



WEBINAR ROSA

Estrategias tarifarias y de eficiencia energética para la sostenibilidad del agua en Panamá

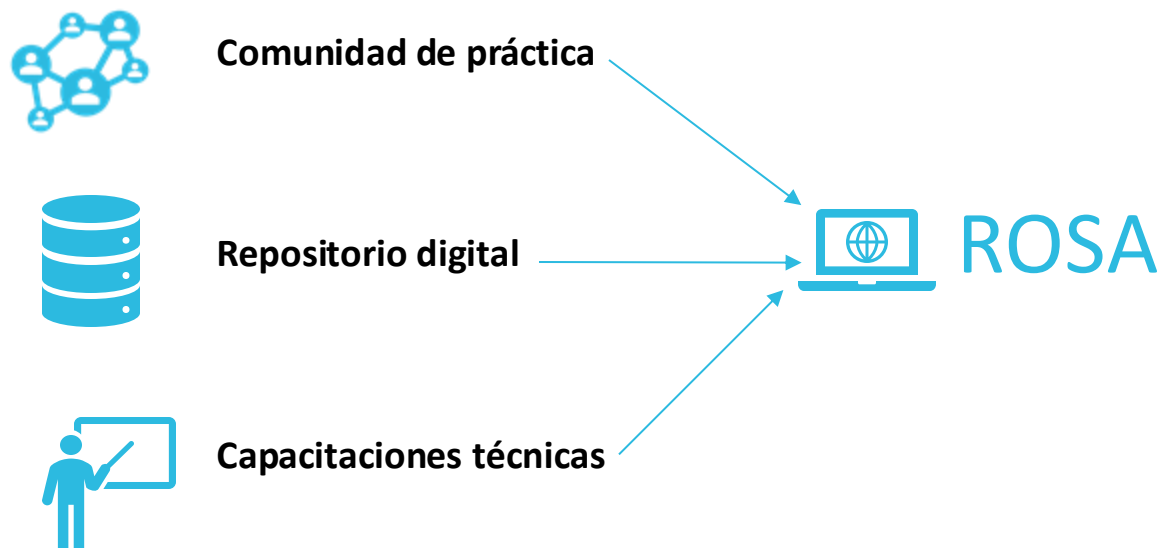
Sesión 4 – Eficiencia energética en el sector de AyS



CEPAL

Proyecto ROSA

Toma de decisiones basada en datos



Red Regional y Observatorio para la Sostenible del Agua (ROSA) en América Latina y el Caribe

Entre 2023 y 2026, la CEPAL lanza y consolida ROSA con el fin de crear nuevas alianzas y fortalecer las capacidades para la gestión hídrica de los países miembro en un contexto de cambio climático y restricciones presupuestarias.

Establecimiento del **Observatorio para la Sostenibilidad del Agua**, concebido como un repositorio digital dentro de la web de la División de Recursos Naturales de la CEPAL, contendrá información oportuna, confiable y estandarizada, así como evidencia de buenas prácticas que les permita desarrollar e implementar políticas y planes que conlleven a una gestión sostenible e inclusiva del agua.

Avance del proyecto ROSA





Equipo CEPAL



Silvia Saravia Matus



Diego Fernández



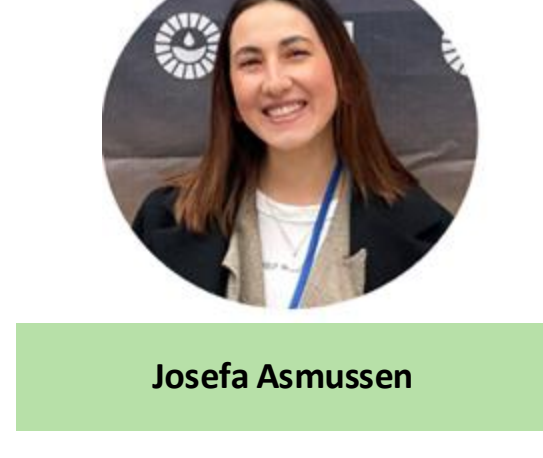
Pedro Chavarro



Alfredo Montañez



Romeo Moers



Josefa Asmussen

Webinar ROSA
**Estrategias tarifarias y de eficiencia energética para la sostenibilidad del
agua en Panamá**



Sesión 1-Cálculo de los Costos del Servicio

3 de septiembre



Sesión 2- Estructura tarifaria

12 de septiembre



Sesión 3- La tarifa social

26 de septiembre



Sesión 4- Eficiencia energética en el sector de AyS

03 de octubre



Sesión 5- Opciones prácticas de eficiencia energética

10 de octubre



Contenido Sesión 4

Tema		Tiempo (minutos)
Bienvenida	Palabras de bienvenida Indicaciones logísticas Contenido	9:00-9:15
Introducción	Importancia de mejorar eficiencia energética en el sector de AyS	9:15-9:25
Contexto Internacional	Consumo e intensidad energética	9:25-9:40
Perdidas de energía	Puntos clave en el análisis de pérdidas de energía	9:40-9:55
Mesa Redonda	Actividad Interactiva	9:55-10:10
Cálculo de pérdidas	Cálculo de pérdidas energéticas Elementos teóricos Metodología de estimación perdidas y ejemplos	10:10 - 10:30
Medidas eficiencia energética	Ejemplos de medidas de eficiencia energética	10:30 – 10: 45
Mesa Redonda	Actividad Interactiva Preguntas y Respuestas	10.45 - 10:55
Cierre de sesión	Conclusiones Encuesta de salida	10.55-11:00

Cuarta sesión de capacitación online

Eficiencia energética en el sector de agua y saneamiento



NACIONES UNIDAS

CEPAL

1

Introducción: Importancia de mejorar eficiencia energética en el sector de agua y saneamiento

Conceptos Básicos

1

Eficiencia Energética:

Optimización del uso de la energía, buscando obtener el máximo rendimiento con el menor consumo posible, así como la reducción de los efectos sobre el medio ambiente

2

Usos de la energía:

- Procesos asociados a las etapas de la prestación de servicios de agua y saneamiento:

Captación, transporte, potabilización, distribución, recolección y tratamiento de aguas residuales

- Usos Finales del agua (p.e bombeo y distribución interna del inmueble, calentamiento, industriales)

3

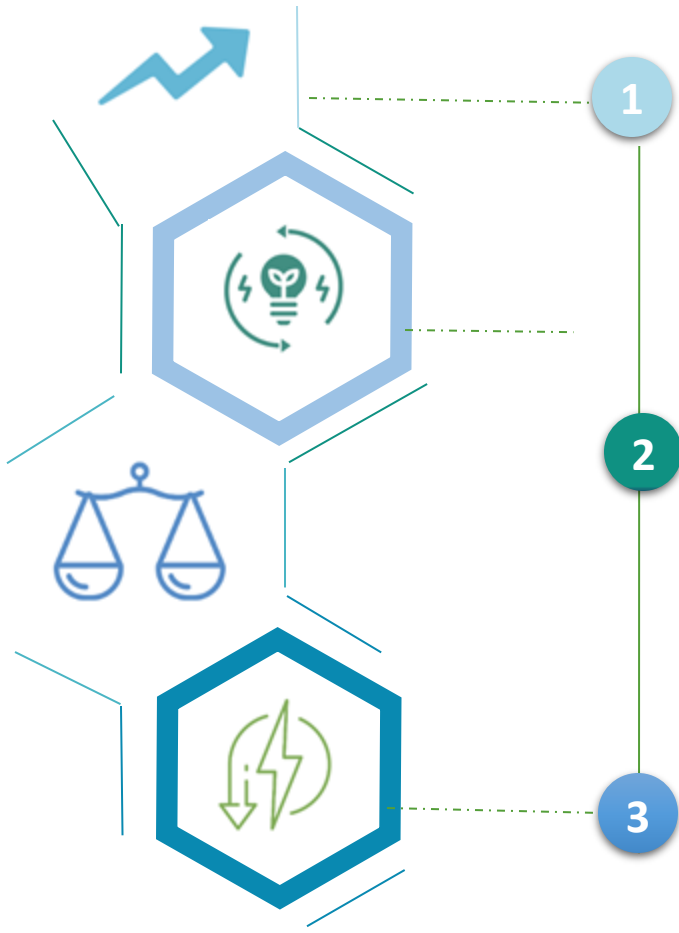
Intensidad Energética

Total de energía requerida para proveer un determinado volumen de agua en una localización específica

(Cohen, Nelson y Wolff, 2004).



