



ALADYR

VEOLIA

“Cómo han evolucionado los Biorreactores de Membrana (MBR) en el tratamiento y reuso de agua”

Alejandro Zuluaga
LAM Process Engineer Leader

Ciudad de México
17 y 18 de abril de 2024

Grado de presión sobre el recurso hídrico, 2020



- A escala nacional, el grado de presión de 2020 fue de 19.4%.
- En la zona centro, norte y noroeste, se experimenta un alto grado de presión.
- Valle de México con muy alto grado de presión (mayor a 100%).

Fuente: Elaborado con base en CONAGUA (2020c)

Asociación Latinoamericana de Desalación y Reúso



400%

Será el incremento de la demanda global del agua para la industria manufacturera entre 2000 y 2050. (WWAP 2015)

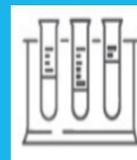
En México, la industria representa sólo el 5% del consumo total.

Entre 2001 y 2020 el crecimiento fue del 97.8%

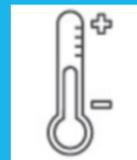
Principales cambios en la NOM-001- SEMARNAT-2021



Se eliminan los parámetros DBO_5 , Materia Flotante, Sólidos Sedimentales y Coliformes Fecales.



Se incorporan y regulan nuevos parámetros como Demanda Química de Oxígeno, Toxicidad y Color.



Se establecen $35^{\circ}C$ como la temperatura máxima del agua a descarga.

1900



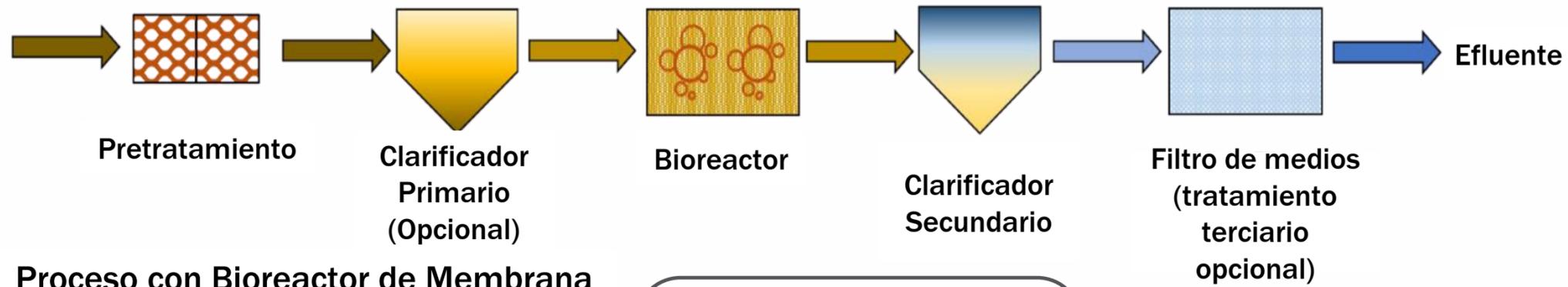
Ahora



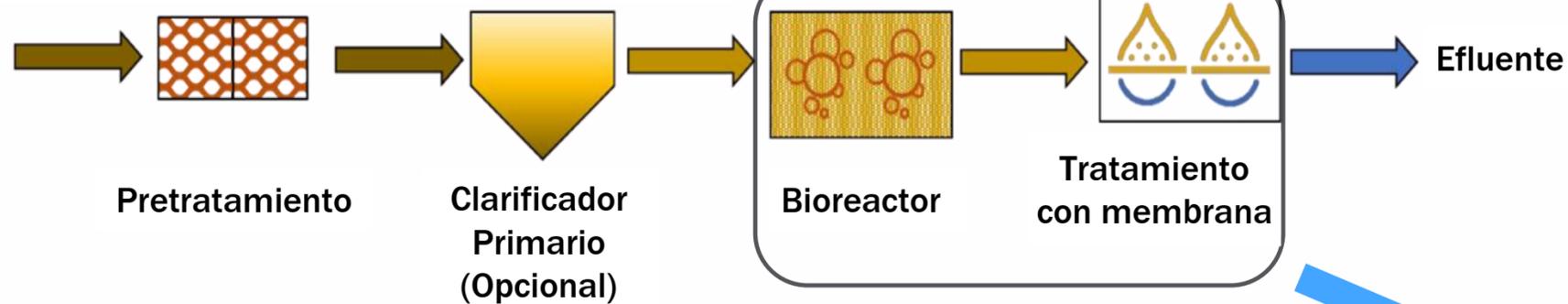
Urbanización

¿Qué es un MBR?

