



SECRETARÍA DE
COMERCIO Y
FOMENTO INDUSTRIAL
DGN

**ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE LA
CONDUCTIVIDAD ELECTROLÍTICA - MÉTODO DE PRUEBA
(CANCELA A LA NMX-AA-093-1984)**

**WATER ANALYSIS - DETERMINATION OF ELECTROLITICAL
CONDUCTIVITY - TEST METHOD**

0 INTRODUCCIÓN

La conductividad electrolítica es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones, de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como de la temperatura.

La determinación de conductividad es de gran importancia pues da una idea del grado de mineralización del agua natural, potable, residual, residual tratada, de proceso o bien del agua para ser usada en el laboratorio en análisis de rutina o para trabajos de investigación.

El valor de conductividad es un parámetro regulado por límites máximos permisibles en descargas de aguas residuales al alcantarillado o a cuerpos receptores, también es un parámetro de calidad del agua para usos y actividades agrícolas, para contacto primario y para el consumo humano.

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma mexicana establece el método de prueba para la determinación de la conductividad electrolítica en agua y es aplicable para agua potable, natural, tratada, residual, salina y residual tratada.



SECRETARIA DE
COMERCIO Y
FOMENTO INDUSTRIAL
DGN

2 PRINCIPIO

Este método se basa en la propiedad que adquiere el agua de conducir la corriente eléctrica cuando tiene iones disueltos.

La conducción de la corriente eléctrica en agua, puede explicarse por medio de la disociación electrolítica. Cuando se disuelve en agua un ácido, una base o una sal, una porción se disocia en iones positivos y otra en negativos



Los iones se mueven independientemente y se dirigen a los electrodos de carga opuesta mediante la aplicación de un campo eléctrico.

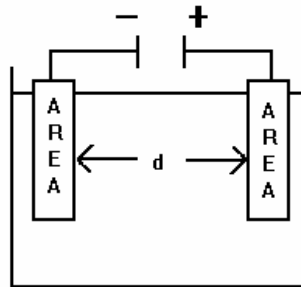
La cantidad de moléculas que se han disociado depende de la concentración de la solución. Las soluciones, al igual que los conductores metálicos obedecen a la Ley de Ohm, excepto en voltajes muy elevados y corrientes de frecuencia muy alta.

Si en una solución electrolítica se colocan dos electrodos de área A separados por una distancia d, y se aplica un campo eléctrico E, la diferencia de potencial V entre los electrodos será proporcional a la distancia d y al campo eléctrico E.

$$V=dE \tag{1}$$

donde:

- V es la diferencia de potencial entre los electrodos en volts;
- E es el campo eléctrico aplicado en amperes, y
- D es la distancia de separación entre las placas en cm.



La conductancia específica o conductividad σ es inversamente proporcional a la resistencia eléctrica y está definida por la relación :

$$\sigma = \frac{J}{E} \quad (2)$$

donde:

J es la densidad de corriente, y
E es la carga eléctrica.

La densidad de corriente J se define a su vez por la ecuación:

$$J = \frac{I}{A} \quad (3)$$

donde:

I es la intensidad de corriente, y
A es el área.

Combinando las ecuaciones (1), (2), y (3) se obtiene que la diferencia de potencial V es:

$$V = \frac{I d}{A} \quad (4)$$



SECRETARIA DE
COMERCIO Y
FOMENTO INDUSTRIAL
DGN

Al valor $d/\sigma A$ se le conoce como la resistencia que presenta la disolución al paso de la corriente y se denota por la letra R .

$$R = \frac{d}{\sigma A} \quad (5)$$

Por lo que la ecuación (4) se transforma en la ley de Ohm.

$$V = \frac{IR}{\sigma} \quad (6)$$

De la ecuación (5) se obtiene que las unidades de la conductancia específica son:

$$\sigma = \frac{d}{RA} = \frac{\text{cm}}{\text{ohm} \times \text{cm}^2} = \frac{1}{\text{ohm} \times \text{cm}} = \frac{\text{Siemen}}{\text{cm}} \quad (7)$$

La ecuación anterior permite el cálculo de la conductancia específica de la disolución conociendo su resistencia y las dimensiones de la celda de conductividad.

Se define como constante K de la celda de conductividad a la relación existente entre la distancia de los electrodos d , y su área A

$$K = \frac{d}{A} \quad (8)$$

Por lo que la fórmula de conductividad está dada por :

$$\sigma = \frac{K}{R} \quad (9)$$

Una vez medida la resistencia de la solución o su inverso la conductividad y conociendo la constante de la celda se conoce la conductancia específica de la solución σ .

