



II Ciclo de 20 MasterClass

AGUASRESIDUALES.INFO

MasterClass 18



“Contaminantes emergentes en las aguas residuales urbanas y su eliminación en la EDAR”



25 MAYO

16:30 h. española

Carlos de Juan Álvarez

Sr. Analyst, Product Management Treatment



II Ciclo de 20

MasterClass

AGUASRESIDUALES.INFO

Eliminación de Contaminantes Emergentes

Tecnología & Experiencia Xylem

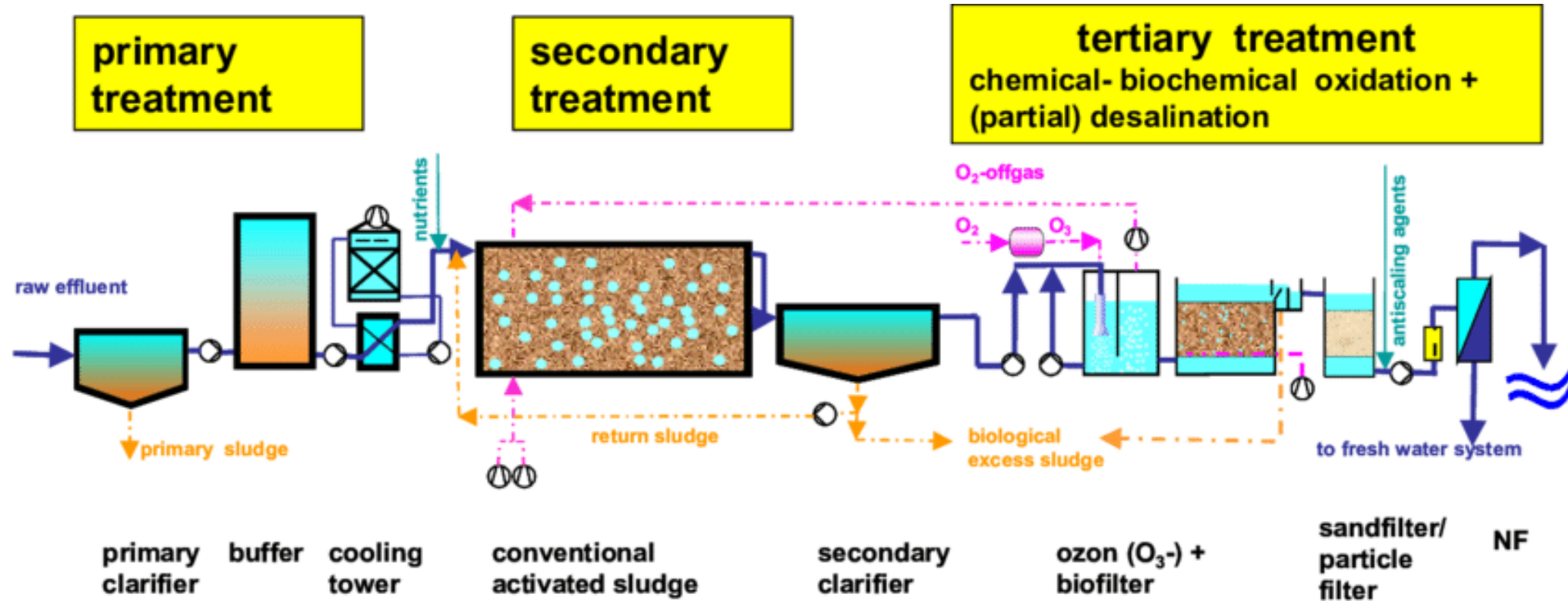
CARLOS DE JUAN ÁLVAREZ – PRODUCT MANAGER TREATMENT IBERIA

Agenda

- Tecnología Xylem para Terciarios
- Aplicaciones y fundamentos para el uso del ozono
- Contaminante emergentes (sustancias, origen, impactos)
- Implementación de sistemas de ozono
- Referencias
- Comparación Costes OPEX
- Huella de CO2

Tecnología Xylem para Terciarios

Tenemos tecnología para dar la calidad que requiramos

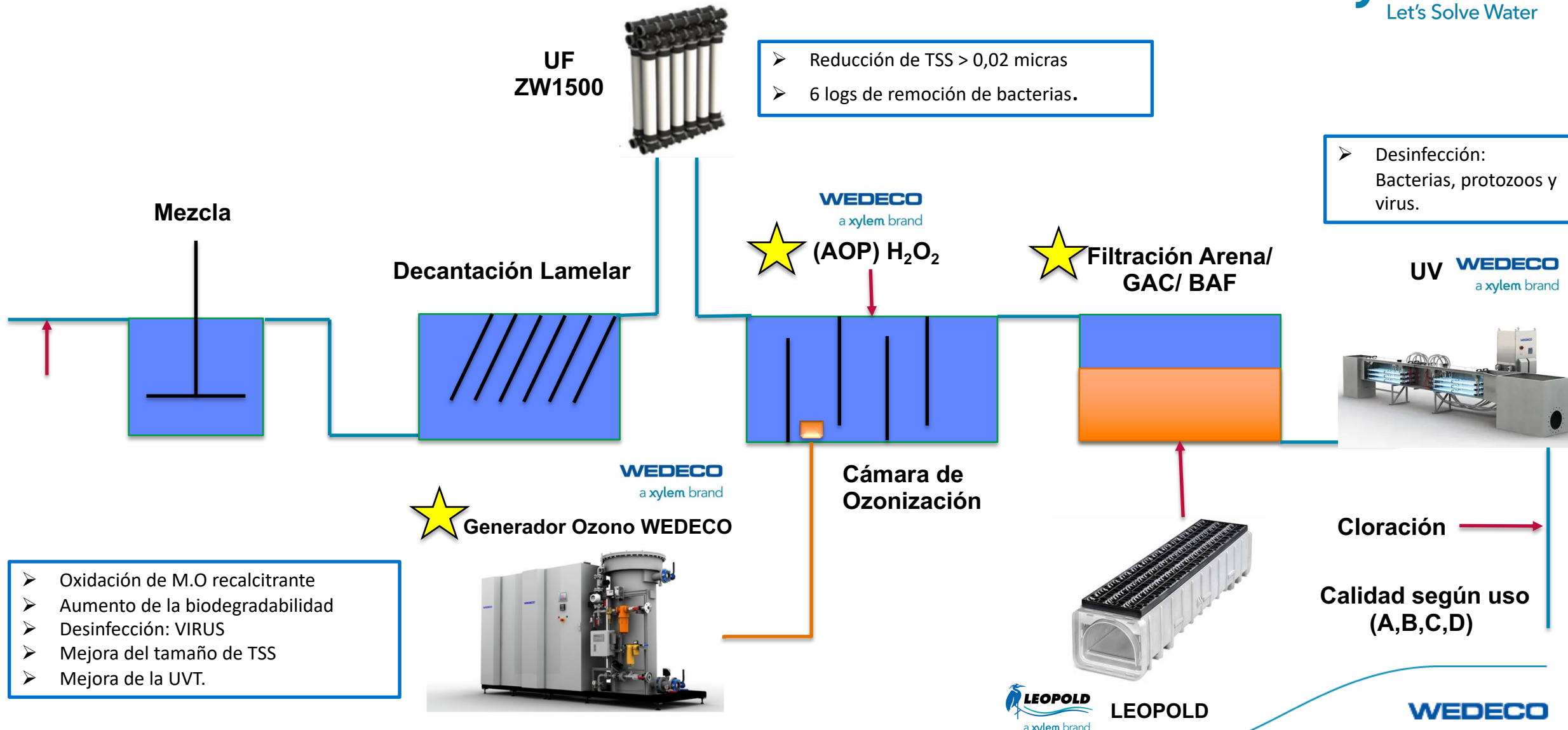


El reto; la simplicidad y la optimización

El tratamiento en una ERA **varía dependiendo del origen del agua a tratar y del uso previsto** para el efluente tratado:

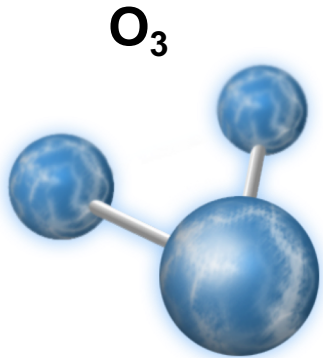
- Reducción de **sólidos en suspensión/turbidez**
- Desinfección (eliminación de microorganismos: **BACTERIAS, VIRUS, PROTOZOOS**)
- **Eliminación de contaminantes emergentes** (medicamentos, pesticidas...)
- Reducción de la salinidad.
- Reducción de Nutrientes (N, P, DBO).

Tecnología Xylem Terciarios



Aplicaciones y conceptos básicos del uso del ozono

Potencial de Oxidación de diferentes oxidantes = Medición de la eficiencia oxidación

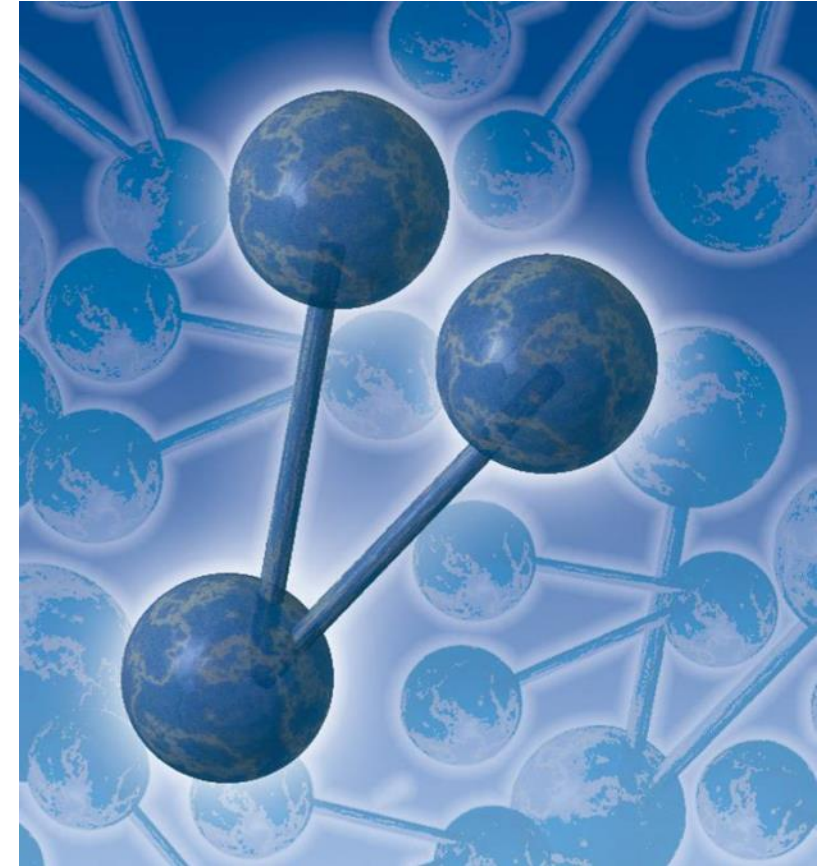


Oxidant	Potential in V	Oxidant	Potential in V
Radical Hidroxilo	2.80	Hipoclorito Sódico	1.49
Ozono	2.07	Cloro	1.36
Peróxido de Hidrógeno	1.08	Dióxido de Cloro	1.27
Permanganato Potásico	1.70	Oxígeno	1.23