Proceso Convencional de Lodos Activados



Proceso con Bioreactor de Membrana



Los sopladores de membrana dispersan los sólidos retenidos del cassette para prevenir acumulación.

Bombas de proceso para generar un vacío para pasar agua limpia a través de las fibras de las membranas.

Proceso convencional intensificado de lodos activados con un filtro de membranas para retener sólidos.



Impulsores históricos del MBR - Intensificación



Intensificación del proceso biológico:
Hacer más trabajo dentro del espacio existente de la planta

Ayuda a resolver...

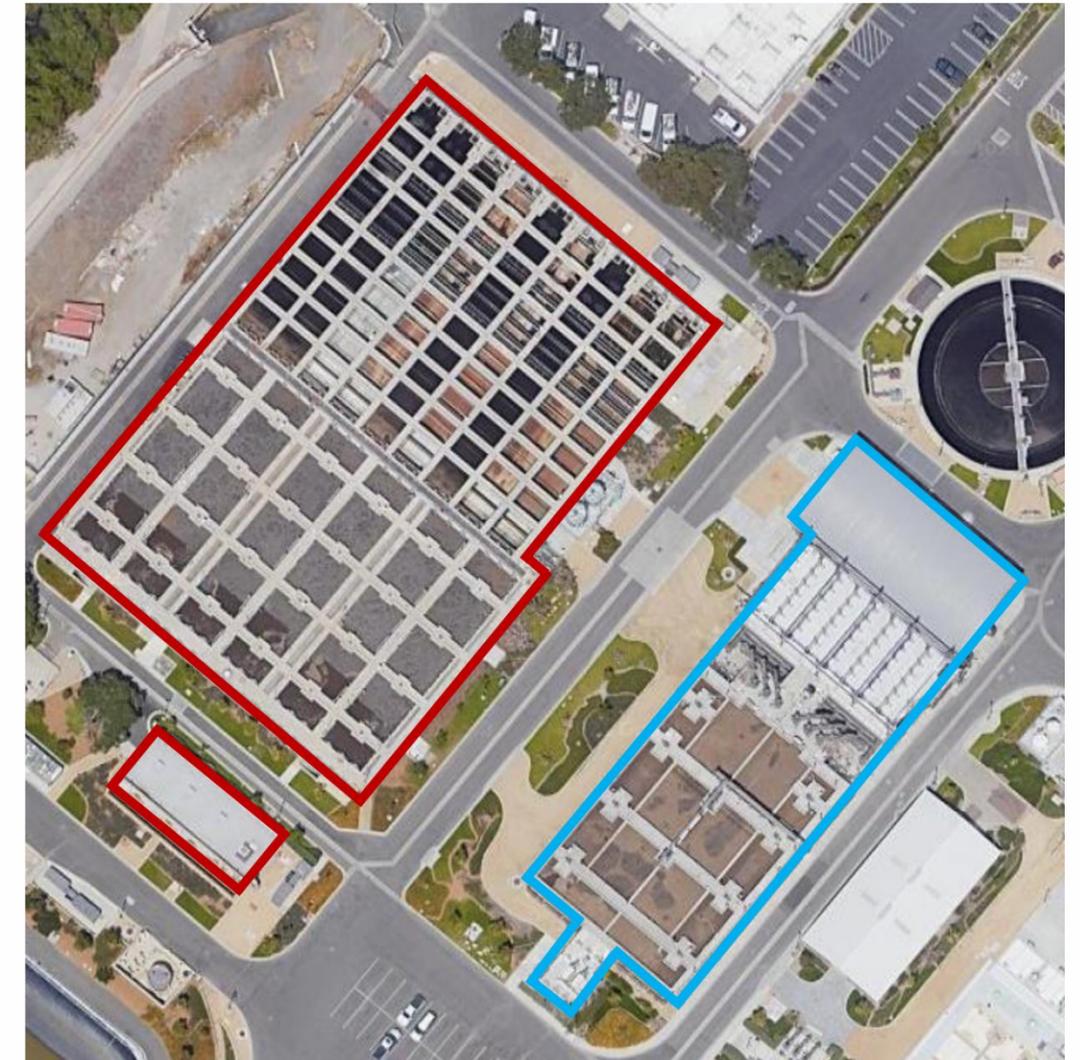
Restricciones del sitio

- Espacio disponible limitado
- Infraestructura existente para modernizar

Restricciones de rendimiento

- Necesidad de capacidad adicional o aumento de carga
- Requisitos más exigentes en la calidad del efluente.