3 DEFINICIONES

Para los propósitos de esta norma se establecen las siguientes definiciones:

3.1 Aguas naturales



SECRETARIA DE
COMERCIO Y
FOMENTO INDUSTRIAL
DGN

Agua cruda, subterránea, de lluvia, de tormenta, de tormenta residual y superficial.

3.2 Aguas residuales

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarias, domésticos y similares, así como la mezcla de ellas.

3.3 Bitácora

Cuaderno de laboratorio debidamente foliado e identificado, en el cual los analistas anotan todos los datos de los procedimientos que siguen en el análisis de una muestra, así como todas las informaciones pertinentes y relevantes a su trabajo en el laboratorio. Es a partir de dichas bitácoras que los inspectores pueden reconstruir el proceso de análisis de una muestra tiempo después de que se llevó a cabo.

3.4 Calibración

Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento o sistema de medición, o los valores representados por una medida materializada y los valores correspondientes de la magnitud, realizados por los patrones, efectuando una corrección del instrumento de medición para llevarlo a las condiciones iniciales de funcionamiento.

3.5 Calibración inicial

El análisis de un mínimo de tres concentraciones distintas de estándares de los analitos de interés. Una concentración deberá estar cerca del límite de detección del método (LDM) y otra cercana al límite del intervalo lineal del método (LIL).

3.6 Conductancia

Es la propiedad que tiene una sustancia de permitir el paso de la corriente eléctrica originada por una diferencia de potencial. Se expresa en siemens (S) equivalente a Ohm a la menos uno (Ω^{-1}).

3.7 Conductividad electrolítica ó conductancia específica.(σ)

Recíproco de la resistencia en Ohms medida entre las caras opuestas de 1 cm^3 de solución acuosa a una temperatura específica.



SECRETARIA DE
COMERCIO Y
FOMENTO INDUSTRIAL
DGN

$$\sigma = \frac{1}{R_s} = \frac{K}{R_m} [=] \frac{\text{Siemens}}{\text{centímetro}} [=] \frac{\text{S}}{\text{cm}}$$

donde:

R_s es la resistencia específica, y
 R_m es la resistencia medida.

Unidades:

$$1 \frac{\text{S}}{\text{cm}} [=] = 10^4 \frac{\mu\text{S}}{\text{cm}} = 10^3 \frac{\text{mS}}{\text{m}}$$

3.8 Constante de celda(K)

A la relación que existe entre la distancia de los electrodos d , y su área A

$$K = \frac{d}{A} = \frac{1}{\text{cm}} = \text{cm}^{-1}$$

3.9 Descarga

Acción de verter, infiltrar o depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor en forma continua, intermitente o fortuita, cuando éste es un bien del dominio público de la Nación.

3.10 Desviación estándar experimental

Para una serie de n mediciones del mismo mensurando, es la magnitud s que caracteriza la dispersión de los resultados, dado por la fórmula:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$



SECRETARIA DE
COMERCIO Y
FOMENTO INDUSTRIAL
DGN

En donde x_i es el resultado de la i -ésima medición y \bar{x} es la media aritmética de los n resultados considerados.

3.11 Disolución estándar

Disolución de concentración conocida preparada a partir de un patrón primario.

3.12 Disolución madre

Corresponde a la disolución de máxima concentración en un análisis. Es a partir de esta disolución que se preparan las disoluciones de trabajo.

3.13 Error aleatorio

Resultado de una medición menos la medida que resultaría de un número infinito de mediciones del mismo mensurando realizadas bajo condiciones de repetibilidad.

3.14 Error de medición

Resultado de un mensurando menos un valor verdadero del mensurando o un valor convencionalmente verdadero.

3.15 Error relativo

Error de medición dividido por un valor verdadero o convencionalmente verdadero del mensurando.

3.16 Error sistemático

Medida que resultaría de un número infinito de mediciones del mismo mensurando realizadas bajo condiciones de repetibilidad menos un valor verdadero del mensurando.

3.17 Exactitud

Proximidad de concordancia entre el resultado de una medición y un valor verdadero del mensurando.

3.18 Material de referencia



SECRETARIA DE
COMERCIO Y
FOMENTO INDUSTRIAL
DGN

Material o sustancia en el cual uno o mas valores de sus propiedades son suficientemente homogéneas y bien definidas, para ser utilizadas para la calibración de aparatos, la evaluación de un método de medición, o para asignar valores a los materiales.

