



*Tecnologías
claves para
la
reutilización
de las aguas
residuales*

**Wilian Gonzales
Dr. Agua**

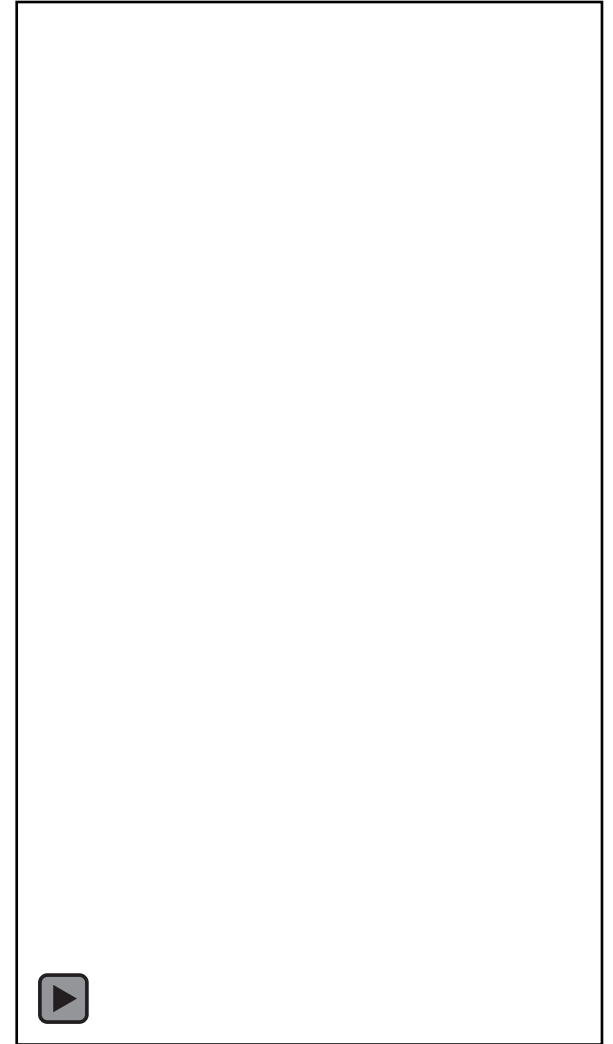
IFAT 2024



LIMA 2025



IFAT 2024



LIMA 2025



IFAT 2024



**¿Cuál es el agua
más cara del
mundo?**

Estructura Tarifaria - Servicios de Agua Potable y Alcantarillado

CLASE CATEGORIA	RANGOS DE CONSUMOS m ³ /mes	TARIFA	
		GRUPO TARIFARIO 1 ⁽¹⁾	
		Agua Potable	Alcantarillado ⁽³⁾
RESIDENCIAL			
Social	0 a más	1,713	0,802
Doméstico No Beneficiario	0 a 20	2,015	1,257
	20 a más		
	20 a 50	2,862	1,760
	50 a más	7,314	3,486
Doméstico Beneficiario	0 a 10	1,713	0,802
	10 a 20	1,911	0,932
	20 a 50	2,862	1,760
	50 a más	7,314	3,486
NO RESIDENCIAL			
Comercial y Otros	0 a 1000	7,314	3,486
	1000 a más	7,846	3,738
Industrial	0 a más	7,846	3,738
Estatat	0 a más	4,809	2,219

Precio del agua en Lima:

Comercial= 2.85 - 3.00 USD/m³

Industrial = 3.00 USD/m³

Agua no potable de camión = 5.00 USD/m³

Agua potable de camión = 20.00 USD/m³

Disposición de aguas residuales = 20.00 USD/m³

Problemática actual:

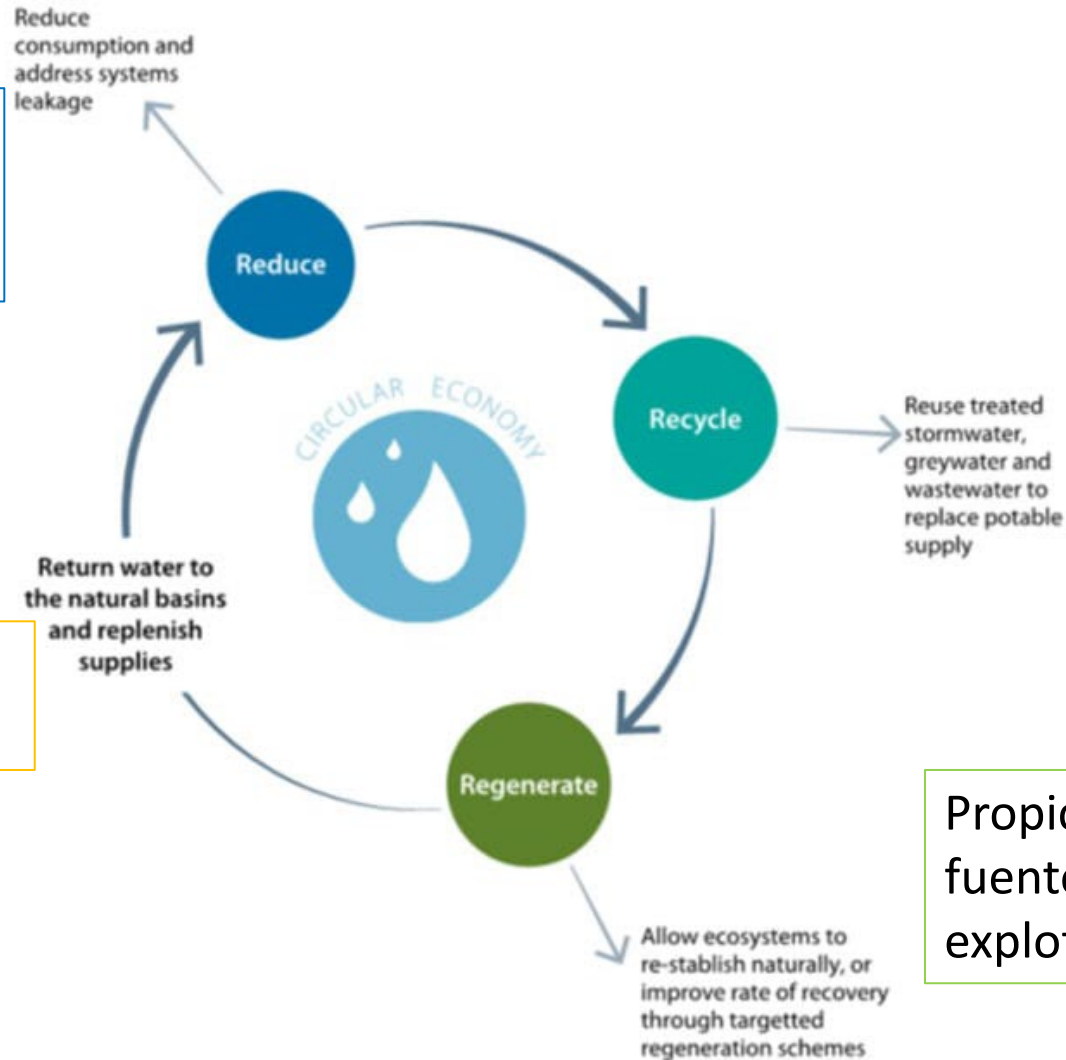


- Elevados costos de disposición de agua residual.
- Dificultades para cumplimiento de Valores máximos admisibles para descargas al alcantarillado.
- Tarifas de agua potable y alcantarillado cada vez mas elevadas.
- Necesidad de las empresa de ser mas sostenibles y reducir su huella hídrica.

Enfoque circular del agua

Reducir el consumo, optimizar la distribución, reducir pérdidas y fugas.