Importancia de mejorar eficiencia energética en el sector de agua y saneamiento

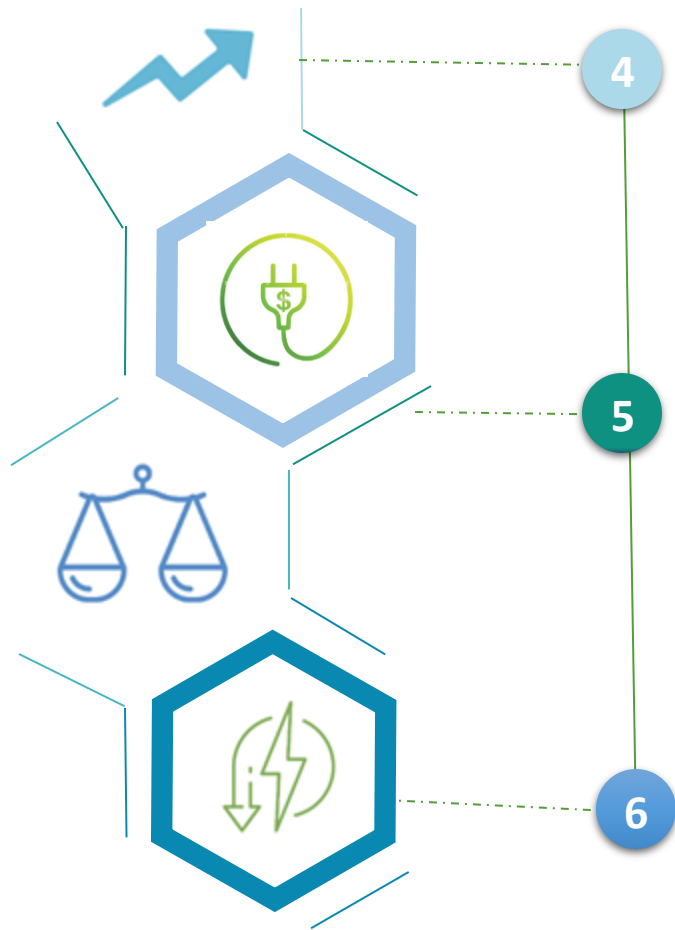


1 El sector de agua y saneamiento **representa aproximadamente el 4% del consumo energético global (AIE, 2020).**

2 Las plantas de tratamiento de aguas **residuales (PTAR) consumen entre el 1% y 3% de la energía eléctrica de países desarrollados**

3 Europa: **PTAR consume entre el 0,8% y 2% del total de electricidad generada (EEA, 2019).** - Proceso de **aireación: hasta 60% del consumo total** en PTAR

Importancia de mejorar eficiencia energética en el sector de agua y saneamiento



Costos energía eléctrica entre el 33% y el 82% de costos operativos de servicios de suministro y tratamiento de aguas (*Welsien & Dilip, 2019*)

Costos de energía eléctrica: factibilidad de reducción entre el 20 y el 40% con mejoramiento de la eficiencia energética (Barry 2007; Liu et al. 2012)

Mejora en obsolescencia de instalaciones eléctricas y baja eficiencia de sistemas de bombeo en AL y C, ofrece oportunidad:

- ✓ Reducción costos de operación
- ✓ Disminución pérdidas de agua
- ✓ Necesidad de nuevas inversiones de ampliación
- ✓ Reducir impactos ambientales a nivel local y global

Importancia de mejorar eficiencia energética en el sector de AP y Saneamiento



Emisiones: se estima que las operaciones del sector de agua generan más de **400 millones de toneladas de CO₂ al año**

El consumo e intensidad energética en el sector de AP y S es un desafío global que requiere:

- **Innovación tecnológica**
- Aplicar estrategias de **eficiencia energética** y de **economía circular** para garantizar sostenibilidad y logro de ODS

Australia: la modernización de estaciones de bombeo ha **reducido el consumo energético en un 15%** (AWWA, 2020).

-Dinamarca: el **80% de las PTAR** producen más energía de la que consumen (Danish Water, 2020).

