

24 33
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

TABLAS NUMERICAS DE INFORMACION ELECTROQUIMICA

TRABAJO MONOGRAFICO
DE ACTUALIZACION

Que para obtener el título de:

INGENIERO QUIMICO

Presenta:

ISAAC GARCIA REYES

C.U., MEXICO, D.F.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1988.



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	PAGINA
INTRODUCCION	1
ANODOS, CATODOS Y POLARIDADES	2
CONDUCTIVIDAD	7
CONSTANTES DE LA PENDIENTE DE ONSAGER	41
NUMERO DE TRANSPORTE	42
COEFICIENTE DE ACTIVIDAD	48
MOVILIDAD	73
POTENCIAL NORMAL	79
EQUIVALENTE ELECTROQUIMICO	90
PRODUCTO DE SOLUBILIDAD	101
CONSTANTE DE DISOCIACION	114
CONSTANTE DIELECTRICA	118
SOLUCIONES AMORTIGUADORAS	125
MEDIDAS DE SOLUCIONES DE H_2SO_4	134
DIAGRAMAS CUBICOS	139
FUENTES ELECTROQUIMICAS DE CORRIENTE	146
SERIE GALVANICA DE METALES	150
VOLTAJES DE DESCOMPOSICION	151
SOBREPOTENCIAL DE HIDROGENO	153
LOS ACEROS INOXIDABLES	155
RECUBRIMIENTOS ELECTROLITICOS	158
DIAGRAMAS pH-POTENCIAL	164
PROPIEDADES DE LOS ELEMENTOS QUIMICOS	181
SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES	185
BIBLIOGRAFIA	190

INTROUCCION

INTRODUCCION

Uno de los problemas permanentes tanto en el estudio de la ciencia y la tecnología como en el trabajo profesional más diverso es el acopio de información técnica. Específicamente en el ámbito de la electroquímica, este problema se agudiza en virtud de que hay pocos manuales en los que confluyen los datos numéricos de uso cotidiano en esta disciplina y además porque los manuales clásicos como las Tablas Críticas Internacionales, el ELECTROCHEMICAL DATA de Conway o el ELECTROCHEMICAL CONSTANTS de Parsons, por ejemplo, sólo existen en ediciones de hace más de 10 años.

Conciente de este problema se ha intentado realizar una recopilación de la información más significativa y de uso más común con miras a solucionar esta carencia. Conviene aclarar, al respecto, que no se trata de un trabajo exhaustivo sino una aproximación a lo que podría ser una obra de utilidad en el área.

ANODOS, CÁTODOS Y POLARIDADES

ANODOS, CATODOS Y POLARIDADES

En virtud de que se ha instituido con aprobación casi unánime, un criterio poco defendible para la designación de polaridades en pilas y celdas electrolíticas, resulta indispensable hacer una reconsideración en cuanto a los modelos respectivos con la finalidad de proponer un modelo coherente y de validez general.

Solo como una referencia al respecto conviene recordar el señalamiento del Dr. Van Ryselberghe: "Algunos Fisicoquímicos y Electroquímicos, prefieren evitar el uso de los términos ánodo y cátodo en el caso de las pilas Galvanicas, en virtud de la posible confusión que puede resultar del hecho de que en el caso de las celdas electrolíticas, el ánodo esta conectado al polo positivo de la fuente externa de corriente y el cátodo al polo negativo de dicha fuente, en tanto que en las celdas Galvanicas, al ánodo le corresponde el polo negativo (externo), y al cátodo el polo positivo (externo). En ambos sistemas, sin embargo la corriente positiva (entrada de electrones) entra a la celda a través del ánodo de esta y sale a través del cátodo. En ambos casos, los cationes o iones positivos se mueven hacia el cátodo y los aniones o iones negativos se mueven hacia el ánodo. Lo que realmente es importante es la dirección en que circula la corriente y la naturaleza de las reacciones en los electrodos, más que los signos de los polos".

* Pierre Van Ryselberghe; ELECTROCHEMICAL AFFINITY; Herman & C^{ie} Editeurs; Paris; 1955.

Postulados en los que se fundamentan los modelos de estructura y comportamiento a nivel macroscópico, de los fenomenos que se dan en los electrodos de pilas y celdas electrolíticas:

- 1) Los conceptos de ánodo y cátodo sugeridos por M. Faraday se refieren a las regiones donde suceden los fenomenos de oxidación y reducción respectivamente y desde este punto de vista, como lo expresa H. M. Bauer deben conservarse con tal connotación, independientemente del sitio y de las condiciones en que se den tales fenomenos.
- 2) Para este propósito y creemos para otros también, el sentido de la corriente eléctrica, con todo y que es una cuestión convencional, debe entenderse única y exclusivamente en el sentido del flujo de los electrones

un circuito electrónico.

3) En todo circuito eléctrico o iónico, el flujo de cargas negativas (Electrones o Iones respectivamente) se da de zonas con potenciales negativos netos, mayores, a regiones de menor potencial negativo neto, mayores, a regiones de menor potencial negativo neto. De ésto se deduce que en, que si se hace un corte en cualquier punto de tales circuitos, la zona inmediata anterior a dicho punto, en el sentido del flujo, será negativo con respecto a la región inmediata posterior.

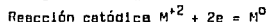
Una característica fundamental de los metales es la existencia de electrones libres en su red cristalina. En general los metales que tienen un mayor número de electrones libres por centímetro cúbico son mejores conductores de la electricidad.

Cuando una pieza metálica, de Cu por ejemplo, se introduce en una solución electrolítica, pueden manifestarse dos fenómenos excluyentes: o alcanza un equilibrio reversible con el medio o se advierten en ella fenómenos irreversibles de óxido-reducción. En el primer caso algunos de los átomos del metal, adquieren la forma iónica y se mantienen adheridos a la superficie metálica por el lado de la solución constituyendo una verdadera capa iónica positiva en equilibrio con electrones correspondientes que se ordenan frente a ella en el interior del metal. (Fig. 1).

Hasta ese momento las cargas positivas en la superficie del metal tienen su equivalente electrónico en él y por esto mismo no cambia la carga total, de este, quiere decir que, los cargas iónicas adheridas a su superficie, mientras el sistema está en equilibrio, en realidad forman parte más del metal que de la solución.

Si el medio, por su agresividad o él metal por su labilidad dan lugar a la formación de pilas locales, ésto es, a fenómenos irreversibles de óxido-reducción en la superficie del mismo metal, entonces los iones de éste dejarán de formar parte del mismo (oxidación) Zonas de superficie (zonas anódicas) pasando francamente a la solución y liberando en el metal la carga electrónica correspondiente. Estos electrones liberados obligarán a un proceso en sentido contrario (reducción) en otras zonas del me-

solución para dar lugar a la reacción catódica.



En este caso, el flujo de electrones de ánodo a cátodo al interior del metal implica una diferencia de potencial entre ambas zonas, ésto es, de la zona anódica a la zona catódica, sin embargo la acumulación de electrones en la región catódica hace a esta negativa con respecto a la solución, atrayendo a la zona a los iones positivos o cationes.

De aquí se deduce que en tanto la zona anódica es positiva con respecto a la solución, añadiendo a solo los iones negativos o aniones, resulta negativa con respecto a la zona catódica así como ésta es negativa con respecto a la solución.

Esto explica, en la solución el flujo aniónico o de cargas negativas de la región catódica hacia el ánodo (positivo) y el flujo catiónico o de cargas positivas, de la zona anódica hacia el cátodo (negativo).

Esto mismo sucede, pero de manera más explícita en el caso de una pila externa. En una pila voltaica por ejemplo, formada por dos metales diferentes en un electrolito común, se evidencia una polaridad negativa en el extremo del electrodo en el que interiormente se ubica la interfase en la que se realiza la reacciones de oxidación, ésto es, la zona anódica o ánodo de la pila. A su vez esta zona metálica de la interfase será positiva con respecto a la solución, como lo prueba el paso de iones positivos a la solución y a la atracción que ese electrodo ejerce por los iones (iones negativos) de la solución.

Un fenómeno similar se da en el electrodo que siendo positivo con respecto al extremo del conductor del que recibe electrones del circuito externo, resulta en su interfase con la solución negativa con respecto a ella; por este motivo atrae a los cationes (iones positivos) de la solución.

Todo ésto nos explica el flujo de electrones al exterior de una pila del polo positivo de esta cuando se cierra el circuito y el flujo aniónico (cargas negativas) en la solución, en el sentido del cátodo (negativo), al á-

hudo (positivo) en tanto que el flujo catiónico en sentido inverso.

En el caso de una pila considerada reversible en el comportamiento de sus electrodos, en el electrodo donde se presenta un mayor número de iones adheridos al metal en contacto con la solución se manifiesta una mayor presión electrónica, hacia el exterior, lo que da lugar a que el instrumento de medición (vóltmetro de alta impedancia) trabaje por introducción, evidenciando el carácter negativo externo de dicho electrodo.

Al interior de la pila reversible en cambio, la disminución de la presión electrónica en la interfase en el electrodo considerado reduce la atracción del metal por las cargas iónicas adheridas permitiendo el acercamiento de los iones negativos hacia dicha interfase. Esto significa nuevamente que aún cuando una pila se considere en equilibrio, la corriente no faradica incipiente generada por la diferencia de los electrodos se encargará de poner de manifiesto el carácter positivo del ánodo con respecto a la solución y el carácter negativo del cátodo con respecto a ella.

Esto implica por otra parte que la presencia de electrones en equilibrio con los iones positivos correspondientes de un metal en equilibrio con una solución no significa una polaridad negativa de este, con respecto a la solución, ya que la capa iónica positiva adherida es la parte del electrodo más próxima a la solución (fenómeno de la doble capa). Del mismo modo en el electrodo más noble de la pila se manifestará el carácter negativo de este con respecto a la solución como consecuencia de la inducción electrónica que sufre dentro del sistema en cuestión.

En el caso de una celda electrolítica con electrodos de la misma composición, los fenómenos de oxidación y de reducción se darán también en el ánodo y en el cátodo de éste respectivamente conservando, el ánodo, su carácter positivo con respecto a la solución y el cátodo, su carácter negativo con respecto a la misma.

En una celda galvánica, donde un electrodo difiere del otro no solo en la naturaleza del metal, sino también en la composición de las respectivas soluciones electrolíticas el fenómeno es un poco diferente. Aquí, los cationes en la solución correspondiente al metal más noble, rodean a éste

con miras a reducirse, en tanto que los aniones en la solución relativa al metal menos noble, se acercan para equilibrar a los iones positivos que se ven del meta como resultado de la oxidación.

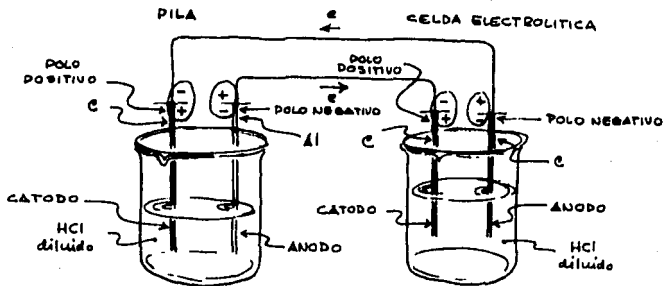
Ejemplo:

En la media pila de oxidación $Zn^0 - 2e = Zn^{+2}$

En la media pila de reducción $Cu^{+2} - 2e = Cu^0$

Una vez más es evidente el carácter positivo de la zona anódica, al que acuden los aniones y el carácter negativo de la zona catódica al rodearse de cationes que van a reducirse.

Al exterior, el metal menos noble, actúa con polaridad negativa: Ahí salen los electrones al circuito eléctrico. Al cerrarse éste los electrones venidos de la media celda de oxidación, son aceptados en el extremo externo de la media celda de reducción, dada la polaridad positiva del exterior del electrodo en cuyo extremo dentro de la solución se da la reducción respectiva.



CONDUCTIVIDAD

CONDUCTIVIDAD

Conductividad eléctrica de electrolitos sólidos y fundidos (K)

Todos los modelos propuestos para abordar el problema de la conducción de la corriente eléctrica a través de conductores metálicos al estado sólido, coinciden en considerar que, que al aplicar una diferencia de potencial entre los extremos de una pieza metálica, los electrones libres en la malla cristalina del metal adquieren una velocidad orientada que, permite el paso de la corriente, lo cual significa que de cualquier manera la conductividad eléctrica resulta proporcional al número de electrones libres por centímetro cúbico en el material.

Entonces:

$$K = 1/\text{Resistencia eléctrica} \text{ ----- (1)}$$

Conductividad equivalente (A)

Para relacionar a la conductividad eléctrica (K) con las propiedades de una solución de electrolitos, considerese el caso de un soluto disuelto en un solvente.

Entonces se relaciona K con la conductividad equivalente, según la siguiente expresión:

$$A = K \times V \text{ ----- (2)}$$

V = volumen equivalente

Si por otra parte, C es la concentración de la solución en eq./l.

Entonces:

$$C = \text{eq/l} \text{ y } C/1000 = \text{eq/l} \text{ y como } V = \text{m/eq}$$

Resulta que:

$$V = 1000/C$$

Por su parte, la celda para la medida de la conductividad, de acuerdo con las consideraciones anteriores, debería estar constituida por un par de placas de platino platinado, cuyas dimensiones fueran:

$L = 1 \text{ cm}$ y $A = 1 \text{ cm}^2$ para que el valor medio resulte ó en su caso k de la solución.