Retornar el agua al cuerpo natural sin contaminar.



Reusar el agua tratada en reemplazo del agua potable. Reciclar agua de lluvia como fuente alternativa.

Propiciar la **regeneración** de las fuentes de agua. No sobre explotar. Recargar acuíferos.

Reducir las pérdidas

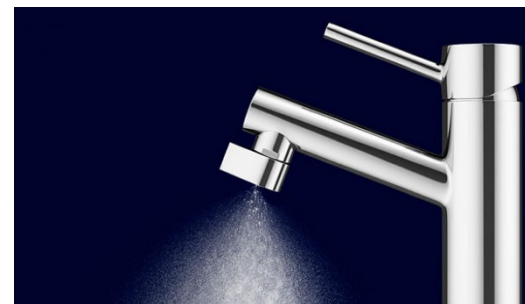


En América Latina, la pérdida de agua o agua no contabilizada en los sistemas de agua potable, se estima un promedio de **42% de pérdidas de agua** en las grandes ciudades y en las pequeñas o medianas el promedio, es aún mayor.

El 70% de las pérdidas se producen en las conducciones, redes, estanques o infraestructura. El resto corresponde a consumos reales pero que no son registrados por una inadecuada macro y micro medición.

Reducir el consumo

- Reducir el consumo
- Medirlo



Reducir el consumo



Reducir la contaminación



Hacia compostaje
para abono

Reducir la contaminación

El 80% de las aguas residuales retornan al ecosistema sin ser tratadas o reutilizadas (UNESCO, 2017)



Bangladesh ha sido reportado en el puesto 10 del top 20 de los principales ríos contaminados en el mundo con el río Buriganga Allison Joyce / Getty Images



Reusar el agua

Lavados



Lavado de ropa



Lavado de vehículos



Limpieza y baldeos de pisos



Riego de parques y jardines



Agua contra incendios



Reutilización en inodoros

Agua de proceso



Norma vigente para reutilización de aguas – Perú

Parámetro	Unidades	Normativa actual (topes máximos)		
		DS 004 2017 MINAM. Categoría 3. Riego no restringido. Norma Peruana	Directrices OMS 1989. Norma internacional	EPA - Guidelines
DBO5	mg/L	<15	-	<=10
DQO	mg/L	<40	-	-
SST	mg/L	-	-	-
AYG	mg/L	<5	-	-
Turbidez	Ntu	-	-	<=2
pH	unidades de pH	6.5-8.5	-	6.0-9.0
Cloro residual	mg/L	-	-	>=1
Coliformes Totales	NMP/100 mL	-	-	-
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	<1000	<200	No detec.
E.Coli	NMP/100 mL	<1000	-	-
Huevos de Helmintos	Nº huevos / L	<1	<1	-

Reúso de aguas en calderas

Table 3-8 Recommended boiler water limits

Drum Operating Pressure (psig)	0-300	301-450	451-600	601-750	751-900	901-1000	1001-1500	1501-2000	OTSG
Steam									
TDS max (ppm)	0.2-1.0	0.2-1.0	0.2-1.0	0.1-0.5	0.1-0.5	0.1-0.5	0.1	0.1	0.05
Boiler Water									
TDS max (ppm)	700-3500	600-3000	500-2500	200-1000	150-750	125-625	100	50	0.05
Alkalinity max (ppm)	350	300	250	200	150	100	n/a	n/a	n/a
TSS Max (ppm)	15	10	8	3	2	1	1	n/a	n/a
Conductivity max (μ mho/cm)	1100-5400	900-4600	800-3800	300-1500	200-1200	200-1000	150	80	0.15-0.25
Silica max (ppm SiO ₂)	150	90	40	30	20	8	2	1	0.02
Feed Water (Condensate and Makeup, After Deaerator)									
Dissolved Oxygen (ppm O ₂)	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	n/a
Total Iron (ppm Fe)	0.1	0.05	0.03	0.025	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
Total Copper (ppm Cu)	0.05	0.025	0.02	0.02	0.015	0.01	0.01	0.01	0.002
Total Hardness (ppm CaCO ₃)	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.05	ND	ND	ND
pH @ 25° C	8.3-10.0	8.3-10.0	8.3-10.0	8.3-10.0	8.3-10.0	8.8-9.6	8.8-9.6	8.8-9.6	n/a
Nonvolatile TOC (ppm C)	1	1	0.5	0.5	0.5	0.2	0.2	0.2	ND
Oily Matter (ppm)	1	1	0.5	0.5	0.5	0.2	0.2	0.2	ND