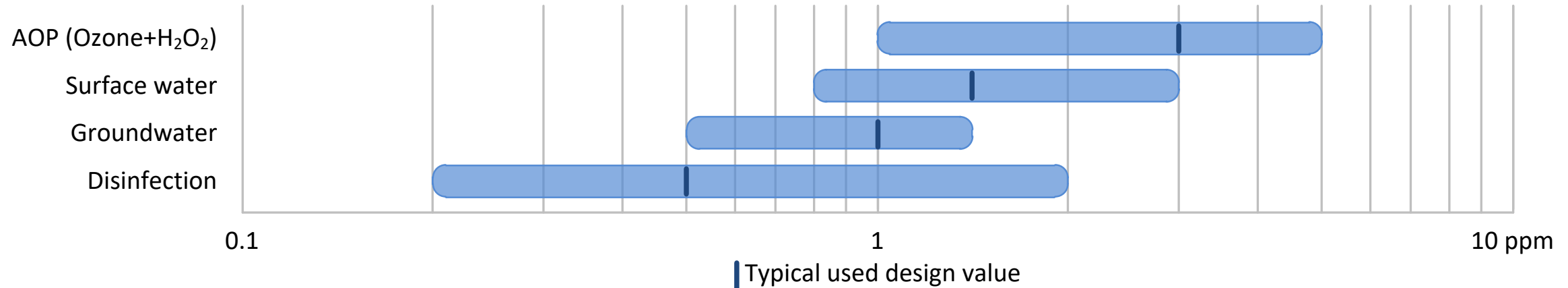
- El ozono actúa **3.000 veces más rápido** que el cloro como bactericida y no genera sub-productos.

Aplicaciones

- Tratamiento de agua potable: desinfección, eliminación de orgánicos hierro o manganeso, color.
- Eliminación de biopelículas, p. sistemas de agua de refrigeración.
- DQO-reducción en aguas residuales (municipales/industriales).
- Oxidación de sustancias tóxicas: fenoles, pesticidas, productos farmacéuticos u otras sustancias industriales.
- Eliminación de color.
- Tratamiento del aire: eliminación de compuestos de NOX y sulfuros.
- Blanqueo de pulpa de papel (celulosa) y caolín (arcilla china).

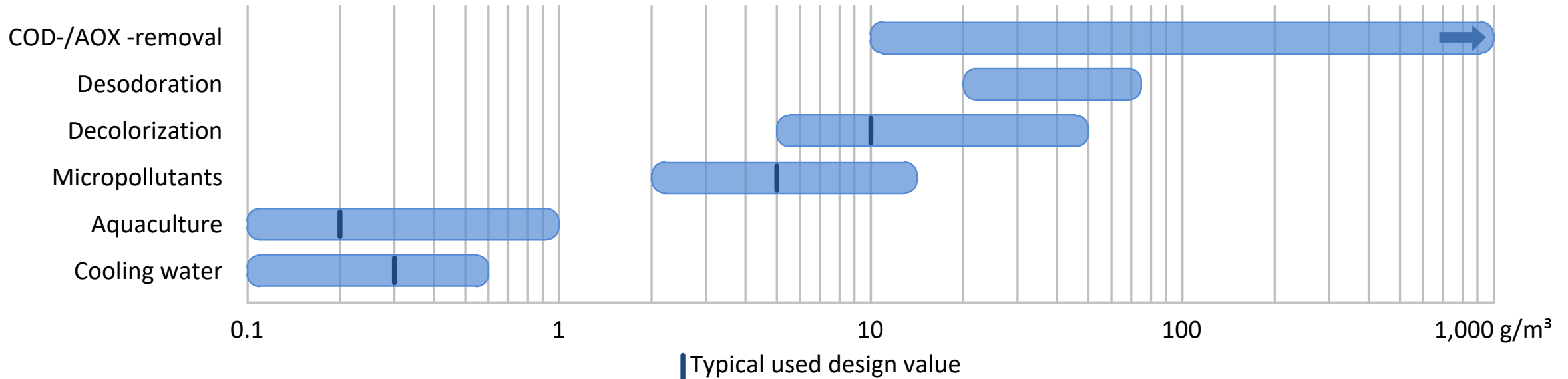


Dosificaciones para el tratamiento de agua potable



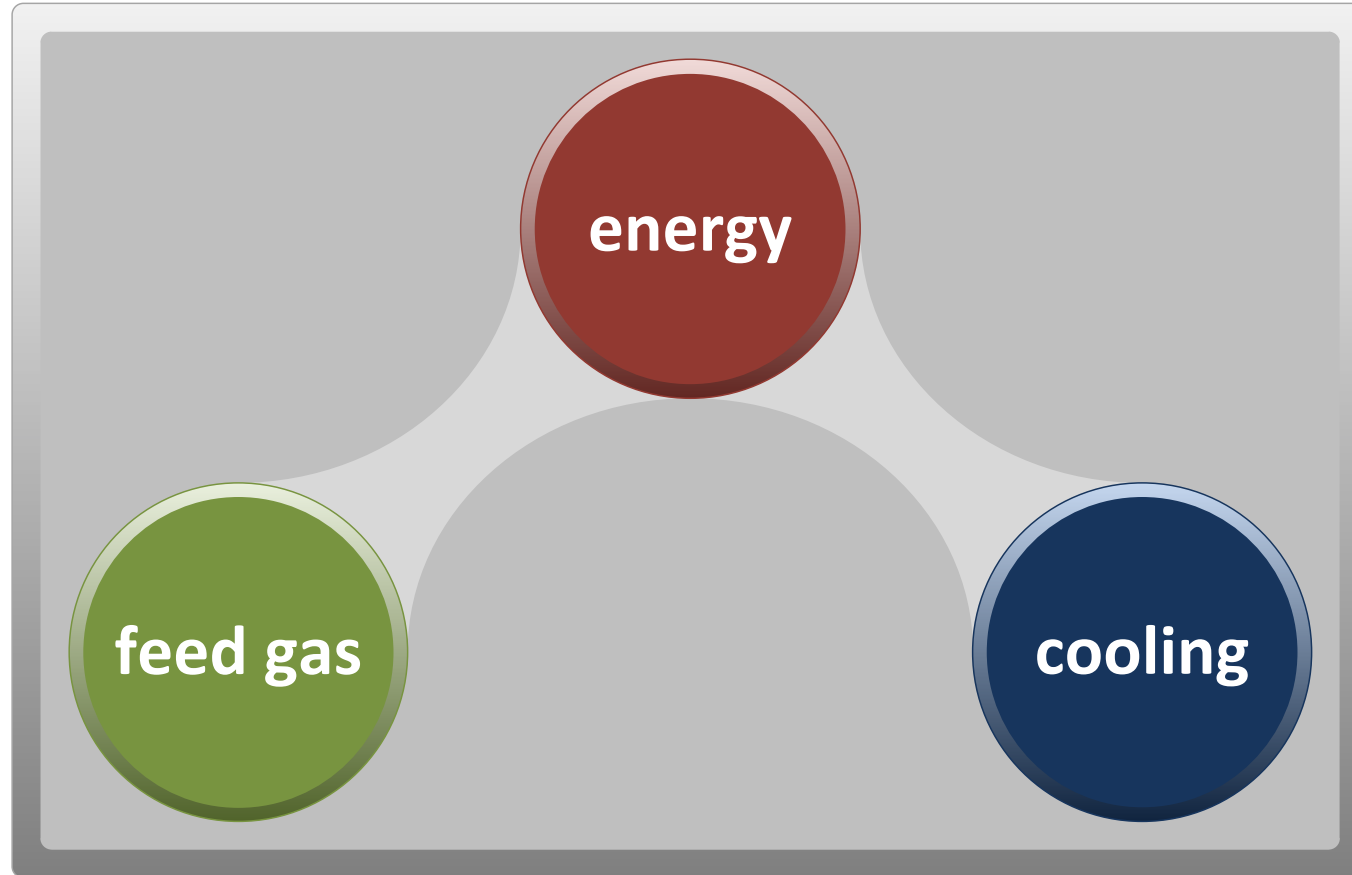
- La desinfección requiere ozono disuelto durante un tiempo determinado (concepto **C**oncentración x **T**iempo).
- Variación de la dosis según la fuente de agua y la aplicación.
- Sustancias especiales adquieren el uso de AOP (por ejemplo, 1,4-dioxano).
- Cuanto mayor sea la dosis, más objetivos de tratamiento se lograrán.

Dosificaciones para aplicaciones en agua residual

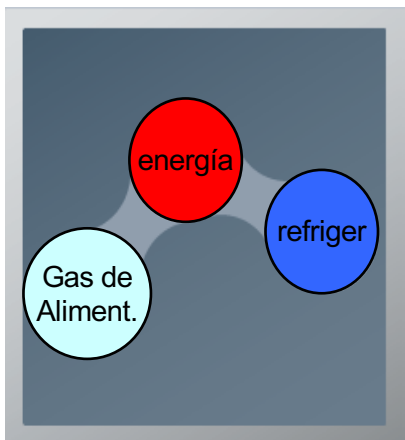
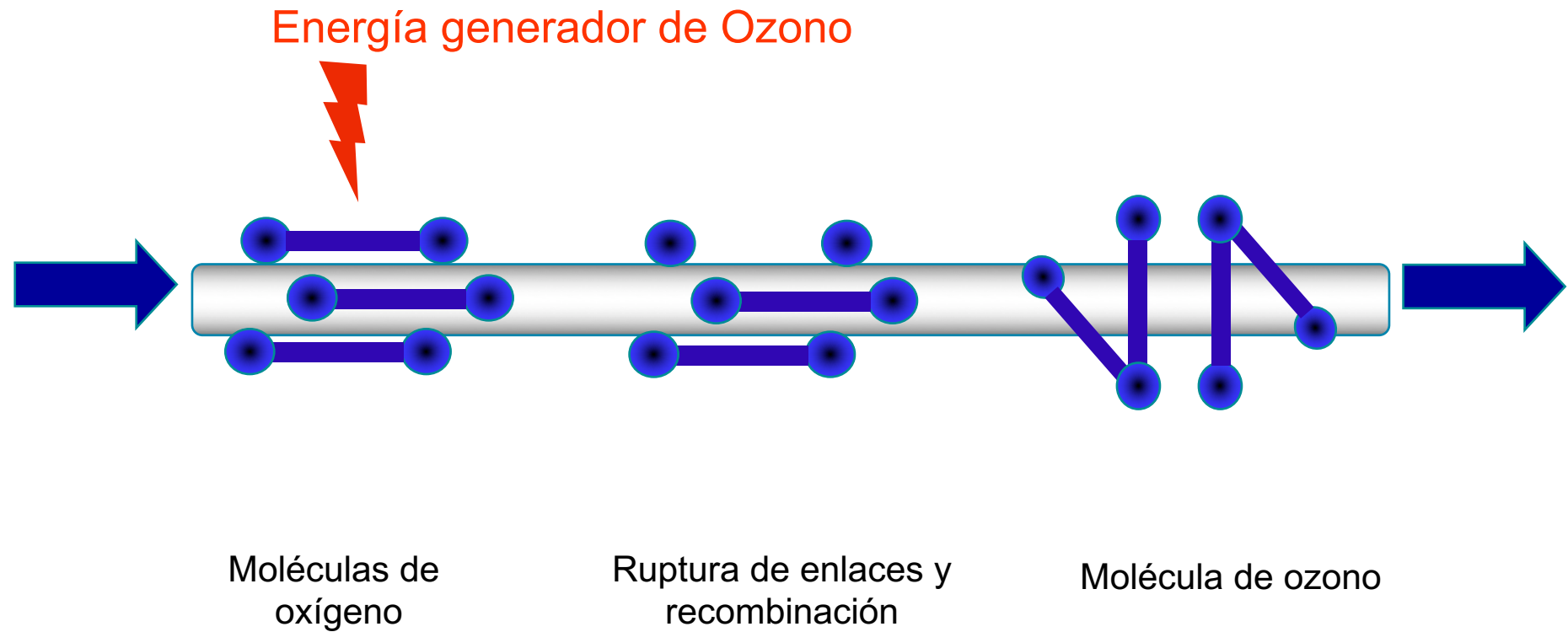