3.19 Material de referencia certificado

Material de referencia, acompañado de un certificado, en el cual uno o más valores de las propiedades están certificados por un procedimiento que establece la trazabilidad a una realización exacta de la unidad en la cual se expresan los valores de la propiedad, y en el que cada valor certificado se acompaña de una incertidumbre con un nivel declarado de confianza.

3.20 Medición

Conjunto de operaciones que tiene por objeto determinar el valor de una magnitud.

3.21 Mensurando

Magnitud particular sujeta a medición.

3.22 Muestra compuesta

La que resulta de mezclar un número de muestras simples. Para conformar la muestra compuesta, el volumen de cada una de las muestras simples deberá ser proporcional al caudal de la descarga en el momento de su toma.

3.23 Muestra simple

La que se tome en el punto de descarga, de manera continua, en día normal de operación que refleje cuantitativa y cualitativamente el o los procesos más representativos de las actividades que generan la descarga, durante el tiempo necesario para completar cuando menos, un volumen suficiente para que se lleven a cabo los análisis necesarios para conocer su composición, aforando el caudal descargado en el sitio y en el momento de muestreo.



SECRETARIA DE
COMERCIO Y
FOMENTO INDUSTRIAL
DGN

3.24 Parámetro

Variable que se utiliza como referencia para determinar la calidad del agua.

3.25 Patrón (de medición)

Material de referencia, instrumento de medición, medida materializada o sistema de medición destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o uno o más valores de una magnitud para utilizarse como referencia.

3.26 Patrón nacional (de medición)

Patrón reconocido por una decisión nacional en un país, que sirve de base para asignar valores a otros patrones de la magnitud concerniente.

3.27 Patrón primario

Patrón que es designado o reconocido ampliamente como un patrón que tiene las más altas cualidades metrológicas y cuyo valor es aceptado sin referencia a otros patrones de la misma magnitud.

3.28 Patrón de referencia

Patrón, en general de la más alta calidad metrológica disponible en un lugar dado, o en una organización determinada del cual se derivan las mediciones realizadas en dicho lugar

3.29 Patrón secundario

Patrón cuyo valor es establecido por comparación con un patrón primario de la misma magnitud.

3.30 Patrón de trabajo



SECRETARÍA DE
COMERCIO Y
FOMENTO INDUSTRIAL
DGN

Patrón que es usado rutinariamente para calibrar o controlar las medidas materializadas, instrumentos de medición o los materiales de referencia.

3.31 Precisión

Es el grado de concordancia entre resultados analíticos individuales cuando el procedimiento analítico se aplica repetidamente a diferentes alícuotas o porciones de una muestra homogénea. Usualmente se expresa en términos del intervalo de:

$$x = \bar{x} \pm t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}}$$

donde:

- \bar{x} es la media calculada a partir de un mínimo de tres mediciones independientes;
- $t_{\alpha/2}$ Se debe emplear el valor de la t de Student para un nivel de significancia del 95 %;
- s es la desviación estándar de la muestra;
- n es el número de réplicas, y
- x es el resultado que incluye el intervalo de confianza.

3.32 Resistencia(R)

Es la propiedad que tiene una sustancia de oponerse al paso de una corriente eléctrica originada por una diferencia de potencial, se expresa en Ohm(Ω). La resistencia de un conductor es inversamente proporcional a su área de sección transversal y directamente proporcional a su longitud.

3.33 Resistividad electrolítica (R)

La resistencia en Ohms medida entre las caras opuestas de 1 cm³ de una solución acuosa a una temperatura específica.
Unidades Ohmcm= Ω ohm-cm

3.34 Trazabilidad



SECRETARIA DE
COMERCIO Y
FOMENTO INDUSTRIAL
DGN

Propiedad del resultado de una medición o del valor de un patrón por la cual pueda ser relacionado a referencias determinadas, generalmente patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones teniendo todas las incertidumbres determinadas.

3.35 Verificación de la calibración

Una verificación periódica de que no han cambiado las condiciones del instrumento en una forma significativa.

4 REACTIVOS Y PATRONES

Los reactivos que a continuación se mencionan deben ser grado analítico a menos que se especifique otra cosa.

Antes de preparar las disoluciones patrón el agua debe prepararse como a continuación se indica: hervir el agua bidestilada o desionizada durante 15 min y enfriarla en condiciones de protección contra la redisolución de CO₂ atmosférico. Minimizar el contacto con la atmósfera.

