

## CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

### Aspectos teóricos:

En general, el flujo de electricidad a través de un conductor es debido a un transporte de electrones. Según la forma de llevarse a cabo este transporte, los conductores eléctricos pueden ser de dos tipos: conductores metálicos o electrónicos y conductores iónicos o electrolíticos.

A este segundo tipo pertenecen las disoluciones acuosas. En ellas la conducción de electricidad al aplicar un campo eléctrico se debe al movimiento de los iones en disolución, los cuales transfieren los electrones a la superficie de los electrodos para completar el paso de corriente.

La conductividad eléctrica (CE) de una disolución puede definirse como la aptitud de ésta para transmitir la corriente eléctrica, y dependerá, además del voltaje aplicado, del tipo, número, carga y movilidad de los iones presentes y de la viscosidad del medio en el que éstos han de moverse. En disoluciones acuosas, y puesto que su viscosidad disminuye con la temperatura, la facilidad de transporte iónico o conductividad aumentará a medida que se eleva la temperatura.



Según la ley de Ohm, cuando se mantiene una diferencia de potencial (E), entre dos puntos de un conductor, por éste circula una corriente eléctrica directamente proporcional al voltaje aplicado (E) e inversamente proporcional a la resistencia del conductor (R).  $I = E/R$

En disoluciones acuosas, la resistencia es directamente proporcional a la distancia entre electrodos (l) e inversamente proporcional a su área (A):  $R = r \cdot l/A$

Donde r se denomina resistividad específica, con unidades  $\Omega \cdot \text{cm}$ , siendo su inversa ( $1/r$ ), la llamada conductividad específica (k), con unidades  $\text{W}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$  o mho/cm (mho, viene de ohm, unidad de resistencia, escrito al revés).

Actualmente se emplea la unidad del SI, siemens (S), equivalente a mho; y para trabajar con números más manejables se emplean submúltiplos:

$$1 \text{ mS/cm} = 1 \text{ dS/m} = 1000 \text{ (S/cm} = 1 \text{ mmho/cm)}$$

## CONDUCTIVIDAD Y SÓLIDOS DISUELTOS



### Definición

Se define la conductividad eléctrica como la capacidad de que una sustancia pueda conducir la corriente eléctrica, y por tanto es lo contrario de la resistencia eléctrica. La unidad de medición utilizada comúnmente es el Siemens/cm (S/cm), en millonésimas ( $10^{-6}$ ) de unidades, es decir microSiemens/cm ( $\mu\text{S/cm}$ ), o en milésimas ( $10^{-3}$ ) es decir miliSiemens/cm (mS/cm).

Tabla de conductividad del Agua	
Agua ultra pura	0,055 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Agua destilada	0,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Agua de montaña	1,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Agua doméstica	500 a 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Max. Para agua potable	1055 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Agua de mar	56 $\text{mS}/\text{cm}$
Agua salobre	100 $\text{mS}/\text{cm}$

En soluciones acuosas la conductividad es directamente proporcional a la concentración de sólidos disueltos, por lo tanto cuanto mayor sea dicha concentración, mayor será la conductividad. La relación entre conductividad y sólidos disueltos se expresa, dependiendo de las aplicaciones, con una buena aproximación por la siguiente igualdad:

$$1,4 \mu\text{S}/\text{cm} = 1 \text{ ppm} \text{ o } 2 \mu\text{S}/\text{cm} = 1 \text{ ppm (mg/l de CaCO}_3\text{)}$$

Además de los conductímetro, están los instrumentos TDS que convierten automáticamente el valor de conductividad eléctrica en ppm, dando una lectura directa de la concentración de sólidos disueltos, facilitando así los resultados.