Sin embargo construir esto así en la práctica resulta tan laborioso como innecesario. En realidad lo que se necesita es una celda muy bien elaborada y relacionar las fabricadas, con esta celda patron por medio de la constante K_c denominada constante de la celda, y que se define como :

$$K_c = \text{Conductividad específica real} / \text{Conductividad medida}$$

En estas circunstancias:

$$K = K_c \times K \text{ medida}$$

Con lo cual la expresión (2) adquiere la forma:

$$\Lambda = K_c \times K \text{ medida} \times 1000 / C$$

Conductividad equivalente a dilución infinita (Λ_0)

Ahora bien; En base a la siguiente expresión:

$$\Lambda = \alpha (U_+ + U_-) F$$

U_+ , U_- = velocidades iónicas

F = Constante de Faraday

α = grado de disociación

Aplicable a un electrolito determinado, cuando la dilución es mucho muy grande, es decir, que la concentración tiende a cero, entonces el grado de disociación tiende a uno y consecuentemente, adquirirá un valor fijo denominado conductividad equivalente a dilución infinita (Λ_0) es decir:

$$\Lambda_0 = (U_+ + U_-) F \quad \text{-----} \quad (3)$$

De donde se deduce la conclusión de S. Arrhenius:

$$\alpha = \Lambda / \Lambda_0$$

Conductividad equivalente iónica a dilución infinita (Λ_0)

Si se desarrolla la expresión (3) resulta:

$$\Lambda_0 = U^+ F + U^- F$$

En donde $U^+ F$ y $U^- F$ son las contribuciones iónicas de la conductividad equivalente y se representan con la letra (λ_0) de tal manera que:

$$\lambda_0^+ = U^+ F \text{ y } \lambda_0^- = U^- F$$

Para lo cual λ_0^+ y λ_0^- se denominan conductividades equivalentes iónicas a dilución infinita, con las mismas unidades de Λ_0

Así que:

$$\Lambda_0 = \lambda_0^+ + \lambda_0^-$$

RELACIONES MATEMATICAS ENTRE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DE LAS SOLUCIONES
Y SUS CONCENTRACIONES NOMINALES

1916 Kohlrausch

Para electrolitos univalentes
para concentraciones de 0 - 0.1 M.
A = 94.65

$$\Lambda = \Lambda_0 - A \sqrt{C}$$

1927 Onsager

Para electrolitos univalentes
para concentraciones de 0 - 0.01 M.
a = 0.2273 b = 59.78 a 25°C
Modificación

$$\Lambda = \Lambda_0 - (a\Lambda_0 + b) \sqrt{C}$$

$$A = a\Lambda_0 + b$$

1932 Shedlovsky

Para concentraciones de 0 - 0.12 M.
B = 141.9 D = 29.24 E = 180.6 a 25°C

donde para KCl,

$$\frac{\Lambda + b\sqrt{C}}{1 - a\sqrt{C}} = \Lambda_0 + B C + D C \log C - E C^2$$

1954 Roger Parsons

Para concentraciones de 0 - 0.01 M.
donde a y b dependen del electrolito

$$\Lambda = \Lambda_0 (1 - a\sqrt{C} + b C)$$

Electrolito	NaCl	LiCl	KCl	KBr
a	0.63	0.71	0.63	0.62
b	0.62	0.78	0.64	0.62

1964 Enrique Villarreal

Para electrolitos uni-univalentes
para concentraciones de 0 - 0.1 M.

$$\Lambda = \frac{(\Lambda_0 - 13.65) e^{-C} - 0.1550 (\Lambda_0 - 93) e^{-25C}}{(C + 0.3236 \times 10^{-3})^{0.02}}$$

1974 Srinivasen y Kuy

(J. Chem. Phys. 60, 3645, 1974)

$$\Lambda = \Lambda_0 - S \sqrt{C} + E C \log C + \gamma_1 C - \gamma_2 C^{3/2}$$

Donde, para KCl

por ejemplo

$$S = 94.74$$

$$E = 58.97$$

$$\gamma_1 = 221.09$$

$$\gamma_2 = 221.39$$

$$\sigma_A = 0.018 \text{ (error medio)}$$

TABLA 1
 CONDUCTIVIDAD EQUIVALENTE DE ELECTROLITOS EN SOLUCION ACUOSA A 25°C (Λ)
 ($\Omega^{-1} \text{ cm}^2 \text{ mol}^{-1}$)

Electrolito	Concentración g eq/l							
	0.0000	0.0005	0.0010	0.0050	0.0100	0.0200	0.0500	0.1000
AgNO ₃	133.36	131.36	130.51	127.20	124.76	121.41	115.24	109.14
Ag ₂ SO ₄	141.92		135.70		119.90			
AlCl ₃			144.00	125.00	118.00	110.00	100.00	92.00
BaCl ₂	139.98	135.96	134.34	128.02	123.94	119.09	111.48	105.19
Ba(OH) ₂	261.24		235.00		204.20			
CaCl ₂	135.84	131.93	130.36	124.25	120.36	115.65	108.47	102.40
Ca(OH) ₂	257.90			232.90	225.90	213.90		
CaSO ₄	133.60	121.60	115.26	94.07	83.12	72.20	59.05	50.58
CoSO ₄	129.00		112.70		82.78			51.12
CuSO ₄	133.60	121.60	115.26	94.07	83.12	72.20	59.05	50.58
HCH ₃ COO			48.00	25.92	14.36	11.56	7.35	5.20
HCl	426.16	422.74	421.36	415.80	412.00	407.24	399.09	391.32
KBr	151.90			146.09	143.43	140.48	135.68	131.39
KCH ₃ COO	114.42		112.79		108.16			
KCl	149.86	147.81	146.95	143.35	141.27	138.34	133.37	128.96
KClO ₄	140.04	138.76	137.87	134.16	131.16	127.92	121.62	115.20
K ₃ Fe(CN) ₆	174.50	166.40	163.10	150.70				
K ₄ Fe(CN) ₆	184.50		167.24	146.09	134.83	122.82	107.70	97.87
KHCO ₃	118.00	116.16	115.34	112.24	110.00	107.22		
KI	150.38			144.37	142.18	139.45	134.97	131.11
KIO ₄	127.92	125.80	124.94	121.24	118.51	114.14	106.72	98.12
KNO ₃	144.96	142.76	141.84	138.40	132.82	132.41	126.31	120.40
KReO ₃	128.20	126.03	125.12	121.31	118.48	114.49	106.40	97.40
LaCl ₃	145.80	139.60	137.00	127.50	121.80	115.39	106.20	99.10
LiCl	115.03	113.15	112.40	109.40	107.40	104.65	100.68	95.86
LiClO ₄	105.98	104.10	103.44	100.57	98.61	96.18	92.20	88.56
LiOH	237.20	234.40	233.40	229.00	225.60	221.10	213.10	204.50
MgCl ₂	129.40	125.61	124.11	118.31	114.55	110.04	103.08	97.10
MgSO ₄	133.10	116.50	112.40	107.10				
NaCl	126.45	124.50	123.74	120.65	118.51	115.51	111.46	106.74

Electrolito	Concentración g eq/l							
	0.0000	0.0005	0.0010	0.0050	0.0100	0.0200	0.0500	0.1000
NaClO ₄	117.48	115.64	114.87	111.75	109.59	106.96	102.40	98.43
NaCOOCH ₃	91.00	89.20	88.50	85.72	83.72	81.24	76.92	72.80
NaCOOC ₂ H ₅	85.92	84.24	83.54	80.90	79.10	76.63		
NaCOOC ₃ H ₇	82.70	81.04	80.31	77.58	75.76	73.39	69.39	65.27
NaI	126.94	125.35	124.25	121.25	119.24	116.70	112.79	108.78
NaOH	247.80	245.60	244.70	240.80	238.00	232.90	227.00	220.90
Na ₂ SO ₄	129.90	125.74	124.15	117.15	112.44	106.78	97.75	89.98
NH ₄ Cl	149.70		146.80	143.50	141.28	138.33	133.29	128.75
NI ₂ O ₄		118.70	113.10	93.20	82.70	72.30	59.20	50.80
SrCl ₂	135.80	131.90	130.33	124.24	120.24	115.54	108.25	102.19
Tl ₂ SO ₄	154.70		147.80		130.00			96.00
ZnSO ₄	132.80	121.40	114.53	95.49	84.91	74.24	61.20	52.64

Referencias:

- 1) Adolf Deseler, *Electroquímica y sus Fundamentos Fisicoquímicos*, UTEHA, Tomo I, México, 1962.
- 2) Duncan A. Mac Innes, *The Principles of Electrochemistry*, Reinhold, Nueva York, 1961.
- 3) E.U. Condon, *Handbook of Physics*, Mc Graw Hill Co, Nueva York, 1958.
- 4) Herbert S. Harned, *Physical Chemistry of Electrolytic Solutions*, Reinhold, U.S.A., 1958.
- 5) Long Man Green, *Tables of Physical and Chemical Constants*, C.W.C. Kaye, 14 ed., Londres, 1973.
- 6) Milazzo Giulio, *Electrochemistry Theoretical Principles and Practical Application*, Elsevier Publishing Co, U.S.A., 1963.
- 7) Robert C. Weast, *Handbook of Chemistry and Physics*, C.R.C. Prae Inc, 58 ed., Nueva York, 1978.
- 8) Victor Gaertner, *Electrochimie Pratique Principes et Technologie*, Eyrolles, Paris, 1955.

TABLA 2

CONDUCTIVIDAD EQUIVALENTE IONICA A DILUCION INFINITA EN SOLUCION ACUOSA A 18°C (λ_0)
($\Omega^{-1} \text{ cm}^2 \text{ mol}^{-1}$)

Catión		Anión	
Al ⁺³	40.0	Br ⁻	68.2
Ag ⁺	54.0	BrO ₃ ⁻	49.0
Ba ⁺²	55.0	C ₂ H ₃ CO ₂ ⁻	31.0
Be ⁺²	28.0	C ₂ O ₄ ⁻²	61.0
Ca ⁺²	51.0	CH ₃ COO ⁻	34.0
Co ⁺²	43.0	Cl ⁻	66.3
Co ⁺	67.0	ClO ₃ ⁻	55.8
Cu ⁺²	46.0	ClO ₄ ⁻	59.1
Cd ⁺²	45.9	CN ⁻	56.0
D ⁺	213.7	(CN) ₃ C ⁻	38.5
Fe ⁺²	45.3	(CN) ₂ N ⁻	46.5
Fe ⁺³	44.0	CNO ⁻	54.8
H ⁺	315.0	CNS ⁻	57.4
La ⁺³	61.0	CO ₃ ⁻²	66.5
Li ⁺	32.5	CrO ₄ ⁻²	72.0
Mg ⁺²	45.5	F ⁻	47.6
Mn ⁺²	44.6	HCO ₂ ⁻	47.0
Na ⁺	42.6	H ₂ PO ₄ ⁻²	28.0
NH ₄ ⁺	63.6	HS ⁻	57.0
Ni ⁺²	49.0	I ⁻	66.8
Pb ⁺²	61.0	IO ₃ ⁻	34.8
Rb ⁺²	56.5	IO ₄ ⁻	49.0
Rb ⁺	66.3	MnO ₄ ⁻	53.0
Sr ⁺²	50.6	NO ₂ ⁻	59.0
Tl ⁺	64.8	NO ₃ ⁻	62.6
Zn ⁺²	45.0	OH ⁻	174.0
		PO ₄ ⁻³	69.0
		ReO ₄ ⁻	46.5
		S(O C)	115.0
		SCN ⁻	57.0
		SO ₄ ⁻²	68.7
		SeO ₄ ⁻²	65.0
		WO ₄ ⁻	59.0

Referencias:

- 1) Creighton Henry, Principles and Applications of Electrochemistry, John-Wiley, Nueva York, 1943.
- 2) G.R. Browning, Metodos Electrometricos, Toray-Masson, Barcelona, 1971.
- 3) Enrique Villarreal D., Elementos de Electroquímica Formativa, México, 1970.
- 4) International Critical Tables of Numerical Data Physico, Chemistry and Technology, Mc Graw Hill Co, Nueva York, 1930.
- 5) Milazzo Giulio, Electrochemistry Theoretical Principles and Practical Application, Elsevier Publishing Co, U.S A., 1963.

TABLA 3

CONDUCTIVIDAD EQUIVALENTE IONICA A DILUCION INFINITA EN SOLUCION ACUOSA A 25°C (λ_0)
($\Omega^{-1} \text{ cm}^2 \text{ mol}^{-1}$)

Catión	λ_0	Anión	λ_0
Ag ⁺	61.92	Au(CN) ₂ ⁻	50.0
Al ⁺³	63.00	Au(CN) ₄ ⁻	36.0
Ba ⁺²	63.64	B(C ₆ H ₅) ₄ ⁻	21.0
Be ⁺²	45.00	Br ⁻	78.3
Ce ⁺²	59.50	Br ₃ ⁻	43.0
Ce ⁺³	69.90	BrO ₃ ⁻	55.8
Cd ⁺²	70.00	BrO ₄ ⁻	55.78
Co ⁺²	55.00	(CN) ₃ C ⁻	46.4
Co(en) ₃ ⁺³	74.70	CH ₃ COO ⁻	40.9
Co(NH ₃) ₃ ⁺³	99.20	C ₂ H ₅ COO ⁻	35.8
Cr ⁺³	67.00	C ₃ H ₇ COO ⁻	32.6
Ce ⁺	77.30	C ₆ H ₅ COO ⁻	32.2
Cu ⁺²	54.00	Cl ⁻	76.34
Dy ⁺³	65.70	ClO ₂ ⁻	52.0
Er ⁺³	65.90	ClO ₃ ⁻	64.6
Eu ⁺³	67.80	ClO ₄ ⁻	67.4
Fe ⁺²	53.50	ClCH ₂ COO ⁻	39.8
Fe ⁺³	68.00	CN ⁻	82.0
Gd ⁺³	67.40	CNO ⁻	64.6
H ⁺	349.80	CNS ⁻	66.0
Hg ⁺²	63.60	Co(CN) ₄ ⁻³	98.9
Hg ₂ ⁺²	68.60	CO ₃ ⁻²	69.3
Ho ₂ ⁺³	66.30	C ₂ O ₄ ⁻²	24.0
H ⁺	73.52	C ₂ O ₄ ⁻²	74.2
La ⁺³	69.50	CrO ₄ ⁻²	83.0
Li ⁺	38.69	F ⁻	55.4
Mg ⁺²	53.06	Fe(CN) ₆ ⁻³	101.0
Mn ⁺²	53.50	Fe(CN) ₅ ⁻⁴	110.5
Na ⁺	50.11	H ₂ AsO ₄ ⁻	34.0
N(C ₂ H ₅) ₄ ⁺	32.66	HC ₂ O ₄ ⁻	40.2
N(C ₃ H ₇) ₄ ⁺	23.00	HCOO ⁻	54.2
N ₂ H ₅ ⁺	59.00	HCO ₃ ⁻	44.5
N(CH ₃) ₄ ⁺	44.92	HF ₂ ⁻	57.0