- Por el mayor contenido de carga orgánica, la dosis de ozono en las aplicaciones de agua residual es generalmente más alta.
- La desinfección sucede en paralelo a la oxidación, durante la ozonización.
- Para aplicaciones industriales la dosis de ozono puede ser superior a 1.000 mg/l
- Las pruebas in situ o de laboratorio dan muy buena indicación sobre los resultados alcanzables y la dosis de ozono requerida

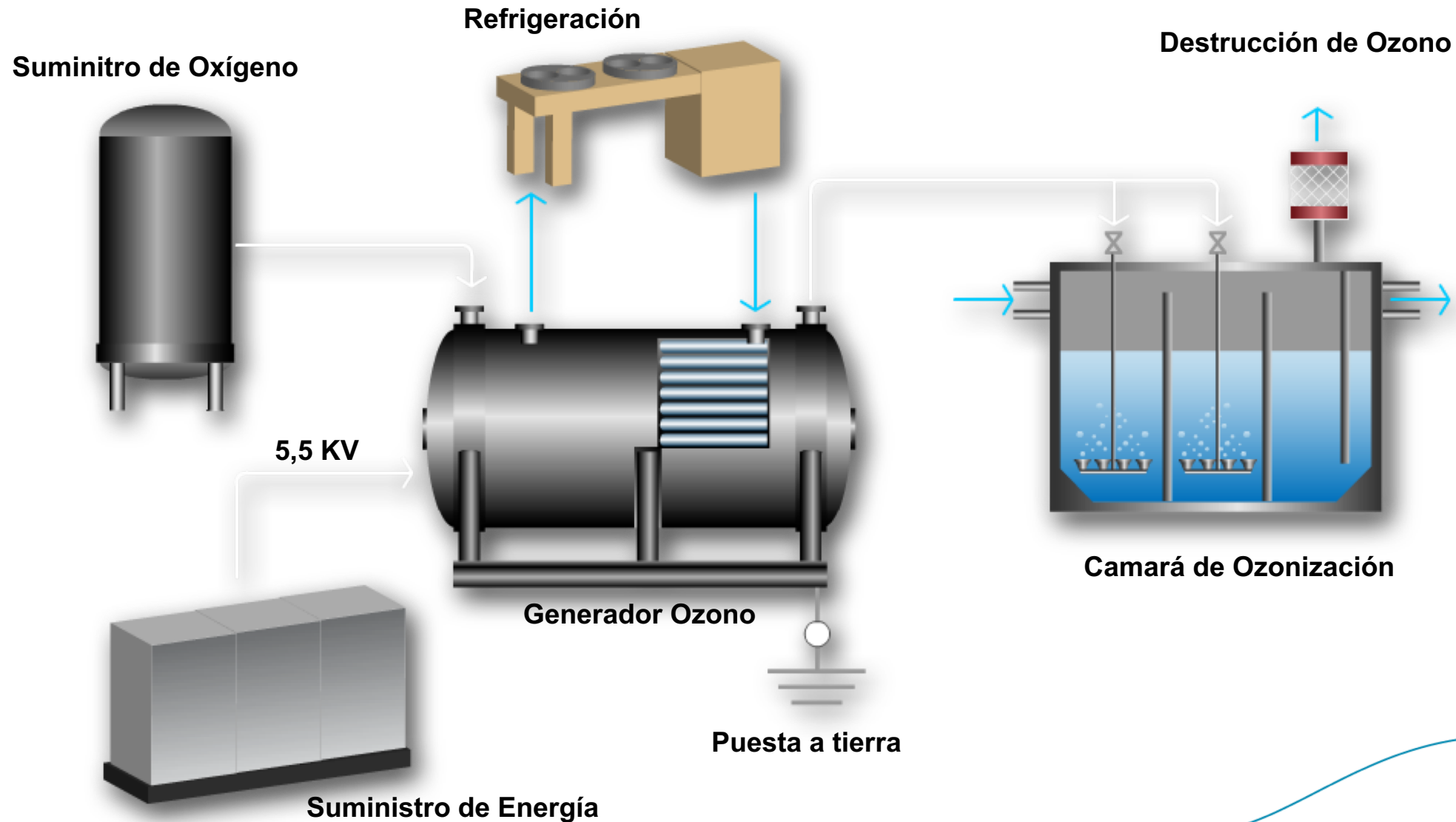
Los tres pilares para la generación de ozono



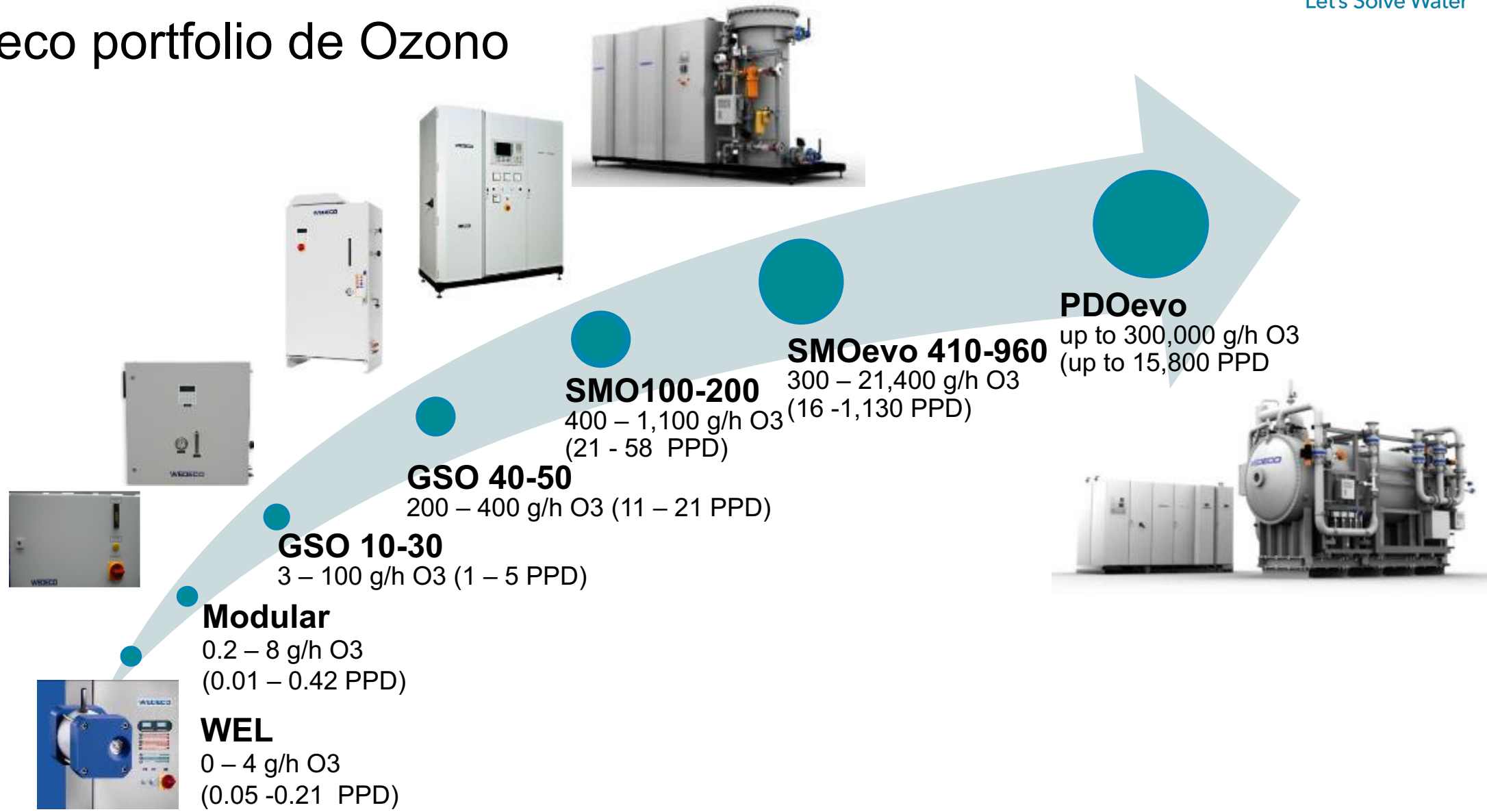
Principio de la generación de ozono



Componentes típicos en un sistema de ozono



Wedeco portfolio de Ozono



Contaminantes Emergentes

Grupos de Sustancias

Productos farmacéuticos (API):

sustancias que serán excretadas después de su uso.

Compuestos disruptores endocrinos (EDC):

sustancias que causan efectos hormonales

Productos de cuidado personal (PCP):

perfumes, protectores solares, productos de limpieza, etc.