Source: Boiler Water Quality Requirements and Associated Steam Quality for Industrial/Commercial and Institutional Boilers (American Boiler Manufacturers Association, 2005)



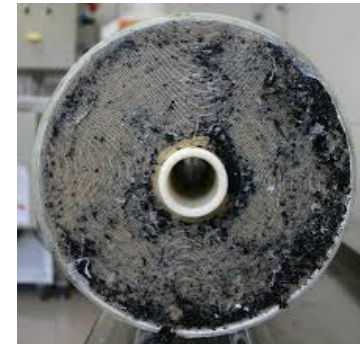
Reúso de aguas en torres de enfriamiento

Parameter	Recommended Limit
Cl	500 mg/l
SO ₄	200 mg/l
HCO ₃	24 mg/l
PO ₄	4.0 mg/l
Silica	80 mg/l
Al	0.1 mg/l
Fe	2.0 mg/l
Mn	0.5 mg/l
Hardness	600 mg/l
Calcium	600 mg/l
Magnesium	150 mg/l
Total Alkalinity	600 mg/l
PH	6.5-9.0
TDS	1000 mg/l
COD	40 mg/l
BOD	15 mg/l
Organics	1.0 mg/l
Ammonia	40 mg/l
Turbidity	50 NTU
TSS	10 mg/l



Tolerancia membranas de osmosis inversa para reúso

Especie	Unidad	Valor/Rango
Coloides	SDI	< 5
Sólidos en suspensión	NTU	< 1
Carbonatos de calcio	LSI	< 0 *
Metales: hierro, manganeso, aluminio	ppm	< 0.05
Bario, Estroncio	ppm	< 0.05
Sulfuro de Hidrogeno	ppm	< 0.1
Microbios	UFC / ml	< 1000 **
Sílice soluble	ppm	140 – 200 ***
Organicos (TOC)	ppm	< 3
Color	Apha	< 3
DQO	ppm	< 10
pH	UpH	4 – 6
Cloro libre	ppm	< 0.02
Temperatura	°C	< 30