Cati6n	λ_0	Ani6n	λ_0
Nd ⁺³	69.40	H ₂ PO ₄ ⁻	46.0
Ni ⁺²	73.40	HPO ₄ ⁻	57.0
Ni ⁺²	54.00	H ₂ PO ₄ ⁻	36.0
Pd ⁺²	70.00	H ₂ SbO ₄ ⁻	31.0
Pr ⁺³	69.60	HS ⁻	65.0
Ra ⁺²	66.80	HSD ₃ ⁻	58.0
Rb ⁺	77.80	HSD ₄ ⁻	52.0
Sc ⁺³	64.70	I ⁻	76.8
Sm ⁺³	68.60	IO ₃ ⁻	40.7
Sr ⁺²	59.46	IO ₄ ⁻	54.3
Tl ⁺	74.70	MnO ₄ ⁻	61.0
Tm ⁺³	65.50	MnO ₄ ⁻	74.5
UO ₂ ⁺²	32.00	N ₃ ⁻	69.5
V ⁺³	62.00	N(CN) ₂ ⁻	54.5
Vb ⁺³	65.20	NH ₂ SO ₂ ⁻	48.6
Zn ⁺²	53.00	NO ₂ ⁻	72.0
n-Butil amonio	38.00	NO ₃ ⁻	71.44
Dietalemonio	42.00	OD ⁻	119.0
Dimetil amonio	51.50	OH ⁻	197.6
Dipropil amonio	30.10	PF ₆ ⁻	656.9
n-Dodecil amonio	23.80	PO ₃ ⁻	63.3
Etil amonio	47.20	PO ₄ ⁻	69.0
Etil trimetil amonio	40.50	P ₂ O ₇ ⁻	81.4
Metil amonio	58.30	P ₃ O ₁₀ ⁻	83.6
Piperidina	37.20	P ₃ O ₁₀ ⁻	109.0
Propil amonio	40.80	ReO ₄ ⁻	54.6
Tetra n-Butil amonio	19.10	SeCN ⁻	64.7
Tetra etil amonio	33.00	SeO ₃ ⁻	75.7
Tetra metil amonio	45.30	SO ₃ ⁻	72.0
Tetra n-Propil amonio	23.50	SO ₄ ⁻	80.0
Trietil amonio	34.30	S ₂ O ₃ ⁻	87.4
Trietil sulfonino	36.10	S ₂ O ₄ ⁻	66.5
Trimetil amonio	46.60	S ₂ O ₆ ⁻	93.0
Trimetil sulfonino	51.40	S ₂ O ₈ ⁻	86.0
Tripropil amonio	26.1	WO ₄ ⁻	69.4

Anión	λ_0
p-Anizato	29.0
Bromo benzoato	30.0
Ciano acetato	41.8
Citrato ⁻³	70.2
Citrato dihidrogenado	30.0
n-Crotonato	33.2
Ciclo hexano carboxilato	28.7
Ciclo propano 1-1 dicarboxilato	53.4
Cloro benzoato	33.0
o-Cloro benzoato	30.5
Decil sulfonato	26.0
Dicloro acetato	38.3
Dietyl barbiturato ⁻²	26.3
Dimetil malonato ⁻²	49.4
3-5 Dinitro benzoato	28.3
Dodecil sulfonato	24.0
Etil malonato	49.3
Etil sulfonato	38.6
Fenil acetato	30.6
Formato	54.6
Lactato	38.8
Malonato ⁻²	63.5
Metil sulfonato	48.8
o-Nitro benzoato	31.7
Octil sulfonato	29.0
Oxalato ⁻²	24.1
o-Ftalato ⁻²	52.0
Picrato	30.2
Propil sulfonato	35.8
Salicilato	36.0
Suberato ⁻²	36.0
Succinato	58.8
Sulfonato	43.1
Tarttrato ⁻²	64.0
Tricloro acetato	36.6

TABLA 4
 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DE SOLUCIONES ACUOSAS (K)
 ($\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$)

Solución	T. °C	% Peso	K x 10 ⁴
AgNO ₃	18	5	256
		10	476
		20	872
		40	1565
		60	2101
BaCl ₂	18	5	389
		10	733
		15	1051
		24	1534
Ba(NO ₃) ₂	18	4.2	209
		8.4	352
Ba(OH) ₂	18	1.25	250
		2.5	479
CH ₃ CO ₂ H	18	0.3	3.18
		1	5.84
		5	12.25
		10	15.26
		20	16.05
		30	14.01
		40	10.81
		50	7.40
		60	4.56
		70	2.35
99.7	0.0004		
C ₂ H ₅ CO ₂ H	18	1	4.79
		5.01	9.25
		10.08	11.13

Solución	T. °C	% Peso	$h \times 10^4$
$C_2H_5CO_2H$	18	20.02	10.42
		30.03	8.18
		50.09	3.77
		69.99	0.85
		100	0.0007
$C_3H_7CO_2H$	18	1	4.55
		5.02	8.63
		10.07	9.86
		15.03	9.55
		20.01	8.88
		50.04	2.96
		70.01	0.56
100	0.0006		
(CO_2H)	18	3.5	5.08
		7	7.83
$CaCl_2$	18	5	643
		10	1141
		20	1728
		25	1781
		30	1658
35	1336		
$Ca(NO_3)_2$	18	6.25	491
		12.5	804
		25	1048
		37.5	876
50	469		
$CdBr_2$	18	0.0324	2.31
		0.0748	4.70
		0.1540	8.44

Solución	T. °C	% Peso	K x 10 ⁴
CdBr ₂	18	0.506	21.3
		1	35.7
		5	109.0
		10	164.0
		20	236.0
		30	273.0
CdCl ₂	18	0.0503	4.95
		0.20	15.6
		0.599	36.4
		1	55.1
		5	167
		10	241
CdI ₂	18	1	21.2
		5	60.9
		10	103.9
		15	146
		20	186
		30	254
Cd(NO ₃) ₂	18	40	303
		45	314
		1	69.4
		5	205
		10	513
		20	827
		30	956
		40	903
		48	755

Solución	T. °C	% Peso	K x 10 ⁴
CdSO ₄	18	0.0289	2.47
		0.0999	6.92
		0.495	23.93
		1	41.6
		5	146.0
		10	247.0
		25	430.0
		36	421.0
CuCl ₂	18	1.35	187.0
		9	716.0
		18.2	924.0
		28.2	897.0
		35.2	699.0
Cu(NO ₃) ₂	15	5	365.0
		10	635.0
		15	858.0
		20	1018.0
		25	1089.0
		35	1062.0
CuSO ₄	18	2.5	109.0
		5	189.0
		10	320.0
		15	421.0
		17.5	458.0
HBr	15	5	1908.0
		10	3549.0
		15	4940.0
HCOOH	18	4.94	55.0
		9.55	75.6
		20.34	98.4

Solución	T. °C	% Peso	K x 10 ⁴
HCOOH	18	29.83	103.8
		39.95	98.4
		50.02	86.4
		70.06	52.83
		89.02	18.7
		100	2.8
HCl	15	5	3948.0
		10	6302.0
		20	7615.0
		30	6620.0
		40	5152.0
HF	18	0.004	2.5
		0.007	3.8
		0.015	5.0
		0.030	8.0
		0.060	12.3
		0.121	21.0
		0.242	36.3
		0.484	67.3
		1.50	198.0
		2.48	315.0
		4.80	593.0
7.75	963.0		
15.85	1853.0		
24.50	2832.0		
29.80	3411.0		
HI	15	5	1332.0
HNO ₃	18	6.2	3123.0
		12.4	5418.0
		24.8	7676.0
		31.0	7819.0

Solución	T. °C	% Peso	K x 10 ⁴
HNO ₃	18	37.2	7545.0
		49.6	6341.0
		62.0	4964.0
H ₃ PO ₄	15	10	566.0
		20	1129.0
		30	1654.0
		35	1858.0
		50	2073.0
		70	1436.0
		80	979.0
		85	780.0
		87	709.0
H ₂ SO ₄	18	5	2085.0
		10	3915.0
		15	5432.0
		20	6527.0
		25	7171.0
		30	7388.0
		35	7243.0
		40	6800.0
		50	5405.0
		60	3726.0
		65	2905.0
		70	2157.0
		75	1522.0
		80	1105.0
		85	980.0
86	992.0		
87	1010.0		
88	1033.0		
89	1055.0		
90	1075.0		
91	1093.0		

Solución	T. °C	% P ₂ O ₅	K x 10 ⁴
H ₂ SO ₄	18	92	1102.0
		93	1096.0
		94	1071.0
		95	1025.0
		96	944.0
		97	800.0
		99.4	85.0
HgBr	18	0.233	0.16
		0.422	0.26
HgCl ₂	18	0.229	0.44
		1.013	1.14
		5.08	4.21
KBr	15	5	465.0
		10	928.0
		20	1907.0
		30	2923.0
		36	3507.0
KCH ₃ CO ₂	15	4.67	347.0
		9.33	625.0
		28.0	1256.0
		46.67	1122.0
		65.33	179.0
KCN	15	3.25	527.0
		6.50	1026.0
K ₂ CO ₂	15	5	561.0
		10	1038.0
		20	1806.0
		30	2700.0
		40	2160.0

Soluci6n	T. °C	% Peso	K x 10 ⁴
K ₂ CO ₃	15	50	1469.0
K ₂ C ₂ O ₄	18	5	488.0
		10	915.0
KCl	18	5	690.0
		10	1359.0
		15	2020.0
		20	2677.0
		21	2810.0
KF	18	5	652.0
		10	1209.0
		20	2000.0
		30	2561.0
		40	2522.0
KI	18	5	338.0
		10	680.0
		20	1455.0
		30	2303.0
		40	3168.0
		55	1226.0
KNO ₃	18	5	454.0
		10	839.0
		15	1186.0
		20	1505.0
		22	1625.0
KOH	15	4.2	1464.0
		8.4	2723.0
		16.8	4558.0
		25.2	5403.0

Solución	T. °C	% Peseo	K x 10 ⁴
KOH	15	33.6	5221.0
		42.0	4212.0
K ₂ S	18	3.18	845.0
		4.98	1284.0
		9.93	2343.0
		19.96	4020.0
		29.97	4563.0
		38.08	4106.0
K ₂ SO ₄	18	5	458.0
		10	860.0
Li ₂ CO ₃	18	0.20	34.3
		0.63	88.5
LiCl	18	2.5	410.0
		5	733.0
		10	1218.0
		20	1676.0
		30	1399.0
		40	844.0
LiI	18	5	296.0
		10	573.0
		20	1094.0
		25	1346.0
LiOH	18	1.25	781.0
		2.5	1416.0
		5	2396.0
		7.5	2999.0

Solución	T. °C	% Peso	K x 10 ⁴
Li ₂ SO ₄	15	5	400.0
		10	610.0
MgCl ₂	18	5	603.0
		10	1128.0
		20	1402.0
		30	1061.0
		34	768.0
Mg(NO ₃) ₂	18	5	438.0
		10	770.0
		17	1102.0
MgSO ₄	15	5	263.0
		10	414.0
		15	480.0
		25	415.0
MnCl ₂	15	5	526.0
		10	844.0
		15	1055.0
		20	1134.0
		25	1090.0
		28	1016.0
NaCH ₃ CO ₂	18	5	211.0
		20	651.0
		32	569.0
Na ₂ CO ₃	18	5	451.0
		10	705.0
		15	836.0
NaCl	18	5	672.0
		10	1211.0
		15	1642.0

Solución	T. °C	% Peso	K x 10 ⁴
NaCl	18	20	1957.0
		25	2135.0
		26	2151.0
NaI	18	5	298.0
		10	581.0
		20	1144.0
		40	2111.0
NaNO ₃	18	5	436.0
		10	782.0
		20	1303.0
		30	1606.0
NaOH	18	1	465.0
		2	887.0
		4	1628.0
		6	2242.0
		8	2729.0
		10	3093.0
		15	3490.0
		20	3284.0
		25	2717.0
		27.5	2386.0
		30	2074.0
		32.5	1798.0
		35	1569.0
37.5	1361.0		
40	1206.0		
45	977.0		
50	820.0		
Na ₂ S	18	2.02	612.0
		5.03	1321.0
		9.64	2017.0
		14.02	2359.0

Soluci6n	T. °C	% Peso	K x 10 ⁴
Na ₂ S	18	16.12	2243.0
		18.15	2184.0
Na ₂ SO ₄	18	5	409.0
		10	687.0
		15	886.0
NH ₃	15	0.1	2.51
		0.40	4.92
		0.8	6.57
		1.6	8.67
		4.01	10.95
		8.03	10.38
		16.15	6.32
30.5	1.93		
NH ₄ Cl	18	5	918.0
		10	1776.0
		15	2506.0
		20	3365.0
		25	4025.0
NH ₄ I	18	10	772.0
		20	1599.0
		50	4200.0
NH ₄ NO ₃	15	5	590.0
		10	1117.0
		30	2841.0
		50	3633.0
(NH ₄) ₂ SO ₄	15	5	552.0
		10	1010.0
		20	1779.0
		30	2292.0

Solución	T. °C	% Peso	K x 10 ⁴		
(NH ₄) ₂ SO ₄	15	31	2321.0		
		Pb(NO ₃) ₂	15	5	191.0
				10	322.0
				15	429.0
				20	521.0
25	600.0				
SrCl ₂	18	30	668.0		
		5	483.0		
		10	886.0		
		15	1231.0		
		22	1583.0		
Sr(NO ₃) ₂	15	5	309.0		
		10	527.0		
		15	690.0		
		20	802.0		
		25	866.0		
ZnCl ₂	15	35	861.0		
		2.5	276.0		
		5	483.0		
		10	727.0		
		20	912.0		
ZnSO ₄	18	30	926.0		
		40	845.0		
		60	369.0		
		5	191.0		
		10	321.0		
ZnSO ₄	18	15	415.0		
		25	480.0		
		30	444.0		

Referencias:

- 1) International Critical Tables of Numerical Data Physics, Chemistry and Technology, Mc Graw Hill Co, Nueva York, 1930.
- 2) Luis Glas, Agenda del Químico, Madrid Aguilar S.A., 2 ed., Madrid, 1963.

