

## Osmosis Inversa: Permeabilidad

La osmosis inversa es un fenómeno de transferencia de materia que permite obtener agua dulce desde agua con alto contenido de sales. Si bien para que esta transferencia ocurra se necesita incorporar grandes volúmenes de energía al sistema (en forma de presión hidráulica), el mecanismo que permite la ocurrencia de este fenómeno no es la fuerza bruta, sino la creación de un desbalance artificial donde se motiva al agua a moverse en una dirección contraria (inversa) a la que tomaría en una condición normal.

La matemática que explica este fenómeno se conoce como Ecuación de Permeabilidad (Ecuación 1), la cual sigue la misma estructura que una ecuación de transferencia típica.

$$Q_p = A \cdot K_w \cdot NDP$$

**Ecuación 1: Ecuación de permeabilidad.**

Donde:

$Q_p$  Producto: Caudal de agua permeada máximo obtenido de la combinación de la superficie disponible, la capacidad de la membrana para transferir y la fuerza impulsora presente.

$A$  Superficie: depende del diseño de la instalación y del tipo de membrana en seleccionado.

$K_w$  Coeficiente de transferencia de materia (permeabilidad): Corresponde a la capacidad de la membrana de producir agua en base a la presencia de una fuerza impulsora (NDP). Es una característica de la composición química y ha ido evolucionando a lo largo del tiempo. Las membranas modernas producen más agua en base a la misma fuerza impulsora.

$NDP$  Fuerza impulsora (NDP = Net Driving Pressure): Corresponde al componente que moviliza la transferencia de materia. Se calcula haciendo una sumatoria de las presiones que interactúan en el proceso. Las principales son la presión de alimentación (+) y la presión osmótica del agua (-),

El NDP se refleja la energía realmente disponible para producir el movimiento de agua a través de la membrana, y su cálculo permite estimar la presión de alimentación requerida del sistema. Ésta debe ser capaz de vencer la presión osmótica, la presión que pueda requerir el permeado y la diferencia de presión (o pérdida de carga) que ocurre dentro del tubo de presión debido a la fricción que ofrecen las membranas.

$$NDP = P_{al} - P_{osm} - P_{perm} - \Delta P + P_{osm, perm}$$

**Ecuación 2: Ecuación del NDP.**

## Osmosis Inversa: Permeabilidad

Un ejercicio interesante es analizar qué efectos tienen los cambios de ciertos componentes en la cantidad de agua permeada. La Tabla 1 muestra cuatro preguntas recurrentes en cualquier diseño y operación de plantas desaladoras:

**Tabla 1: Sensibilización de la ecuación de permeabilidad.**

Pregunta		Componente que cambia	Resultado
1.	¿Qué pasa si aumenta el número de membranas?	$\uparrow A \cdot K_w \cdot NDP$ Aumenta el área, aumentando la producción.	$\uparrow Q_P$
2.	¿Qué pasa si baja la presión de alimentación?	$A \cdot K_w \cdot \downarrow NDP$ Disminuye la fuerza impulsora, disminuyendo la producción.	$\downarrow Q_P$
3.	¿Qué pasa si se cambian las membranas por las últimas del mercado?	$A \cdot \uparrow K_w \cdot NDP$ Mejora el coeficiente de transferencia de materia, aumentando la producción.	$\uparrow Q_P$
4.	¿Qué pasa si la concentración (TDS) de la alimentación baja?	$A \cdot K_w \cdot \uparrow NDP$ Disminuye la presión osmótica, aumentando la fuerza impulsora, aumentando la producción.	$\uparrow Q_P$