Área de implementación:
Convencional vs MBR



Irvine Ranch, California: 11 MGD MBR vs 10 MGD Convencional; MBR 40% del área requerida

Impulsores históricos del MBR - Calidad del efluente



Parámetro	Efluente Convencional	Reúso de Agua Estándar	MBR lo alcanza
SST	20 - 50 mg/L	< 2 mg/L	✓
Turbidez	10 - 30 NTU	< 0.5 NTU	✓
DBO	25 - 50 mg/L	< 5 mg/L	✓
SDT	N/A	< 500 mg/L	N/A
Nitrógeno	10 - 30 mg/L	< 10 mg/L	✓
Fósforo	1 - 30 mg/L	0.1 - 2 mg/L	✓
Coliformes	10 ⁵ - 10 ⁷ cfu/100 mL	< 2.2 cfu/100 mL	✓



Cumplimiento del permeado de MBR con:

- Estándar de la OMS para riego ilimitado.
- Directiva de la UE sobre agua de baño.
- Código de regulaciones de California Título 22.
- NOM 003 SEMARNAT.

La barrera proporciona calidad del efluente garantizada

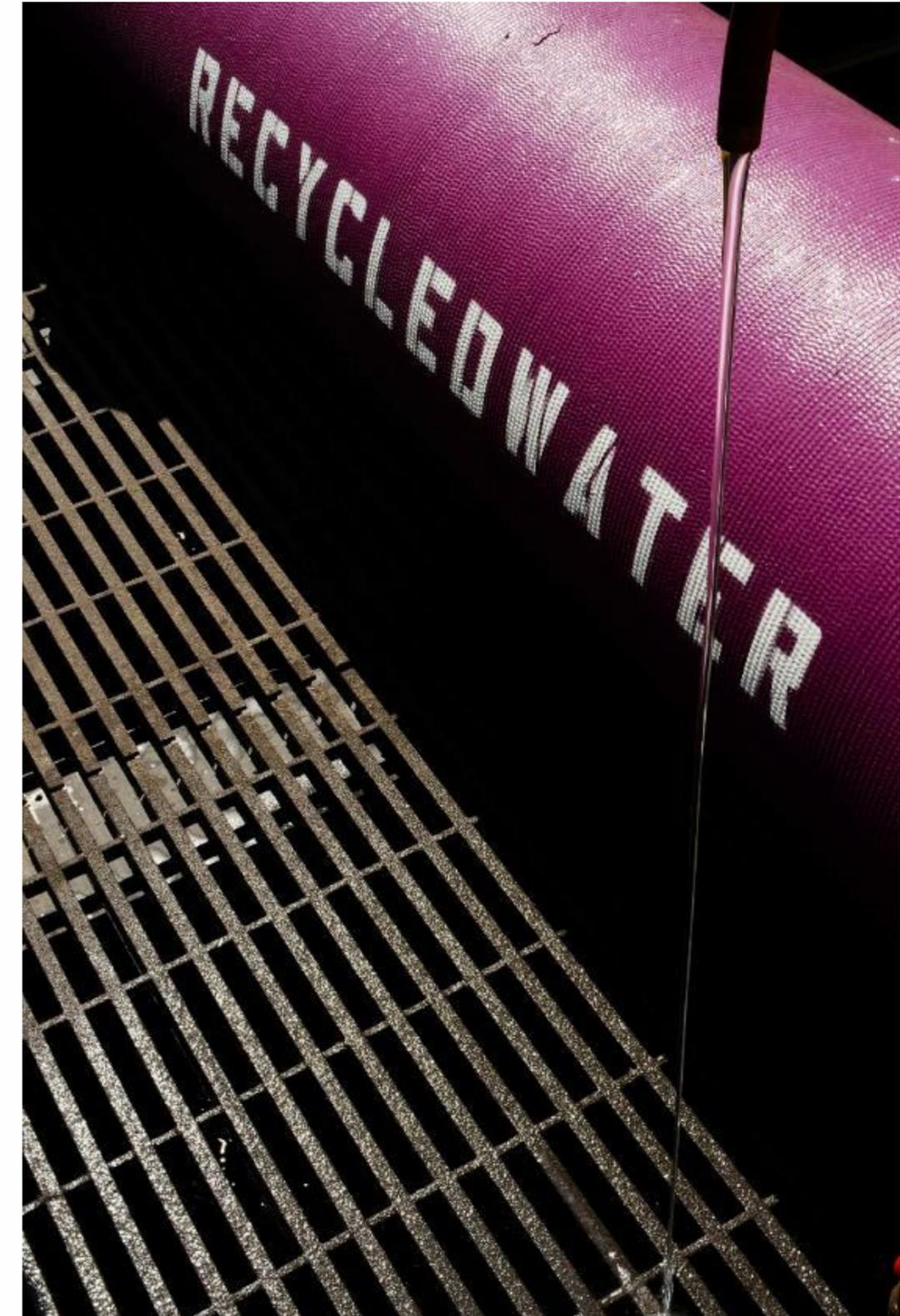
Uso de agua reciclada en la industria

- Agua de Proceso
- Reposición de agua de caldera
- Reposición de agua de enfriamiento
- Agua de lavado
- Agua para incendios y servicios

Mecanismos de Reciclado

Reciclaje interno dentro de las instalaciones

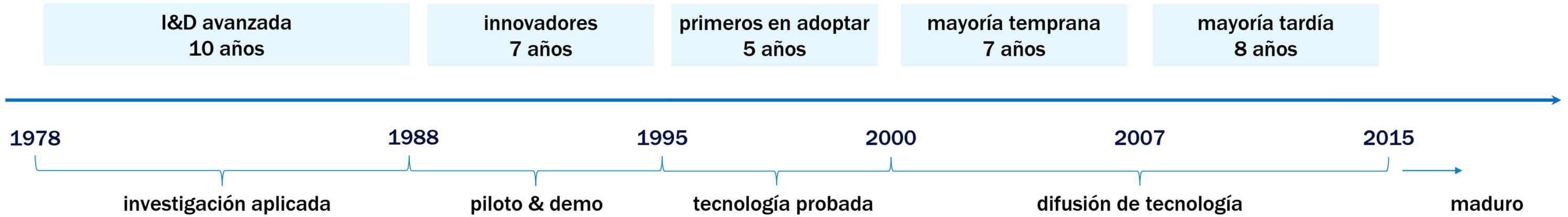
Efluentes municipales de la industria vecina