TABLA 5
 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DE LIQUIDOS (K)
 ($\rho^{-1} \text{ cm}^{-1}$)

Formula	Nombre	T. °C	K
AsBr ₃	Tribromuro de Arsenico	35	1.5×10^{-6}
AsCl ₃	Tricloruro de Arsenico	25	1.2×10^{-6}
B(OCH ₃) ₃		0	5.0×10^{-6}
		25	6.0×10^{-6}
Br	Bromo	17.2	1.3×10^{-13}
Cl	Cloro	-70	$< 1.0 \times 10^{-16}$
Cu	Cobre (Metálico)	0	6.4×10^5
		20	5.8×10^5
Fe	Fierro (Metálico)	0	1.1×10^5
Ga	Galio	30	3.68×10^4
H ₂ O	Agua	18	4.0×10^{-8}
HCl	Acido Clorhídrico	-96	1.0×10^{-8}
HBr	Acido Bromhídrico	-80	8.0×10^{-9}
Hg	Mercurio	0	1.05×10^4
HI	Acido Yodhídrico	-	2.0×10^{-7}
H ₂ S	Acido Sulfhídrico	-	1.0×10^{-11}
2H ₃ PO ₄ · H ₂ O	Acido Fosforico	-	1.0×10^{-2}
GeBr ₄	Tetra Bromuro de Germanio	30	7.8×10^{-5}
I	Yodo	110	1.3×10^{-10}
	Kerosina	25	$< 1.7 \times 10^{-8}$
NH ₃	Amoniaco	-33	$< 1.0 \times 10^{-8}$
		-79	1.3×10^{-7}
Ni(CO) ₄	Tetramonoxido de Niquel	-	1.0×10^{-9}
P	Fosforo	25	4.0×10^{-7}
Pb	Plomo (Metálico)	0	4.9×10^5
	Petroleo	-	3.0×10^{-13}
POCl ₃	Oxicloruro de fosforo	25	2.2×10^{-6}
S	Azufre	115	1.0×10^{-12}
		130	5.0×10^{-11}
		440	1.2×10^{-7}
SbCl ₃	Tricloruro de Antimonio	75	8.5×10^{-7}
Si(OCH ₃) ₄		25	1.6×10^{-6}
Si(OC ₂ H ₅) ₄		25	$< 3.0 \times 10^{-8}$

Formula	Nombre	T. °C	K
OsO ₄	Tetraóxido de Osmio	40	$< 1.0 \times 10^{-11}$
SeOBr ₂	Oxibromuro de Selenio	45.5	6.0×10^{-5}
SeOCl ₂	Oxicloruro de Selenio	25	2.0×10^{-5}
SOCl ₂	Cloruro de Sulfonilo	25	2.0×10^{-6}
SO ₂ Cl ₂	Cloruro de Sulfuril	25	3.0×10^{-8}
SO ₂ OHC1		25	1.6×10^{-5}
	Trementina	-	2.0×10^{-13}
ZnCl	Cloruro de Zinc	600	0.25
CBrN	Bromocianogeno	55	2.0×10^{-2}
CCl ₄	Tetracloruro de Carbono	18	4.0×10^{-18}
CCl ₂ O	Clorocarbonilo	25	7.0×10^{-9}
CS ₂	Disulfuro de Carbono	18	7.8×10^{-18}
CHBr ₃	Bromoformo	25	$< 2.0 \times 10^{-8}$
CHCl ₃	Cloroformo	25	$< 2.0 \times 10^{-8}$
CHN	Cianuro de Hidrógeno	0	3.3×10^{-6}
CH ₂ O ₂	Acido Formico	18	5.6×10^{-5}
		25	6.4×10^{-5}
CH ₃ I	Yoduro de Metilo	25	$< 2.0 \times 10^{-8}$
CH ₃ NO	Formamida	0	1.8×10^{-5}
		18	6.0×10^{-4}
		25	4.0×10^{-6}
CH ₃ NO ₂	Nitrometano	0	4.5×10^{-7}
		18	6.0×10^{-7}
		25	5.4×10^{-7}
CH ₃ NO ₃	Nitrato de Metilo	25	4.5×10^{-6}
CH ₄ O	Alcohol Metilico	10	4.4×10^{-7}
		20	5.8×10^{-6}
		25	2.2×10^{-7}
CH ₅ N	Metil Amina	-	7.0×10^{-7}
C ₂ N ₂	Cianogeno	-	$< 7.0 \times 10^{-9}$
C ₂ HBr ₃ O	Bromal	25	8.0×10^{-8}
C ₂ HCl ₃ O ₂	Acido tricloro Acetico	25	3.0×10^{-9}
		60	6.2×10^{-10}
C ₂ H ₂ Br ₂ O	Bibromo Acetilo	0	7.3×10^{-7}
C ₂ H ₂ Cl ₂ O ₂	Acido Dicloro Acetico	0	4.0×10^{-8}
		25	7.0×10^{-11}

Formula	Nombre	T. °C	K
C ₂ H ₃ BrO	Bromo Acetilo	0	3.5 x 10 ⁻⁷
		25	4.0 x 10 ⁻⁷
C ₂ H ₃ ClO ₂	Acido Cloroacetico	60	1.4 x 10 ⁻⁶
C ₂ H ₃ N	Acetonitrilo	0	1.0 x 10 ⁻⁶
		20	7.0 x 10 ⁻⁶
		25	1.9 x 10 ⁻⁷
C ₂ H ₃ NO	Glicolnitrilo	0	5.2 x 10 ⁻⁶
		25	8.3 x 10 ⁻⁷
C ₂ H ₃ NS	Tiosanato de Metilo	0	1.3 x 10 ⁻⁶
		25	1.5 x 10 ⁻⁶
C ₂ H ₃ NS	Isotiosanato de metilo	50	< 3.0 x 10 ⁻⁷
C ₂ H ₄ Cl ₂	1,1 Diclora Etano	25	1.7 x 10 ⁻⁹
C ₂ H ₄ Cl ₂	Cloruro de Etileno	25	3.0 x 10 ⁻⁸
C ₂ H ₄ Br ₂	Bromuro de Etileno	19	< 2.0 x 10 ⁻¹⁰
C ₂ H ₄ O	Acetaldehido	0	1.4 x 10 ⁻⁶
C ₂ H ₄ O ₂	Acido Acetico	0	5.0 x 10 ⁻⁹
		18	5.0 x 10 ⁻⁷
		25	1.12 x 10 ⁻⁸
		30	8.0 x 10 ⁻⁹
		40	1.4 x 10 ⁻⁷
C ₂ H ₄ OS	Acido tioxacetico	0	3.9 x 10 ⁻⁶
		25	2.7 x 10 ⁻⁶
C ₂ H ₅ Br	Bromuro de Etilo	25	< 2.0 x 10 ⁻⁸
C ₂ H ₅ I	Yoduro de Etilo	25	< 2.0 x 10 ⁻⁸
C ₂ H ₅ NO ₃	Acetamida	100	< 4.3 x 10 ⁻⁵
C ₂ H ₅ NO ₃	Nitreto de Etilo	0	2.3 x 10 ⁻⁷
		25	5.3 x 10 ⁻⁷
		0	1.5 x 10 ⁻⁷
C ₂ H ₆ O	Alcohol Etilico	0	1.5 x 10 ⁻⁷
		18	6.4 x 10 ⁻⁸
		25	1.35 x 10 ⁻⁹
C ₂ H ₆ O ₂	Glicol	0	2.4 x 10 ⁻⁷
		25	3.0 x 10 ⁻⁷
C ₂ H ₆ O ₄ S	Dimetil Sulfato	0	1.6 x 10 ⁻⁷
		25	3.0 x 10 ⁻⁷
C ₂ H ₆ N ₂ O	Dimetil Nitrosamina	0	1.2 x 10 ⁻⁵
		25	1.6 x 10 ⁻⁵

Formule	Nombre	T. °C	K
C_2H_7N	Etil Amina	-33.5	4.6×10^{-8}
		0	4.0×10^{-7}
C_3H_4O	Acroleina	10	1.6×10^{-7}
C_3H_5ClO	Epiclorohidrina	25	3.4×10^{-8}
C_3H_5N	Propionitrilo	25	1.0×10^{-7}
C_3H_5NO	Lactonitrilo	0	1.8×10^{-7}
		25	3.1×10^{-7}
C_3H_5NS	Isotiocianato de Etilo	0	8.7×10^{-8}
		25	1.26×10^{-7}
C_3H_5NS	Tiocianato de Etilo	25	1.2×10^{-6}
$C_3H_6Cl_2O$	Diclorohidrina	25	1.2×10^{-5}
C_3H_6O	Acetona	-15	1.1×10^{-9}
		0	6.0×10^{-8}
		18	2.0×10^{-8}
		20	1.2×10^{-7}
		25	6.0×10^{-8}
C_3H_6O	Alcohol Alilico	25	7.0×10^{-6}
C_3H_6O	Propionaldehido	0	7.0×10^{-7}
		25	8.5×10^{-7}
$C_3H_6O_2$	Acetato de Metilo	25	3.4×10^{-6}
$C_3H_6O_2$	Acido Propionico	25	1.0×10^{-9}
$C_3H_6OS_2$	Xantogenato de Etilo	25	2.0×10^{-8}
C_3H_7Br	n-Bromopropil	25	2.0×10^{-8}
$C_3H_7ClO_2$	Clorohidrina	25	5.0×10^{-7}
C_3H_8O	n-Alcohol Propilico	18	5.0×10^{-8}
		25	2.0×10^{-8}
C_3H_8O	Alcohol Isopropilico	25	3.5×10^{-6}
$C_3H_8O_3$	Glicerina	25	6.4×10^{-8}
C_3H_9N	Trimetil Amina	-33.5	2.2×10^{-10}
$C_4H_4N_2$	Succinonitrilo	60	1.5×10^{-6}
$C_4H_5Cl_3O_2$	Tricloro Acetato de Etilo	25	3.0×10^{-8}
$C_4H_5NO_2$	Cianoacetato de Metilo	0	3.0×10^{-7}
		25	4.5×10^{-7}
C_4H_5NS	Isotiocianato de Alilo	25	2.5×10^{-5}
$C_4H_6Cl_2O_2$	Dicloroacetato de Etilo	25	7.0×10^{-8}

Formula	Nombre	T. °C	K
C ₄ H ₆ O ₃	Anhídrido Acético	0	1.0 x 10 ⁻⁶
		20	7.5 x 10 ⁻⁷
		25	4.8 x 10 ⁻⁷
C ₄ H ₇ ClO ₂	Cloroacetato de Etilo	25	2.0 x 10 ⁻⁷
C ₄ H ₇ N	n-Butironitrilo	25	1.2 x 10 ⁻⁵
C ₄ H ₈ Br ₂	Bromuro de Butileno	25	< 2.0 x 10 ⁻⁸
C ₄ H ₈ O	Etil Metil Cetona	25	1.0 x 10 ⁻⁷
C ₄ H ₈ O ₂	Acetato de Etilo	25	< 1.0 x 10 ⁻⁹
C ₄ H ₉ NO ₃	Nitrato de Isobutilo	25	< 2.0 x 10 ⁻⁸
C ₄ H ₁₀ O	Ether	25	< 4.0 x 10 ⁻¹³
C ₄ H ₁₀ O	Alcohol Isobutilico	18	< 1.0 x 10 ⁻⁷
		25	8.0 x 10 ⁻⁸
C ₄ H ₁₀ O ₃ S	Diethyl Sulfito	0	2.0 x 10 ⁻⁷
		25	4.0 x 10 ⁻⁷
C ₄ H ₁₀ O ₄ S	Diethyl Sulfato	0	1.6 x 10 ⁻⁷
		25	2.6 x 10 ⁻⁷
C ₄ H ₁₁ N	Diethyl Amina	-33.5	2.2 x 10 ⁻⁹
C ₅ H ₄ O ₂	Furfural	0	9.7 x 10 ⁻⁷
		20	1.1 x 10 ⁻⁶
		25	1.5 x 10 ⁻⁶
C ₅ H ₄ O ₃	Anhídrido Citraconic	0	1.0 x 10 ⁻⁷
		25	2.0 x 10 ⁻⁷
C ₅ H ₅ N	Piridina	0	5.7 x 10 ⁻⁸
		18	5.3 x 10 ⁻⁸
		25	< 5.0 x 10 ⁻⁸
C ₅ H ₇ NO ₂	Cloroacetato de Etilo	0	1.9 x 10 ⁻⁷
		25	1.9 x 10 ⁻⁷
C ₅ H ₈ O ₂	Acetil Acetona	0	2.0 x 10 ⁻⁷
		25	3.0 x 10 ⁻⁷
C ₅ H ₈ O ₄	Dimetil Malonato	0	8.0 x 10 ⁻⁸
		25	1.2 x 10 ⁻⁷
C ₅ H ₉ N	Valeronitrilo	25	5.7 x 10 ⁻⁶
C ₅ H ₁₀	Amilina	25	< 2.0 x 10 ⁻⁸
C ₅ H ₁₀ O	Isovaleraldehido	0	8.0 x 10 ⁻⁸
		25	1.0 x 10 ⁻⁷
C ₅ H ₁₀ O	Metil Propil Cetona	25	1.0 x 10 ⁻⁶

Formula	Nombre	T. °C.	K
$C_5H_{10}O_2$	Acido Isovalerico	80	4.11×10^{-11}
$C_5H_{10}O_3$	Dietyl Carbonato	25	1.7×10^{-10}
$C_5H_{11}Br$	Bromo Isoamil	25	$< 2.0 \times 10^{-8}$
$C_5H_{11}I$	Yodo Amil	25	3.5×10^{-6}
$C_5H_{11}N$	Piperidina	25	$< 2.0 \times 10^{-7}$
$C_5H_{11}NO_2$	Nitrito de Amil	25	1.9×10^{-7}
$C_5H_{11}NO_3$	Nitrato de Amil	25	2.8×10^{-8}
C_5H_{12}	Pentano	19.5	$< 2.0 \times 10^{-10}$
$C_5H_{12}O$	Alcohol Isoamilico	18	5.0×10^{-8}
		20	4.0×10^{-8}
$C_5H_{12}S$	Amil Mercaptano	25	$< 2.0 \times 10^{-8}$
$C_5H_{13}N$	Isoamil Amina	25	$< 8.0 \times 10^{-8}$
C_6H_5Br	Bromobenceno	25	$< 2.0 \times 10^{-11}$
$C_6H_5NO_2$	Nitrobenceno	0	5.0×10^{-9}
		18	2.0×10^{-7}
		20	$< 2.0 \times 10^{-10}$
		25	$< 2.0 \times 10^{-8}$
C_6H_6	Benceno	-	7.6×10^{-8}
C_6H_6ClN	m-Cloroanilina	25	5.0×10^{-8}
C_6H_6O	Fenol	25	$< 1.7 \times 10^{-8}$
C_6H_7N	Anilina	0	9.0×10^{-9}
		25	2.4×10^{-8}
		35	8.2×10^{-8}
C_6H_7N	Picolina	25	5.5×10^{-7}
$C_6H_{10}O_3$	Acetoacetato de Etilo	25	4.0×10^{-8}
$C_6H_{10}O_4$	Dietyl Oxalato	25	7.6×10^{-7}
$C_6H_{10}O_5$	Dimetil Malato	0	3.0×10^{-7}
		25	5.5×10^{-7}
$C_6H_{11}N$	Capronitrilo	25	3.7×10^{-6}
$C_6H_{11}NS$	Tiocianato de Amilo	25	1.5×10^{-5}
$C_6H_{12}O_3$	Paraldehido	-	$< 3.6 \times 10^{-7}$
C_6H_{14}	Hexano	18	$< 1.0 \times 10^{-18}$
C_7H_5N	Benzonitrilo	25	5.0×10^{-8}
C_7H_5NS	Fenil Isotiocianato	25	1.4×10^{-6}
C_7H_6O	Benzaldehido	18	1.7×10^{-7}