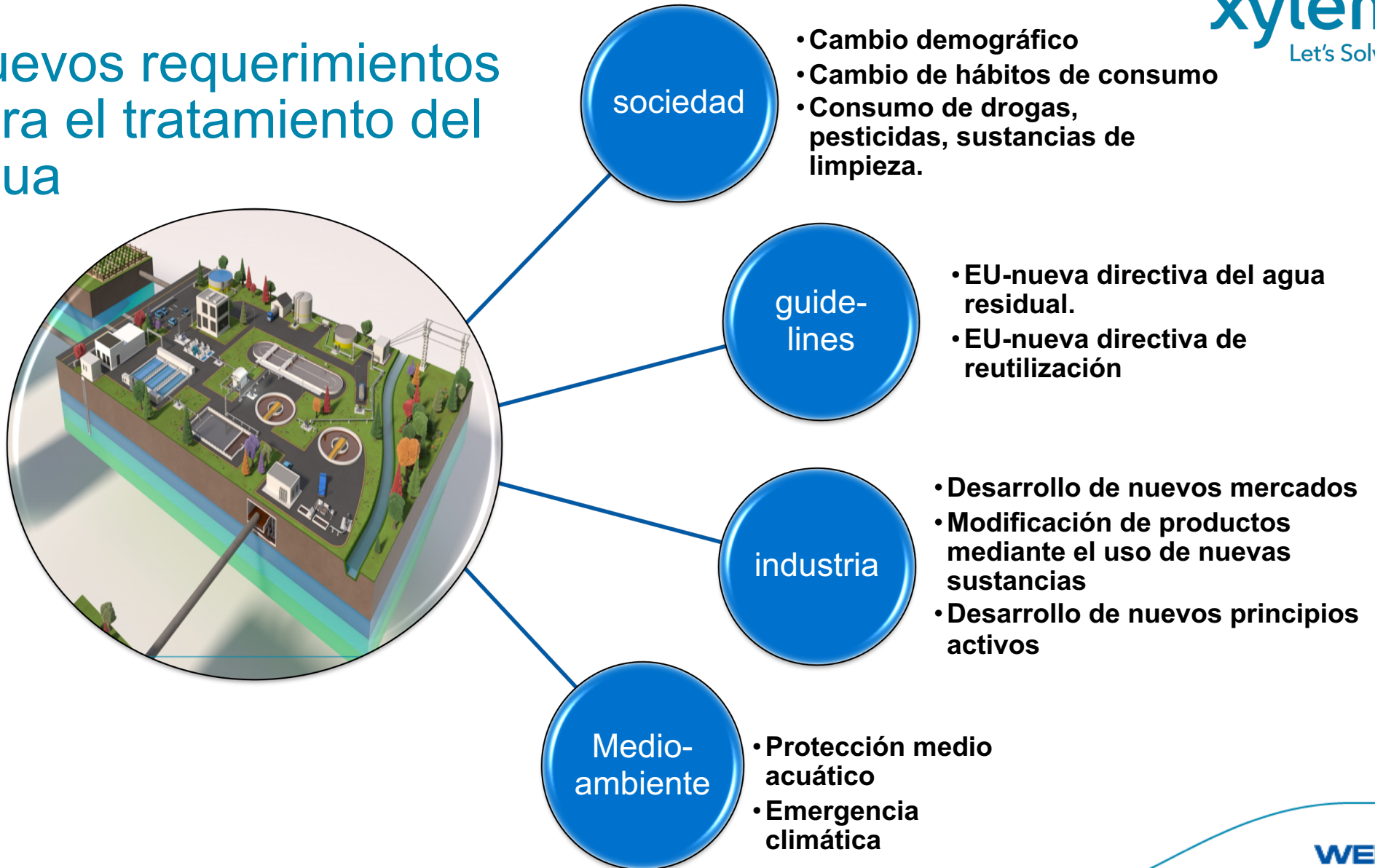
Pesticidas:

entrada en el ciclo del agua desde los hogares y la agricultura

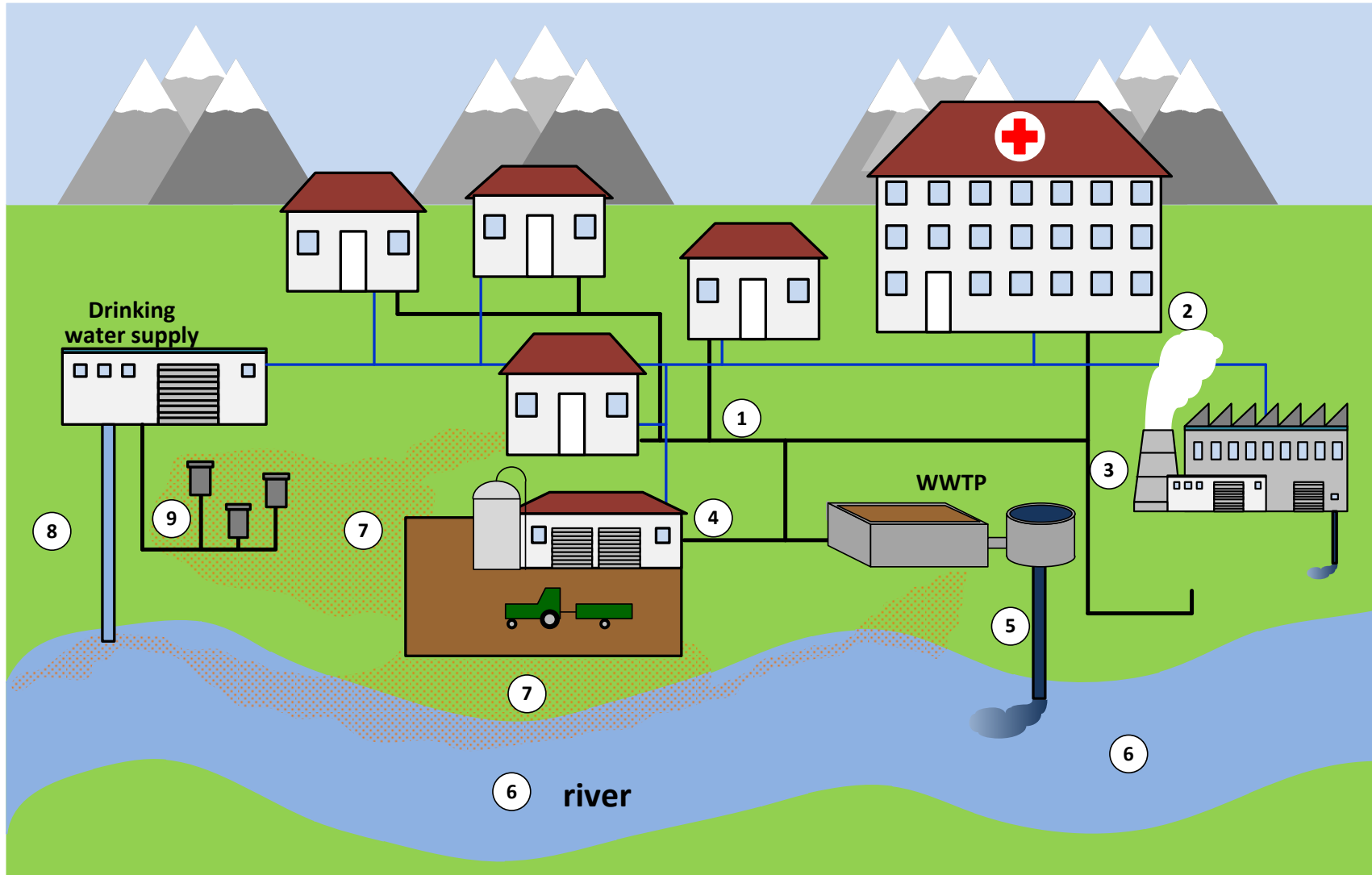
Productos químicos industriales:

emisiones de sustancias específicas de procesos industriales

Nuevos requerimientos para el tratamiento del agua

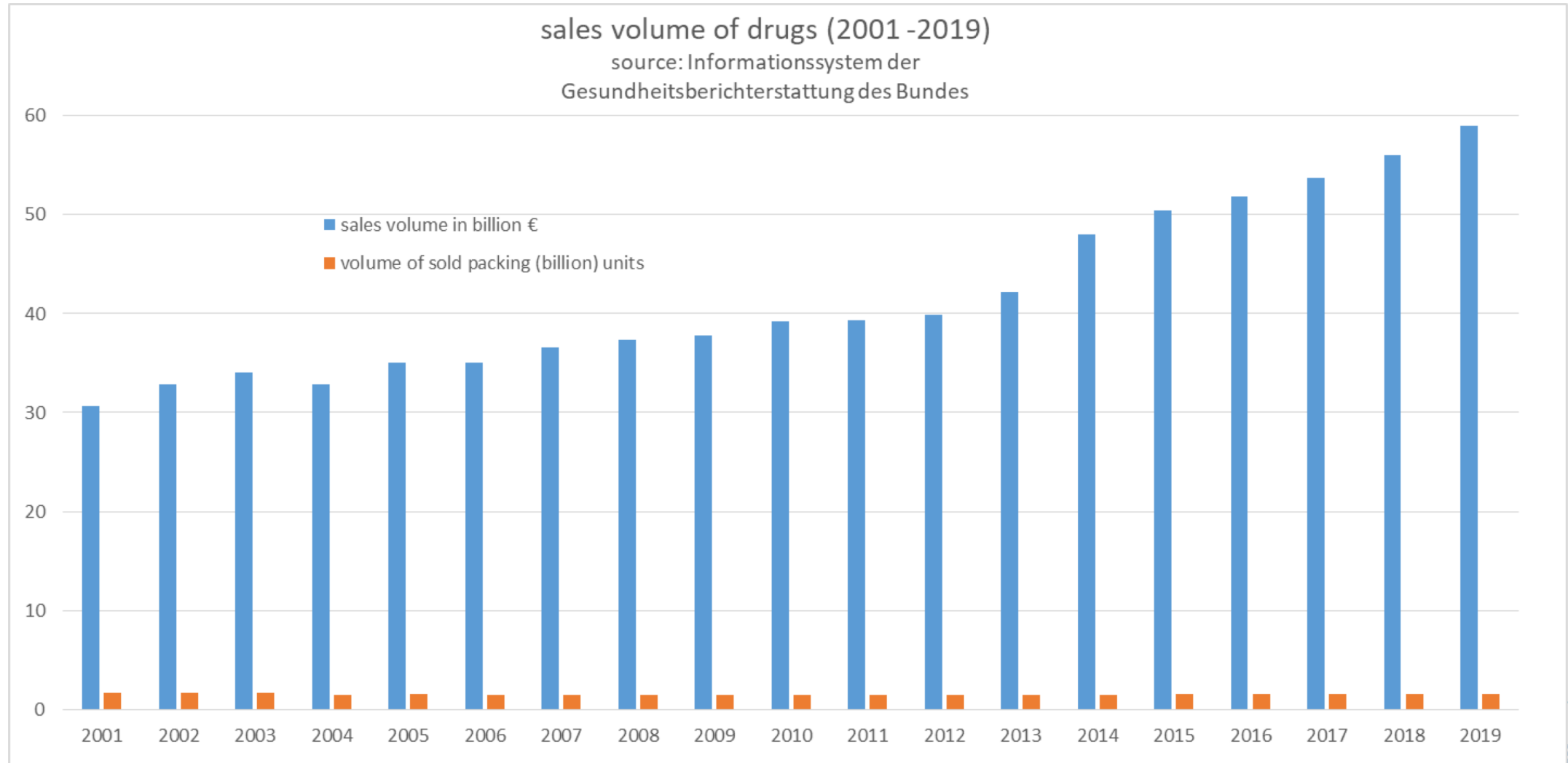


Fuentes y recorridos



1. Agua residual municipal.
2. Agua residual de hospitales.
3. EDAR
4. Agua residual agrícola
5. Agua residual tratada
6. Agua superficial
7. Fuentes difusas
8. Agua potable de fuente superficial
9. Agua potable de fuente subterránea

Volumen de ventas de medicamentos en Alemania



Consumo anual de medicamentos en Alemania

Diclofenaco	<i>analgésico</i>	48 t/a
Carbamazepina	<i>anticonvulsivo</i>	64 t/a
Claritromicina	<i>antibióticos</i>	16 t/a
Metoprolol	<i>betabloqueante</i>	116 t/a
Hidroclorotiazida	<i>tiazida-diuréticos</i>	34 t/a
Sulfametoxazol	<i>antibióticos</i>	27 t/a
Ibuprofeno	<i>antirreumáticos</i>	265 t/a

Más del 50% de las sustancias activas se excretan sin cambios y se recuperan en el efluente.