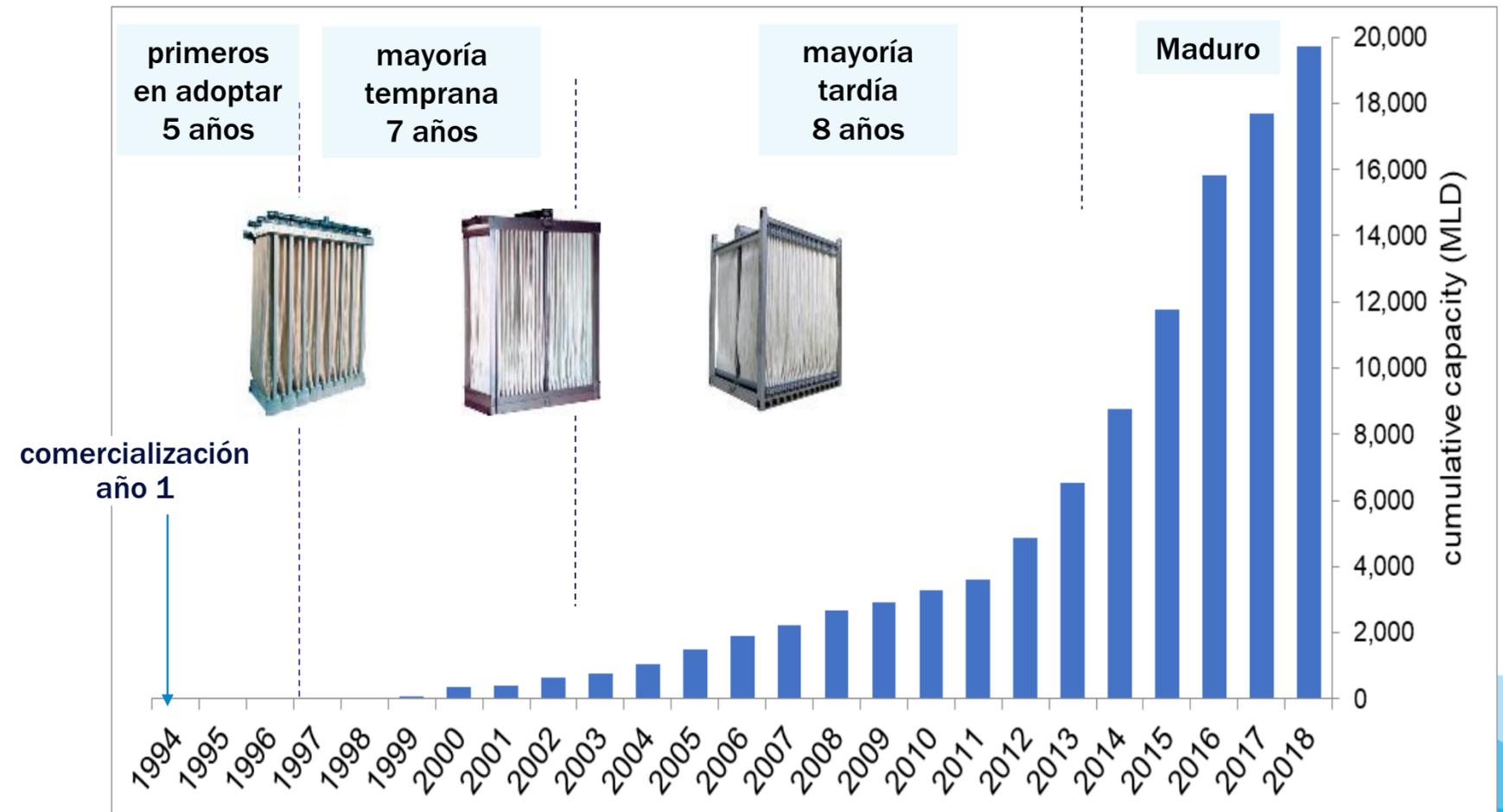
Historia de la adopción de la MBR