Formula	Nombre	T. °C	K
C ₇ H ₆ O	Benzaldehido	20	4.0 x 10 ⁻⁷
		25	1.5 x 10 ⁻⁷
C ₇ H ₆ O ₂	Acido Benzoico	125	3.0 x 10 ⁻⁹
C ₇ H ₆ O ₂	Salicilaldehido	0	1.0 x 10 ⁻⁷
		25	1.6 x 10 ⁻⁷
C ₇ H ₇ NO ₂	o-Nitro Tolueno	25	< 2.0 x 10 ⁻⁷
C ₇ H ₇ NO ₂	m-Nitro Tolueno	25	< 2.0 x 10 ⁻⁷
C ₇ H ₈	Tolueno	-	< 1.0 x 10 ⁻¹⁴
C ₇ H ₈ O	Alcohol Benilico	25	1.8 x 10 ⁻⁶
C ₇ H ₈ O	m-Cresol	25	< 1.7 x 10 ⁻⁸
C ₇ H ₈ O ₂	Guayacol	25	2.8 x 10 ⁻⁷
C ₇ H ₉ N	Bencil Amina	25	< 1.7 x 10 ⁻⁸
C ₇ H ₉ N	o-Toluidina	25	< 2.0 x 10 ⁻⁶
C ₇ H ₉ N	p-Toluidina	100	6.2 x 10 ⁻⁸
C ₇ H ₁₆	Heptano	-	< 1.0 x 10 ⁻¹³
C ₈ H ₇ N	Bencil Cianida	0	1.0 x 10 ⁻⁷
		25	< 5.0 x 10 ⁻⁸
C ₈ H ₇ N	Toluenitrilo	25	5.7 x 10 ⁻⁶
C ₈ H ₈ O	Acetofenona	16.5	2.1 x 10 ⁻⁷
		25	6.0 x 10 ⁻⁹
		0	8.0 x 10 ⁻⁸
C ₈ H ₈ O ₂	p-Metoxibenzaldehido	20	8.6 x 10 ⁻⁸
		25	1.2 x 10 ⁻⁷
		-	< 1.0 x 10 ⁻¹⁵
C ₈ H ₁₀	Xileno	-	< 1.0 x 10 ⁻¹⁵
C ₈ H ₁₀ O	o-Cresol Metil Ether	25	< 1.7 x 10 ⁻⁸
C ₈ H ₁₀ O	Fenolato	25	< 1.7 x 10 ⁻⁸
C ₈ H ₁₄ O ₃	Anhídrido Isobutirico	0	1.0 x 10 ⁻⁷
		25	1.6 x 10 ⁻⁷
C ₈ H ₁₆ O ₂	Acido Caprilico	80	< 4.0 x 10 ⁻¹³
C ₉ H ₇ N	Quinolina	0	1.6 x 10 ⁻⁸
		25	2.2 x 10 ⁻⁸
		50	7.4 x 10 ⁻⁸
C ₉ H ₁₀ O ₂	Benzoato de Etilo	19	< 2.0 x 10 ⁻¹⁰
		25	< 1.0 x 10 ⁻⁹
C ₉ H ₂₀	Nonano	25	< 1.7 x 10 ⁻⁸
C ₁₀ H ₇ Br	Bromo Naftaleno	25	4.0 x 10 ⁻¹¹

Formula	Nombre	T. °C	K
$C_{10}H_8$	Naftaleno	82	4.0×10^{-10}
$C_{10}H_{12}O_2$	Eugenol	25	$< 1.7 \times 10^{-8}$
$C_{10}H_{14}$	Cimeno	25	$< 2.0 \times 10^{-8}$
$C_{10}H_{16}$	d(l)-Limoneno	18	3.0×10^{-12}
		25	1.7×10^{-8}
$C_{10}H_{16}$	Pineno	23	$< 2.0 \times 10^{-10}$
$C_{10}H_{16}$	Terpineno	25	$< 1.7 \times 10^{-8}$
$C_{10}H_{18}O$	Mentone	2	$< 1.7 \times 10^{-8}$
$C_{10}H_{18}O$	-Terpinol	25	$< 1.7 \times 10^{-8}$
$C_{10}H_{18}O_2$	Acetil Metil Hexil Cet.	25	$< 1.7 \times 10^{-8}$
$C_{11}H_{12}O_3$	Etil Benzolil Acetato	0	7.0×10^{-8}
		25	8.0×10^{-8}
$C_{12}H_{16}O_2$	Amil Benzoato	25	$< 1.7 \times 10^{-8}$
$C_{14}H_8O_4$	Alizarin	233	9.9×10^{-3}
$C_{14}H_{10}$	Antraceno	230	3.0×10^{-10}
$C_{14}H_{12}O_2$	Bencil Benzoato	25	$< 1.0 \times 10^{-9}$
$C_{18}H_{34}O_2$	Acido Oleico	15	$< 2.0 \times 10^{-10}$

Referencias:

- 1) International Critical Tables of Numerical Data Physica, Chemistry and Technology, Mc Graw Hill Co, Nueva York, 1930.
- 2) Lange Norbert Adolph, Handbook of Chemistry, Mc Graw Hill Co, 10 ed., U.S.A., 1967.
- 3) Luis Blas, Agenda del Químico, Madrid Aguilar S.A., 2 ed., Madrid, 1963.

TABLA 6

CONDUCTIVIDAD EQUIVALENTE DE SOLUCIONES ACUOSAS DE KCL A 25°C (Λ)
 ($\Omega^{-1}\text{cm}^2\text{eq}^{-1}$)

C (mol/l.)	Λ
0	149.86
0.0001	148.94
0.0002	148.60
0.0003	148.28
0.0004	148.05
0.0005	147.81
0.0010	146.95
0.0020	145.78
0.0030	144.91
0.0040	144.19
0.0050	143.55
0.0060	143.02
0.0070	142.52
0.0080	142.06
0.0090	141.65
0.0100	141.27
0.0200	138.34
0.0300	136.27
0.0400	134.67
0.0500	133.37
0.0600	132.30
0.0700	131.33
0.0800	130.44
0.0900	129.65
0.1000	128.96
0.1100	128.29
0.1200	127.69

Referencias:

- 1) Duncan A. MacInnes, The Principles of Electrochemistry, Reinhold Publishing Co, Nueva York, 1939.
- 2) M. Dale Malcom, Principios de Electroquímica Experimental y Teórica, Alhambra, Madrid, 1952.

**CONSTANTES DE LA PENDIENTE
DE ONSAGER**

TABLA 7
 VALORES DE LAS CONSTANTES DE LA PENDIENTE DE LA ECUACION DE ONSAGER:
 $\Lambda_v = \Lambda_{\infty} - (A + B\Lambda_{\infty}) \sqrt{C}$, PARA ESTIMAR LA CONDUCTIVIDAD EN SOLUCIO-
 NES ACUOSAS DE ELECTROLITOS UNI-UNIVALENTES

Temperatura °C	A	B
0	29.47	0.2198
5	34.87	0.2205
10	40.56	0.2220
15	46.35	0.2237
18	50.31	0.2249
20	52.95	0.2257
25	59.86	0.2277
30	67.15	0.2299
35	74.81	0.2322
40	82.79	0.2348
45	90.99	0.2374
50	99.28	0.2401
55	107.93	0.2431
60	116.98	0.2461

Referencias:

- 1) D.E. Conway, Electrochemical Data, Elsevier Publishing Co, London, 1952.

NUMERO DE TRANSPORTE

NUMERO DE TRANSPORTE

Se define como la fracción de carga eléctrica total que transporta cada ión. La suma de los números de transporte de los iones en solución deberá ser igual a la unidad. De acuerdo con lo siguiente:

$$t_+ + t_- = 1$$

Fenómenos que ocurren en el paso de la corriente:

- 1) Fenómenos de oxidación-reducción
- 2) Fenómenos de difusión iónica

Partiendo de $i = nFzC \frac{dU}{dx}$

Si se pasa una corriente i durante el tiempo θ ,

$$\begin{aligned} Q = i \times \theta &= nFzC(U_+ + U_-)\theta \frac{dE}{dx} \\ &= nFzC(U_+ + U_-)\theta \frac{dE}{dx} + nFzC(U_- - U_+)\theta \frac{dE}{dx} \end{aligned}$$

Si $C = \text{eq/l}$; $C = N \cdot 1000$; $N = C/1000$

$$Q_+ = \frac{FzC}{1000} \cdot \frac{dE}{dx} \cdot \theta \cdot U_+ = kC - z - U_-$$

$$Q_- = kCzU_-$$

$t_+ = Q_+/Q$ (tanto por uno de carga que le corresponde transportar a un ión)

Entonces:

$$t_+ = Q_+/Q \quad ; \quad t_- = Q_-/Q$$

$$\frac{Q_+}{Q} = \frac{U_+}{U_+ + U_-} \quad ; \quad \frac{Q_-}{Q} = \frac{U_-}{U_+ + U_-}$$

$$t_+ = \frac{U_+}{U_+ + U_-} \quad ; \quad t_- = \frac{U_-}{U_+ + U_-}$$

$$\lambda_+^0 = F U_+ \quad ; \quad \lambda_-^0 = F U_-$$

$$t_+ = \frac{\lambda_+^0}{\lambda_+^0 + \lambda_-^0} = \frac{\lambda_+^0}{\Lambda} ; t_- = \frac{\lambda_-^0}{\Lambda}$$

Análisis dimensional:

$$i = nNzFA(U_+ + U_-)dE/dX$$

i = Amperios

Nz = eq/ml

N = moles/ml

F = constante de Faraday (coul./eq)

z = carga eléctrica asociada al ión (eq/mol)

A = sección transversal al flujo iónico (cm²)

U₊, U₋ = movilidad iónica (cm²/seg.volt)

α = grado de disociación (adimensional)

$\frac{dE}{dX}$ = gradiente de potencial (volt/cm)

Cada especie iónica participa de acuerdo a sus características al transporte de cargas eléctricas a través de la solución y esta participación (q₊, q₋) es proporcional a sus velocidades iónicas (U₊, U₋) para una concentración y una valencia dada.

El número de transporte de catión, va a ser igual a la pérdida de equivalentes en la región anódica entre el número de Faradays.

El número de transporte de anión, va a ser igual a la pérdida de equivalentes en la región catódica entre el número de Faradays.

Ya que:

$$t_+ = \frac{q_+}{Q} = \frac{\text{pérdida neta de eq. en el anólito}}{\text{equivalentes procesados}}$$

$$t_- = \frac{q_-}{Q} = \frac{\text{pérdida neta de eq. en el católito}}{\text{equivalentes procesados}}$$

O sea:

$$t_+ = \frac{\Delta a^- \text{ eq}}{F} ; t_- = \frac{\Delta c^+ \text{ eq}}{F}$$

TABLA 8

NUMERO DE TRANSPORTE DE CATION EN SOLUCION ACUOSA A 25°C (t+)

Electrolito	Concentración (eq/l)					
	0.000	0.010	0.020	0.050	0.100	0.200
AgCH ₃ CO ₂		0.624				
AgClO ₃			0.495			
AgClO ₄			0.486			
AgNO ₃	0.464	0.465	0.465	0.466	0.468	
BaCl ₂	0.447	0.440	0.437	0.431	0.425	
Ba(NO ₃) ₂				0.456	0.456	0.456
CaCl ₂	0.438	0.426	0.422	0.414	0.406	0.416
CdBr ₂			0.434			
CdCl ₂			0.486			
CH ₃ COOH					0.882	
CH ₃ COOK	0.643	0.650	0.653	0.657	0.661	
CH ₃ COONa	0.551	0.554	0.555	0.557	0.559	0.561
Co(NH ₃) ₆ Cl ₃		0.567		0.565		
HBr					0.792	
HCl	0.821	0.825	0.827	0.829	0.831	0.834
HF			0.860	0.845	0.821	0.787
HI					0.826	0.826
HIO ₃		0.902				
HNO ₃	0.830			0.840	0.844	0.849
H ₂ SO ₄	0.813	0.815	0.815	0.815	0.819	0.819
KBr	0.485	0.483	0.483	0.483	0.483	0.483
KBrO ₃					0.570	
KCl	0.491	0.490	0.490	0.490	0.490	0.489
K ₃ Fe(CN) ₆	0.426	0.431		0.439	0.441	
K ₄ Fe(CN) ₆	0.389	0.515	0.555	0.604	0.647	
KI	0.489	0.486	0.488	0.488	0.488	0.489
KNO ₃	0.507	0.508	0.509	0.510	0.510	0.512
KOH	0.274					
K ₂ SO ₄		0.483	0.485	0.487	0.489	0.491
LaCl ₃	0.477	0.463	0.458	0.448	0.437	0.423
LiCl	0.336	0.329	0.326	0.321	0.317	0.311
MgCl ₂	0.395	0.385				

Electrolito	Concentración (eq/l)					
	0.000	0.010	0.020	0.050	0.100	0.200
MgSO ₄			0.360			
NaBr				0.391		
NaCl	0.396	0.392	0.390	0.388	0.385	0.382
NaI				0.381		
NaNO ₃					0.410	
NaOH		0.202				
Na ₂ SO ₄	0.386	0.385	0.384	0.383	0.383	0.382
NH ₄ Cl	0.491	0.491	0.491	0.490	0.491	0.491
NH ₄ NO ₃					0.513	
Pb(NO ₃) ₂				0.487	0.487	
SrCl ₂					0.404	
Tl ₂ SO ₄				0.478	0.476	
ZnBr ₂			0.389			
ZnCl ₂		0.390	0.379		0.353	
ZnI ₂				0.382	0.363	

Referencias:

- 1) Allen J. Bard, *Electrochemical Methods*, John-Wiley, Nueva York, 1980.
- 2) B.E. Conway, *Electrochemical Data*, Elsevier Publishing Co, Londres, 1952.
- 3) Dwight C. Gray, *American Institute of Physical Handbook*, Mc Graw Hill Co, 3 ed., Nueva York, 1972.
- 4) Enrique Villarreal D., *Elementos de Electroquímica Formativa*, México, 1970.
- 5) C.U. Condon, *Handbook of Physics*, Mc Graw Hill Co, Nueva York, 1958.
- 6) G. Kortüm, *Treatise on Electrochemistry*, Elsevier Publishing Co, Amsterdam, 1965.
- 7) Herbert S. Harned, *Physical Chemistry of Electrolytic Solutions*, Reinhold, U.S.A., 1958.
- 8) *International Critical Tables of Numerical Data Physics, Chemistry and Technology*, Mc Graw Hill Co, Nueva York, 1930.
- 9) Milazzo Giulio, *Electrochemistry Theoretical Principles and Practical Application*, Elsevier Publishing Co, U.S.A., 1963.