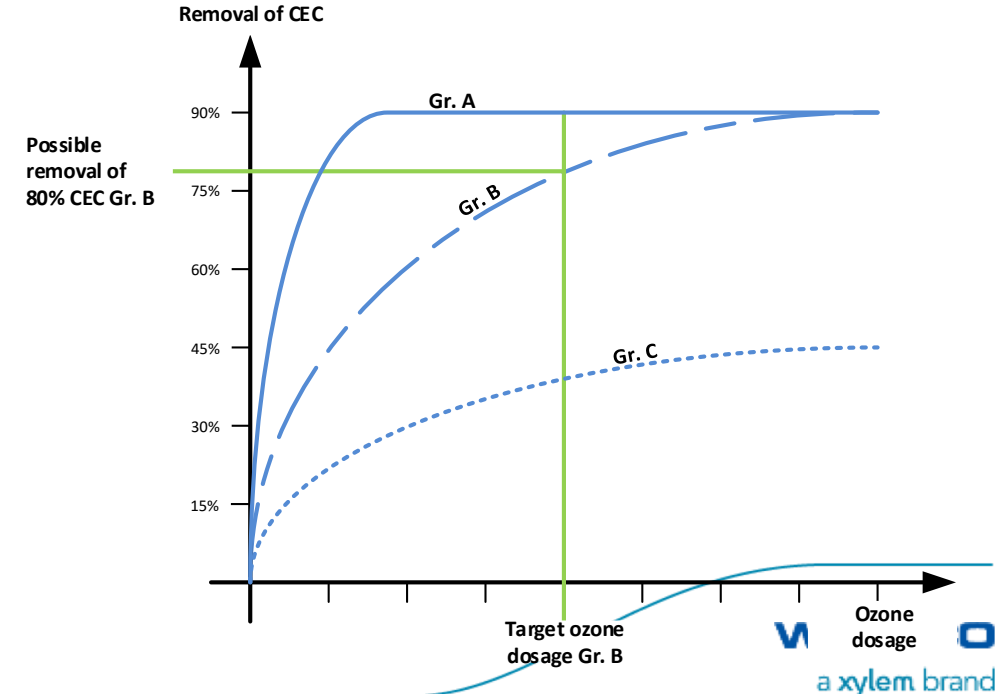
Source: Gartiser, S. et al; Identifizierung und Bewertung ausgewählter Arzneimittel und ihrer Metaboliten (Ab- und Umbauprodukte) im Wasserkreislauf; UBA-FB FG II 3.6; 2009

Eliminación de diferentes sustancias con ozono

Reactividad con ozono	Alta	Moderada	Baja
k_{O_3} [M-1s-1] bei pH=7	$> 10^4$	$10 - 10^4$	$\triangleright 10$
Grupo	A	B	C
Sustancias	Carbamazepina, diclofenaco, sulfametoxazol, claritromicina, estradiol, etinilestradiol	Acesulfam, bezafibrato, benzotriazol, atenolol, gabapentina, mecoprop, metoprolol	★ (AOP) H_2O_2 lomeprol, lopromid, Ibuprofeno, Atrazina, Ciurón

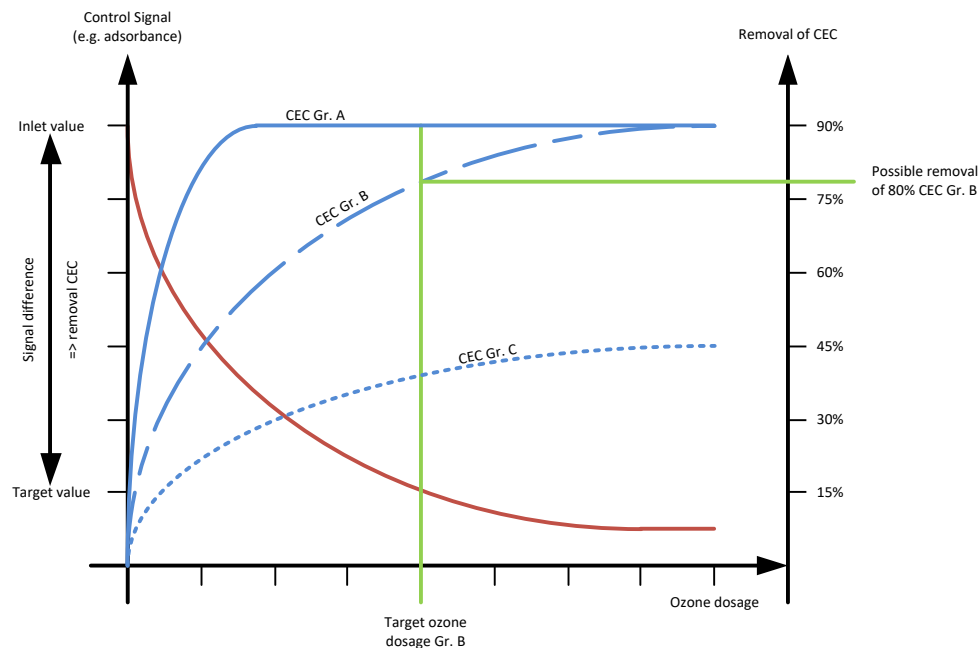
Correlación entre dosis de ozono y grupos de sustancias

→ dosis más altas de ozono dan como resultado oxidaciones más altas de sustancias específicas



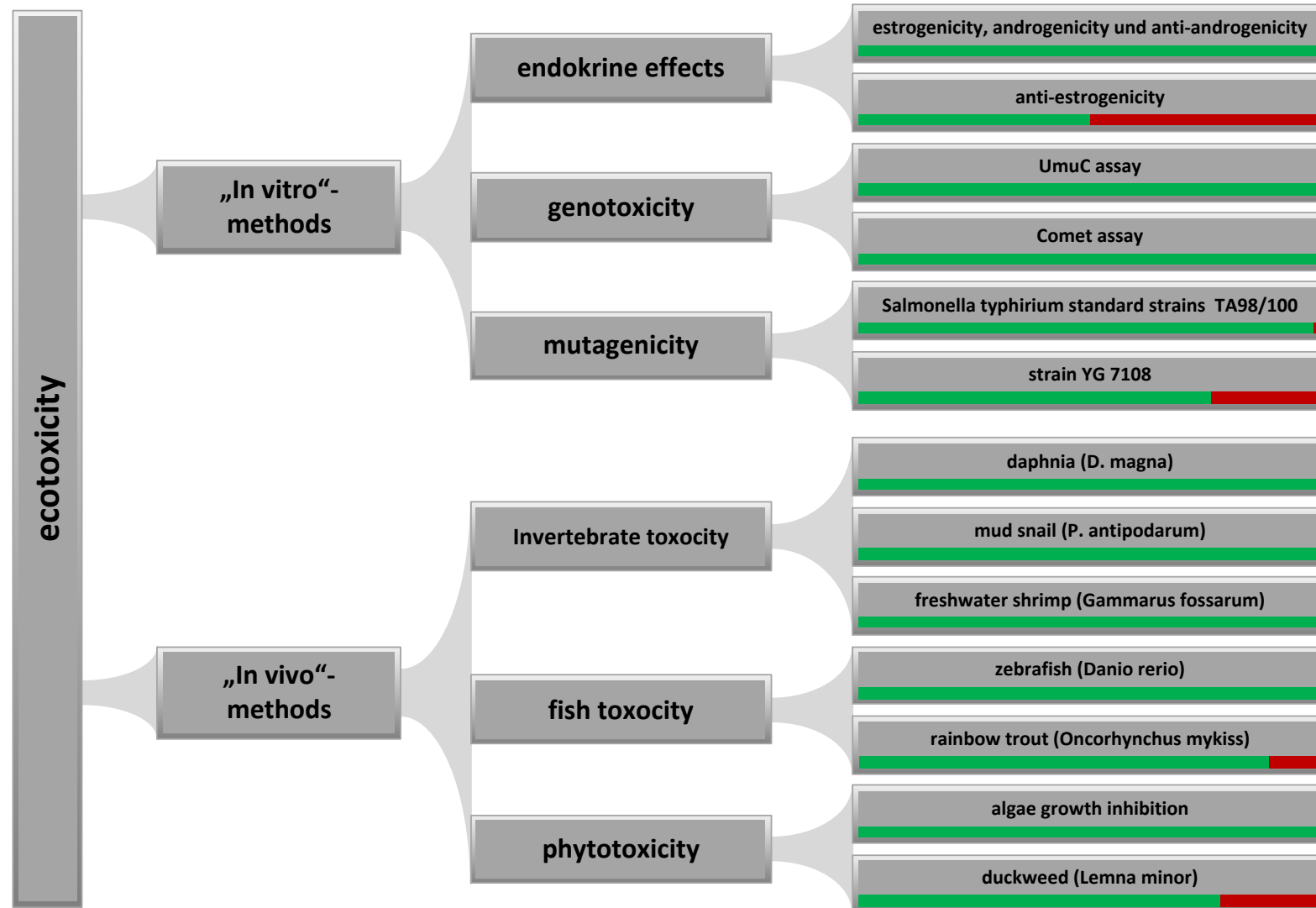
Eliminación de las diferentes sustancias por ozono

Reactividad con ozono	k_{O_3} [M ⁻¹ s ⁻¹] at pH=7	Group	Sustancias
Alta	$> 10^4$	A	Carbamazepina, diclofenaco, sulfametoxazol, claritromicina, estradiol, etinilestradiol
Moderada	$10 - 10^4$	B	Acesulfam, bezafibrato, benzotriazol, atenolol, gabapentina, mecoprop, metoprolol
Baja	> 10	C	lomeprol, lopromid, Ibuprofeno, Atrazina, Ciurón



- La dosis de ozono y la eliminación de grupos de sustancias se marca por señales de control
- p.ej. la eliminación de sustancias se correlaciona con $SUVA_{254nm}$
- dependiendo de la dosis, los grupos reaccionarán de manera diferente y se eliminarán de manera diferente