- Agua: Debe entenderse agua que cumpla con las siguientes características:
a) Resistividad: megohm-cm a 25°C: 0,2 min; b) Conductividad: $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C: 5,0 Máx.; c) pH: 5,0 a 8,0;
- Alcohol, 95% Alcohol Etilico, Alcohol Isopropílico, o Alcohol Metílico;
- Agua regia. Mezclar 3 volúmenes de Acido Clorhídrico concentrado, (HCl, 38%, d= 1,19) con 1 volumen de Acido Nítrico concentrado, (HNO₃, d= 1,42);
- Éter Etilico;
- Ácido Clorhídrico concentrado (HCl, 38 %, d= 1,19);
- Acido Cloroplatínico (H₂PtCl₆ 6H₂O);
- Acetato de Plomo Pb(C₂H₃O₂)₂;
- HCl (1+1). Mezclar 1 volumen de Acido Clorhídrico concentrado con 1 volumen de agua;
- Disolución de platinización. Disolver 1,5 g. de Acido Cloroplatínico en 50 mL de agua conteniendo 0,012 5 g de Acetato de Plomo;
- Cloruro de Potasio;
- Cloruro de Sodio;
- Disolución A, patrón de Cloruro de Potasio 0,1 mol/L: secar el Cloruro de Potasio, disolver 7,456 g en agua a 25 °C y aforar a 1 000mL. La conductividad de la solución a 25°C es de 1 290 mS/m;



SECRETARIA DE
COMERCIO Y
FOMENTO INDUSTRIAL
DGN

- Disolución B, patrón de Cloruro de Potasio 0,01mol/L. Diluir 100mL de la disolución de 0,1 mol/L con agua a 1 000mL a 25°C. La conductividad de la disolución a 25°C es de 141 mS/m;
- Disolución C, patrón de Cloruro de Potasio 0,001mol/L. Diluir 100 mL de la disolución B con agua a 1 000mL a 25°C. La conductividad de la solución a 25°C es de 14,7 mS/m, y
- Disolución D, patrón de Cloruro de Sodio 1 000mg/L. Secar a 105 °C durante 2 h. Pesar 1,000 0 g de NaCl y disolver en agua a 25 °C, aforar a 1 000mL. La conductividad de la disolución a 25°C es de 199 mS/m.

TABLA 1.- Conductividad electrolítica de disoluciones de Cloruro de Potasio

Concentración de Cloruro de Potasio (KCl) mol/L	Conductividad electrolítica a 25°C mS/m
0,000 5	7,4
0,001	14,7
0,005	72
0,01	141
0,02	277
0,05	670
0,1	1 290
0,2	2 480

TABLA 2.- Conductividad electrolítica de soluciones de Cloruro de Sodio

Concentración de Cloruro de Sodio (NaCl) mol/L	Conductividad electrolítica a 25°C mS/m
0,001	12,4
0,01	118,6
0,1	1 066
0,5	4 665



SECRETARIA DE
COMERCIO Y
FOMENTO INDUSTRIAL
DGN

- Todo el material volumétrico utilizado en este procedimiento debe ser clase A con certificado o en su caso debe estar calibrado;
- Termómetro;
- Celda de conductividad;
 - Celda de conductividad tipo electrodo de platino. Este tipo de celda es en forma de pipeta o de inmersión. La elección de la celda depende de la amplitud esperada de conductividad y de la amplitud de resistencia del instrumento.
 - Las celdas de flujo continuo (directo) o en línea deben ser usadas para mediciones de conductividades abajo de $10 \mu\text{S/cm}$, para evitar contaminación de la atmósfera. Se recomienda que el flujo a través de la celda sea de $0,3\text{m/s}$.
- Electrodo de platino o platinizados. Los electrodos platinizados pueden ser usados para todas las determinaciones, excepto para conductividades abajo de $0,1 \mu\text{S/cm}$. No son muy recomendables para agua residual, se contaminan fácilmente, y
- Electrodo hechos de metales comunes duraderos (acero inoxidable entre otros) para mediciones continuas en campo o rutinarias. La calibración de estas celdas debe realizarse mediante el uso de una solución patrón y mediante comparación de la conductividad de la muestra con los resultados obtenidos con un instrumento de laboratorio.