Cuarta sesión de capacitación online

Eficiencia energética en el sector de agua y saneamiento



NACIONES UNIDAS

CEPAL



2

Contexto Internacional: Eficiencia energética del sector

Fuentes de información: Análisis sectoriales de Eficiencia Energética

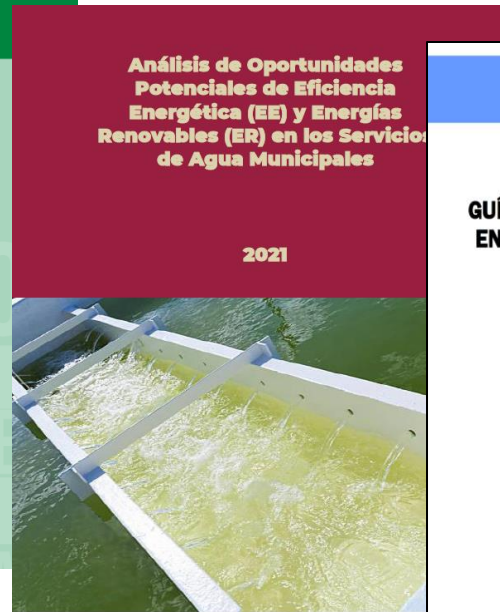
2011



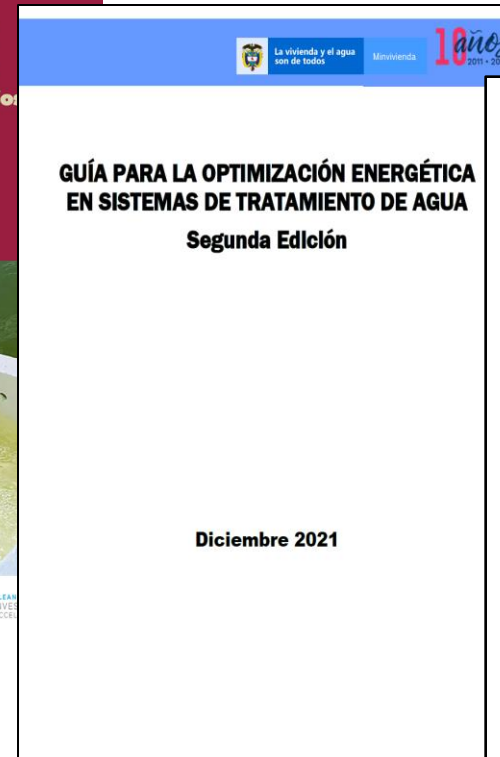
2015



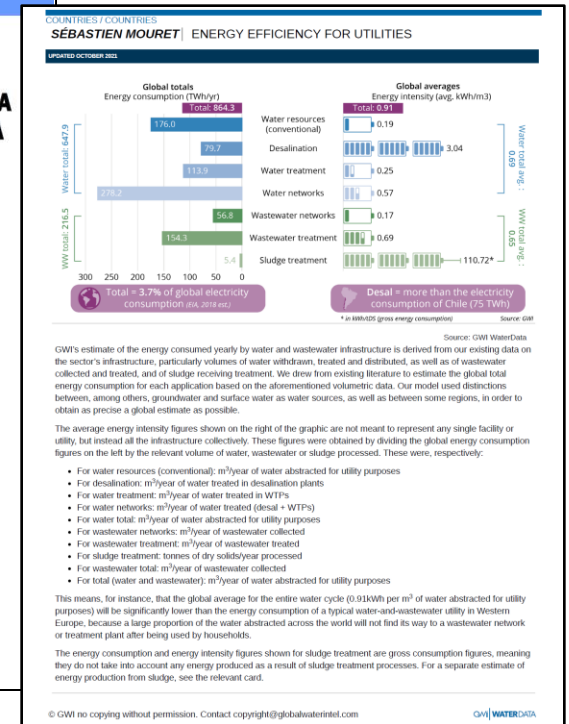
2021



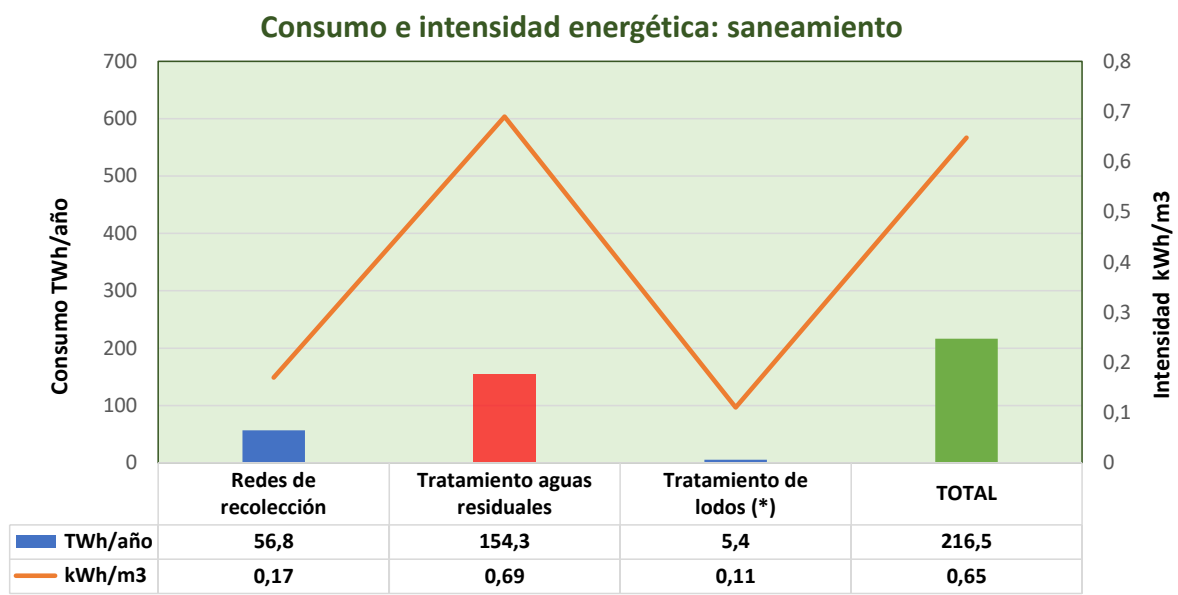
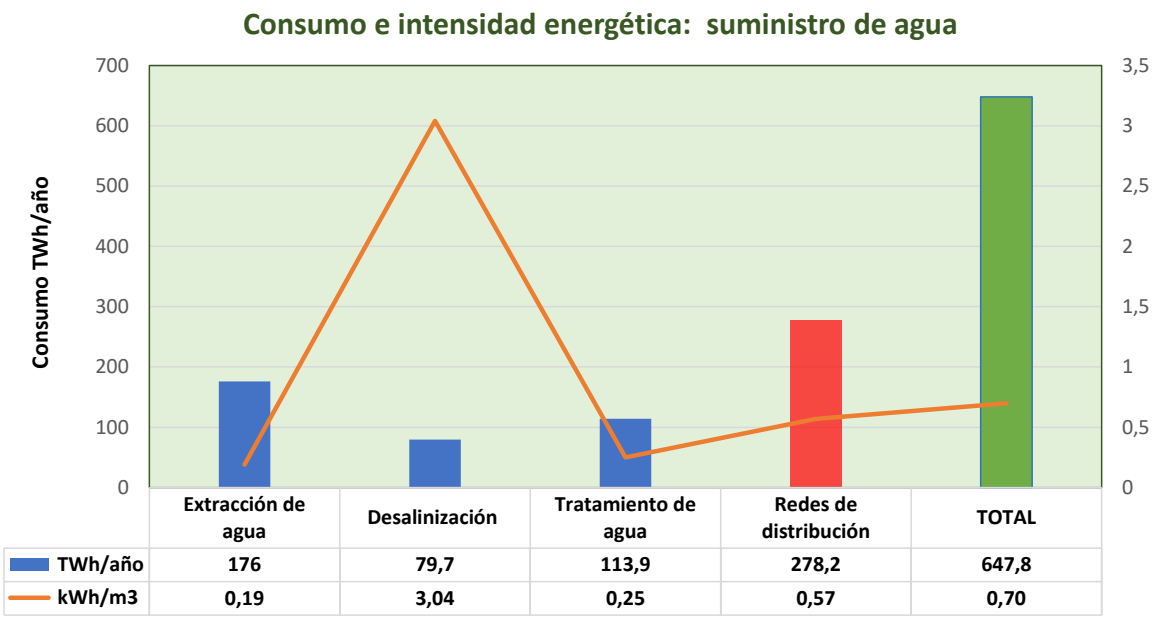
2021



2022

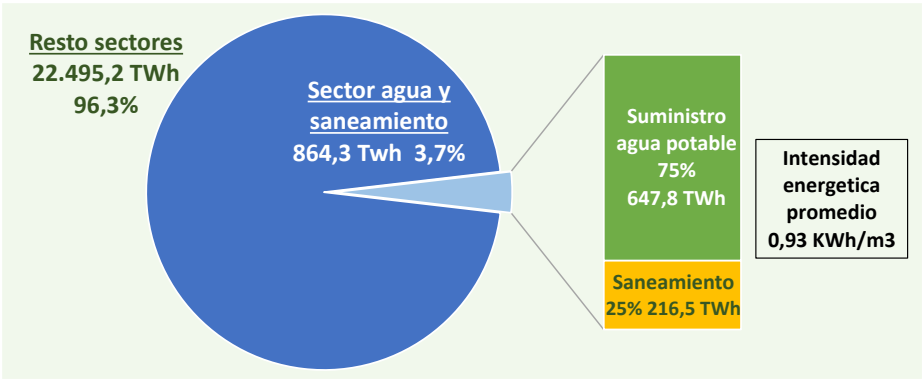


Consumo e intensidad energética del sector de AP y Saneamiento (GWI, 2022)



(*) Intensidad en 1.000 kWh/Ton de sólidos secos tratados

Participación del sector de agua y saneamiento en el consumo mundial de energía eléctrica (2018)





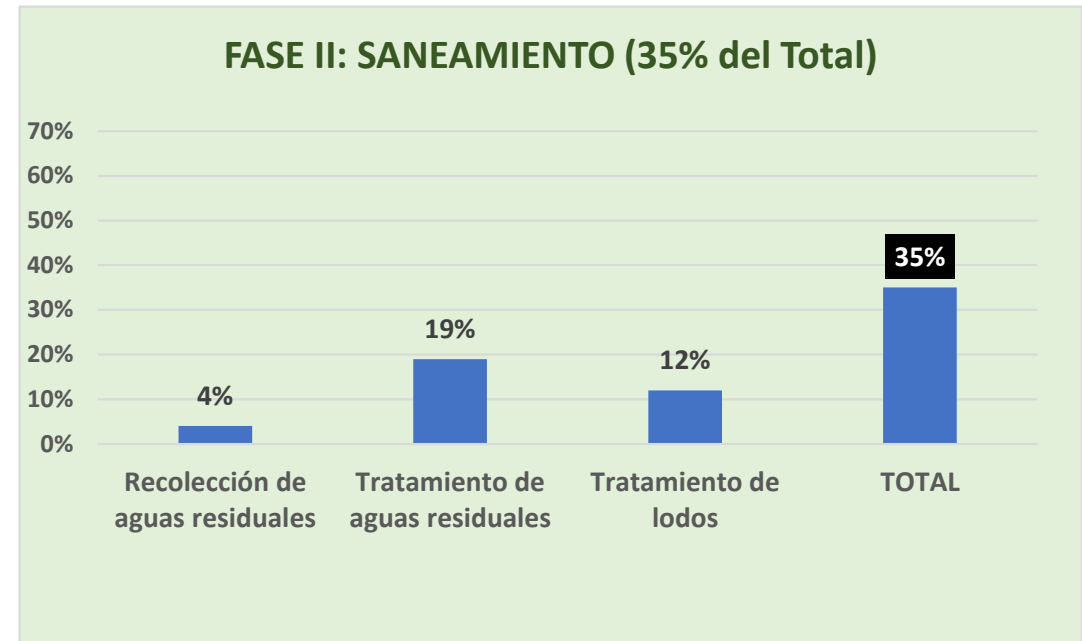
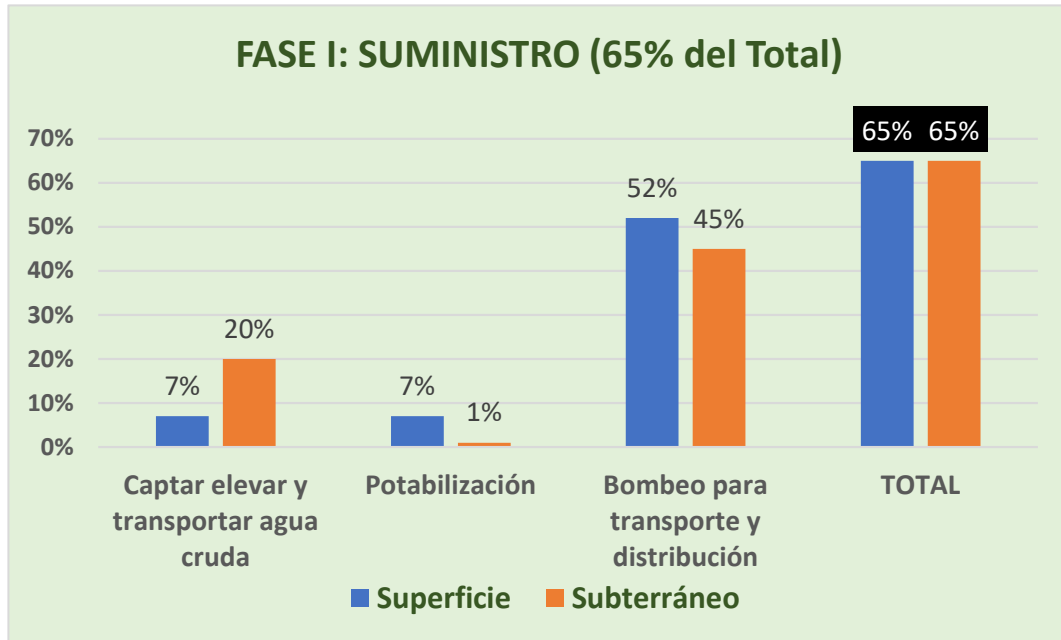
Aprox. dos veces
consumo Francia