Área construida (m2) por cada tipo de PTAR



Laguna de oxidación



Filtros percoladores



Lodos activados



SBR



MBBR

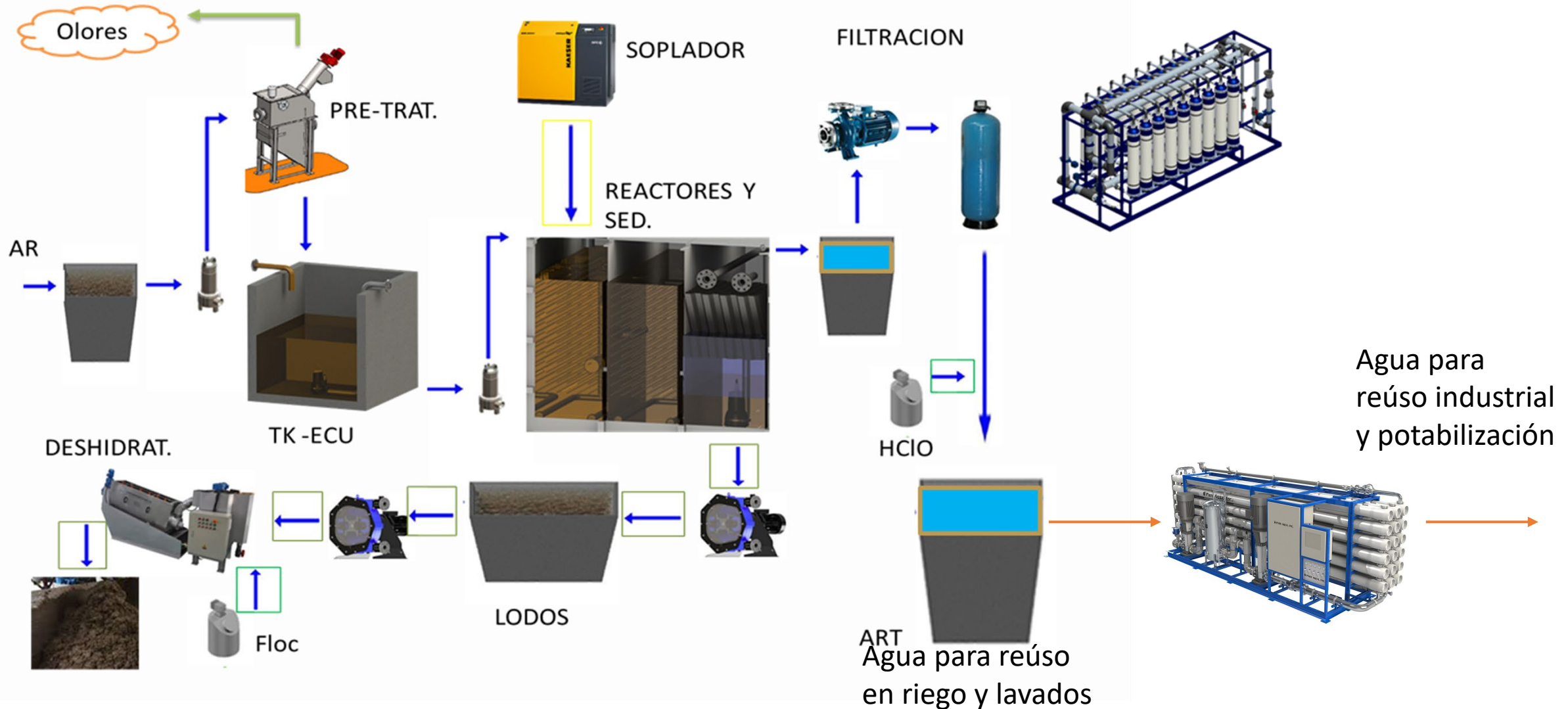


MBR

0.5-1 m²/m³-dia



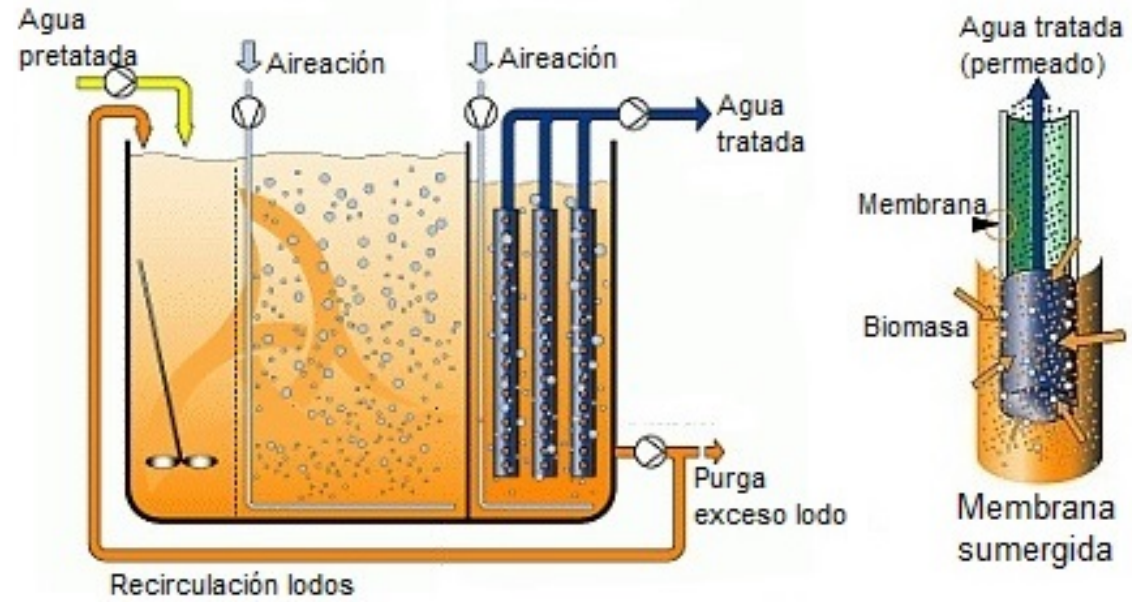
Proceso de tratamiento de aguas residuales - MBBR