TABLA 3.- Constantes de celda recomendadas para varios rangos de conductividad

Rango de conductividad, $\mu\text{S/cm}$	Constante de celda, cm^{-1}
0,05 a 20	0,01
1 a 200	0,1
10 a 2 000	1
100 a 20 000	10
1 000 a 200 000	50

6 EQUIPO

- Medidor de conductividad (Conductímetro).- Consistente en una fuente de corriente alterna, un puente de Wheatstone o equivalente, un indicador de valor nulo y una celda de conductividad u otro instrumento que mida el índice de corriente alterna y su voltaje a través de la celda, proporcionando una lectura lineal de la conductividad, con compensador de temperatura manual o automático. Para mediciones en campo, se requiere de un equipo portátil que posea las



SECRETARIA DE
COMERCIO Y
FOMENTO INDUSTRIAL
DGN

- mismas características que el equipo de laboratorio;
- Un instrumento que mida la conductividad con un error que no exceda el 1% o $1\mu\text{S/cm}$, y
 - Balanza analítica con precisión de 0,1 mg.

7 RECOLECCIÓN, PRESERVACION Y ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

- 7.1 Cuando sea posible, debe efectuarse la determinación de conductividad directamente en el punto de muestreo sin extraer muestra; si no es posible, tome un volumen mínimo requerido según el instrumento empleado en un envase de polietileno limpio y determine la conductividad de inmediato.
- 7.2 La determinación de conductividad debe realizarse lo más pronto posible, en especial cuando existe la posibilidad de un intercambio de gases tales como Dióxido de Carbono (CO_2) y Amonio (NH_4^+) con la atmósfera, o una posible actividad biológica. Si no es posible la determinación en el sitio de muestreo tomar la muestra en un recipiente de polietileno de alta densidad, con sello hermético, y llenar completamente el recipiente

No requiere de ningún conservador, la actividad biológica puede reducirse mediante la refrigeración a 4°C y en la oscuridad. Tomar la temperatura del agua en el sitio de muestreo. Analizar lo más pronto posible o antes de 24 h.

8 CONTROL DE CALIDAD

- 8.1 Cada laboratorio que utilice este método está obligado a operar un programa de control de calidad formal.
- 8.2 Es obligatorio para el laboratorio mantener los siguientes registros:
- Los nombres y títulos de los analistas que ejecutaron los análisis y el encargado de control de calidad que verificó los análisis, y
 - Las bitácoras manuscritas del analista y del equipo en los que se contengan los siguientes datos:
 - a) Identificación de la muestra;
 - b) Fecha del análisis;



SECRETARIA DE
COMERCIO Y
FOMENTO INDUSTRIAL
DGN

- c) Procedimiento cronológico utilizado;
- d) Cantidad de muestra utilizada;
- e) Número de muestras de control de calidad analizadas;
- f) Trazabilidad de las calibraciones de los instrumentos de medición;
- g) Evidencia de la aceptación o rechazo de los resultados, y
- h) Además el laboratorio debe mantener la información original reportada por los equipos en disquetes o en otros respaldos de información.

De tal forma que permita a un evaluador externo reconstruir cada determinación mediante el seguimiento de la información desde la recepción de la muestra hasta el resultado final.

- 8.3 Las lecturas de la balanza analítica utilizada para efectuar las pesadas de los reactivos deben de ser trazables a los patrones del Centro Nacional de Metrología

9 CALIBRACION

- 9.1 Calibración del medidor de conductividad: Si el equipo no se usa frecuentemente, calibre el instrumento antes de cada determinación.

Para determinaciones frecuentes establezca la frecuencia de calibración dependiendo de la estabilidad del instrumento utilizado.

- 9.1.1 Seguir las instrucciones del fabricante para la operación del instrumento.
- 9.1.2 Para efectuar la calibración la disoluciones patrón deben estar a 25°C preferentemente o a la temperatura ambiente.
- 9.1.3 El instrumento debe ser calibrado con una disolución patrón de Cloruro de Potasio (KCl) o de Cloruro de Sodio (NaCl) cuyo valor de conductividad sea conocido y esté cercano al intervalo de la conductividad esperada y de la amplitud de resistencia del instrumento, cada vez que se cambie de celda, se platinizen los electrodos o exista alguna causa para dudar de la precisión de las lecturas.

NOTA.- Las tablas 1 y 2 muestran concentraciones de disoluciones que pueden ser usadas como patrones para la calibración del instrumento.

- 9.1.4 Enjuagar la celda con porciones de la disolución patrón antes de realizar la calibración para evitar contaminación por electrolitos.