63%
consumo ALC

Consumo de energía en América Latina y el Caribe

DISTRIBUCIÓN PROMEDIO EN EL CONSUMO DE ENERGÍA (ALC)



Fuente: Ferro, G., & Lentini, E. (2015). Eficiencia energética y regulación económica en los servicios de agua potable y alcantarillado. CEPAL

Intensidad energética (WWAP, 2014)

Para obtener 1m³ de agua



Desde 0,37 kWh (agua dulce superficial)
Hasta 8,5 kWh (aguas salobres/mar)

Consumo e intensidad energética: México, El Salvador y Panamá

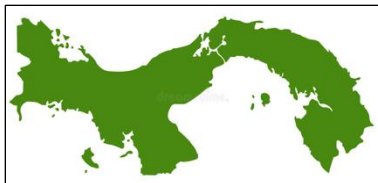
Participación del sector de agua y saneamiento en el consumo total de energía (2019)



• Consumo de sistemas de agua y saneamiento	3.969,5 GWh (100%)
• Consumo estaciones de bombeo	3.711,0 GWh (95%)
• Participación consumo total país (297.866 GWh)	1,33%
• Intensidad energética	1,12 KWh/m3



• Consumo de sistemas de agua y saneamiento	837,6 GWh (100%)
• Consumo estaciones de bombeo	753,7 GWh (90%)
• Participación consumo total país(6.443 GWh)	13%
• Intensidad energética (2010)	1,39 KWh/m3

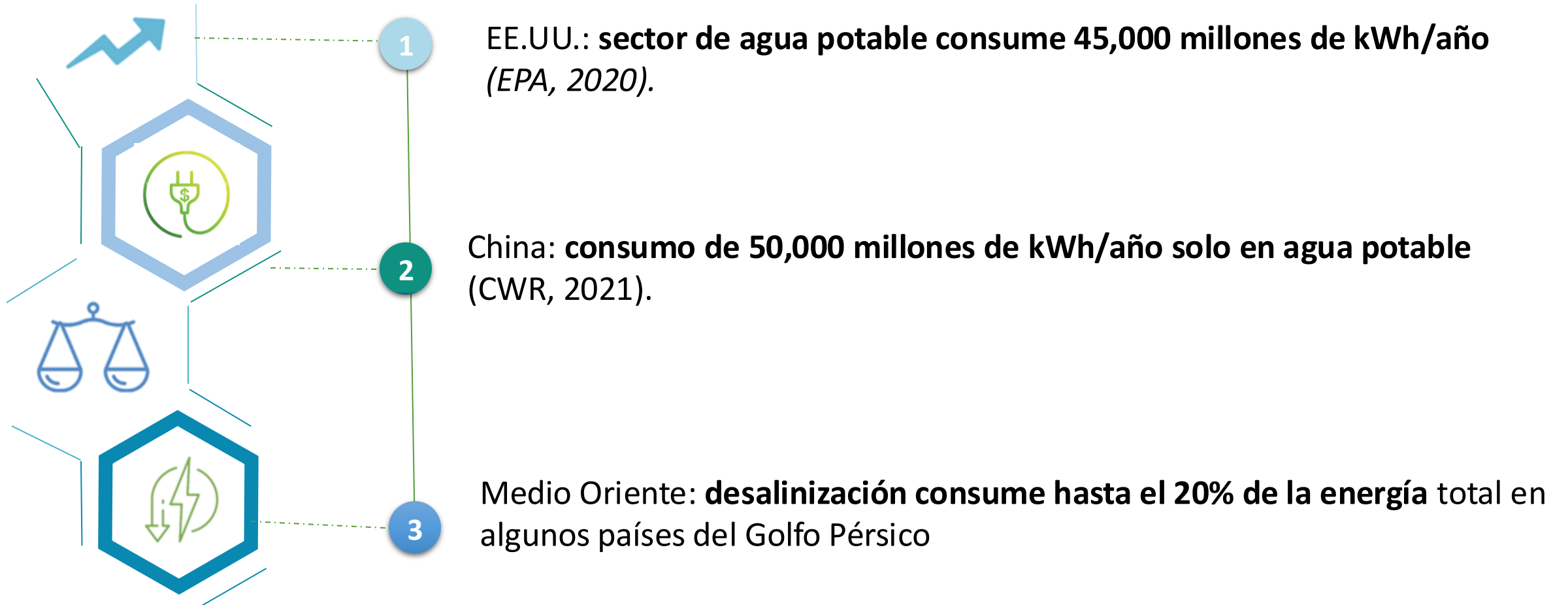


• Consumo de sistemas de agua y saneamiento	304,3 GWh (100%)
• Consumo estaciones de bombeo	289,1 GWh (95%)
• Participación consumo total país (10.809 GWh)	2,82%
• Intensidad energética	1,02 KWh/ m3

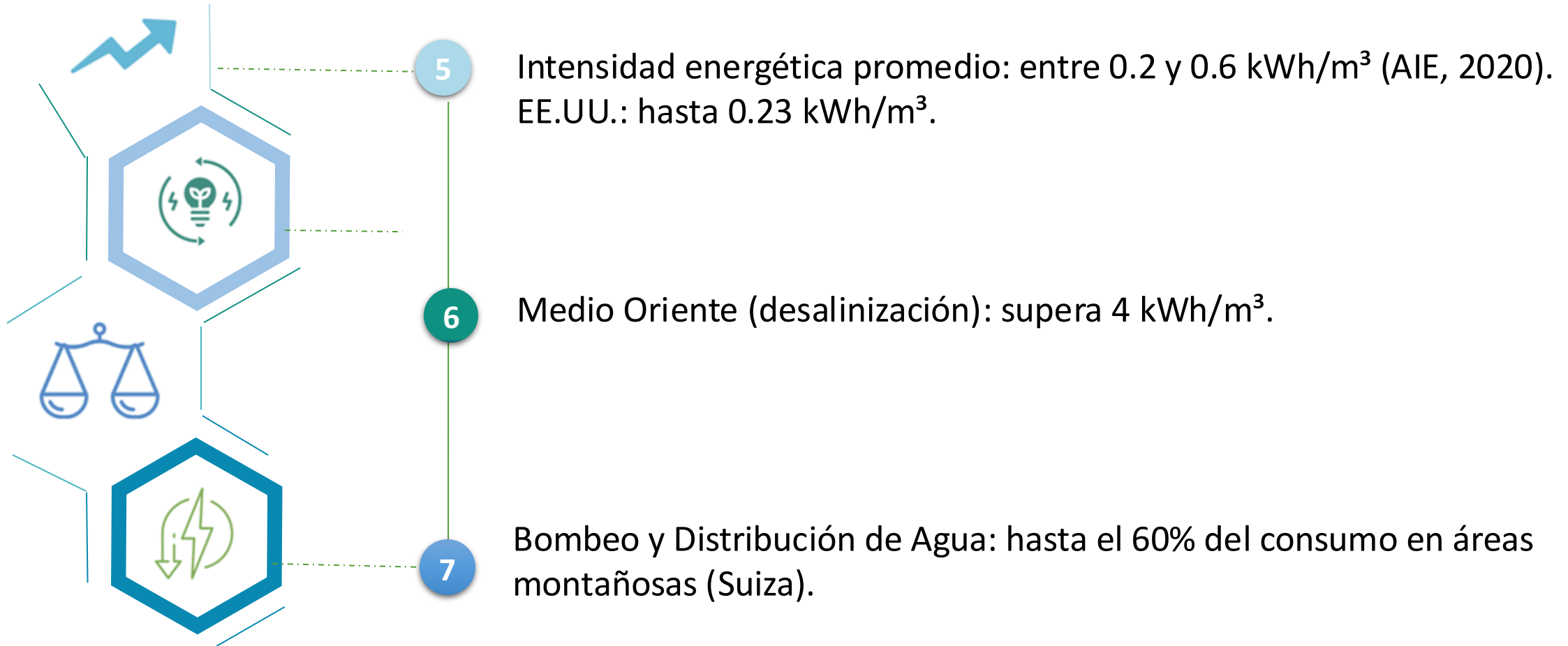
El IDAAN ha implementado programas orientados a la eficiencia energética en sus operaciones.