Efectos eco-toxicológicos del tratamiento Ozono + GAC



Proyectos de investigación

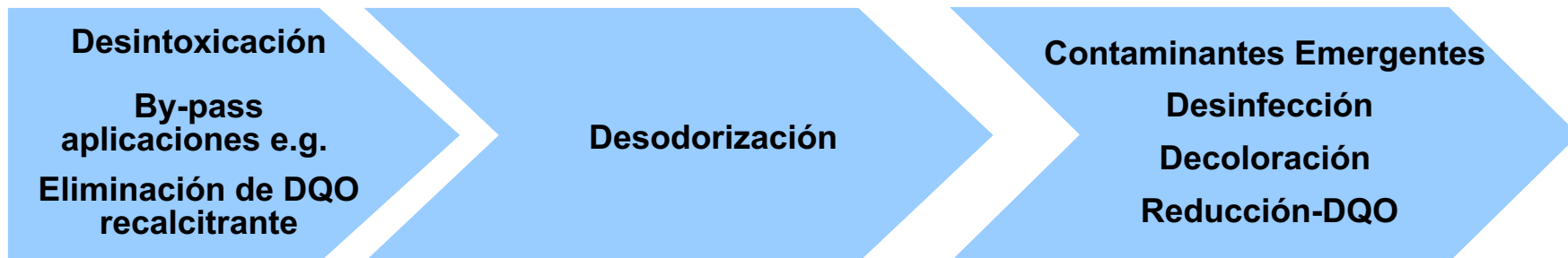
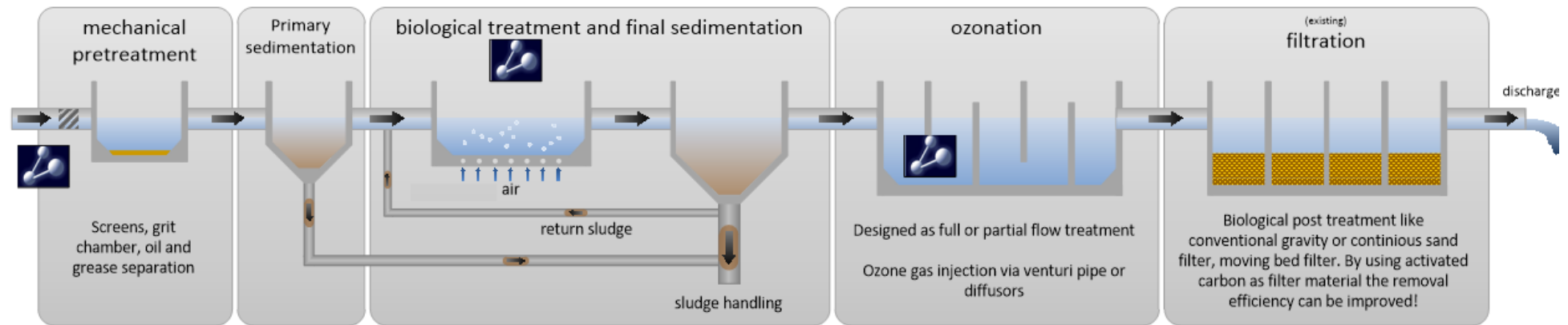
- WEDECO **participa activamente en la investigación sobre la degradación de sustancias desde hace más de 17 años** como una de las primeras empresas a nivel mundial
- Desarrollo de conocimientos propios para determinar relaciones entre:
 - dosis de ozono,
 - degradación de sustancias,
 - productos de transformación,
 - efectos ecotoxicológicos
 - solución técnica y factores de ampliación
- **Apoyo a multitud de proyectos punteros:** Poseidon, Pilotox o TransRisk
- Pruebas a escala piloto e industrial (por ejemplo, KomOzon)
- Equipo y soporte de la primera planta para prueba a escala industrial del mundo en ARA Wueri en Suiza
- **Sólida red de investigadores** e instituciones de investigación.

Tabla de proyectos de investigación

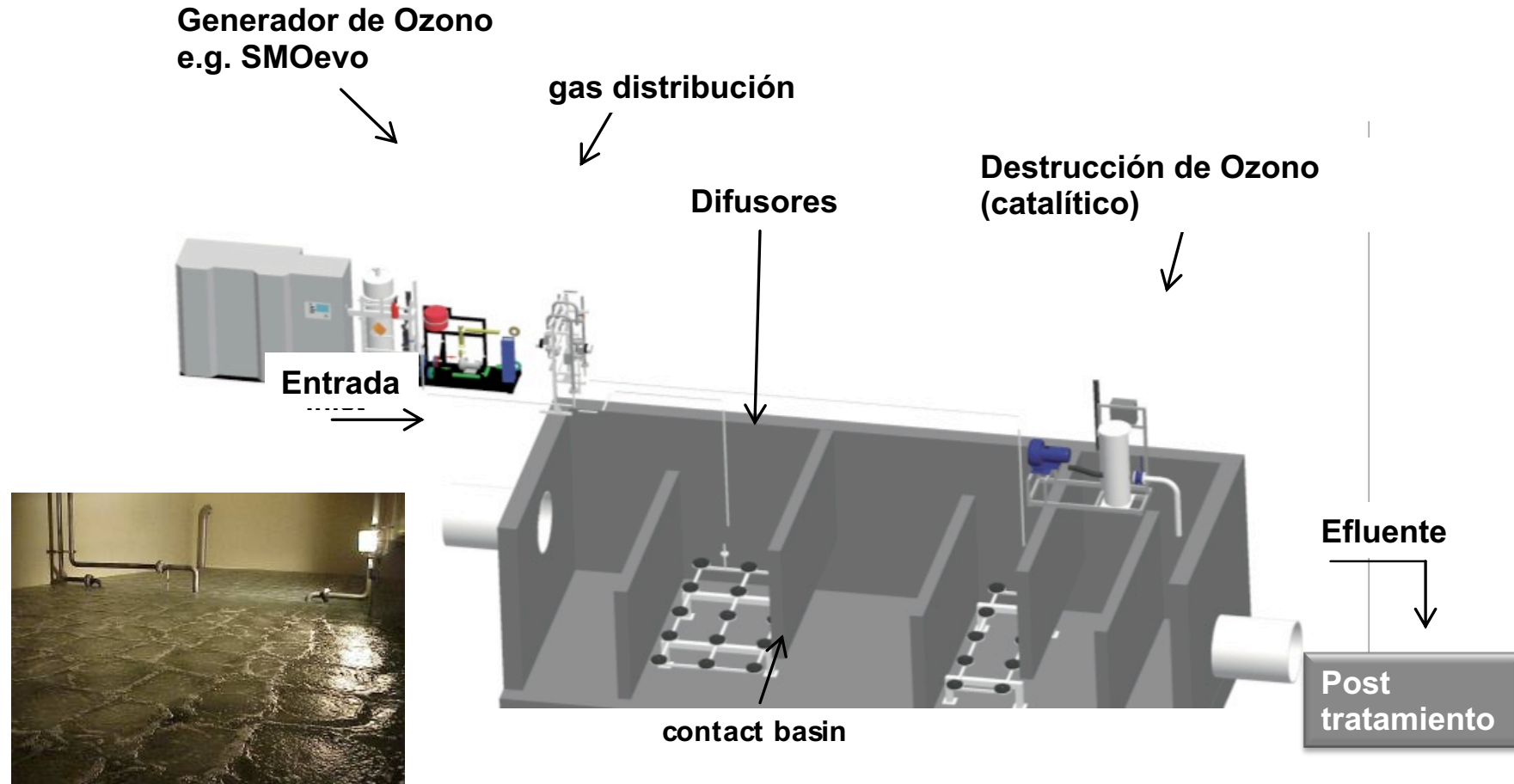
Proyecto	Ciudad / País	Socio	Comienzo/ Final
EU-Project Poseidon	Brunswick / Germany	Different EU Partner	Januar y 2001 - June 2004
EU-Project Poseidon	Opfikon / Switzerland	EAWAG	November 2003
Research project	Stuttgart / Germany	University Stuttgart	December 2003 – May 2005
Pilotox	Berlin / Germany	TU Berlin	December 2004 – June 2005
Research project	Leiden AD / The Netherlands	Hoogheemraadschap van Rijnland	March 2008 – November 2008
KomOzon	Vienna/ Austria	TU Wien	June 2007 - October 2010
Research project	Ilkestone / GB	Severn Trent	July 2007 – 2009
Strategy Micropoll	Regensdorf / Switzerland	BAFU / CH; EAWAG	July 2007 – October 2008
Strategy Micropoll	Lausanne / Switzerland	BAFU / CH; EAWAG; University Lausanne	June 2009 - July 2010
TransRisk	Darmstadt / Germany	BfG; TU Darmstadt	Nov. 2011 – Dec. 2015
KomOzAk	Vienna / Austria	TU Wien	January 2013 – March 2016
SchussenAktiv+	Eriskirch / Germany	Uni Tübingen; Jedele+Partner	September 2012 – April 2015
Nutzwasser	Schweinfurt / Germany	TU München	April 2021 – March 2024
Flextrat	Braunschweig / Germany	RWTH Aachen; Kompetenzzentrum Wasser Berlin	February 2021 – January 2024