SECRETARIA DE
COMERCIO Y
FOMENTO INDUSTRIAL
DGN

- 9.1.5 Sumergir la celda en la disolución patrón, el nivel de la disolución debe cubrir los orificios de ventilación de la celda, agitar la celda verticalmente para expulsar las burbujas de aire.
- 9.1.6 Seleccionar el rango adecuado de medición en el instrumento, si la lectura no es la correspondiente a la disolución patrón, ajustar con el control de calibración hasta que la lectura del instrumento corresponda al valor de la disolución.
- 9.2 Determinación de la constante de celda

Enjuagar la celda de conductividad al menos con tres porciones de disolución de Cloruro de Potasio (KCl) 0,01 M. Ajustar la temperatura de la cuarta porción a $25^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$, medir la resistencia y anotar el valor de la temperatura. Calcular la constante de celda con la siguiente ecuación:

$$K = (0,001\ 413) (R_{KCl}) 1 + 0,019\ 1 (t - 25)$$

donde:

- R_{KCl} es la resistencia medida en ohms a 25°C ;
 t es la temperatura observada, $^{\circ}\text{C}$;
0,001 413 es la conductividad de la disolución de KCl en S/cm, y^{-1} .
0,019 1 es la constante para corrección de temperatura en $^{\circ}\text{C}^{-1}$.

10 PROCEDIMIENTO

- 10.1 Medición de la conductividad
- 10.1.1 Preparar el equipo para su uso de acuerdo a las instrucciones del fabricante y seleccionar un electrodo con la constante de celda apropiada para el intervalo de medición en que se usará.
- 10.1.2 La cantidad de la muestra depende del equipo por usar.
- 10.1.3 Las muestras y la disolución de calibración deben estar a 25°C de preferencia o a la temperatura ambiente.
- 10.1.4 Determinar la temperatura de la muestra.



SECRETARIA DE
COMERCIO Y
FOMENTO INDUSTRIAL
DGN

- 10.1.5 Enjuagar la celda con porciones de la disolución de prueba antes de realizar la medición para evitar contaminación de la muestra por electrolitos.
- 10.1.6 Sumergir la celda en la disolución de prueba, el nivel de la disolución debe cubrir los orificios de ventilación de la celda, agitar la celda verticalmente para expulsar las burbujas de aire.
- 10.1.7 Seleccionar el rango adecuado de medición en el instrumento, una vez que se estabilice la lectura, anotar el valor de conductividad.
- 10.1.8 Después de cada determinación, retirar la celda de la disolución y enjuagarla con agua desionizada.
- 10.1.9 Reportar los resultados como conductancia específica o conductividad , mS/m a 25°C.

Muchos instrumentos incorporan correcciones de la constante de celda en una función integral y directamente medida de la conductividad obtenida. En su caso multiplicar el valor de la conductancia obtenida por la constante de celda para obtener la conductividad electrolítica.

El factor de conductancia de disoluciones electrolíticas en agua, es casi siempre positivo y de una magnitud de 1 a 3 % por °C, dependiendo de la concentración de los iones electrolíticos y de su naturaleza.

La temperatura de referencia en las mediciones de conductividad es de 25°C por lo que la mayoría de los instrumentos cuentan con compensador de temperatura.

Si no existe en el instrumento el compensador, es necesario ajustar la temperatura de la disolución a prueba a 25°C. No se recomienda efectuar un ajuste matemático por medio de un factor debido a su naturaleza empírica.

Existen factores de corrección por temperatura muy específicos, para la conversión de valores de conductividad de aguas naturales a distintas temperaturas en °C a la temperatura de referencia de 25°C.

10.2 Mantenimiento de electrodos

10.2.1 Preparación de electrodos

Los electrodos pueden estar deteriorados en la superficie o bien si las constantes de



SECRETARIA DE
COMERCIO Y
FOMENTO INDUSTRIAL
DGN

celda no concuerdan con los límites razonables o con los valores nominales de las disoluciones patrón es necesario limpiar y replatinizar los electrodos, siempre que las lecturas sean irregulares, cuando no pueda obtenerse un punto final neto, o cuando la inspección muestre que se han desprendido capas de negro de platino.

Los electrodos de platino son usados para determinaciones de precisión.

10.2.2 Limpieza de celda

Mezclar una parte por volumen de Alcohol Isopropílico, 1 parte de etil éter, y una parte de HCl (1+1). Limpiar y enjuagar con agua desionizada.

NOTA.- Los electrodos de la celda no se deben lijar o raspar, ya que se puede desprender la capa de platino.

Para remover el negro de platino restante de los electrodos se limpian con agua regia, o por electrólisis con HCl (d= 1,19).

