

# Desalinización por Ósmosis Inversa Manual: Bombas y Membranas Portátiles para Supervivencia

Autor: EA4IPV

Fecha: 23/03/2026

Categoría: Higiene y Prevención

Etiquetas: Sin etiquetas

## Desalinización por Ósmosis Inversa Manual: Bombas y Membranas Portátiles para Supervivencia

El 97,5% del agua del planeta es salada (salinidad media 35 g/L), lo que hace de la desalinización una tecnología crítica para supervivencia costera, náutica y en islas. La ósmosis inversa (OI) es el método más eficiente para convertir agua de mar en agua potable: fuerza el agua salada a través de una membrana semipermeable que retiene el 95-99,5% de las sales disueltas. Los sistemas portátiles manuales de OI, desarrollados originalmente para balsas salvavidas militares (US Navy, década de 1980), permiten producir 1-7 litros de agua dulce por hora mediante bombeo manual, sin electricidad ni combustible. La OMS establece que el agua potable debe contener menos de 500 mg/L de sólidos disueltos totales (TDS), y los desalinizadores portátiles modernos producen agua con 50-200 mg/L de TDS partiendo de agua de mar con 35.000 mg/L.

### Principio físico de la ósmosis inversa

La ósmosis natural es el paso de agua desde una solución diluida hacia una concentrada a través de una membrana semipermeable, buscando equilibrar concentraciones. La presión osmótica del agua de mar es de aproximadamente 27 bar (equivalente a una columna de agua de 275 metros). Para revertir este proceso y forzar el agua dulce a salir del agua salada, se necesita aplicar una presión superior a 27 bar.

#### Parámetro

Agua de mar

Agua salobre

Agua producida (OI)

Agua potable OMS

TDS (mg/L)

30.000-40.000

1.000-10.000

50-200

Salinidad (g/L)

33-37

1-10

0,05-0,2

Presión osmótica

25-30 bar

1-8 bar

N/A

N/A

Presión de trabajo OI

55-70 bar

10-20 bar

N/A

N/A

Cloruro de sodio (g/L)

24-28

0,5-6

Los desalinizadores portátiles manuales operan a 55-70 bar de presión, generada mediante bombas de pistón accionadas a mano. El agua de mar pasa a través de membranas de poliamida de capa fina (TFC, Thin Film Composite), que son el estándar industrial desde la década de 1990. Estas membranas rechazan >98% del NaCl a su presión nominal.

Equipos portátiles disponibles y rendimiento comparado

El mercado ofrece varios desalinizadores portátiles manuales probados en condiciones reales de supervivencia marítima y expediciones. Todos cumplen con las especificaciones SOLAS (Safety of Life at Sea, IMO) para equipamiento de balsas salvavidas.

Equipo

Producción (L/h)

Peso (kg)

Presión de trabajo

Precio aprox.

Bombadas/litro

Katadyn Survivor 06

0,89

1,13

55-60 bar

2.000-2.500 €

~40 min bombeo

Katadyn Survivor 35

4,5

3,2

55-60 bar

3.500-4.500 €

~13 min/litro

#### Katadyn PowerSurvivor 40E

5,7 (eléctrico)

6,8

55-60 bar

4.000-5.000 €

Eléctrico (12V DC)

#### Rainman Portable

50-130 (motor)

26-38

55-70 bar

5.000-9.000 €

Motor gasolina/eléctrico

#### Spectra Ventura 150

7-24 (eléctrico)

14

55-60 bar

5.000-7.000 €

Eléctrico (12/24V)

El Katadyn Survivor 06 es el estándar mundial para balsas salvavidas: aprobado por la US Navy, US Coast Guard y SOLAS. Pesa apenas 1,13 kg y cabe en una mochila. Produce 0,89 L/h (890 mL/hora), lo que requiere unas 6-7 horas de bombeo diario para producir los mínimos 5 litros que la OMS considera necesarios para supervivencia (solo hidratación, sin higiene). El esfuerzo físico es moderado: equivalente a apretar una pelota de tenis repetidamente.

Limitaciones del bombeo manual: Producir agua por OI manual requiere esfuerzo físico sostenido. Una persona deshidratada o debilitada producirá menos agua y gastará más energía. En condiciones de supervivencia marítima, la US Navy recomienda limitar el bombeo a 2 horas seguidas, descansar 30 minutos y alternar entre supervivientes. El gasto calórico del bombeo es de aproximadamente 150-200 kcal/hora, lo que debe considerarse en la planificación de raciones alimentarias.

