para la reducción de sólidos (coagulación, floculación, filtración)
- Tecnologías para la eliminación de micropartículas / moléculas (electrodiálisis reversible, membranas)
- Tecnologías para la desinfección de los efluentes (cloración, ozono, ultravioleta, oxidación avanzada)

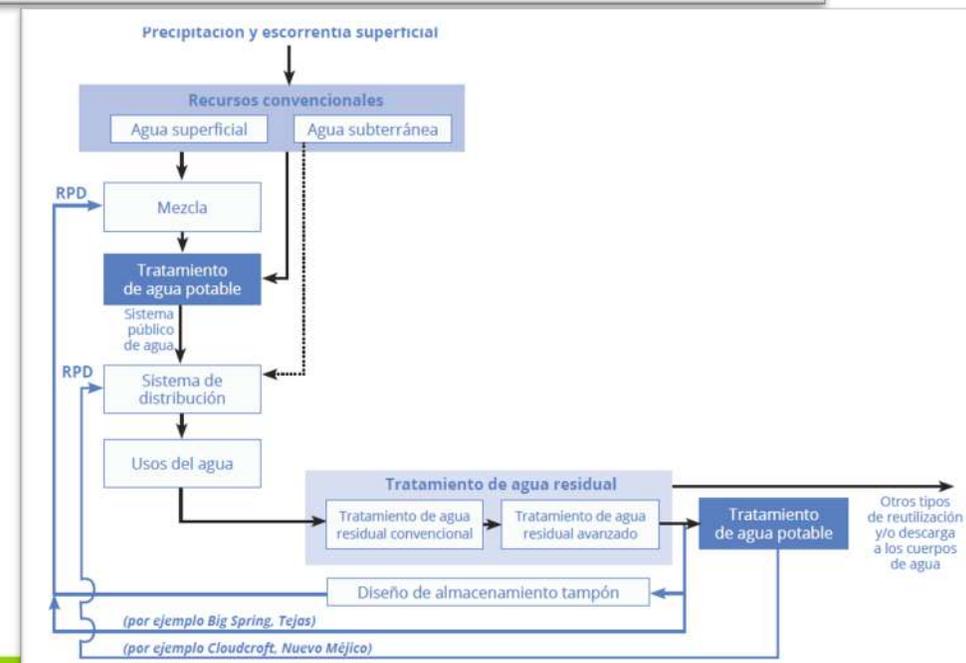
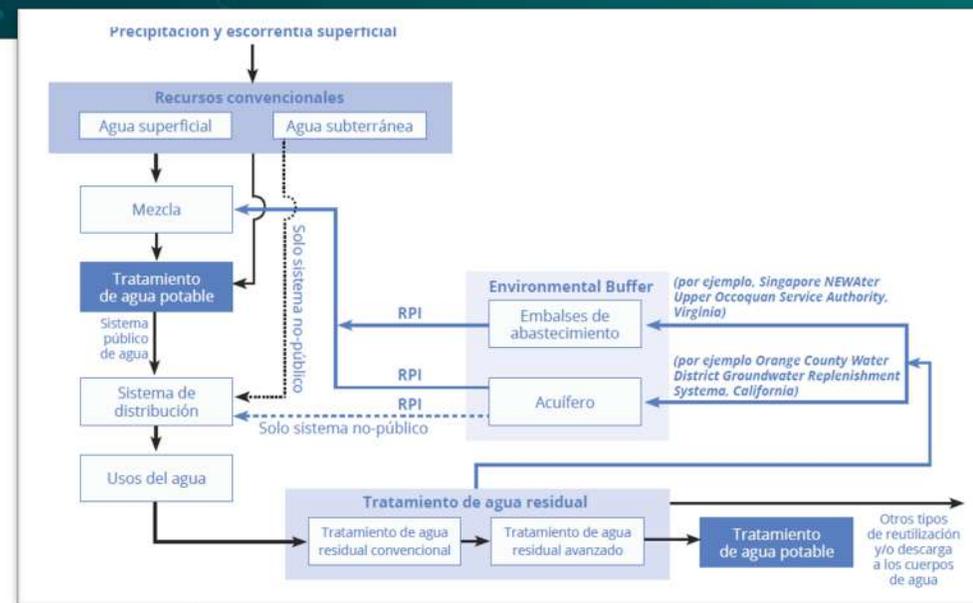
	Coloides y sólidos en suspensión			Materia orgánica en disolución			Materia inorgánica en disolución				Microorganismos			Salinidad
	Sólidos en suspensión	Sólidos coloidales	Materia orgánica particulada	Carbono orgánico total	Compuestos orgánicos recalcitrantes	Compuestos orgánicos volátiles	Amonio	Nitratos	Fosfato	Sólidos disueltos totales	Bacterias	Protozoos, parásitos	Virus	
Coagulación floculación	X	X		X					X			X		
Filtración por arena	X	X												
Filtro de carbón activo	X	X												
Microfiltración	X	X										X		
Ultrafiltración	X	X									X	X	X	
Nanofiltración	X	X									X	X	X	
Osmosis inversa	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Electrodiálisis reversible														X
Electrodiálisis reversible														X
Desinfección Cloración por NaClO		X	X							X		X		
Desinfección Cloración por dióxido de cloro		X	X							X		X		
Desinfección Ozono				X	X	X								
Desinfección UV		X	X							X		X		
Desinfección Oxidación avanzada				X	X	X								