Incluye mejora en la eficiencia de las instalaciones electromecánicas

Panorama Global del Consumo Energético del Sector de AP y Saneamiento



Panorama Global del Consumo Energético del Sector de AP y Saneamiento



Consumo e intensidad energética en ALC

- 1 La intensidad energética en ALC (entre 0.5 y 1.5 kWh/m³), dependiendo de factores como la topografía y la disponibilidad de fuentes de agua cercanas
- 2 Países como México, Chile y Colombia, han mejorado PTAR, pero cobertura sigue siendo limitada (áreas rurales y urbanas periféricas). Consumo de energía en relativamente alto (0.6% a 2%) del consumo eléctrico nacional en varios países.
- 3 La falta de integración de energías renovables y la dependencia de tecnologías obsoletas incrementan el gasto energético
- 4 Algunos países (Brasil, México, Chile) han comenzado a aprovechar el biogás en las PTAR de grandes urbes, pero estos proyectos aún no son frecuentes y la dependencia de combustibles fósiles en áreas rurales agrava la situación.



Consumo e intensidad energética en ALC

1 Zonas rurales y periféricas enfrentan problemas severos de acceso; esto **aumenta la necesidad de soluciones energéticamente costosas** (bombeo manual, generadores diésel).

2 **Infraestructura deteriorada:** Baja inversión en mantenimiento y renovación, causa mayores pérdidas de agua y aumento en el consumo energético.

3 **Cambio climático:** La variabilidad del clima en ALC provoca estrés hídrico, lo que demanda acceso a fuentes más lejanas, incrementando el consumo de energía.

4 Las **oportunidades de mejora en América Latina son enormes**, especialmente con la implementación de tecnologías eficientes y la adopción de energías renovables.



Mesa redonda: Actividad interactiva



NACIONES UNIDAS

CEPAL

Cuarta sesión de capacitación online

Eficiencia energética en el sector de agua y saneamiento



NACIONES UNIDAS

CEPAL



3

Análisis de pérdidas de energía

Aspectos que inciden en requerimientos de energía

1

Actividades que demandan energía en sistemas de abastecimiento y de saneamiento:

- Captación agua desde la fuente, potabilización y distribución
- Recolección, tratamiento y descarga de aguas residuales

2

Fuente de suministro de agua: para captar, elevar y transportar el agua hasta planta de potabilización, el uso de energía varía acorde con tipo de fuente:

- *Superficial*
- *Subterránea*
- *Aguas salobres o salinas*
- *Aguas recicladas*

3

Profundidad de la captación, distancia de la fuente a la planta y topografía: Eficiencia energética es altamente dependiente de condiciones topográficas (instalaciones del operador y red de distribución de agua y de recolección)



Distribución promedio de consumo de energía (América Latina)



Fuentes superficiales

80% - Bombeo (transporte/distribución de agua)

10% - Potabilización

10%: Captar, elevar y transportar agua cruda

Fuentes subterráneas

69% - Bombeo (transporte/distribución de agua)

2% - Potabilización

29%: Captar, elevar y transportar agua cruda

54% - Tratamiento de aguas residuales

34%- Tratamiento de lodos

11% - Recolección de aguas residuales

Tipos de pérdidas de energía (balance de energía)

1

Pérdidas de energía hidráulica

- *Pérdidas de carga: Tuberías de succión y descarga, red de distribución*
- *Pérdidas en las bombas*

2

Pérdidas de energía mecánica

- *Energía mecánica transferida a la bomba por el motor*

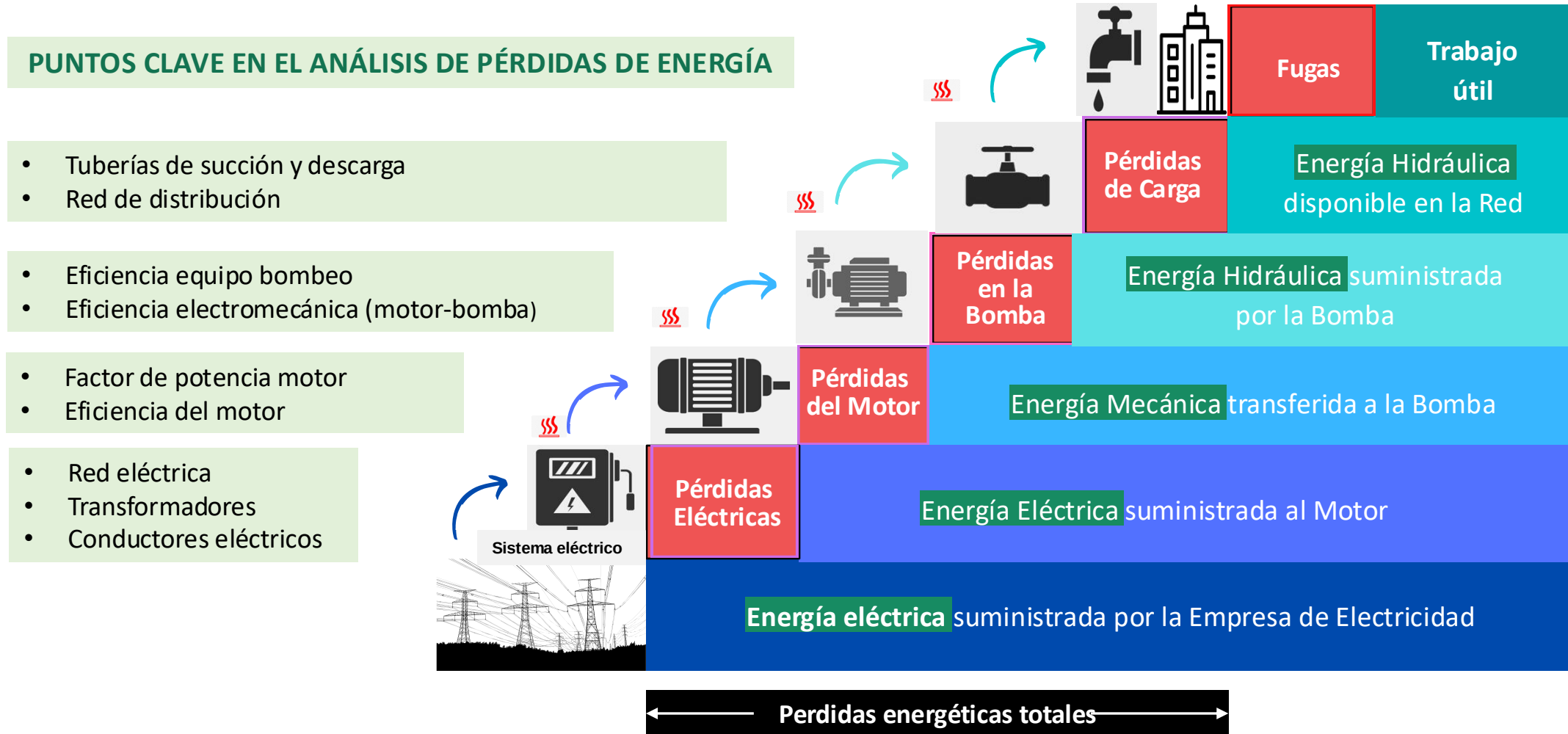
3

Pérdidas de energía eléctrica

- *Energía eléctrica suministrada al motor de la bomba*



Esquema general de secuencia energética - balance de energía



Factores que Afectan las Pérdidas de Energía

1

Rugosidad de las tuberías: tuberías desarrollan rugosidad interna que genera resistencia al flujo de agua, aumentando las **pérdidas por fricción**.

2

Condiciones hidráulicas

- *Velocidad de flujo:* Alta velocidad genera turbulencia y velocidades muy bajas pueden incrementar la sedimentación y obstrucción.
- *Presión:* control deficiente de la presión incrementa las pérdidas energéticas y el riesgo de fugas.

3

Elevación y desniveles: topografía afecta directamente la energía necesaria para transportar el agua. Áreas con mayor elevación: se requiere más energía.

4

Bombeo y eficiencia energética: estaciones de bombeo representan mayores consumos de energía. Clave: evaluar la eficiencia de los equipos de bombeo y las condiciones de operación.