#### Mantenimiento y cuidado de membranas

Las membranas de OI son el componente más caro y delicado del sistema. Una membrana bien mantenida dura 3-5 años en uso intermitente. El fallo más común es el biofouling (colonización bacteriana) y la degradación por cloro.

Enjuague post-uso obligatorio: Después de cada sesión de desalinización, bombear 2-3 litros de agua dulce a través del sistema para desplazar el agua salada residual. El agua salada estancada sobre la membrana provoca cristalización de sal y degradación irreversible. Si no se dispone de agua dulce, bombear los primeros litros producidos de vuelta por el sistema.

Conservación para almacenamiento prolongado: Si el equipo no se va a usar durante más de 5 días, conservar la membrana en solución de metabisulfito de sodio al 1% (10 g/L) para evitar crecimiento bacteriano. Alternativamente, enjuagar con agua dulce, escurrir y almacenar en bolsa hermética en lugar fresco y oscuro. Nunca congelar la membrana.

Prefiltración del agua de entrada: SIEMPRE prefiltrar el agua de mar antes de introducirla en el sistema de OI. Las partículas en suspensión (arena, algas, plancton) obstruyen y dañan la membrana. Usar al menos un prefiltro de 5 micras (incluido en la mayoría de equipos). En aguas muy turbias, añadir un prefiltro de 20 micras y una tela de malla fina como primera barrera.

Cloro y membrana: incompatibilidad: Las membranas TFC de poliamida son destruidas por el cloro libre. NUNCA introducir agua clorada o lejía en el sistema de OI. Si se usa cloro para desinfectar el agua producida, hacerlo DESPUÉS de la membrana, nunca antes. Una exposición a 1 mg/L de cloro libre durante 200 horas destruye la membrana de forma irreversible.

Indicadores de fallo de membrana: Si el agua producida tiene sabor salado perceptible, la membrana está fallando (rechazo de sal

Alternativas de desalinización sin membrana

Cuando no se dispone de un desalinizador de OI, existen métodos térmicos de desalinización que pueden improvisarse con materiales básicos. Son menos eficientes pero pueden salvar vidas.

Destilación solar (alambique solar): Un recipiente negro con agua de mar cubierto por un plástico transparente inclinado. El sol evapora el agua, el vapor condensa en el plástico y gotea hacia un colector. Producción: 1-3 L/m<sup>2</sup>/día dependiendo de la radiación solar (latitud, estación, nubosidad). Necesita área grande: 5-15 m<sup>2</sup> de colector para producir los 5 L/día mínimos de supervivencia. Utilizado históricamente por náufragos y documentado en manuales de supervivencia de la USAF (Air Force Manual 64-5).

Destilación por ebullición: Hervir agua de mar en un recipiente cerrado y condensar el vapor mediante un tubo (serpentín) enfriado por agua de mar o aire ambiente. Producción: 1-3 L/hora con un fuego sostenido. Consumo de combustible: 1-2 kg de leña por litro de agua producida. Más eficiente que la destilación solar pero requiere combustible continuo. El condensador puede improvisarse con tubo de cobre enrollado dentro de un balde de agua fría.

Desalinización por congelación: En climas fríos: congelar agua de mar parcialmente (el hielo formado es agua dulce con muy baja salinidad). Retirar el hielo y desechar la salmuera concentrada. Repetir 2-3 ciclos para reducir la salinidad por debajo de 500 mg/L TDS. Método documentado por investigadores del MIT y usado históricamente por los inuit. Eficiente solo en ambientes bajo 0 °C.

Nunca beber agua de mar directamente: El agua de mar con 35 g/L de sal supera en 7 veces la capacidad de concentración renal humana (máximo ~6 g/L en orina). Beber agua de mar acelera la deshidratación: los riñones necesitan más agua para excretar la sal que la que se ingiere. Según la OMS, beber agua de mar sin desalinizar puede causar la muerte por insuficiencia renal en 3-5 días. Esta es una de las reglas más importantes de la supervivencia marítima.

⚠ Advertencia: Esta información es orientativa y educativa. En situaciones de emergencia real, consulte a profesionales cualificados siempre que sea posible. No ponga en riesgo su vida ni la de otros sin la formación adecuada.