Fuente: (Suez, 2019)

## Análisis tecnológico

### Aplicaciones para agua potable

Ubicación	Caudal (l/s)	Sistema reutilización potable
Belgium - Wulpen	83	El agua recuperada se devuelve al acuífero antes de reutilizarse como fuente de agua potable.
India - Bangalore	1577	El agua recuperada se mezcla con el embalse, que es una importante fuente de agua potable.
Namibia - Windhoek	241	El agua recuperada se mezcla con agua superficial tratada convencionalmente para su reutilización potable.
United States - Big Spring, Texas	131	El agua recuperada se mezcla con agua superficial cruda para su reutilización potable.
United States - Upper Occoquan, Virginia	2366	El agua recuperada se mezcla con el embalse, que es la principal fuente
United States - Orange County, California	1753	El agua recuperada se devuelve al acuífero antes de reutilizarse como fuente de agua potable.
United Kingdom - Langford	460	El agua recuperada se lleva al río que es la fuente de agua potable aguas arriba de la captación
Singapore - Singapore	5345	El agua recuperada se mezcla con el agua del embalse.
South Africa - Malaheni	184	El agua recuperada de una mina se suministra como agua potable al municipio.
United States - New Mexico	4.4	Se realizar una mezcla con el agua subterránea y luego a la PPAP.