Pérdidas Energéticas (Carga)



Pérdidas por
Fricción

Pérdidas en
accesorios
(válvulas,
codos, etc.)
Pérdidas
Aparentes

Fugas en tuberías: por defectos en la instalación, corrosión o presión excesiva

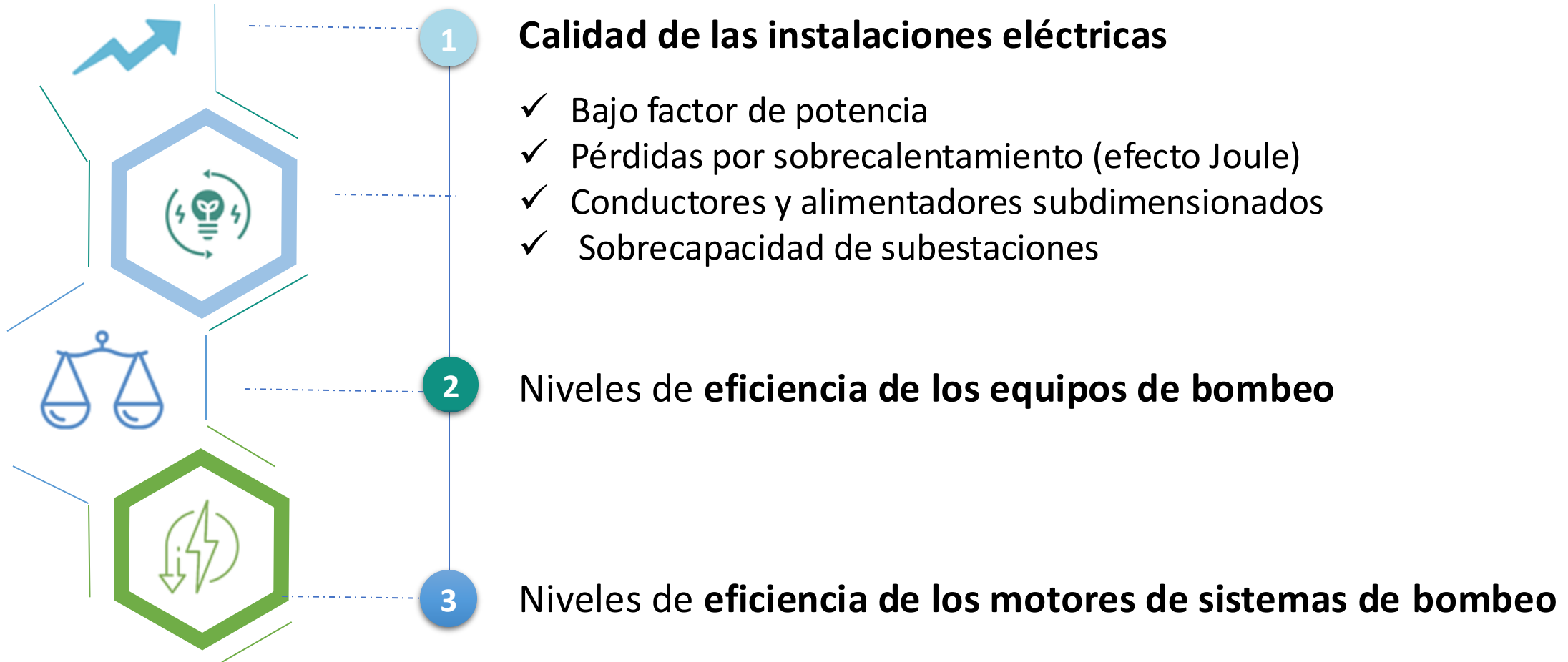
Pérdidas por rupturas y grietas: Daños estructurales a lo largo del sistema de conducción

Pérdidas en conexiones domiciliarias: Deficiencias en las uniones entre la red y los usuarios finales

Errores de medición: Derivados de problemas en los equipos de medición.

Conexiones ilegales: Usuarios que se conectan al sistema sin autorización

Principales factores que inciden en pérdidas energéticas (bombeo)



Ejemplos de pérdidas energéticas en sistemas de APyS

1

Pérdidas por fricción en las tuberías

(Colombia): Fricción interna alta causa pérdidas del 30% (*BID, 2020*).

2

Bombeo en exceso

(México): Sobredimensionamiento de bombas genera pérdidas del 15% (*CEPAL, 2021*).

3

Desgaste de bombas

(Brasil). El desgaste incrementa el consumo de energía (*BID, 2020*).

4

Diseño ineficiente del sistema

(Perú): Operación continua a máxima capacidad genera pérdidas del 12% (*CEPAL, 2021*).



Causas comunes de pérdidas en sistemas de bombeo y ejemplos

5

Sobredimensionamiento de bombas

(Argentina): Bombas 30% más grandes de lo necesario (*Banco Mundial, 2020*).

6

Falta de mantenimiento

(Ecuador): Mantenimiento insuficiente incrementa el consumo en un 10% (*BID, 2020*).



Causas comunes de pérdidas en sistemas de bombeo y ejemplos

1

Pérdidas por fricción en las tuberías

(Colombia): Fricción interna alta causa pérdidas del 30% (*BID, 2020*).

2

Bombeo en exceso

(México): Sobredimensionamiento de bombas genera pérdidas del 15% (*CEPAL, 2021*).

3

Desgaste de bombas

(Brasil). El desgaste incrementa el consumo de energía (*BID, 2020*).

4

Diseño ineficiente del sistema

(Perú): Operación continua a máxima capacidad genera pérdidas del 12% (*CEPAL, 2021*).



Causas comunes de pérdidas en sistemas de bombeo y ejemplos

5

Sobredimensionamiento de bombas

(Argentina): Bombas 30% más grandes de lo necesario (*Banco Mundial, 2020*).

6

Falta de mantenimiento

(Ecuador): Mantenimiento insuficiente incrementa el consumo en un 10% (*BID, 2020*).



Tipos de Pérdidas en Motores Eléctricos y ejemplos

Pérdidas en el núcleo

1

Ejemplo (Perú). En núcleo del motor, se encontró que varios motores en plantas de acueducto tenían núcleos fabricados con materiales de baja calidad, lo que generaba mayores pérdidas de energía

Solución: La implementación de núcleos de hierro de alta calidad redujo las pérdidas en un 15%, mejorando la eficiencia global de los motores

2

Pérdidas por fricción y desgaste.

3

Ejemplo (México). Motores eléctricos que no reciben un mantenimiento adecuado sufren fricción y desgaste en componentes mecánicos, aumentando resistencia y, pérdidas energía. En plantas de tratamiento, los rodamientos de los motores mostraban alto nivel de desgaste, generando pérdida eficiencia del 10%

4

Solución: Programa de mantenimiento preventivo enfocado en el reemplazo regular de rodamientos y la lubricación adecuada redujo las pérdidas energéticas.



Tipos de Pérdidas en Motores Eléctricos y ejemplos

5

Pérdidas por sobrecarga

Ejemplo (Colombia). En sistemas de suministro, es común que motores eléctricos trabajen por encima de su capacidad nominal x mala configuración o diseño inadecuado. Una auditoría reveló que los motores en una estación de bombeo operaban al 120% de su capacidad, lo que generaba pérdida de energía del 18%.

Solución. La instalación de motores más grandes y ajustados a la demanda real de operación permitió reducir las pérdidas y optimizar el consumo energético”



Cuarta sesión de capacitación online

Eficiencia energética en el sector de agua y saneamiento



NACIONES UNIDAS

CEPAL

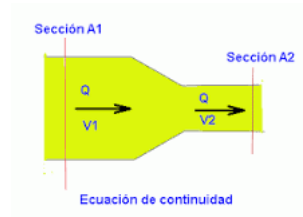


3

Cálculo de pérdidas energéticas

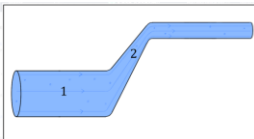
Principios físicos más importantes en el estudio del flujo de fluidos

- 1 Balance de materia "Ecuación de continuidad",
Se basa en que el caudal (Q) del fluido ha de permanecer constante a lo largo de toda la conducción.