Reutilización en agricultura (Agrokasa <300 lps)

Bioreactor de membrana MBR



Reutilización en agricultura (Agrokasa <300 lps)



Calidad del agua tratada Valores actuales

CATEGORIA	PARAMETRO	UNIDAD	VALOR	ECA 3
FISICO I	POTENCIAL DE HIDROGENO	PH	7.6	8.5
FISICO II	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	uS/cm	1,383.3	2,500.0
QUIMICO I	ACEITES Y GRASAS	mg/L	0.7	5.0
	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	mg/L	2.0	15.0
	DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	mg/L	34.0	40.0
MICROBIOLOGICO	COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	70.0	1,000.0
	HUEVOS DE HELMINTOS	Huevos/L	1.0	1.0

Re-uso de agua de lluvia, reducir la explotación de fuentes naturales.



Se capta y almacena agua de lluvia



Agua Potable y Agua de proceso

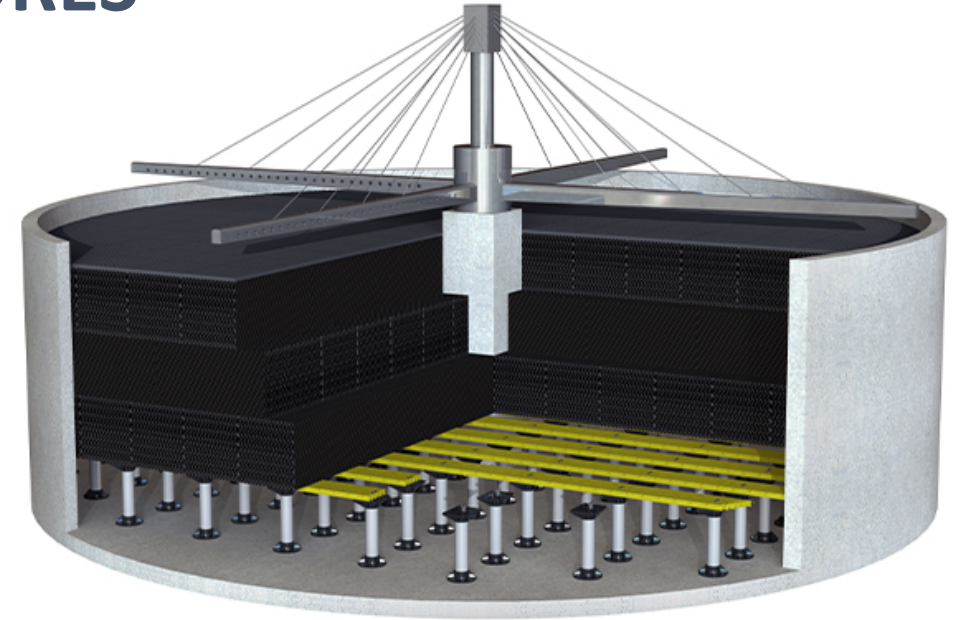
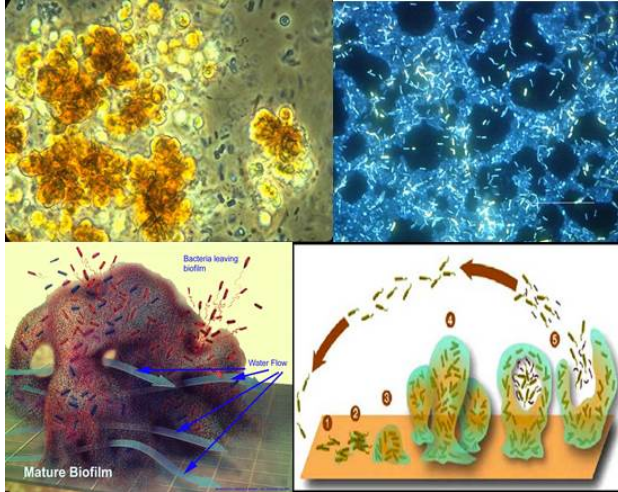