10.2.3 Replatinización de electrodos

Platinización de electrodos de la celda con la solución ($H_2PtCl_6 \cdot 6H_2O$). Se requiere de una celda de platinización que consiste de una fuente de poder de 6 V. d.c., un resistor variable, un miliamperímetro y un electrodo. El depósito de platino es de color negro y debe presentar buena adherencia a la superficie del electrodo. El procedimiento de platinizado no es crítico. Una buena capa de platinizado se obtiene usando de 1,5 a 3 C/cm^2 de área de electrodo. Por ejemplo para un electrodo con 10 cm^2 de área en ambos lados, el tiempo de platinizado a una corriente de 20 mA puede ser o será de 2,5 a 25 min. La densidad de corriente puede ser desde 1 a 4 mA/cm^2 de área del electrodo. Durante el platinizado agitar ligeramente la disolución. Cuando no este en uso llenar las celdas con agua para prevenir el secado de los electrodos mientras permanecen almacenados.

11 CÁLCULOS

11.1 Si se cuenta con un conductímetro con compensador de temperatura no se requiere hacer cálculos.

11.2 Cuando se mide la resistencia de la muestra, la conductividad a 25°C es:

$$\sigma = \frac{(1 \times 10^6)K}{\text{-----}}$$



SECRETARIA DE
COMERCIO Y
FOMENTO INDUSTRIAL
DGN

$$R_{m1} + 0,0191(t-25)$$

donde:

- σ es la conductividad, S/cm;
- K es la constante de celda, cm⁻¹;
- R_m es la resistencia medida de la celda, ohms, y
- T es la temperatura de medición, °C

- 11.3 Cuando se mide la conductividad de la muestra, dicha conductividad a 25°C es :

$$\sigma = \frac{m (1 \times 10^6) K}{1 + 0,0191(t-25)}$$

donde:

- m es la conductividad medida, σ a t°C.

12 INTERFERENCIAS

- 12.1 Cuando el agua contenga grandes cantidades de material en suspensión es preferible dejarla sedimentar antes de medir la conductividad con objeto de disminuir la posibilidad de ensuciar el electrodo de la celda.
- 12.2 Evitar que las grasas y aceites cubran el electrodo, porque afectan la precisión de la lectura.
- 12.3 Eliminar las burbujas de aire presentes en la celda de medición.
- 12.4 La exposición de muestras a la atmósfera puede causar cambios en la conductividad/ resistividad, debido a la pérdida o ganancia de gases disueltos (CO₂ y NH₄). En caso de aguas de bajas concentraciones de materiales disueltos ionizados. El CO₂, normalmente presente en el aire puede drásticamente cambiar la conductividad/ resistividad del agua pura. El contacto con aire puede evitarse usando celdas en línea o de flujo continuo.



SECRETARIA DE
COMERCIO Y
FOMENTO INDUSTRIAL
DGN

13 SEGURIDAD

Esta norma no especifica todas las normas de seguridad que deben observarse durante su aplicación. Es responsabilidad del usuario observar las reglas generales y particulares de higiene y seguridad aplicables a las operaciones de muestreo y al manejo de equipos, materiales y reactivos químicos especificados en esta norma.

14 MANEJO DE RESIDUOS

- 14.1 Es responsabilidad del laboratorio cumplir con todos los reglamentos federales, estatales y locales referentes al manejo de residuos, particularmente las reglas de identificación, almacenamiento y eliminación de residuos peligrosos.
- 14.2 En pruebas de campo, después de realizar la determinación, la muestra que se haya tomado se regresa al cuerpo de agua muestreado.

15 BIBLIOGRAFÍA

- NOM-001-ECOL-1996 Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de enero de 1997.
- NOM-008-SCFI-1993 Sistema General de Unidades de Medida, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de octubre de 1993
- NMX-AA-003-1980 Aguas residuales.- Muestreo. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de marzo de 1980.
- NMX-AA-007-SCFI-2000 Análisis de agua - Determinación de la temperatura en aguas naturales y residuales - Método de prueba.
- NMX-AA-014-1980 Cuerpos receptores.- Muestreo. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de septiembre de 1980.
- NMX-AA-089/1-1986 Protección al ambiente - Calidad del agua - Vocabulario -



SECRETARIA DE
COMERCIO Y
FOMENTO INDUSTRIAL
DGN

Parte 1. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 15 de julio de 1986

NMX-AA-115-SCFI-2000 Análisis de agua.- Criterios generales para el control de la calidad de resultados analíticos.