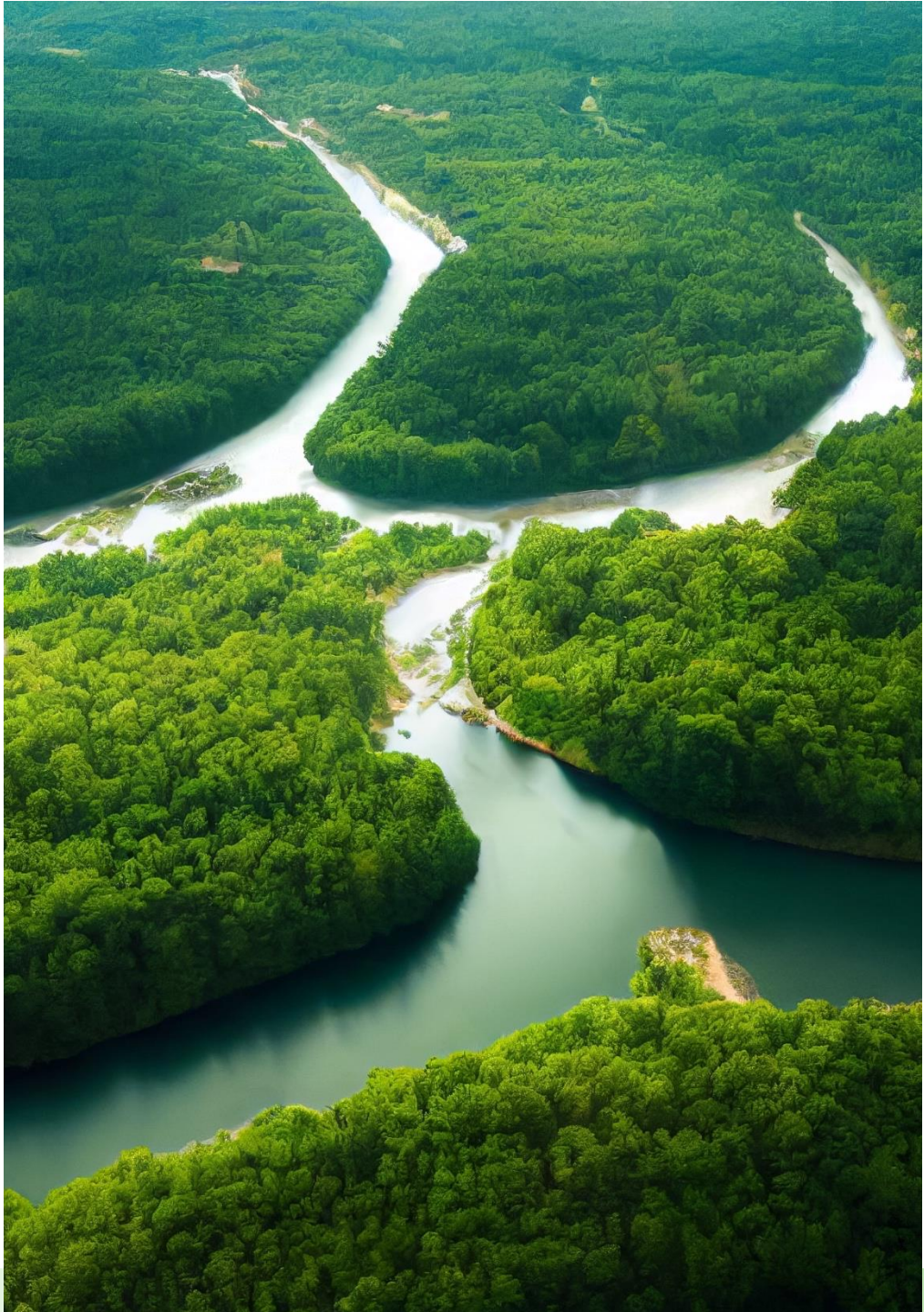
- 2 Balance de energía "Ecuación de Bernoulli",
La ecuación de Bernoulli relaciona la presión, la velocidad y la altura de dos puntos cualesquiera (1 y 2) en un fluido con flujo laminar constante de densidad ρ

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2$$



- 3 cantidad de movimiento





Cálculo de Pérdidas Energéticas de Carga

Tipos de Pérdidas

Pérdidas por Fricción

Darcy- Weisbach
(Flujo laminar y turbulento)

$$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$$

Hazen-Williamns
(flujo laminar-transición)

$$h_f = \frac{(6,824 * L * V^2)}{(C^2 * D^{4,87})}$$

Manning
(canales abiertos)

$$h_f = \frac{(0,463 * L * V^2)}{(C^2 * D^{4/3})}$$

Pérdidas en accesorios

pérdidas adicionales se suman según el tipo y cantidad de accesorios utilizados en el sistema. Se expresan en términos de pérdida de carga

Ejemplo. Formula de Cálculo de Pérdidas (Darcy-Weisbach)

$$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

- h_f : pérdida de cabeza por fricción
- f : factor de fricción
- L : longitud de la tubería
- v : velocidad del flujo
- g : aceleración de la gravedad
- D : diámetro interior de la tubería



Metodologías Prácticas para la Estimación de Pérdidas Energéticas

1

Auditorías Energéticas: analizar el consumo y detectar pérdidas energéticas. Proceso: Recolección de datos, análisis del rendimiento y detección de ineficiencias

2

Modelos de Simulación Hidráulica y Energética. Simulación del sistema hidráulico combinado con análisis de energía. Proceso: Modelación del flujo de agua y consumo energético para identificar puntos críticos.

3

Medición de Eficiencia de Bombas y Motores: Medición directa del caudal, presión y consumo energético para evaluar eficiencia.- Proceso: Medición de caudal y presión, análisis del consumo del motor.

4

Auditoría de Pérdidas en Redes de Distribución. Análisis de pérdidas por fugas en redes de distribución de agua.- Proceso: Uso de tecnología de detección de fugas y medición del agua perdida



Metodologías Prácticas para la Estimación de Pérdidas Energéticas

5

Monitoreo en Tiempo Real: Uso de monitoreo en tiempo real para identificar patrones de consumo ineficiente.-
Proceso: Instalación de medidores en puntos clave, ajuste en tiempo real de operaciones

- ✓ Estas metodologías permiten identificar pérdidas y optimizar el consumo energético.
- ✓ Implementar auditorías y tecnologías como el monitoreo en tiempo real reduce los costos y mejora la sostenibilidad.



Metodología: Auditorías Energéticas



Argentina. Auditoría energética en una PTAR reveló que el **30% del consumo energético** estaba relacionado con bombas que operaban fuera de su rango óptimo debido a un diseño deficiente. Con instalación de bombas de menor capacidad, ajustadas a las necesidades del sistema, **reducción de consumo energético en un 18%.**

Metodología: Modelos de Simulación Hidráulica y Energética

Fase I

Desarrollo de un modelo hidráulico del sistema basado en datos como caudales, presiones y niveles de demanda.

Fase II

Superposición del modelo energético, que calcula el consumo de energía en cada punto del sistema.

Fase III

Identificación de los puntos críticos donde el consumo energético es ineficiente debido a factores como la fricción en las tuberías o el bombeo innecesario



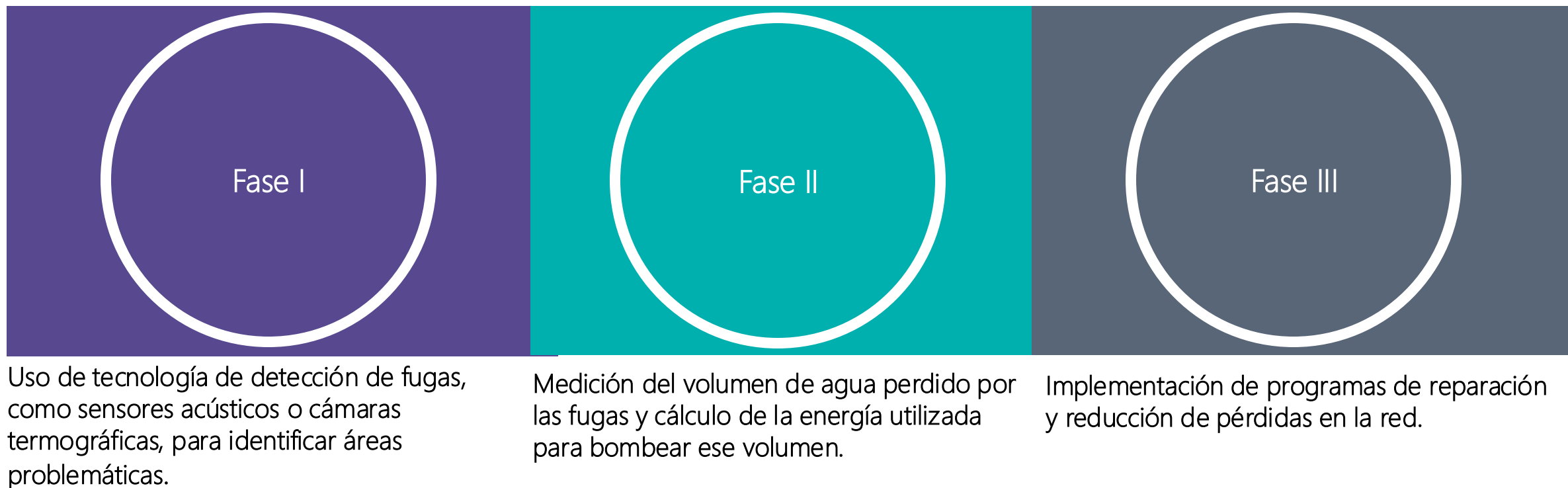
Brasil. Aplicación de modelo de simulación hidráulico-energético en São Paulo: permitió identificar que el 20% del consumo energético se desperdiciaba en tramos de tuberías presentaban alta fricción

Metodología: Medición de Eficiencia de Bombas y Motores



Perú. Estudio realizado en una planta de agua potable encontró que las bombas principales operaban al 70% de su eficiencia óptima debido a la falta de mantenimiento, lo que generaba pérdida de energía del 15%.