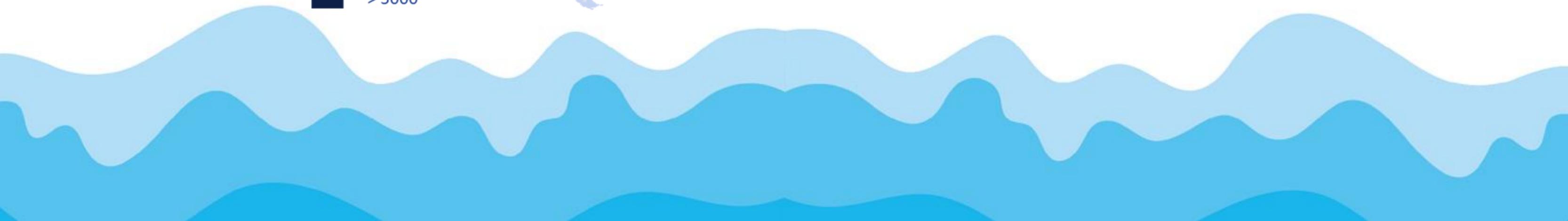
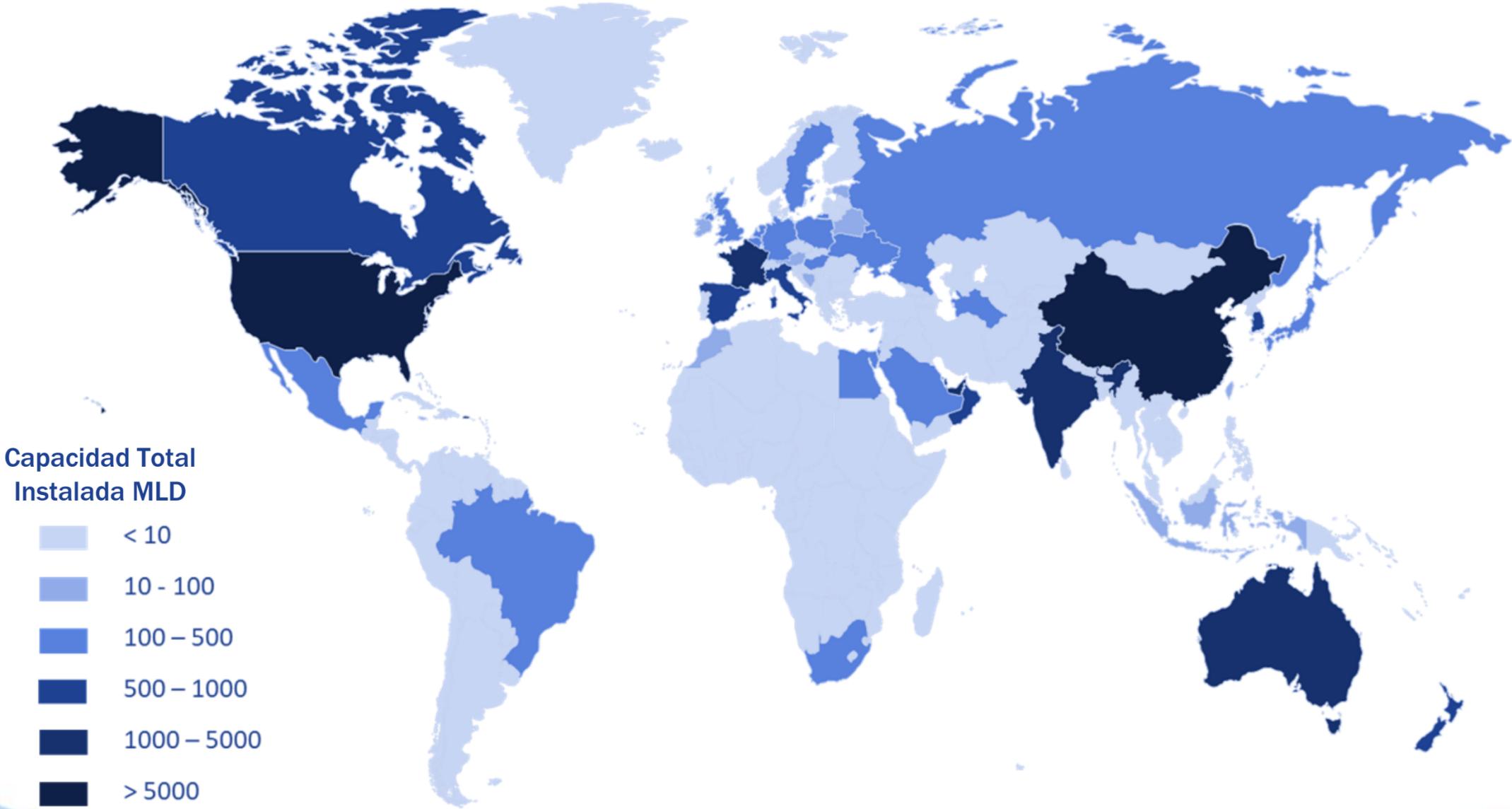
MBR