NMX-AA-116-SCFI-2000 Análisis de agua - Guía de solicitud para la presentación de métodos alternos.

Draft International Standard ISO/ DIS 7888- 1985 Water Quality- Determination of Electrical Conductivity.

ASTM Designation D 1125-82, Standard Test Methods for Electrical Conductivity and Resistivity of Water

Method 120.1 EPA .Conductancia. revisión 1982.

2510 B "Laboratory Method", American Public Health Association, "Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater", American Public Health Association, United States of America, Washington, DC 20005, 19th Edition 1995. pp. 2-43 - 2-45.

16 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta norma mexicana no es equivalente a ninguna norma internacional por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.

MÉXICO D.F., A

LA DIRECTORA GENERAL DE NORMAS.

CARMEN QUINTANILLA MADERO.



SECRETARIA DE
COMERCIO Y
FOMENTO INDUSTRIAL
DGN

JADS/AFO/DLR/MRG.

NMX-AA-093-SCFI-2000

**ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE LA
CONDUCTIVIDAD ELECTROLÍTICA - MÉTODO DE PRUEBA
(CANCELA A LA NMX-AA-093-1984)**

**WATER ANALYSIS - DETERMINATION OF ELECTROLITICAL
CONDUCTIVITY - TEST METHOD**



SECRETARIA DE
COMERCIO Y
FOMENTO INDUSTRIAL
DGN

P R E F A C I O

En la elaboración de la presente norma mexicana participaron las siguientes empresas e instituciones:

- CASA ROCAS, S.A.
- CENTRO DE SERVICIOS QUIMICOS DE AGUASCALIENTES
- CENTRO NACIONAL DE METROLOGIA
- COMISION ESTATAL DE AGUA Y SANEAMIENTO
- COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
- COMISION NACIONAL DEL AGUA.
- COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE
- CORPORACION MEXICANA DE INVESTIGACION EN MATERIALES
- FISHER SCIENTIFIC MEXICANA S.A. DE C.V.
- GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL.
Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica;
Dirección General de Normatividad y Apoyo Técnico.
- INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas.



SECRETARIA DE
COMERCIO Y
FOMENTO INDUSTRIAL
DGN

- INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO
- INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES
Campo Monterrey.
- LABORATORIO DE ECOLOGIA INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.
- LABORATORIO DE PEMEX PERFORACION Y MANTENIMIENTO DE
POZOS
- LABORATORIO DE QUIMICA DEL MEDIO E INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.
- LABORATORIO IDECA, S.A. DE C.V.
- LABORATORIO QUIMICO INDUSTRIAL.
- LABORATORIOS ABC QUIMICA, INVESTIGACION Y ANALISIS, S.A. DE
C.V
- MERCK- MÉXICO, S.A.
- NOVAMANN, S.A. DE C.V.
Laboratorio Control Químico.
- PERKIN ELMER DE MEXICO, S.A.
- PETROQUÍMICA CANGREJERA, S.A. DE C.V.
- PETROQUÍMICA MORELOS, S.A. DE C.V.
- PETROQUÍMICA PAJARITOS, S.A. DE C.V.



SECRETARIA DE
COMERCIO Y
FOMENTO INDUSTRIAL
DGN

- PROTECCIÓN AMBIENTAL Y ECOLOGÍA, S.A. DE C.V.

- SECRETARÍA DE SALUD

- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA
Instituto Nacional de Ecología;
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

- SERVICIOS AMBIENTALES MULTIPLES E INGENIERIA, S.A. DE C.V.

- SERVICIOS DE INGENIERIA Y CONSULTORIA AMBIENTAL

- SISTEMA INTERMUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
Unidad Azcapotzalco.

- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Facultad de Química;
Instituto de Geofísica;
Instituto de Ingeniería.

- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

- VARIAN, S.A. DE C.V.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

Número del capítulo

Página



SECRETARIA DE
COMERCIO Y
FOMENTO INDUSTRIAL
DGN

0	Introducción	1
1	Objetivo y campo de aplicación	1
2	Principio	2
3	Definiciones	4
4	Reactivos y patrones	11
5	Materiales	13
6	Equipo	14
7	Recolección, preservación y almacenamiento de muestras	14
8	Control de calidad	15
9	Calibración	16
10	Procedimiento	17
11	Cálculos	19
12	Interferencias	20
13	Seguridad	20
14	Manejo de residuos	21
15	Bibliografía	21
16	Concordancia con normas internacionales	22