Metodología: : Auditoría de Pérdidas en Redes de Distribución



México. Sistema de detección de fugas permitió **reducir en un 10% pérdidas** de agua en la Ciudad de México, lo que a su vez **disminuyó en un 8% consumo de energía** en las estaciones de bombeo. (CEPAL, 2021)

Metodología: Monitoreo en Tiempo Real de Consumo Energético



Costa Rica. Una PTAR implementó un sistema de monitoreo en tiempo real que permitió **reducir su consumo energético en un 12%** al ajustar automáticamente las bombas según la demanda de agua

Cuarta sesión de capacitación online

Eficiencia energética en el sector de agua y saneamiento



NACIONES UNIDAS

CEPAL



3

Medidas de eficiencia energética

Principales medidas de eficiencia energética



➤ Medidas iniciales de bajo costo

- **Cambios operativos/procesos redes**
- **Modelación hidráulica**
- **identificación, cálculo de pérdidas** energéticas, eficiencia electromecánica
- **Temporalizar sistemas bombeo:** manejo de carga (cobros horas pico - cargas/hora)
- **Balance de masas:** identificar pérdidas de agua



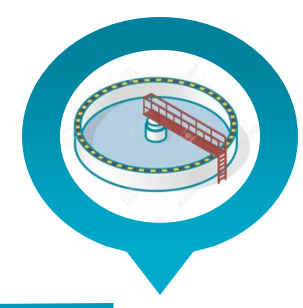
➤ Soluciones Técnicas

- **Dimensionar bombas/motores sistema de bombeo:** sustitución con motores eficiencia >> y > potencia
- **Disminuir consumo energía reactiva:** instalación condensadores (aumentar factor de potencia)
- **Disminuir carga de sistemas de bombeo:** VFD
- **sustitución motores menor 2HP** con motores ECM



➤ Medidas iniciales de bajo costo

- **Cambios operativos/procesos PTAPs/PTARs.**
- **identificación/cálculo pérdidas** energéticas y eficiencia electromecánica
- **Manejo carga** sistemas bombeo
- **Evaluar secuencias de control y puesta en marcha de bombas**
- **Analizar viabilidad** de aprovechamiento de metano



➤ Soluciones Técnicas

- **Ajustar/dimensionar equipos de aireación (PTARs)**
- **Co-generación** con metano
- **Dimensionar bombas/motores sistema de bombeo:** sustituir con motores eficiencia >>
- **Disminuir consumo energía reactiva:** condensadores
- **Disminuir carga sistemas de bombeo:** VFD
- **sustitución motores menor 2HP** con motores ECM

Captación y redes de Acueducto y Alcantarillado

Plantas de Tratamiento (PTAPs y PTARs)

ECM: Motores electrónicamente conmutados

VFD: Variadores de Frecuencia

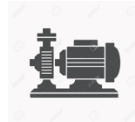
Resumen medidas de planeación y beneficios de inversiones en EE

PLANEACIÓN OPERACIÓN



- ✓ **Auditorías Energéticas**
- ✓ **Cambios operativos/procesos**
- ✓ **Modelación hidráulica y balance de masa:** identificación, cálculo de pérdidas energéticas y de agua
- ✓ **Manejo de carga:** operación de sistemas de bombeo por fuera de tarifas hora/pico
- ✓ **Implementar sistemas para el control y gestión de datos** (SCADA)
- ✓ **Seguimiento y Monitoreo:** medir el uso de energía, intensidad kWh, emisiones de CO2 y CH4

(*) Acorde con el Banco Mundial (2019), las inversiones en EE se recuperan en periodo de entre 2 meses y 5 años



INVERSIONES (*)

Optimización de Sistemas de Bombeo

- ✓ **VFD: mejora 2-10% eficiencia**
- ✓ Sustitución **motores** < 2HP con motores ECM: **mejora 75% eficiencia**
- ✓ Sustitución con motores efic. >> y > potencia: **reducción 10-12% consumo**

Sistemas Eléctricos

- ✓ Disminución consumo **energía reactiva:** inst. condensadores >> factor potencia

Eficiencia Energética en PTARs

- ✓ **Opciones de EE** para aireación (p.e. LAC), digestión anaerobia lodos
- ✓ **Aprovechamiento de metano** para co-generación

Energías Alternativas

- ✓ **Análisis/adopción alternativas de energía renovables** (AP y saneamiento)



Ejemplos de soluciones en eficiencia energética en sistemas de APyS

1

Pérdidas por Sobrecarga en Bombas.

Ejemplo (Colombia). Planta de acueducto en Bogotá: bombas eléctricas estaban trabajando por encima de capacidad nominal (**aumento del 20% en consumo de energía y desgaste prematuro de los equipos**). Origen: dimensionamiento inicial del sistema, que no consideró adecuadamente las demandas fluctuantes de agua. (BID, 2020).

Solución. Instalación de VFD permitió ajustar la velocidad de las bombas según demanda de agua en tiempo real y **reducir 15% consumo de energía**.

2

Pérdidas por Desgaste de Motores

Ejemplo (Brasil). Motores eléctricos en PTAPs mostraban desgaste, afectando su eficiencia por falta de mantenimiento adecuado, con aumento de fricción y **aumento del 12% en consumo energético** (BID, 2020).

Solución: Programa de mantenimiento predictivo, con monitoreo de los motores en tiempo real, permitió **reducir las pérdidas energéticas en un 10%**.



Ejemplos de soluciones en eficiencia energética en sistemas de APyS

3

Pérdidas por Ineficiencia en Sistemas de Aireación

Ejemplo (Chile). En PTAR (Santiago), el sistema de aireación era altamente ineficiente. Los compresores de aire operaban de manera continua (**40% del consumo total de energía de la PTAR**), in ajustarse a las necesidades reales del proceso (CEPAL, 2021).

Solución): Modernización del sistema de aireación, mediante la instalación de VFD y sensores para monitorear la calidad del agua, permitió ajustar el sistema de aireación a la demanda rea (**reducción del 25% en consumo energético**).



Estrategias para reducir las pérdidas en sistemas de bombeo (ejemplos)

1

Variadores de frecuencia

Chile: Ajustan la velocidad a la demanda, ahorrando un 20% (Banco Interamericano de Desarrollo, 2020).

La implementación de bombas modernas con control de velocidad variable y un mantenimiento adecuado puede reducir considerablemente las pérdidas eléctricas

2

Mantenimiento predictivo

Costa Rica: Programa de mantenimiento predictivo, en el que se monitoriza el estado de los equipos, puede evitar fallos que incrementen el consumo energético.

En una estación de bombeo, el uso de sensores para monitorear la vibración de los motores permitió identificar problemas antes de que afectaran la eficiencia, reduciendo el consumo de energía un 15%.



Estrategias para Reducir las Pérdidas en Motores Eléctricos

1

Reemplazo de motores obsoletos

(Chile). El reemplazo de motores antiguos por versiones modernas con mayor eficiencia energética puede reducir el consumo en un 20%”

2

Implementación de variadores de frecuencia

(Costa Rica): Los variadores de frecuencia permiten ajustar la velocidad del motor a la demanda real de operación, reduciendo el consumo energético en un 18%”

3

Mantenimiento predictivo

(México). El mantenimiento predictivo, utilizando sensores para monitorear el estado de los motores en tiempo real, ha sido clave para reducir las pérdidas energéticas en un 15%”

4



Estrategias para mitigar las pérdidas eléctricas

1

Uso de tecnología de bombeo eficiente.

La implementación de bombas modernas con control de velocidad variable y mantenimiento adecuado puede reducir considerablemente las pérdidas eléctrica *Variadores de frecuencia (Chile):* Ajustan la velocidad a la demanda, ahorrando un 20% (Banco Interamericano de Desarrollo, 2020).

2

Mantenimiento predictivo

(Costa Rica): Identificación temprana de fallos mejora la eficiencia (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2021).

3

Optimización del diseño

(Argentina): Mejora del 15% en eficiencia energética (Banco Mundial, 2020).

Los motores eléctricos son el corazón de los sistemas de bombeo y tratamiento de aguas, y las pérdidas energéticas asociadas a su operación pueden ser significativas



**Mesa redonda:
Actividad interactiva y
espacio para preguntas**



NACIONES UNIDAS

CEPAL



Encuesta de salida



NACIONES UNIDAS

C E P A L