TABLA 9

NUMERO DE TRANSPORTE DE CATION EN SOLUCION ACUOSA A 18°C (t)

Electrolito	Concentración (eq/l)					
	0.000	0.010	0.020	0.050	0.100	0.200
AgNO ₃		0.471	0.471	0.471	0.471	
BaBr ₂			0.422		0.408	
BaCl ₂			0.435		0.419	
BaI ₂			0.426		0.485	
CaBr ₂			0.409		0.396	
CaCl ₂			0.413		0.398	
CaI ₂			0.416		0.400	
CdBr ₂	0.430	0.430	0.430	0.430	0.429	0.410
CdCl ₂	0.430	0.430	0.430	0.430	0.430	
CdI ₂	0.444	0.442	0.396	0.396	0.296	0.127
CdSO ₄	0.389	0.384	0.374	0.374	0.364	0.350
CeBr					0.493	
CeCl			0.504		0.500	
CeI			0.497		0.497	
CuSO ₄			0.375	0.375	0.373	0.361
HCl	0.833	0.833	0.834	0.834	0.835	0.837
HNO ₃			0.846		0.855	
H ₂ SO ₄			0.833		0.828	
KBr	0.495	0.495	0.495	0.495	0.481	
KBrO ₃			0.567		0.570	
KCl	0.496	0.496	0.496	0.496	0.495	0.494
KClO ₃			0.534		0.536	
KI			0.487		0.486	
KNO ₃			0.502		0.503	
K ₂ SO ₄	0.494	0.492	0.490	0.490	0.485	
LiCl	0.332	0.328	0.320	0.320	0.313	0.304
MgBr ₂			0.385	0.368	0.350	
MgCl ₂				0.368	0.352	
MgI ₂			0.388		0.350	
MgSO ₄	0.385	0.381	0.373			

Electrolito	Concentración (eq/l)					
	0.000	0.010	0.020	0.050	0.100	0.200
NaBr		0.395	0.395			
NaCl		0.397	0.396	0.393	0.390	0.385
Na ₂ SO ₄		0.392	0.390	0.383		
NH ₄ Br			0.483	0.481		
NH ₄ Cl		0.492	0.492	0.492	0.489	
NH ₄ I			0.489		0.484	
RbBr			0.495		0.492	
RbCl			0.497		0.494	
RbI			0.498		0.497	
SrBr ₂			0.410		0.392	
SrCl ₂			0.412		0.400	
SrI ₂			0.416		0.393	

Referencias:

- 1) Creighton Henry, Principles and Applications of Electrochemistry, John-Wiley, Nueva York, 1943.
- 2) International Critical Tables of Numerical Data Physics, Chemistry and Technology, Mc Graw Hill Co, Nueva York, 1930.
- 3) M. Dole Malcon, Principios de Electroquímica Experimental y Teórica, Alhambra, Madrid, 1952.
- 4) Milazzo Giulio, Electrochemistry Theoretical Principles and Practical Application, Elsevier Publishing Co, U.S.A., 1963.

COEFICIENTE DE ACTIVIDAD

COEFICIENTE DE ACTIVIDAD

El Coeficiente de actividad es evaluado por calculos Fisicoquímicos, usualmente de datos de la F.E.M. de ciertas celdas o la disminución del punto de congelación de ciertas soluciones.

Este es un factor de correccion, que hace correctos los calculos Fisicoquímicos.

De la ecuación de Nernst:

$$EM^{+n}, M^0 = E^0_M + 0.0591/n \log C M^{+n}$$

Donde: La actividad aM^{+n} para solutos en disolución se define por la relación:

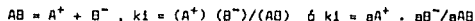
$$aM^{+n} = \gamma^{\pm} (M^{+n}) \quad \begin{array}{l} \gamma^{\pm} = \text{Coeficiente de actividad} \\ (M^{+n}) = \text{Concentración} \end{array}$$

Entonces:

$$EM^{+n}, M^0 = E^0_M + 0.0591/n \log (M^{+n})$$

Ahora bien los valores de los coeficientes de actividad pueden calcularse a partir de la fuerza iónica de la disolución, utilizando las ecuaciones de Debye-Hückel.

Si tenemos la siguiente disociación:



Entonces el coeficiente de actividad puede darse como:

$$\begin{array}{l} \gamma^+ \text{ ó } \gamma^- \\ \gamma^{\pm} \end{array} \quad \begin{array}{l} \gamma^{\pm} = \text{coeficiente de actividad iónico} \\ \gamma^{\pm} = \text{coeficiente de actividad medio} \end{array}$$

Donde:

$$a^+ = \gamma^+ (A^+) \quad \text{y} \quad a^- = \gamma^- (B^-) \quad \text{y} \quad \gamma^{\pm} = \sqrt{\gamma^+ \cdot \gamma^-}$$

Para soluciones diluidas el coeficiente de actividad puede calcularse mediante la siguiente expresión:

Ley límite de Debye-Hückel

$$\log \gamma_{\pm} = - 1.823 \times 10^6 \frac{Z_{\pm}^2}{(DT)^{1/2}} \sqrt{\mathcal{M}}$$

$$\log \gamma_{\pm} = - A Z_{\pm}^2 \sqrt{\mathcal{M}}$$

$$\log \gamma_{\pm} = - A Z_{\pm} Z_{\pm} \sqrt{\mathcal{M}}$$

$$A = 0.509 \text{ a } 25^{\circ}\text{C}$$

Donde:

$$\mathcal{M} = 1/2 \sum C_i Z_i^2 = \text{Fuerza iónica}$$

$$\sum C_i Z_i^2 = \text{Concentración iónica total}$$

Para soluciones concentradas

$$\log \gamma_{\pm} = - \frac{A Z_{\pm}^2 \sqrt{\mathcal{M}}}{1 + a B \sqrt{\mathcal{M}}}$$

$$\log \gamma_{\pm} = - \frac{A Z_{\pm} Z_{\pm} \sqrt{\mathcal{M}}}{1 + a B \sqrt{\mathcal{M}}}$$

Donde a 25°C

a = diametro iónico medio

$$a = 3 \text{ a } 4 \times 10^{-8}$$

$$A = 0.509$$

$$B = 0.33 \times 10^8$$

De modo que es válida la expresión:

$$\log \gamma_{\pm} = - \frac{A Z_{\pm} Z_{\pm} \sqrt{\mathcal{M}}}{1 + \sqrt{\mathcal{M}}}$$

Guggenheim y Schiudler

Ecuación de Hückel-Bronsted

$$\log \gamma_{\pm} = - \frac{A Z_{\pm} Z_{\pm} \sqrt{\mathcal{M}}}{1 + a B \sqrt{\mathcal{M}}} - C \mathcal{M}$$

o simplificando:

$$\log \gamma_{\pm} = - A Z_{\pm} Z_{\pm} \sqrt{\mathcal{M}} + C \mathcal{M}$$

Modificación de Davies:

$$\log \gamma_{\pm} = - 0.509 Z_{\pm}^2 \left(\frac{\sqrt{\mathcal{M}}}{1 + \sqrt{\mathcal{M}}} - 0.2 \mathcal{M} \right)$$

Ahora bien, en los coeficientes de actividad, hay que tener en cuenta el manual que se consulta, ya que al consultar un manual la tabla puede venir reportada en terminos de valor medio, o en terminos de coeficientes iónicos medios, etc.

En el Parsons (Handbook of electrochemical constants), viene reportada la tabla en función de: γ_{\pm} v.s. m ejm. Solución 0.001 m . de CuSO_4
 $\gamma_{\pm} = 0.74$, $a_{\pm} = \gamma_{\pm}^{\pm} (0.001)$

En el Lange (Handbook of chemistry and physics), 10 ed. , viene reportada la tabla en función de: γ_i v.s. $i \text{ Ci } 21^2$

ejm. para el Na^+ a una $f = 0.001$ $\gamma_i = 0.975$ $\text{Ci} = 0.001$

$0.001 = \text{Ci} (1)^2$, $\text{Ci} = 0.001$, para iones univalentes se cumple $f = \text{Ci}$
 para el Ba^{+2} a una $f = 0.001$ $\gamma_i = 0.903$ $\text{Ci} = 0.00025$

$0.001 = \text{Ci} (2)^2$, $\text{Ci} = 0.00025$, no se cumple $f \neq \text{Ci}$

para el Al^{+3} a una $f = 0.001$ $\gamma_i = 0.802$ $\text{Ci} = 0.00011$

$0.001 = \text{Ci} (3)^2$, $\text{Ci} = 0.00011$, no se cumple $f \neq \text{Ci}$

Nota: En esta tabla hay que tener cuidado, ya que el coeficiente de actividad no esta en función de la concentración, sino esta en función de la concentración iónica total.

Por lo que:

$$a_{\text{Na}^+} = 0.975 \times 0.001 = 0.000975$$

$$a_{\text{Ba}^{+2}} = 0.903 \times 0.00025 = 0.000225$$

$$a_{\text{Al}^{+3}} = 0.802 \times 0.00011 = 0.0000882$$

En el Lange (Handbook of chemistry and physics) 11 ed., viene reportada la tabla en función de: γ_i v.s. a^0

TABLA 10

COEFICIENTE DE ACTIVIDAD IONICO EN SOLUCION ACUOSA A 25°C (γ_i)

Iones inorganicos	$\nu^0(A^0)$	Concentración iónica total ($I = \sum_{i=1}^5 C_i Z_i^2$)							
		0.001	0.002	0.005	0.010	0.020	0.050	0.100	0.200
H ⁺	9.0	0.975	0.967	0.950	0.933	0.914	0.880	0.860	0.830
Li ⁺	6.0	0.975	0.965	0.948	0.929	0.907	0.870	0.835	0.800
Rb ⁺ , Cs ⁺ , NH ₄ ⁺ , Tl ⁺ , Ag ⁺	2.5	0.975	0.964	0.945	0.924	0.898	0.850	0.800	0.750
K ⁺ , Cl ⁻ , Br ⁻ , I ⁻ , CN ⁻ , NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻	3.0	0.975	0.964	0.945	0.925	0.899	0.850	0.805	0.755
OH ⁻ , F ⁻ , NCS ⁻ , NCO ⁻ , HS ⁻ , ClO ₃ ⁻ , ClO ₄ ⁻ , BrO ₃ ⁻ , IO ₄ ⁻ , MnO ₄ ⁻	3.5	0.975	0.964	0.946	0.926	0.900	0.855	0.810	0.760
Na ⁺ , CdCl ⁻ , ClO ₂ ⁻ , IO ₃ ⁻ , HCO ₃ ⁻ , H ₂ PO ₄ ⁻ , HSO ₃ ⁻ , (Co(NH ₃) ₄ (NO ₂) ₂) ⁺ , H ₂ AsO ₄ ⁻	4.0-4.5	0.975	0.964	0.947	0.928	0.902	0.860	0.820	0.775
Hg ₂ ²⁺ , SO ₄ ²⁻ , S ₂ O ₃ ²⁻ , S ₂ O ₈ ²⁻ , SeO ₄ ²⁻ , CrO ₄ ²⁻ , HPO ₄ ²⁻	4.0	0.903	0.867	0.803	0.740	0.660	0.545	0.445	0.355
Pb ²⁺ , CO ₃ ²⁻ , SO ₃ ²⁻ , MoO ₃ ²⁻ , (Co(NH ₃) ₅ Cl) ²⁺ , (Fe(CN) ₅ NO) ²⁻	4.5	0.903	0.868	0.805	0.742	0.665	0.550	0.455	0.377
Sr ²⁺ , Ba ²⁺ , Ra ²⁺ , Cd ²⁺ , Hg ²⁺ , S ²⁺ , S ₂ O ₄ ²⁻ , WO ₄ ²⁻	5.0	0.903	0.868	0.805	0.744	0.670	0.555	0.465	0.380
Ca ²⁺ , Cu ²⁺ , Zn ²⁺ , Sn ²⁺ , Mn ²⁺ , Fe ²⁺ , Ni ²⁺ , Co ²⁺	6.0	0.905	0.870	0.809	0.749	0.675	0.570	0.485	0.405
Mg ²⁺ , Be ²⁺	8.0	0.906	0.872	0.813	0.755	0.690	0.595	0.520	0.450
PO ₄ ³⁻ , (Fe(CN) ₆) ³⁻ , (Cr(NH ₃) ₆) ³⁺ , (Co(NH ₃) ₅ H ₂ O) ³⁺	4.0	0.796	0.725	0.612	0.505	0.395	0.250	0.160	0.095