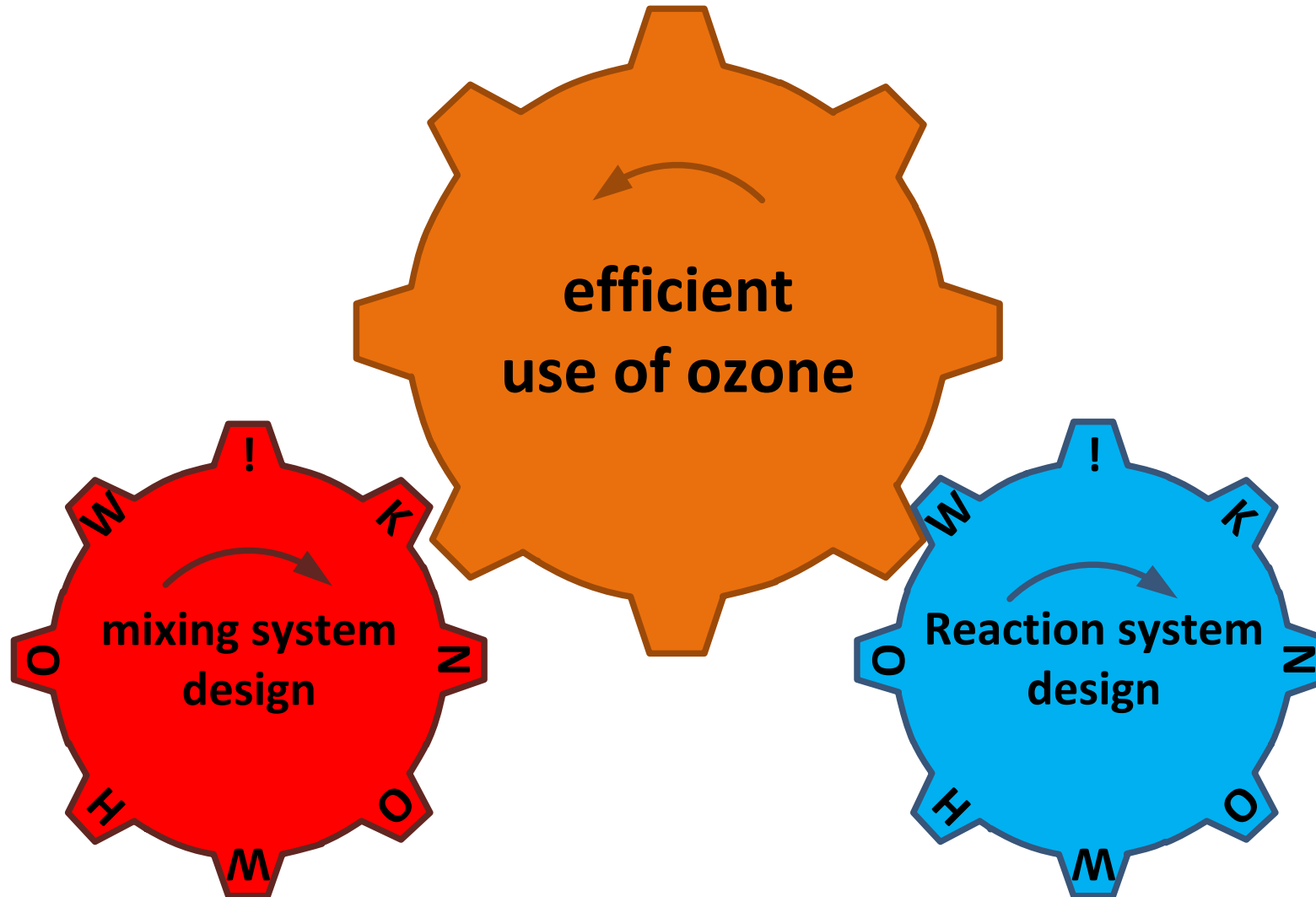
Desarrollo de sistemas con ozono

Uso de ozono en plantas de tratamiento agua residual



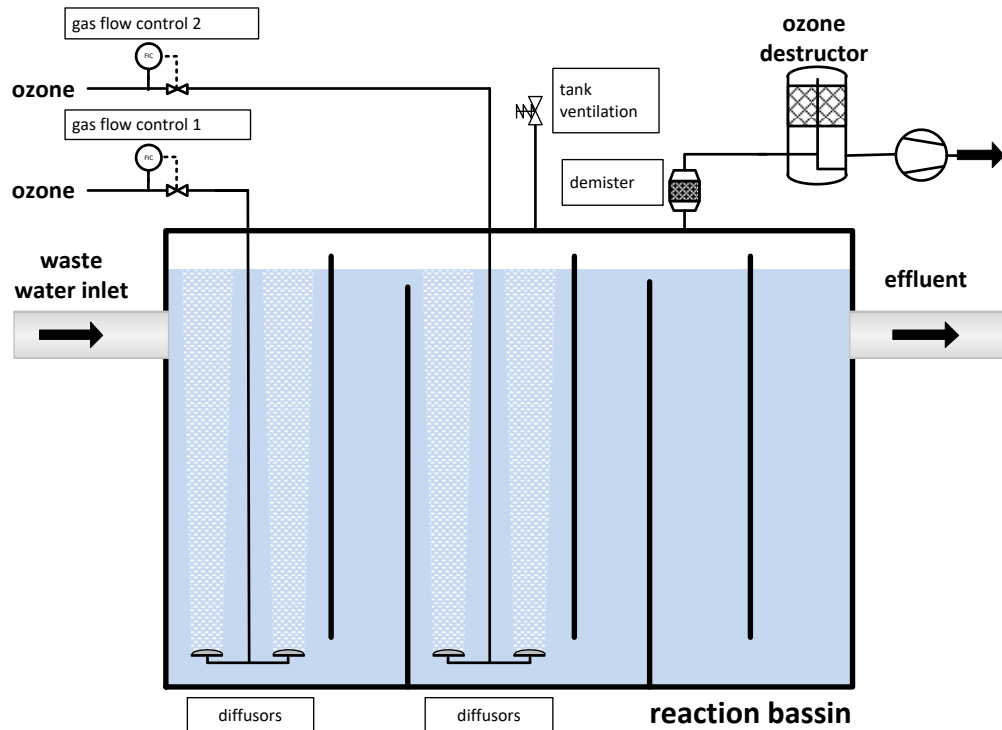
Componentes de la difusión





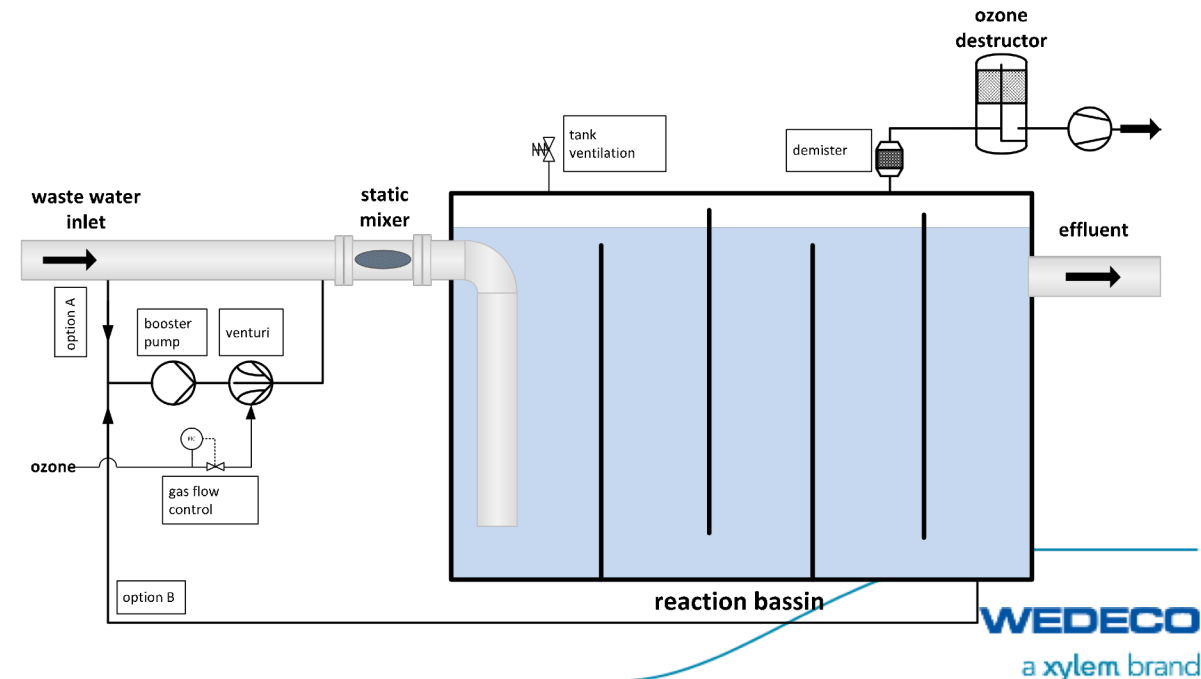
Difusores

- inyección de gas con varias líneas difusores
- posibilidad de inyección de gas en diferentes compartimentos
- distribución variable de gas



Inyector / venturi

- Inyección de gas en tubería principal
- Flujo principal tomado de la tubería principal (opción A) o del tanque de reacción (opción B)
- elemento de mezcla en la tubería principal para obtener los mejores resultados de mezcla



Referencias

Referencias ozono Alemania Eliminación Emergentes

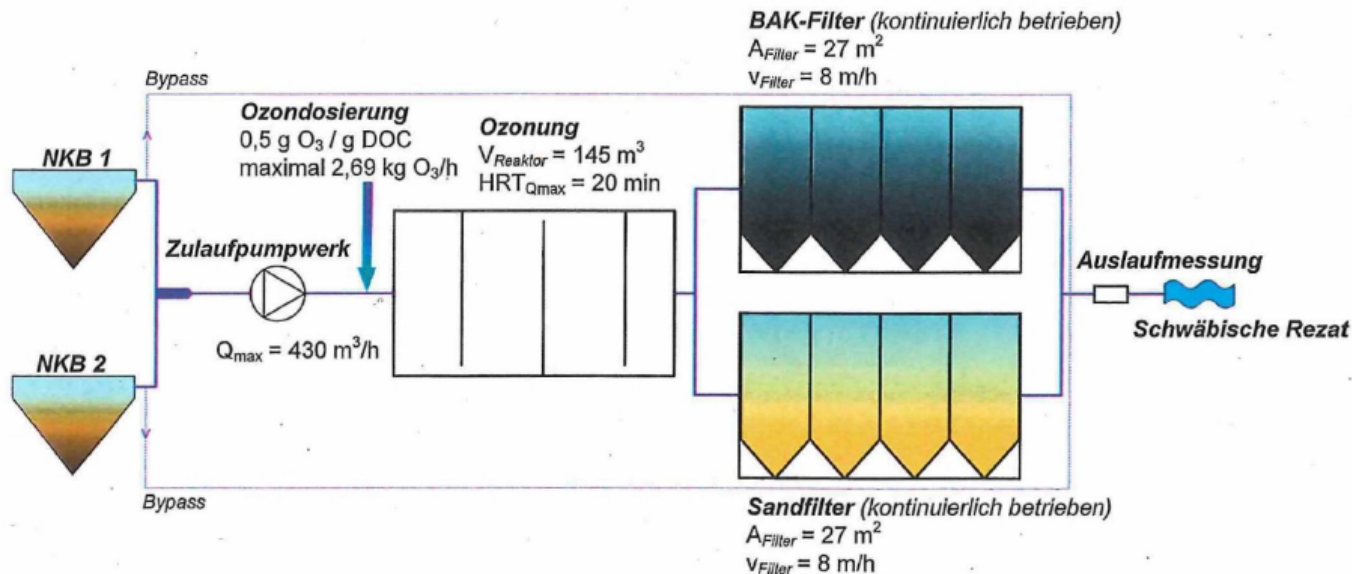
Proyecto	Operador	Start-up	Producción de Ozono [kg/h]
WWTP Überlinger See	Zweckverband Abwasserbeseitigung Überlinger See	ca. 06 / 2022	6,7 kg/h
WWTP Lübbecke	Stadt Lübbecke	ca. 01 / 2022	6,0 kg/h
WWTP Lemgo	Abwasserbeseitigungsgesellschaft Lemgo GmbH	07 / 2021	7,2 kg/h
WWTP Rheda-Wiedenbrück	Eigenbetrieb Abwasser Stadt Rheda-Wiedenbrück	04 / 2021	12,0 kg/h
WWTP Friedrichshafen	Stadt Friedrichshafen	11 / 2020	16,2 kg/h
WWTP Augustdorf	Gemeinde Augustdorf	06 / 2020	1,2 kg/h
WWTP Eriskirch	Abwasserverband Unteres Schussental	12 / 2019	6,0 kg/h
WWTP Aachen-Soers	Wasserverband Eifel-Rur	11 / 2017	32,4 kg/h
WWTP Espelkamp	Stadtwerke Espelkamp	09 / 2017	3,5 kg/h
WWTP Weißenburg in Bayern	Stadtwerke Weißenburg	04 / 2017	2,7 kg/h
WWTP Warburg	KUW Warburg AÖR	07 / 2016	3,46 kg/h
WWTP Köln-Rodenkirchen	STEB Köln	09 / 2016	1,47 kg/h
WWTP Duisburg Vierlinden	Wirtschaftsbetriebe Duisburg	10 / 2011	4,0 kg/h
WWTP Schwerte	Ruhrverband	10 / 2010	8,0 kg/h
WWTP Bad Sassendorf	Emschergenossenschaft	11 / 2009	4,6 kg/h