PTAR La Enlozada (+ 1.8m³/s)



1. Comenzó a operar 2016.
2. Captura y trata el 95% de las aguas residuales de Arequipa, 1.8m³/s (1.1 millones P.E)
3. Agua reutilizada en operaciones mineras, 1m³/s.
4. Agua Tratada, 0.5 m³/s vuelven al río.

FILTROS PERCOLADORES





Alata
800 L/S



Tiabaya
20 L/S



Arancofa
273 L/S



Huaranguillo
164 L/S



Congata
20 L/S

- **Sistema de tratamiento:**
Tratamiento Preliminar
Tratamiento Primario
Tratamiento Secundario
Desinfección (Cloro gas)

▪ **Fases:**

Fase 1	2015 - 2029	1.8 m ³ x segundo
Fase 2	2029 - 2036	2.1 m ³ x segundo
Fase 3	2036 - 2043	2.4 m ³ x segundo

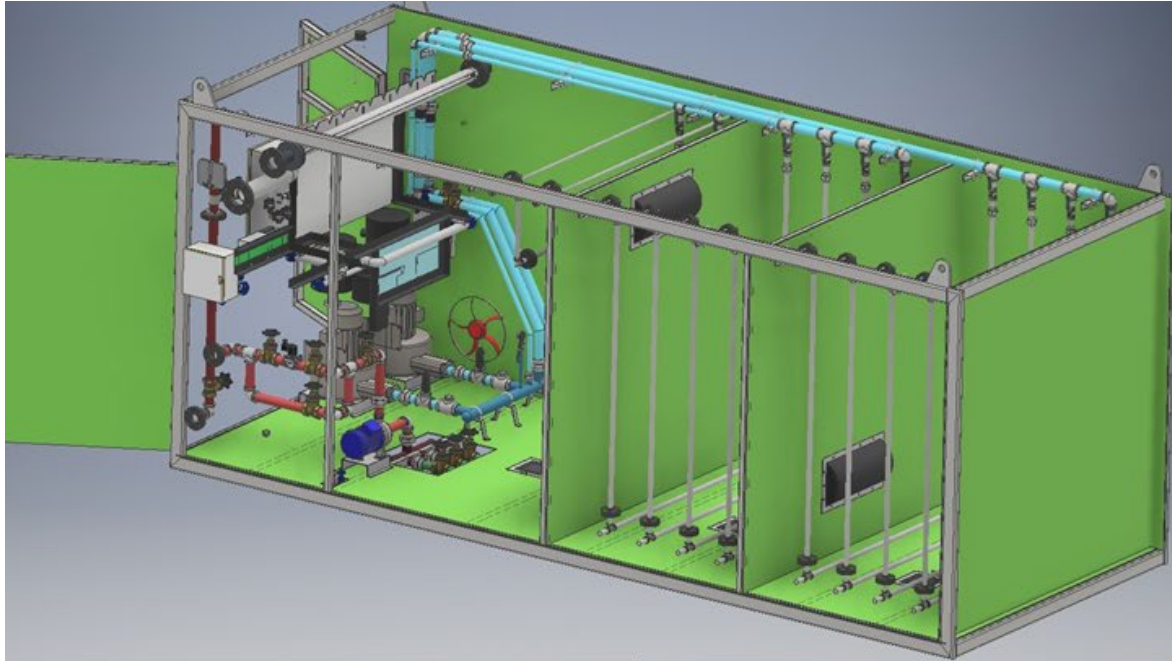
Parámetro	Unidad	Ingreso (Afluente)	Salida (Efluente)	LMP Agua
DBO5	mg/L	506	11	100
DQO	mg/L	1004	85	200
SST	Mg/L	550	16	150
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2.2E+07 (22'000,000)	45	10,000
Grasas y Aceites	Mg/l	91.3	1.3	20