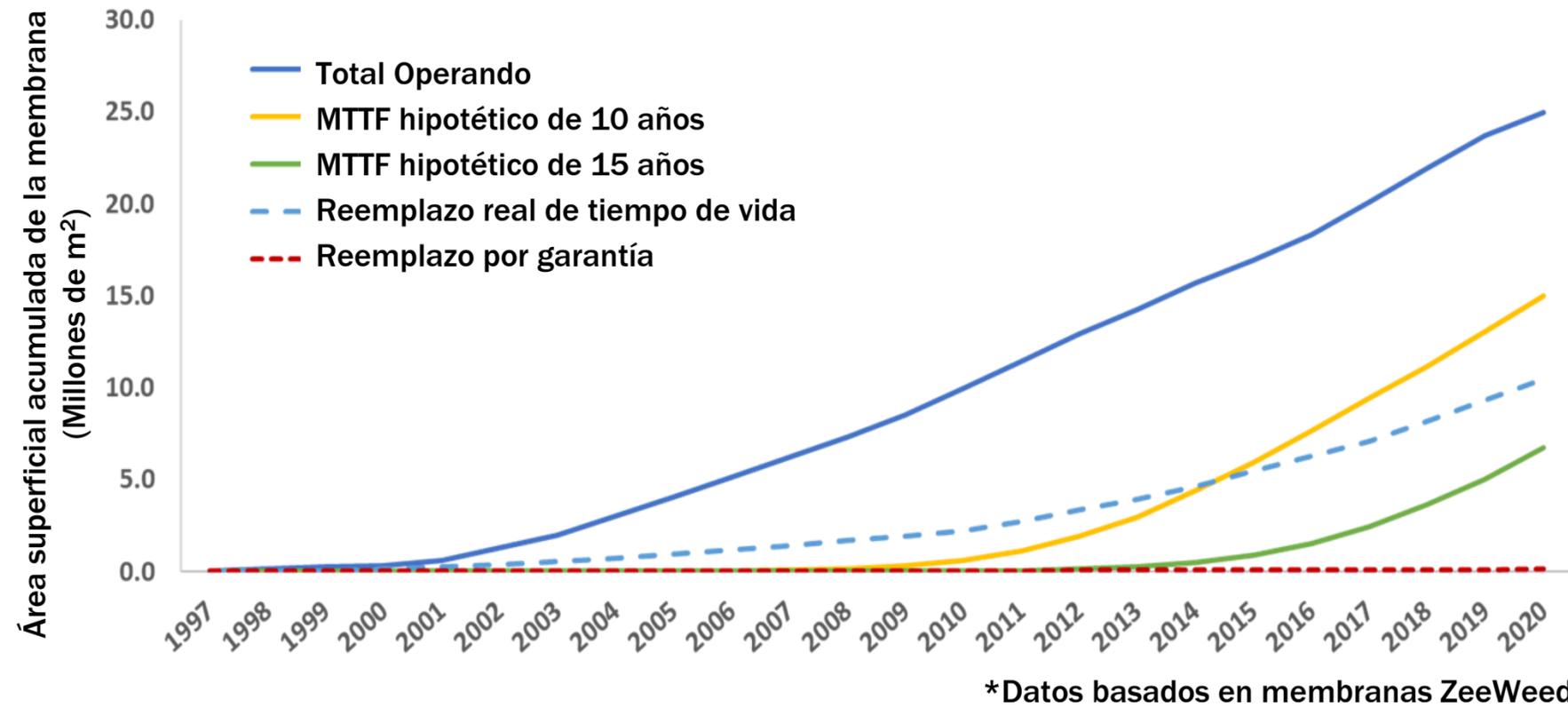
- Cambio disruptivo en la función del tratamiento-proceso de separación.
- Adopción impulsada por el valor



Adopción global del MBR



Adopción a escala: costo de implementación



La mejor:
tuvo un tiempo de vida de más de 15 años.



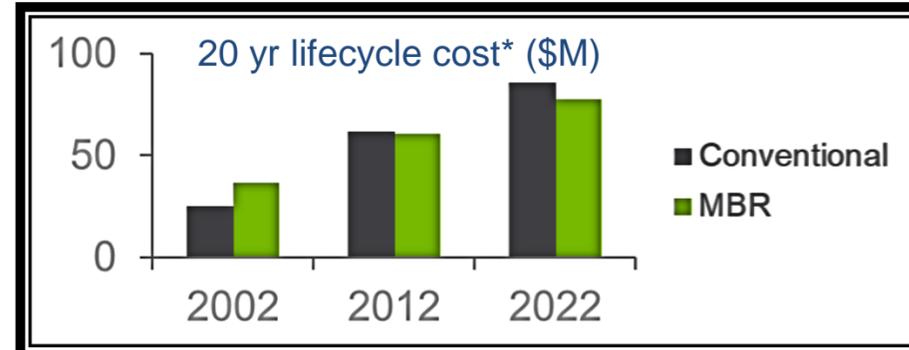
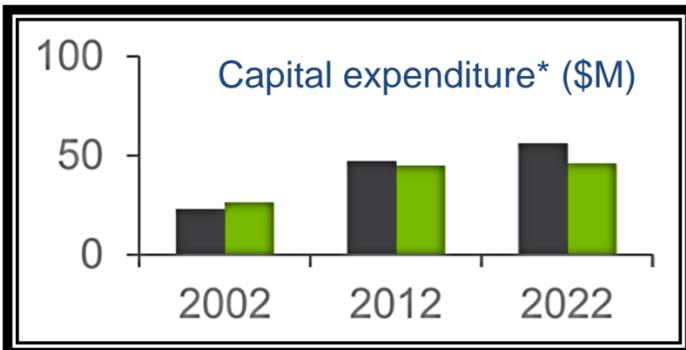
La menos buena:
tuvo una calidad de efluente consistentemente alta y una vida útil de 10.5 años.