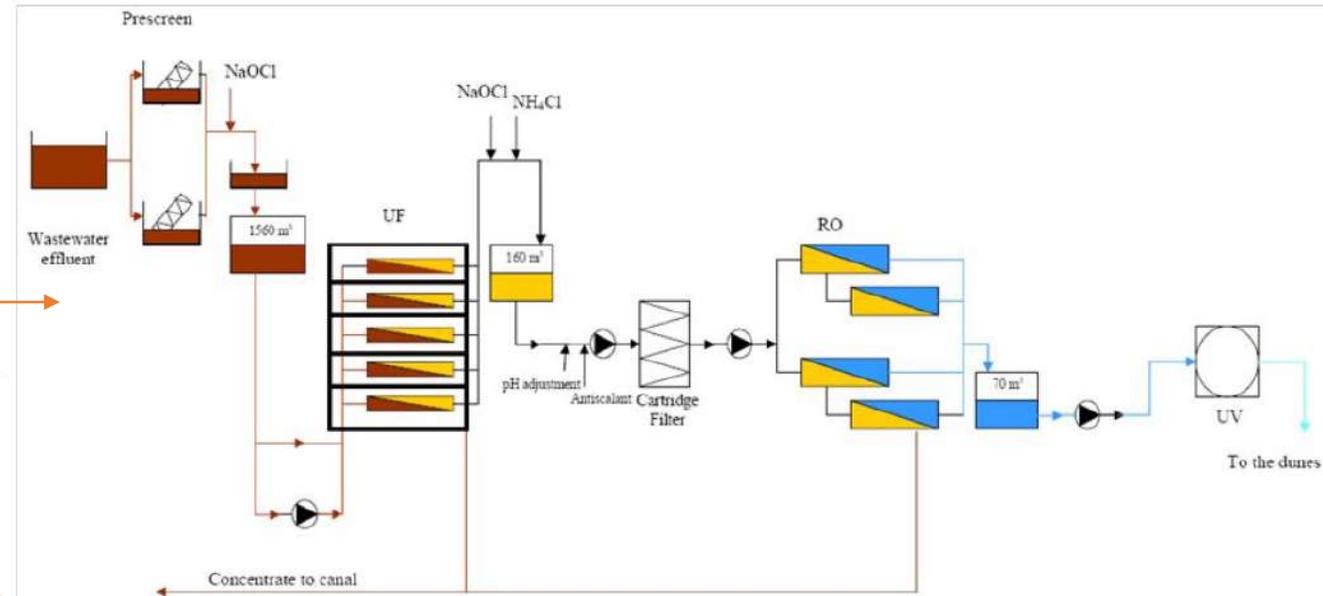


# Análisis tecnológico

## Aplicaciones para agua potable

Ubicación	Caudal (l/s)	Sistema reutilización potable
Belgium - Wulpen	83	El agua recuperada se devuelve al acuífero antes de reutilizarse como fuente de agua potable.
India - Bangalore	1577	El agua recuperada se mezcla con el embalse, que es una importante fuente de agua potable.
Namibia - Windhoek	241	El agua recuperada se mezcla con agua superficial tratada convencionalmente para su reutilización potable.
United States - Big Spring, Texas	131	El agua recuperada se mezcla con agua superficial cruda para su reutilización potable.
United States - Upper Occoquan, Virginia	2366	El agua recuperada se mezcla con el embalse, que es la principal fuente
United States - Orange County, California	1753	El agua recuperada se devuelve al acuífero antes de reutilizarse como fuente de agua potable.
United Kingdom - Langford	460	El agua recuperada se lleva al río que es la fuente de agua potable aguas arriba de la captación
Singapore - Singapore	5345	El agua recuperada se mezcla con el agua del embalse.
South Africa - Malaheni	184	El agua recuperada de una mina se suministra como agua potable al municipio.
United States - New Mexico	4.4	Se realizar una mezcla con el agua subterránea y luego a la PPAP.