Elaboración: Jose L. Valverde.

Data: SMCV (controles laboratorio acreditado)

PLANTAS COMPACTAS MBBR



Bioportador en un MBBR



Reúso de efluentes en lavado de autos y camiones



Reúso de efluentes en lavado de autos y camiones



Reúso de efluentes en lavado de autos y camiones

- ❑ Precio del agua por camión = 3.00 USD/ m³
- ❑ Consumo mensual = 2000m³/mes
- ❑ Gasto mensual = 6,000.00 USD /mes

- ❑ Costo de tratamiento de aguas = 0.75 USD /m³
- ❑ Inversión CAPEX = 37,500.00 USD

- ❑ Ahorro = 2.25 USD/m³
- ❑ Consumo mensual = 2000 m³/mes
- ❑ Ahorro mensual = 4,500.00 USD/mes

- ❑ Tiempo de retorno de inversión = 8.3 meses



Conclusiones:

- Primero debemos reducir el consumo de agua y los contaminantes antes de pensar en tratar el agua residual.
- El reúso de aguas no es el futuro, es lo que requiere nuestro presente.
- El tratamiento y reúso de aguas no es costoso, existen tratamientos de diversas tecnologías económicas.
- Los lodos productos del tratamiento del agua también pueden ser aprovechables y/o comercializables.
- En futuro cercano aprovecharemos todos los productos y subproductos de las aguas residuales.

DR. AGUA



DOCTOR AGUA

¿NECESITAS UN TRATAMIENTO PARA CURAR TUS AGUAS? ¡YO TE AYUDO!

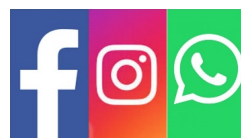
f wdoctoragua @ doctoraguaoficial +51 938 161 818

Wilian Gonzales - Dr. Agua
Ayudo a reusar tus aguas residuales y efluentes | Soluciones que maximizan tus ahorros | Asesorías y capacitaciones.
Temas que suele tratar: ##water, ##wastewater, ##medioambiente, ##watertreatment y ##sostenibilidadambiental
Perú · [Información de contacto](#)
12.871 seguidores · Más de 500 contactos

FLOWEN Flowen
Universidad Nacional de Ingeniería



+45 mil seguidores en Facebook
+25 mil seguidores en LinkedIn



Prueba de jarras en aguas residuales de lavado

hace 8 semanas · 1,9 mil reproducciones



Evalúa tu planta piloto de tratamiento de aguas residuales

hace 8 semanas · 1,1 mil reproducciones



Flotación por aire disuelto DAF en industria textil

hace 8 semanas · 1.4 mil reproducciones



Flotación por aire disuelto DAF

hace 8 semanas · 1,4 mil reproducciones



¡Gracias!