$\sigma^0(A^0)$	Concentración iónica total ($\Gamma = \sum_{l=1}^5 \Gamma_l Z_l^2$)								
	0.001	0.002	0.005	0.010	0.020	0.050	0.100	0.200	0.400
iones inorgánicos									
$(Co(ED)_3)^{+3}$	6.0	0.798	0.731	0.620	0.520	0.415	0.280	0.195	0.130
$Al^{+3}, Fe^{+3}, Cr^{+3},$ $Sc^{+3}, V^{+3}, La^{+3},$ $In^{+3}, Ce^{+3}, Pr^{+3},$ Nd^{+3}, Sm^{+3}	9.0	0.802	0.738	0.632	0.540	0.445	0.325	0.245	0.180
$(Fe(CN)_6)^{-4}$	5.0	0.668	0.570	0.425	0.310	0.200	0.100	0.048	0.021
$(Co(S_2O_3)(CN)_5)^{-4}$	6.0	0.670	0.575	0.430	0.315	0.210	0.105	0.055	0.027
$Th^{+4}, Zr^{+4}, Ce^{+4},$ Sn^{+4}	11.0	0.678	0.588	0.455	0.350	0.255	0.155	0.100	0.065
$(Co(SO_3)_2(CN)_4)^{-5}$	9.0	0.542	0.430	0.280	0.180	0.105	0.045	0.020	0.009
iones orgánicas									
$HCOO^-, H_2Citrate^-,$ $CH_3NH_3^+,$ $(CH_3)_2NH_2^+$	3.5	0.975	0.964	0.946	0.926	0.900	0.855	0.810	0.760
$NH_3^+CH_2COOH,$ $(CH_3)_3NH^+,$ $C_2H_5NH_3^+$	4.0	0.975	0.964	0.947	0.927	0.901	0.855	0.815	0.770
$CH_3COO^-,$ $CH_2ClCOO^-,$ $(CH_3)_4N^+,$ $(C_2H_5)_2NH_2^+,$ $NH_2CH_2COO^+$	4.5	0.975	0.964	0.947	0.928	0.902	0.860	0.820	0.775
$CHCl_2COO^-,$ $CCl_3COO^-,$ $(C_2H_5)_3NH^+,$ $(C_3H_7)NH_3^+$	5.0	0.975	0.964	0.947	0.928	0.904	0.865	0.830	0.790
$C_6H_5COO^-,$ $C_6H_4OHCOO^-,$ $C_6H_4ClCOO^-,$ $C_6H_5CH_2COO^-,$ $CH_2=CHCH_2COO^-,$ $(CH_3)_2C=CHCOO^-,$ $(C_2H_5)_4N^+,$ $(C_3H_7)_2NH_2^+$	6.0	0.975	0.965	0.948	0.929	0.907	0.870	0.835	0.800

iones orgánicos	$a^0(A^0)$	Concentración iónica total ($\Gamma = \sum_{i=1}^5 C1Zi^2$)							
		0.001	0.002	0.005	0.010	0.020	0.050	0.100	0.200
$(OC_6H_2(NO_3)_3)^-$, $(C_3H_7)_3NH^+$, $CH_3OC_6H_4COO^-$	7.0	0.975	0.965	0.948	0.930	0.909	0.875	0.845	0.810
$(C_6H_5)_2CHCOO^-$, $(C_3H_7)_2N^+$	8.0	0.975	0.966	0.949	0.931	0.912	0.880	0.850	0.820
$(COO)_2^-$, H Citrato ⁻²	4.5	0.903	0.867	0.804	0.741	0.662	0.550	0.450	0.360
$H_2C(COO)_2^-$, $(CH_2COO)_2^-$, $(CHOHC(OO)_2)^-$	5.0	0.903	0.868	0.805	0.741	0.670	0.555	0.465	0.380
$C_6H_4(COO)_2^-$, $H_2C(CH_2COO)_2^-$, $(CH_2CH_2COO)_2^-$...	6.0	0.905	0.870	0.809	0.749	0.675	0.570	0.485	0.405
$(OOC(CH_2)_2COO)^-$, $(OOC(CH_2)_6COO)^-$, rojo congo- enión ⁻²	7.0	0.906	0.872	0.812	0.755	0.685	0.580	0.500	0.425
Citrato ⁻³	5.0	0.796	0.728	0.616	0.510	0.405	0.270	0.180	0.115

Referencias:

- 1) Journal American Society, Vol. 59, Pag. 1677, 1937, U.S.A.
- 2) Norbert Adolph Lange, Handbook of Chemistry, 10 ed.,
Mc Graw Hill Co, U.S.A., 1967.

TABLA 11

COEFICIENTE DE ACTIVIDAD MEDIO PARA SOLUCIONES ACUOSAS DE SALES DE ACIDOS ORGANICOS A 25°C (δ^{\pm})

Molealidad	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800
sal								
CaOOCCH_3	0.799	0.771	0.761	0.759	0.762	0.768	0.776	0.783
KOOCH_3	0.796	0.766	0.754	0.750	0.751	0.754	0.759	0.766
K Toluen sulfonato	0.762	0.702	0.662	0.632	0.605	0.582	0.560	0.541
$\text{KOOCCH}_2\text{COOH}$	0.759	0.702	0.665	0.634	0.610	0.580	0.570	0.544
$\text{KOOC}(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	0.762	0.705	0.668	0.640	0.619	0.602	0.588	0.575
$\text{KOOC}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	0.772	0.724	0.693	0.669	0.654	0.642	0.631	0.622
LiOOCCH_3	0.784	0.742	0.721	0.709	0.700	0.691	0.689	0.688
Li Toluen sulfonato	0.772	0.723	0.695	0.674	0.659	0.647	0.638	0.630
NaOOCCH_3	0.778	0.734	0.710	0.696	0.685	0.676	0.671	0.667
$\text{NaOOCCH}_2\text{CH}_3$	0.791	0.757	0.744	0.737	0.735	0.736	0.740	0.745
$\text{NaOOCCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	0.800	0.772	0.763	0.762	0.764	0.769	0.777	0.787
$\text{NaOOC}(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$	0.800	0.774	0.769	0.774	0.782	0.795	0.812	0.830
$\text{NaOOC}(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$	0.800	0.776	0.771	0.780	0.790	0.805	0.817	0.835
$\text{NaOOC}(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$	0.803	0.749	0.775	0.783	0.794	0.810	0.826	0.841
$\text{NaOOC}(\text{CH}_2)_5\text{CH}_3$	0.803	0.780	0.777	0.780	0.783	0.781	0.775	0.754
$\text{NaOOC}(\text{CH}_2)_6\text{CH}_3$					0.693	0.621	0.553	0.491
$\text{NaOOC}(\text{CH}_2)_7\text{CH}_3$					0.390	0.335	0.295	0.264
$\text{NaOOC}(\text{CH}_2)_8\text{CH}_3$					0.285	0.244	0.212	0.184
Na Toluen sulfonato	0.765	0.709	0.674	0.648	0.627	0.609	0.593	0.579
$\text{NaOOCCH}_2(\text{Cl}_a)$	0.430	0.354	0.314	0.289	0.272	0.262	0.250	0.243
$\text{NaOOCCH}_2(\text{Trans})$	0.465	0.402	0.369	0.348	0.335	0.328	0.323	0.320
$\text{NaOOCCH}_2\text{COOH}$	0.764	0.709	0.674	0.647	0.626	0.609	0.595	0.587
$\text{NaOOC}(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	0.765	0.712	0.677	0.653	0.635	0.618	0.607	0.596
$\text{NaOOC}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	0.776	0.730	0.703	0.683	0.670	0.658	0.650	
RbOOCCH_3	0.796	0.767	0.756	0.753	0.755	0.759	0.766	0.773
TlOOCCH_3	0.750	0.686	0.644	0.614	0.589	0.570	0.553	0.539

Molalidad	0.900	1.000	1.200	1.400	1.500	1.600	1.800
sal							
CaOOCCH ₃	0.792	0.802	0.826	0.835		0.883	0.916
KOOCCH ₃	0.774	0.783	0.803	0.827		0.854	0.881
K Toluen sulfonato	0.523	0.506	0.478	0.448		0.424	0.404
KOOCCH ₂ COOH	0.541	0.528	0.507	0.488	0.480	0.472	0.460
KOOC(CH ₂) ₂ COOH	0.564	0.553	0.536	0.521	0.516	0.510	0.501
KOOC(CH ₂) ₄ COOH	0.615	0.609					
LiOOCCH ₃	0.688	0.689	0.693	0.700		0.709	0.719
Li Toluen sulfonato	0.623	0.617	0.605	0.595		0.586	0.575
NaOOCCH	0.664	0.661	0.658	0.657	0.656	0.656	0.657
NaOOCCH ₃	0.752	0.757	0.769	0.789		0.809	0.829
NaOOCCH ₂ CH ₃	0.797	0.808	0.833	0.864	0.880	0.897	0.932
NaOOC(CH ₂) ₂ CH ₃	0.848	0.868	0.908	0.952	0.973	0.992	1.036
NaOOC(CH ₂) ₃ CH ₃	0.852	0.868	0.907	0.945	0.963	0.984	1.012
NaOOC(CH ₂) ₄ CH ₃	0.861	0.858	0.865	0.855	0.845	0.830	0.799
NaOOC(CH ₂) ₅ CH ₃	0.700	0.650	0.562	0.512	0.491	0.468	0.430
NaOOC(CH ₂) ₆ CH ₃	0.434	0.401	0.349	0.309		0.279	0.253
NaOOC(CH ₂) ₇ CH ₃	0.239	0.219	0.189	0.168		0.152	0.140
NaOOC(CH ₂) ₈ CH ₃	0.169	0.147	0.120	0.107		0.097	0.089
Na Toluen sulfonato	0.566	0.554	0.532	0.511		0.493	0.476
NaOOCCH ₂ (Cis)	0.236	0.231	0.224	0.219		0.216	0.214
NaOOCCH ₂ (Trans)	0.319	0.319	0.320	0.323		0.330	0.336
NaOOCCH ₂ COOH	0.572	0.563	0.546	0.533	0.528	0.523	0.514
NaOOC(CH ₂) ₂ COOH	0.586	0.579	0.565	0.556	0.552	0.548	0.543
RbOOCCH ₃	0.782	0.792	0.815	0.840		0.869	0.900
TiOOCCH ₃	0.526	0.515	0.496	0.480		0.466	0.454

Molalidad	2.000	2.500	3.000	3.500	4.000	4.500	5.000
sal							
CaOOCCH_3	0.950	1.041	1.145	1.263			
KOOCCH_3	0.910	0.995	1.086	1.181			
K Toluen sulfonato	0.386	0.347	0.317	0.292			
$\text{KOOCCH}_2\text{COOH}$	0.450	0.427	0.408	0.392	0.377	0.365	0.353
$\text{KOOC}(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	0.493	0.478	0.468	0.463	0.457	0.453	
LiOOCCH_3	0.729	0.762	0.798	0.837	0.877		
Li Toluen sulfonato	0.568	0.568	0.556	0.559	0.566	0.575	
NaOOCCH_3	0.658	0.667	0.678	0.691			
$\text{NaOOCCH}_2\text{CH}_3$	0.851	0.914	0.982	1.057			
$\text{NaOOCCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	0.966	1.061	1.160				
$\text{NaOOC}(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$	1.083	1.182	1.278	1.368			
$\text{NaOOC}(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$	1.030	1.027	0.982	0.901			
$\text{NaOOC}(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$	0.763	0.673	0.612	0.576	0.556	0.542	
$\text{NaOOC}(\text{CH}_2)_5\text{CH}_3$	0.398	0.340	0.306	0.284	0.267	0.255	0.245
$\text{NaOOC}(\text{CH}_2)_6\text{CH}_3$	0.236	0.206	0.185				
Na Toluen sulfonato	0.460	0.427	0.402	0.383	0.368		
$\text{NaOOCCH}_2(\text{Cl})_1$	0.213	0.215	0.220				
$\text{NaOOCCH}_2(\text{Irena})$	0.343						
$\text{NaOOCCH}_2\text{COOH}$	0.507	0.490	0.477	0.467	0.458	0.451	0.445
$\text{NaOOC}(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	0.538	0.529	0.526	0.524	0.525	0.528	0.534
RbOOCCH_3	0.933	1.023	1.126	1.240			
TlOOCCH_3	0.444	0.422	0.405	0.389	0.376	0.364	0.354

Referencias:

- 1) B.E. Conway, Electrochemical Data, Elsevier Publishing Co, Londres, 1952.
- 2) Louis Meites, Handbook of Analytical Chemistry, Mc Graw Hill Co, U.S.A., 1963.
- 3) Parsons, Handbook of Electrochemical Constants, Butterworths, U.S.A., 1959.

TABLA 12

COEFICIENTE DE ACTIVIDAD MEDIO DE ELECTROLITOS INORGANICOS A 25°C (γ_{\pm})

Molalidad sol	0.001	0.002	0.005	0.010	0.020	0.050	0.100	0.200
AgClO ₃				0.904			0.767	
AgNO ₃			0.925	0.897	0.860	0.793	0.734	0.657
AlCl ₃						0.447	0.337	0.305
Al(ClO ₃) ₃	0.780	0.720	0.620	0.530	0.450	0.350	0.300	0.270
Al(NO ₃) ₃							0.204	0.157
Al ₂ (SO ₄) ₃							0.035	0.023
BaBr ₂			0.800	0.740		0.594	0.513	0.465
BaCl ₂	0.881	0.840	0.774	0.716	0.651	0.564	0.500	0.444
Ba(ClO ₄) ₂							0.524	0.481
BaI ₂							0.542	0.509
Ba(IO ₃) ₂	0.830	0.790	0.710	0.640	0.550			
Ba(NO ₃) ₂	0.882	0.842	0.772	0.705	0.629	0.517	0.428	0.342
Ba(OH) ₂		0.853	0.773	0.712	0.627	0.526	0.443	0.370
BaSO ₄							0.150	0.109
CaBr ₂							0.532	0.492
CaCl ₂	0.899	0.852	0.789	0.731	0.668	0.583	0.518	0.472
Ca(ClO ₄) ₂							0.557	0.532
Ca(HCO ₃) ₂	0.960	0.940	0.910	0.880	0.830			
CaI ₂							0.560	0.531
Ca(NO ₃) ₂	0.880	0.840	0.770	0.710	0.640	0.545	0.485	0.426
CaS ₂ O ₃	0.754	0.674	0.540	0.446	0.364	0.267	0.208	0.163
CdBr ₂	0.787	0.699	0.570	0.460	0.370	0.279	0.190	0.142
CdCl ₂	0.819	0.743	0.623	0.524	0.456	0.304	0.228	0.164
CdI ₂			0.490	0.379	0.281	0.167	0.106	0.069
Cd(NO ₃) ₂							0.513	0.464
CdSO ₄	0.726	0.639	0.505	0.399	0.307	0.206	0.150	0.102
CeCl ₃	0.788	0.726	0.632	0.553	0.478	0.388	0.309	0.273
Ce ₂ (SO ₄) ₃				0.171	0.112	0.063	0.041	
CoBr ₂							0.546	0.513
CoCl ₂							0.522	0.479
CoI ₂							0.580	0.560
Co(NO ₃) ₂							0.518	0.471
CrCl ₃							0.331	0.298