### Reutilización Potable Indirecta RPI



### Reutilización Potable Directa RPD

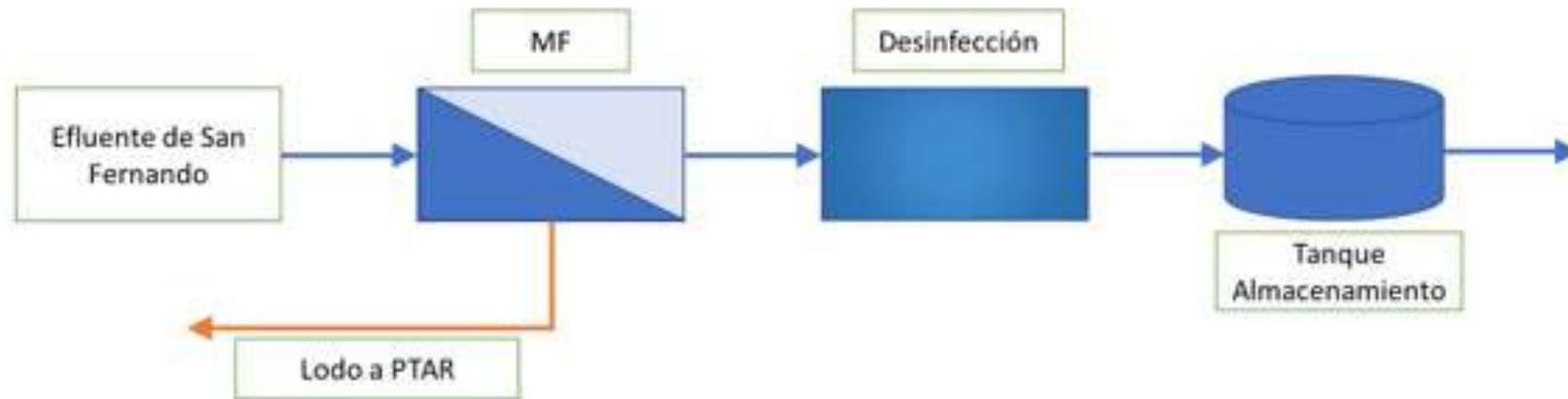




## Análisis tecnológico

### Selección de la tecnología:

Cada PTAR es única debido a la calidad de las fuentes abastecedoras, a la dinámica de las ciudades y a los trenes de tratamiento propios de las plantas



## Análisis tecnológico

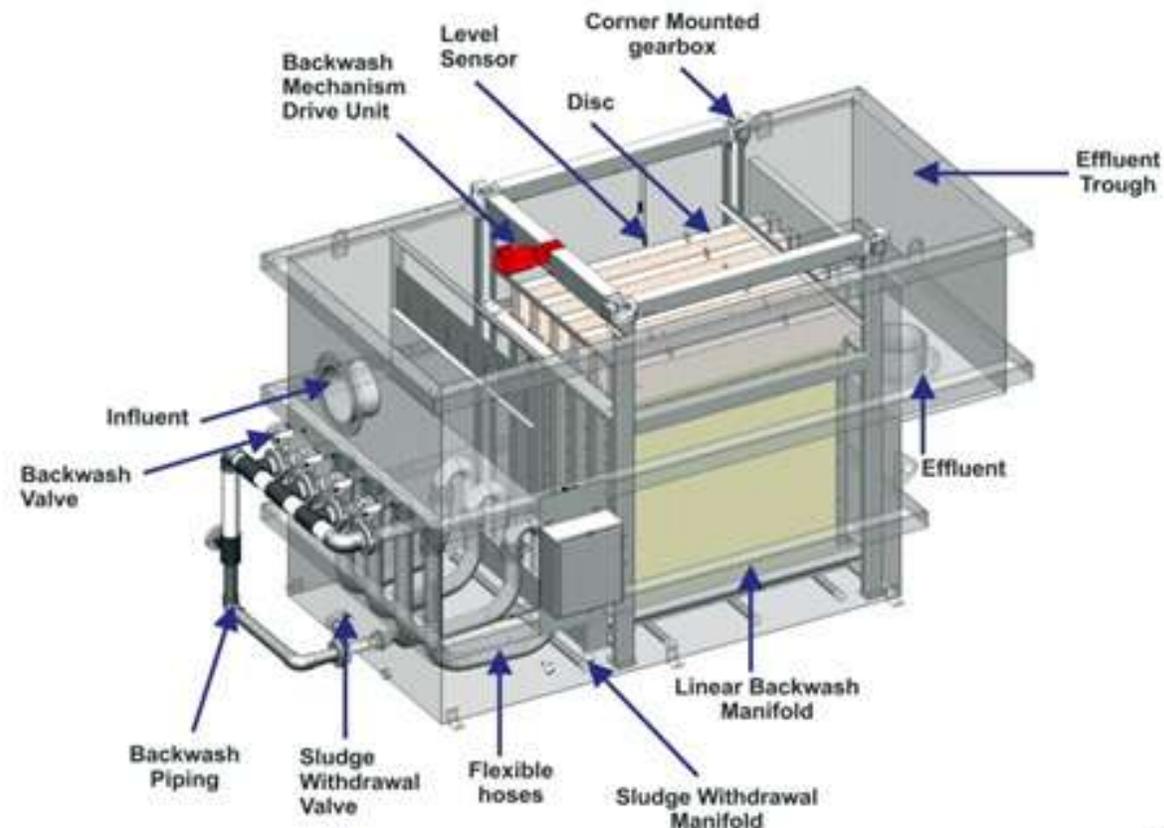
### Selección de la tecnología:

Dentro de las opciones tecnológicas que se encontraron está la tecnología “Iso-Disc”, la cual muestra ventajas notorias en temas como el consumo de energía, costos de adquisición y de operación, dimensionamiento del equipo y facilidades de mantenimiento, entre otros aspectos observados.

### Valores esperados con la implementación:

La tecnología “Iso-Disc” presenta una promesa de valor como tratamiento terciario para los siguientes parámetros, logrando **remociones entre el 75% y el 90%** de los sólidos totales según los datos de la planta San Fernando.

Parámetro	Valor esperado
Turbiedad (NTU)	2
SST (mg/l)	5-10
Fósforo (mg/l)	0.5
DBO (mg/l)	5-10
Sólido removido	>10 µm



[https://youtu.be/y45jOPZ\\_Gg0](https://youtu.be/y45jOPZ_Gg0)

## Ingeniería Conceptual

### Tratamiento terciario:

El sistema de tratamiento (Iso-Disc) se dimensionó para un caudal normal de operación de  $216\text{m}^3/\text{h}$  ( $60\text{L/s}$ , el cual corresponde a la proyección del caudal de  $50\text{L/s}$  indicado por el Gerencia de Aguas Residuales) y un caudal pico de  $324\text{m}^3/\text{h}$  ( $90\text{L/s}$ ), con condiciones limitantes en la calidad del agua como los SST, que para garantizar un adecuado rendimiento deberá estar por debajo de  $50\text{ mg/L}$ .

Así, el dimensionamiento de este tratamiento es un (1) dispositivo (contenedor) con 7 filtros de  $1525\text{mm} \times 1525\text{mm}$ .



# Ingeniería Conceptual

## Estimación del CapEx:

Para la estimación de los costos de inversión se consideró la infraestructura centralizada del tratamiento terciario y la infraestructura lineal para las redes de distribución, según la **alternativa 2**. El resumen de estos valores se puede observar a continuación.

<b>CapEX</b>		<b>\$ 18,683,819,604.47</b>
<b>Obra civil</b>	Redes	\$ 15,262,140,586.47
	Tanque almacenamiento y obras civiles	\$ 1,750,000,000.00
	Subtotal	\$ 17,012,140,586.47
<b>Equipos electromecánicos</b>	Sistema tratamiento terciario	\$ 735,533,370.00
	Sistema bombeo (componente mecánico, eléctrico y electrónico)	\$ 936,145,648.00
	Subtotal	\$ 1,671,679,018.00

# Ingeniería Conceptual

## Estimación del OpEx:

Para las estimaciones de los costos de operación y mantenimiento, se consideró la operación del tratamiento terciario y las redes de distribución exclusivas para este fin. Estas consideraciones y la valoración de esta se pueden ver en la siguiente tabla:

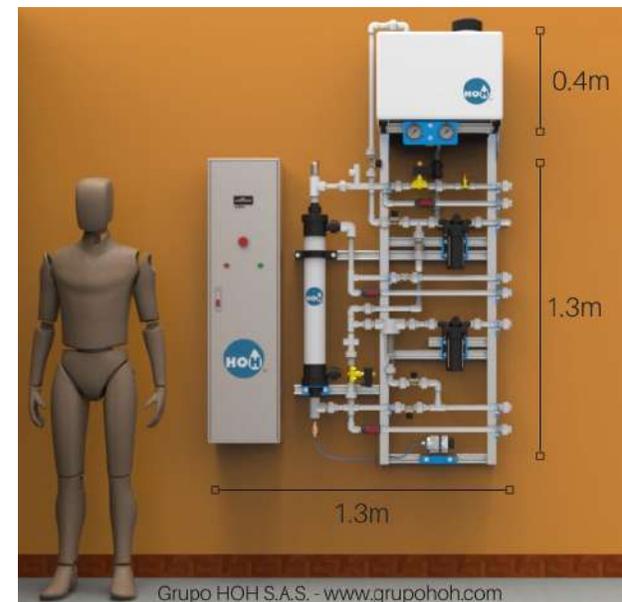
OpEx Concepto\ año	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
Gastos Administrativos	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
Energía bombeo y mtto	124.0	128.6	133.3	138.2	143.3	148.6	154.0	159.7	165.6	171.7	178.0	184.6	191.4	198.5	205.8	213.4	221.3	229.5	238.0	246.8
Operación y mantenimiento ISODISC	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1	2.1	2.2	2.2	2.3	2.4	2.5	2.5	2.6	2.7	2.8	2.8	2.9
Operación y mantenimiento Red	12.4	12.8	13.2	13.6	14.0	14.4	14.9	15.3	15.8	16.2	16.7	17.2	17.7	18.3	18.8	19.4	20.0	20.6	21.2	21.8
Personal, laboratorio, químicos, otros	58.4	60.4	62.4	64.4	66.6	68.8	71.0	73.4	75.8	78.3	80.9	83.6	86.4	89.3	92.2	95.3	98.4	101.7	105.1	108.6
<b>Total</b>	<b>197.7</b>	<b>204.7</b>	<b>211.9</b>	<b>219.4</b>	<b>227.1</b>	<b>235.1</b>	<b>243.4</b>	<b>252.0</b>	<b>260.9</b>	<b>270.1</b>	<b>279.7</b>	<b>289.6</b>	<b>299.8</b>	<b>310.4</b>	<b>321.4</b>	<b>332.8</b>	<b>344.6</b>	<b>356.8</b>	<b>369.5</b>	<b>382.6</b>

Fuente: elaboración propia

## Plan de Acción

### Estimación del OpEx:

- Analizar piloto de las tecnologías para agua de reúso, de manera que con las calidades obtenidas se pueda ofrecer el servicio a los clientes industriales.
- Potencializar el estudio de mercado y del negocio: identificar mejor el usuario industrial final.
- Acercamientos normativos/legislativos y regulatorios para la gestión de los permisos de implementación/distribución/venta del recurso regenerado.