Referencias ozono Suiza y Francia Eliminación Emergentes

Proyecto	Ciudad	País	Comienzo	Producción de Ozono [kg/h]
ARA Genf	Genf	Switzerland	Plan 2027	3 x 40
ARA ProRhen	Basel	Switzerland	Plan 2023	3 x 12
ARA Birsig	Therwil	Switzerland	Plan 2023	2 x 7.25
ARA Aadorf	Aadorf	Switzerland	2022	1 x 3.6
ARA Furthof	Buchs-Dällikon	Switzerland	2021	1 x 5.7
ARA Porrentruy	Porrentruy	Switzerland	2020	1 x 4.2
ARA Eich	Bassersdorf	Switzerland	2018	2 x 1.75
ARA Werdhölzli	Zürich	Switzerland	2018	8 x 19.1
Simrisham	Simrisham	Sweden	2015	1 x 2
St. Pourçain-sur-Sioule	St. Pourçain	France	2013	1 x 1.2
"Strategy Micropoll"	Lausanne	Switzerland	2009	1 x 5
"Strategy Micropoll"	Regensdorf	Switzerland	2007	1 x 5

Protección del río Rezat

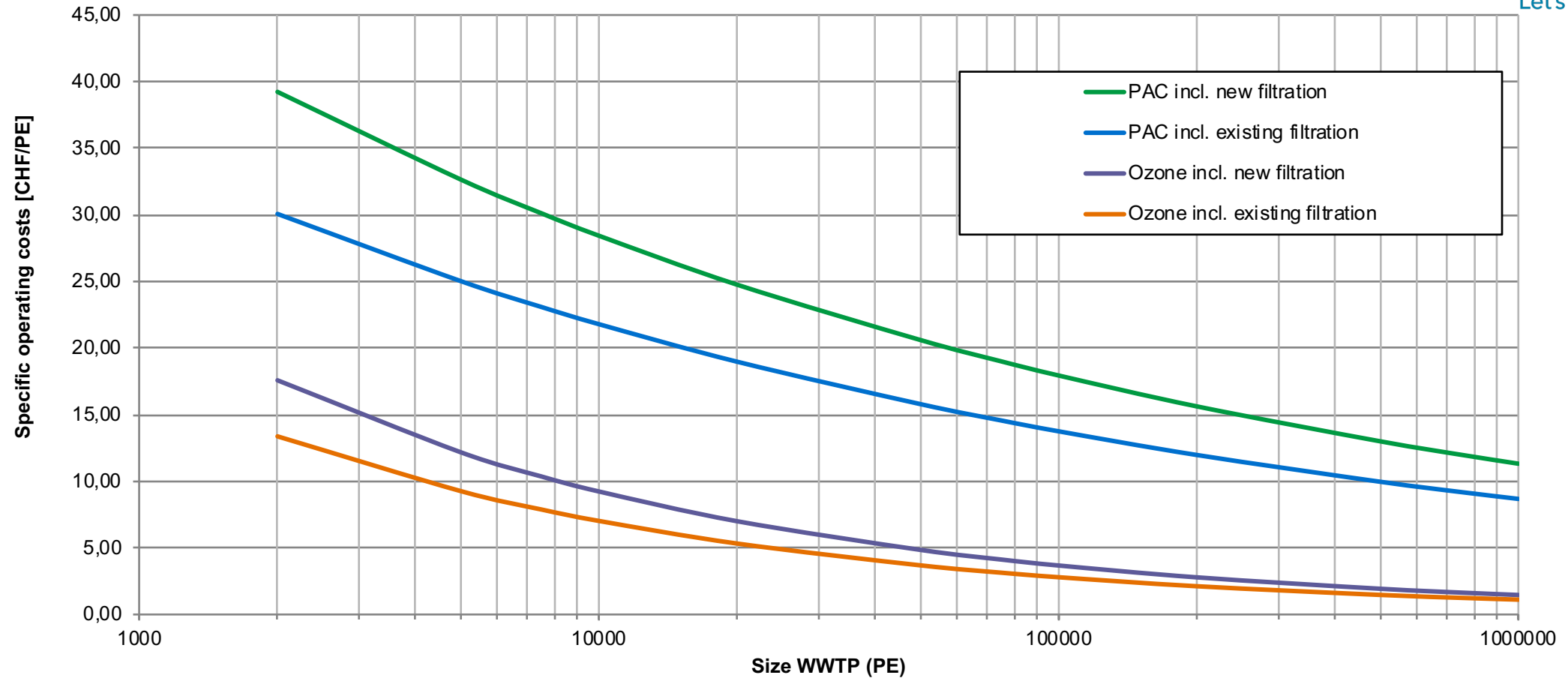
Tamaño:	35.000 he
Caudal Q_T	430 m ³ /h
max. Caudal Q_M	972 m ³ /h
Cámara contacto:	145 m ³
Tiempo de retención:	aprox. 20 min
Generador de Ozono:	SMOevo 510. Cantidad de Ozono 3,2 kg/h
Post-tratamiento	cont. Arena y filtración GAC



Edificio operativo (izquierda) incl. depósitos de reacción, unidades de filtrado (centro) y suministro de oxígeno (derecha)

Comparación Costes OPEX

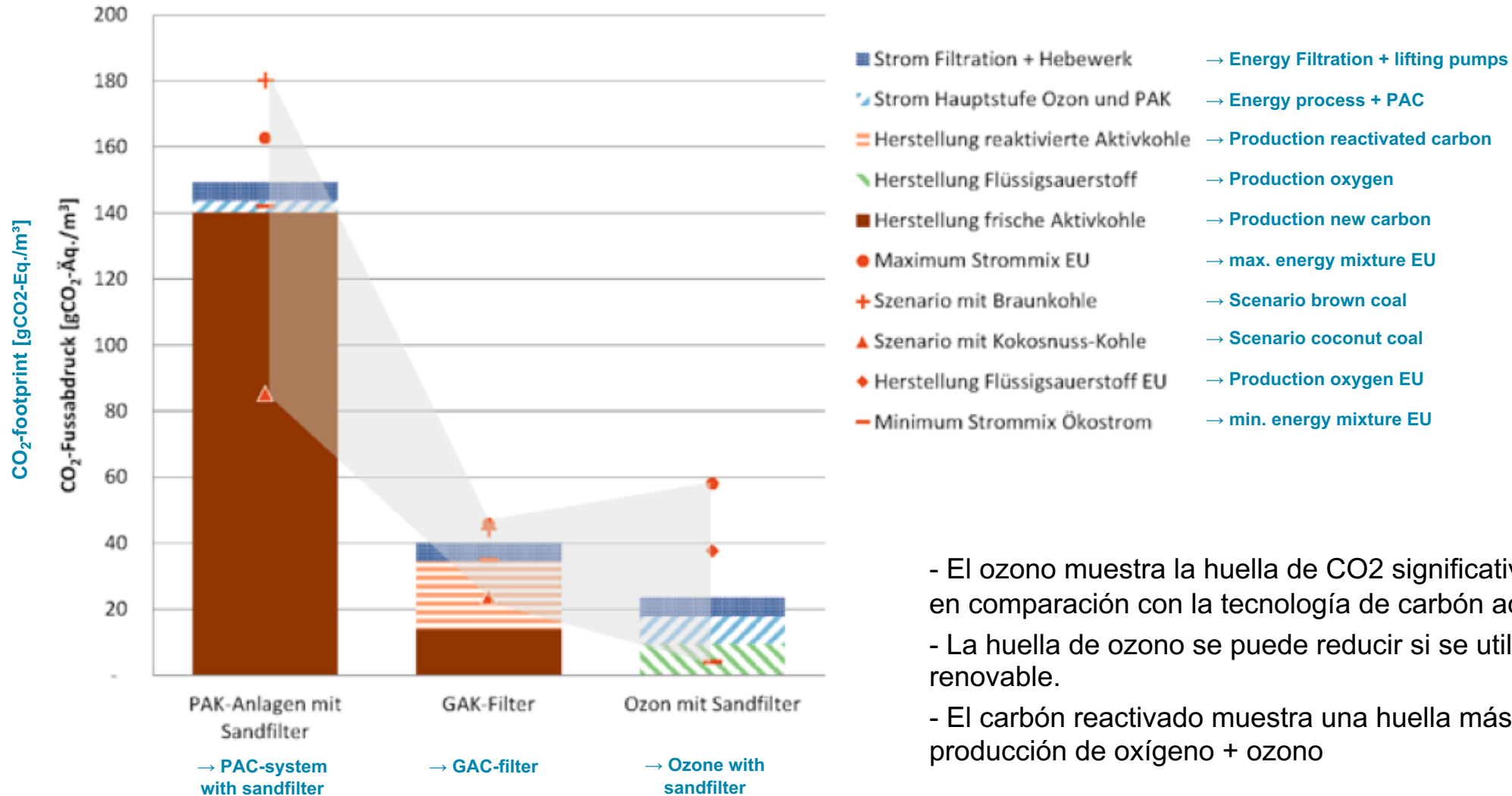
Coste Operación



Source: Summary from T. Haltmeier; Kosten der Elimination von Mikroverunreinigungen im Abwasser; 2012

Huella de CO₂

CO₂-footprint



- El ozono muestra la huella de CO₂ significativamente más baja en comparación con la tecnología de carbón activo.
- La huella de ozono se puede reducir si se utiliza energía renovable.
- El carbón reactivado muestra una huella más alta que la producción de oxígeno + ozono

Conclusiones

- Ozono + GAC eliminación de Contaminantes Emergentes > 80 %
- Reducción mejorada de los efectos toxicológicos
- Más versátil y mejor OPEX que el carbón activado trabajando sólo (hasta un 40 %)
- Se requieren dosis bajas de ozono (aprox. 0,4 - 0,8 g Ozono / g DQO)
- Implementación simple en proyectos nuevos y existentes
- Proceso confiable y controlado
- Bajo costo por m³ de aguas residuales: aprox. 3 – 10 céntimos

Gracias por vuestra atención.



II Ciclo de 20 MasterClass

AGUASRESIDUALES.INFO