La conductividad de una solución se determina por un movimiento iónico. La temperatura afecta al movimiento iónico, por ello es necesario compensar la temperatura cuando se realizan mediciones de precisión. Generalmente, para realizar mediciones comparativas, la temperatura estándar es de 20 °C ó 25° C. Para corregir los efectos de la temperatura, se utiliza un coeficiente de compensación  $\beta$ . Se expresa  $\beta$  en  $\%/^{\circ}\text{C}$  y varía de acuerdo con la solución que se está midiendo. En la mayoría de las aplicaciones se usa un valor 2% por grado Celsius como valor aproximado de  $\beta$ .



## Medida de Conductividad

Es posible diferenciar los distintos conductímetro según el método de medición que utilicen, es decir amperométrico o potenciométrico. El sistema amperométrico aplica una diferencia potencial conocida (V) a dos electrodos y mide la corriente (I) que pasa a través de ellos. Según la ley de Ohm:

$$I = V/R$$

Donde R es la resistencia, V es el voltaje conocido e I es la corriente que va de un electrodo (sonda) a otro. Por lo tanto, cuanto más elevada sea la corriente obtenida, mayor será la conductividad. La resistencia, sin embargo, depende de la distancia entre los dos electrodos y sus superficies, las cuales pueden variar debido a posibles depósitos de sales u otros materiales (electrólisis). Por esta razón se recomienda el sistema amperométrico para soluciones con baja concentración de sólidos disueltos, generalmente hasta un gramo por litro (aproximadamente 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

El sistema potenciométrico de cuatro anillos está basado en el principio de inducción, y elimina los problemas comunes asociados al sistema amperométrico como los efectos de la polarización. Los dos

anillos externos aplican un voltaje alternativo e inducen un bucle de voltaje en la solución. Los dos anillos internos miden las bajadas de voltaje inducidas por el bucle de corriente, que depende de la conductividad de la solución. Una capa de PVC mantiene el campo de corriente fijo (I) y constante. Utilizando el método de 4 anillos es posible medir la conductividad con rangos de hasta 200000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 100g/l. Por tanto se presenta como el método más efectivo para la medida de la conductividad eléctrica en disoluciones.

## Conductividad y Dureza del Agua

Utilizando medidores de conductividad o sólidos disueltos es posible obtener, con muy buena aproximación, el valor de la dureza del agua, incluso en grados Franceses. La causa principal del agua dura es la presencia de iones de calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) o magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) disueltos.

La unidad de medición de dureza más común es el grado Francés ( $^{\circ}\text{f}$ ), definido como:

$$1^{\circ}\text{f} = 10 \text{ ppm de } \text{CaCO}_3$$

Dividiendo la medición ppm de sólidos disueltos por 10 da el valor de dureza del agua con un error de 2 - 3  $^{\circ}\text{f}$ .

Como se apuntaba con anterioridad, 1 ppm = 2  $\mu\text{S}/\text{cm}$  de conductividad, por lo tanto:

$$1^{\circ}\text{f} = 20 \mu\text{S}/\text{cm}$$

Dividiendo la medición de conductividad en microSiemens por 20 da el valor de dureza del agua en grados franceses (con un error de 2 - 3 $^{\circ}\text{f}$ ).

**IMPORTANTE:** La medición de la dureza del agua con conductímetro o medidores de sólidos disueltos (TDS) debe ser realizado antes de los tratamientos de descalcificación del agua. Durante los procesos de descalcificación de agua, los carbonatos son sustituidos por sodio, lo que no altera la concentración total de sólidos disueltos pero disminuye la dureza del agua.

<b>Tabla de Dureza del Agua</b>			
<b>ppm</b>	<b><math>\mu\text{S}/\text{cm}</math></b>	<b><math>^{\circ}\text{f}</math></b>	<b>Dureza</b>
0-70	0-140	0-7	Muy blanda
70-150	140-300	7-15	Blanda
150-250	300-500	15-25	Ligeramente dura
250-320	500-640	25-32	Moderadamente dura
320-420	640-840	32-42	Dura
Superior a 420	Superior a 840	Superior a 42	Muy dura