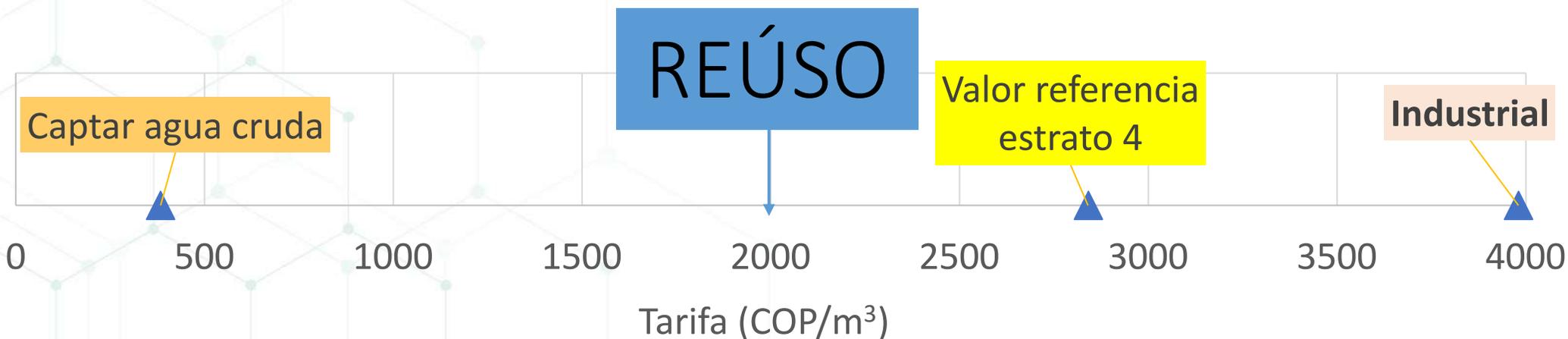


Variable	Tecnología 1	Tecnología 2	Tecnología 3
Fisicoquímicos	?	?	?
Microbiológicos	?	?	?
Químicos	?	?	?
Biocidas	?	?	?
Iones	?	?	?
Metales	?	?	?

## Valoración económica / financiera

Ingresos:

Metodología de flujo de caja libre descontado

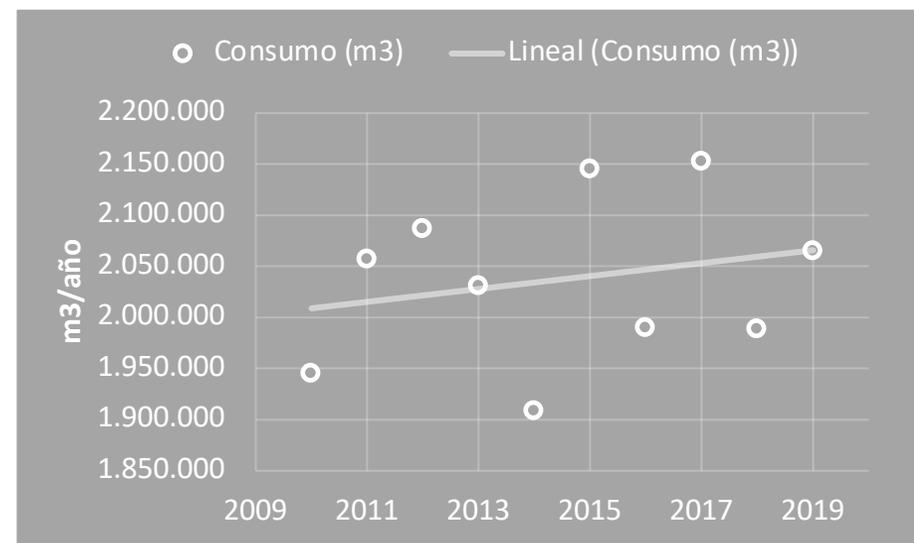


### Referenciamiento:

De acuerdo con las referencias consultadas, la tarifa de reúso es aproximadamente el 50-60% del valor de la tarifa de agua potable.

Ingresos:

- Escenario conservador
- 9 clientes en todo el horizonte.
- Crecimiento de la demanda



## Desafíos

### Estado actual

- Falta de conocimiento y de gestión política
- Falta de coordinación entre instituciones, legislación y sectores.
- Las PTAR's dependen del financiamiento convencional.
- Marcos regulatorios muy restrictivos y/o incongruentes.
- No hay incentivos para la reutilización del AR y la recuperación de los recursos.
- Percepciones negativas sobre el agua regenerada y de los productos provenientes del AR.
- Selección sesgada de tecnologías costosas.
- Objeto social de EPM no permite este servicio.



### Estado deseado

- Permitir el reuso para gran cantidad de actividades que se podrían viabilizar, estableciendo estándares de calidad de las aguas regeneradas.
- Cobrar por el suministro de aguas de reuso.
- Viabilizar económicamente a usuarios individuales, pequeñas comunidades o empresas.
- Incentivar estímulos para el reuso.
- Disminuir exigencias de calidad del agua y de tramitología.
- EPM permita vender este tipo de servicios.

**¡Gracias!**  
por ser parte de la  
**comunidad Innovar +**



Grupo.epm