12.5 años es la vida promedio de una membrana para el sector municipal

Evolución de los costos de implementación

- Menor costo de inversión que un sistema convencional cuando se incluye la remoción de nutrientes (N&P)
- Requiere menos área, concreto e instalación de equipos



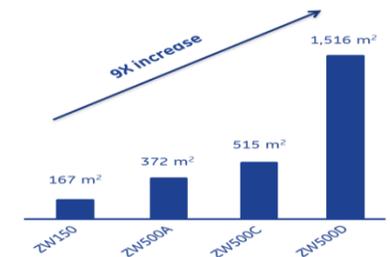
*Comparación realizada para una planta de 20 MLD con remoción de nutrientes



Cambios en el costo de inversión de un MBR:

- Costos del producto
- Innovación tecnológica
- Incremento en los costos de construcción

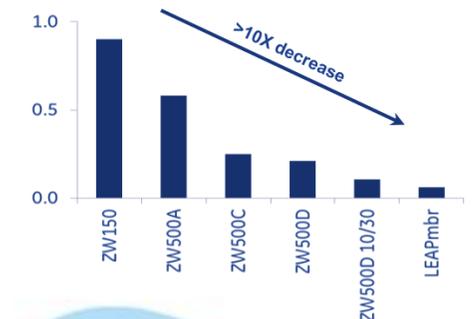
Superficie (m2) de membrana en un cassette Zeeweed



Cambios en el costo de operación de un MBR:

- Innovación tecnológica
- Optimización del diseño y operación
- Vida útil de las membranas

Consumo energético para la aireación de las membranas (kWh/m3)





¿Cómo luce un MBR hoy en día?



Tecnologías para un reuso avanzado



Biorreactor de Membrana



BARRERA PARA Orgánicos, Partículas, Nutrientes - N&P, Patógenos



Ultrafiltración



BARRERA PARA Partículas, Nutrientes - P, Patógenos



Ósmosis Inversa y Nanofiltración



BARRERA PARA Partículas, Nutrientes - N&P, Patógenos, Trazas de Químicos, Sales Disueltas



Ayuda a la remoción de:

- Orgánicos
- Partículas
- Nutrientes - N&P
- Patógenos
- Trazas de Químicos
- Sales Disueltas



Ozono y Biofiltración



BARRERA PARA Trazas de Químicos, Patógenos



EDR



BARRERA PARA Nutrientes - N&P, Sales Disueltas



Ozono y UV



BARRERA PARA Patógenos, Trazas de Químicos



Monitoreo Avanzado de Orgánicos
Analizadores COT



Casos de éxito - Industria de Alimentos y Bebidas



IRAPUATO

Una alianza para la sustentabilidad y la circularidad del agua

Una de las plantas más grandes a nivel mundial de tratamiento de lácteos en Irapuato, sufre de sequía durante la mitad del año.

Es necesario cumplir con los requerimientos de descarga y tener continuidad en el suministro de agua.

reutilización del
50%
de sus efluentes



900 m³/día
de agua tratada disponible
para un segundo uso

El agua utilizada equivale al consumo diario de 5,000 personas.

Sistema MBR con tecnología de ósmosis inversa



Casos de éxito - Industria Cosmética



CDMX

Economía circular que contribuye a reducir el estrés hídrico en la Ciudad de México

Cliente del sector cosmético en el sur de la Ciudad de México. Fue la primera de su grupo en la que todos los servicios de la planta utilicen agua de reúso y en 2017 decidieron reducir el uso de agua de red pública.



El agua utilizada equivale al consumo diario de 500 personas.

MBR terciario + UV + Ósmosis Inversa



Más del 50% de reducción de uso de agua de la red pública



90 m³/día
Reúso en las áreas de servicios, equivalente al 65% de sus efluentes



Casos de éxito - Industria Minera



San Luis Potosí

Reducción en el impacto del nivel freático del acuífero beneficiando a la comunidad

Requería reducir la extracción del agua de pozo que demandan las distintas áreas de proceso y servicios relacionados con su actividad.

Reemplazó el agua de pozo por agua residual municipal tratada logrando:

- Aumentar la disponibilidad de agua de pozo para la población.
- Reducir el conflicto por el recurso hídrico entre población e industria.
- Asegurar una fuente confiable de agua.

76%
recuperación
promedio del agua
residual municipal



2,784 m³/día
Agua de reuso





¿Qué es lo que le depara en
un futuro al MBR?

El reúso del agua ya no es una opción, es una **necesidad**.



Gracias!

Alejandro Zuluaga
LAM Process Engineer Leader

alejandro.zuluaga@veolia.com
www.watertechnologies.com