Molalities	0.001	0.002	0.005	0.010	0.020	0.050	0.100	0.200
sal								
Cr(NO ₃) ₃							0.319	0.285
Cr ₂ (SO ₄) ₃							0.046	0.030
CsBr							0.754	0.694
CsCl			0.920	0.900	0.860	0.809	0.756	0.694
CsF	0.980	0.970	0.960	0.950	0.940	0.910	0.890	0.870
CsI							0.754	0.694
CsNO ₃			0.920	0.890	0.850	0.780	0.733	0.655
CsOH				0.925	0.879	0.831	0.795	0.761
Cs ₂ SO ₄							0.456	0.382
CuCl ₂	0.888	0.849	0.783	0.723	0.659	0.577	0.508	0.455
Cu(NO ₃) ₂							0.511	0.460
CuSO ₄	0.740		0.573	0.438	0.317	0.217	0.154	0.104
ErBr ₃	0.789	0.727	0.634	0.557	0.482	0.393		
ErCl ₃	0.788	0.725	0.631	0.551	0.476	0.385		
EuCl ₃	0.787	0.725	0.630	0.550	0.473	0.383	0.318	0.282
FeCl ₂							0.518	0.473
GdBr ₃	0.788	0.726	0.632	0.553	0.478	0.387		
GdCl ₃	0.787	0.725	0.631	0.551	0.474	0.384		
HBr	0.966		0.930	0.906	0.879	0.838	0.805	0.782
HCl	0.965	0.952	0.928	0.904	0.875	0.830	0.796	0.767
HClO ₄							0.803	0.778
HF	0.544		0.300	0.224		0.106	0.077	
HI							0.818	0.807
HIO ₃	0.960	0.940	0.910	0.860	0.800	0.690	0.580	0.460
HNO ₃	0.965	0.951	0.927	0.902	0.871	0.823	0.791	0.754
H ₂ SO ₄	0.830	0.757	0.639	0.544	0.453	0.340	0.265	0.209
H ₂ SeO ₄			0.574	0.492	0.408	0.312	0.255	
HobBr ₃	0.792	0.731	0.642	0.566	0.496	0.409		
In ₂ (SO ₄) ₃				0.142	0.095	0.054	0.035	0.022
KBr	0.965	0.952	0.927	0.903	0.872	0.822	0.772	0.722
KBrO ₃							0.745	0.674
KCNs							0.769	0.716
K ₂ CO ₃	0.892	0.858	0.807	0.745	0.678	0.576	0.497	0.430
KCl	0.965	0.952	0.927	0.902	0.869	0.816	0.770	0.718
KClO ₃	0.967	0.955	0.932	0.907	0.875	0.813	0.749	0.681
KClO ₄	0.965	0.951	0.924	0.895	0.857			

Molecular sal	0.001	0.002	0.005	0.010	0.020	0.050	0.100	0.200
K_2CrO_4							0.456	0.382
KF							0.775	0.727
$K_3Fe(CN)_6$							0.268	0.212
$K_4Fe(CN)_6$							0.139	0.100
KH_2PO_4							0.731	0.653
KI	0.952		0.928	0.903	0.872	0.820	0.778	0.733
KNO_3	0.965	0.951	0.926	0.898	0.862	0.799	0.739	0.663
KOH				0.920	0.890	0.824	0.798	0.760
K_2SO_4	0.885		0.777	0.711	0.638	0.525	0.441	0.360
$LaBr_3$	0.790	0.729	0.639	0.562	0.490	0.402		
$LaCl_3$	0.790	0.729	0.636	0.560	0.483	0.388	0.314	0.274
$La(NO_3)_3$				0.570	0.490	0.390	0.330	0.270
$LiBr$	0.966	0.954	0.932	0.909	0.882	0.842	0.796	0.766
$LiCl$	0.963	0.948	0.921	0.895	0.865	0.819	0.790	0.757
$LiClO_3$	0.967	0.955	0.933	0.911	0.884	0.842	0.810	0.782
$LiClO_4$							0.812	0.794
LiI							0.815	0.802
$LiNO_3$	0.966	0.953	0.930	0.904	0.878	0.834	0.788	0.752
$LiOH$						0.803	0.760	0.702
Li_2SO_4							0.468	0.398
$MgBr_2$							0.550	0.519
$MgCl_2$							0.529	0.489
$Mg(ClO_4)_2$							0.590	0.578
MgI_2							0.580	0.558
$Mg(NO_3)_2$	0.882	0.838	0.771	0.712	0.642	0.554	0.523	0.481
$MgSO_4$							0.150	0.100
$MnCl_2$							0.516	0.469
$MnSO_4$							0.150	0.106
NH_4Br	0.964	0.949	0.901	0.870	0.830	0.780	0.730	0.680
NH_4Cl			0.924	0.896	0.862	0.808	0.770	0.718
NH_4I	0.962	0.946	0.917	0.890	0.860	0.800	0.760	0.710
NH_4NO_3			0.925	0.897	0.860	0.799	0.740	0.677
$(NH_4)_2SO_4$	0.874	0.821	0.726	0.670	0.590	0.480	0.400	0.320
$NaBr$	0.970	0.960	0.940	0.910	0.890	0.850	0.782	0.741
$NaBrO_3$	0.967	0.956	0.934	0.911	0.880	0.826	0.758	0.696
$NaCNS$							0.787	0.750

Halalidada	0.001	0.002	0.005	0.010	0.020	0.050	0.100	0.200
aal								
NaCl	0.965	0.952	0.928	0.903	0.872	0.822	0.778	0.735
NaClO ₃	0.965	0.953	0.928	0.904	0.873	0.822	0.775	0.720
NaClO ₄							0.775	0.729
Na ₂ CrO ₄							0.464	0.394
NaF							0.765	0.710
NaH ₂ PO ₄							0.744	0.675
NaI							0.787	0.751
NaIO ₃			0.924	0.895	0.856	0.784	0.714	
NaNO ₃	0.966	0.953	0.929	0.905	0.873	0.821	0.762	0.703
NaOH				0.905	0.871	0.818	0.766	0.727
Na ₂ SO ₄	0.887	0.847	0.778	0.714	0.642	0.536	0.445	0.365
Na ₂ S ₂ O ₃							0.457	0.382
NdBr ₃	0.790	0.728	0.637	0.560	0.487	0.398		
NdCl ₃	0.789	0.727	0.634	0.557	0.481	0.393	0.310	0.272
NiCl ₂							0.522	0.479
NiSO ₄							0.150	0.105
PbBr ₂		0.794	0.687	0.581				
PbCl ₂	0.859	0.803	0.704	0.612	0.497			
Pb(ClO ₄) ₂							0.525	0.483
Pb(NO ₃) ₂	0.880	0.840	0.760	0.690	0.600	0.460	0.370	0.270
PrBr ₃	0.790	0.729	0.637	0.560	0.488	0.399		
PrCl ₃	0.788	0.726	0.632	0.553	0.477	0.387	0.311	0.273
RbBr							0.763	0.706
RbCl			0.927	0.903	0.870	0.816	0.764	0.709
RbI							0.762	0.705
RbNO ₃							0.734	0.658
Rb ₂ SO ₄							0.451	0.374
SeCl ₃							0.320	0.288
SmCl ₃	0.787	0.725	0.631	0.551	0.474	0.384	0.314	0.278
SnCl ₂	0.809	0.716	0.624	0.512	0.398	0.283	0.233	
SrBr ₂							0.526	0.483
SrCl ₂	0.900	0.870	0.810	0.760	0.700	0.620	0.511	0.462
SrI ₂							0.533	0.520
Sr(NO ₃) ₂							0.478	0.410
TlCl	0.962	0.946		0.876				
TlClO ₄							0.730	0.652

Molecularidad	0.001	0.002	0.005	0.010	0.020	0.050	0.100	0.200
sal								
TiNO ₃							0.702	0.606
Th(NO ₃) ₄							0.279	0.225
UO ₂ Cl ₂							0.544	0.510
UO ₂ (ClO ₄) ₂							0.626	0.634
UO ₂ (NO ₃) ₂							0.551	0.520
UO ₂ SO ₄							0.150	0.102
YCl ₃	0.788	0.725	0.631	0.551	0.476	0.385	0.314	0.278
ZnBr ₂					0.685	0.605	0.547	0.510
ZnCl ₂	0.880	0.840	0.770	0.710	0.640	0.560	0.515	0.462
Zn(ClO ₄) ₂							0.581	0.564
ZnI ₂		0.851	0.799	0.746	0.690	0.621	0.581	0.559
Zn(NO ₃) ₂							0.531	0.489
ZnSO ₄	0.700	0.608	0.477	0.387	0.298	0.202	0.150	0.104

Molecular Weight	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900	1.000
AgNO ₃	0.606	0.567	0.536	0.509	0.485	0.464	0.446	0.429
AlCl ₃	0.302	0.313	0.331	0.356	0.388	0.429	0.479	0.539
Al(ClO ₃) ₃			0.260		0.290			
Al(NO ₃) ₃		0.140		0.148				0.190
Al ₂ (SO ₄) ₃	0.018	0.015	0.014	0.014	0.014	0.015	0.016	0.018
BaBr ₂	0.446	0.437	0.435	0.438	0.442	0.448	0.458	0.469
BaCl ₂	0.419	0.405	0.397	0.391	0.391	0.391	0.392	0.395
Ba(ClO ₄) ₂	0.464	0.459	0.462	0.469	0.477	0.487	0.500	0.513
BaI ₂	0.502	0.510	0.523	0.540	0.562	0.587	0.617	0.649
Ba(NO ₃) ₂	0.293	0.260						
Ba(OH) ₂		0.229	0.358					
BaSO ₄	0.089	0.079	0.069	0.064	0.060	0.057	0.055	0.053
CeBr ₂	0.402	0.483	0.491	0.505	0.522	0.543	0.568	0.597
CeCl ₂	0.455	0.448	0.448	0.453	0.460	0.470	0.484	0.500
Ce(ClO ₄) ₂	0.532	0.544	0.564	0.589	0.618	0.654	0.695	0.748
CeI ₂	0.531	0.543	0.561	0.584	0.614	0.650	0.692	0.741
Ce(NO ₃) ₂	0.395	0.376	0.363	0.354	0.347	0.342	0.338	0.336
CeS ₂ O ₃			0.122					0.111
CdBr ₂	0.105	0.089	0.078	0.070	0.064	0.059	0.052	0.047
CdCl ₂	0.133	0.114	0.101	0.090	0.083	0.076	0.071	0.070
CdI ₂	0.052	0.043	0.038	0.034	0.031	0.028	0.027	0.025
Cd(NO ₃) ₂	0.442	0.430	0.425	0.423	0.423	0.425	0.428	0.433
CdSO ₄	0.082	0.069	0.061	0.055	0.050	0.046	0.043	0.041
CeCl ₃	0.261	0.260	0.264	0.272	0.286	0.302	0.320	0.342
CoBr ₂	0.509	0.517	0.532	0.554	0.580	0.612	0.648	0.690
CoCl ₂	0.463	0.459	0.462	0.470	0.479	0.492	0.511	0.531
CoI ₂	0.570	0.590	0.620	0.660	0.710	0.770	0.840	0.910
Co(NO ₃) ₂	0.452	0.445	0.445	0.448	0.455	0.465	0.477	0.490
CrCl ₃	0.294	0.300	0.314	0.335	0.362	0.397	0.436	0.481
Cr(NO ₃) ₃	0.279	0.281	0.291	0.304	0.322	0.344	0.371	0.401
Cr ₂ (SO ₄) ₃	0.024	0.021	0.019	0.018	0.018	0.018	0.019	0.021
CeBr	0.654	0.626	0.603	0.586	0.571	0.558	0.547	0.538
CeCl	0.656	0.628	0.606	0.589	0.575	0.563	0.553	0.544
CeF			0.850					0.870
CeI	0.656	0.628	0.599	0.581	0.567	0.554	0.543	0.533
CeNO ₃	0.602	0.561	0.528	0.501	0.478	0.458	0.439	0.422

Molecularidad	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900	1.000
sal								
CaOH	0.744	0.739	0.739	0.742	0.748	0.754	0.762	0.772
Ca ₂ SO ₄	0.338	0.311	0.291	0.274	0.262	0.251	0.242	0.235
CuCl ₂	0.429	0.417	0.411	0.409	0.409	0.410	0.413	0.417
Cu(NO ₃) ₂	0.439	0.429	0.426	0.427	0.431	0.437	0.445	0.455
CuSO ₄	0.083	0.071	0.062	0.056	0.052	0.048	0.045	0.043
EuCl ₃	0.270	0.270	0.276	0.286	0.303	0.322	0.345	0.371
FeCl ₂	0.454	0.448	0.450	0.454	0.463	0.473	0.488	0.506
HBr	0.777	0.781	0.789	0.801	0.815	0.832	0.850	0.871
HCl	0.756	0.755	0.757	0.763	0.772	0.783	0.795	0.809
HClO ₄	0.768	0.766	0.769	0.776	0.785	0.795	0.808	0.823
HF	0.044		0.031					0.024
HI	0.811	0.823	0.839	0.860	0.883	0.908	0.935	0.963
HIO ₃			0.290					0.190
HNO ₃	0.735	0.725	0.720	0.717	0.717	0.718	0.721	0.724
H ₂ SO ₄	0.183	0.167	0.156	0.148	0.142	0.138	0.134	0.132
In ₂ (SO ₄) ₃	0.017	0.015						
KBr	0.693	0.673	0.657	0.646	0.636	0.629	0.622	0.617
KBrO ₃	0.625	0.585	0.552					
KCN5	0.685	0.663	0.646	0.633	0.623	0.614	0.606	0.599
K ₂ CO ₃			0.357					0.327
KCl	0.688	0.666	0.649	0.637	0.626	0.618	0.610	0.604
KClO ₃	0.635	0.599	0.568	0.541	0.518			
K ₂ CrO ₄	0.340	0.313	0.292	0.276	0.263	0.253	0.243	0.235
KF	0.700	0.682	0.670	0.661	0.654	0.650	0.646	0.645
K ₃ Fe(CN) ₆	0.184	0.167	0.155	0.146	0.140	0.135	0.131	0.128
K ₄ Fe(CN) ₆	0.081	0.070	0.062	0.056	0.052	0.048	0.046	
KH ₂ PO ₄	0.602	0.561	0.529	0.501	0.477	0.456	0.438	0.421
KI	0.707	0.689	0.676	0.667	0.660	0.654	0.649	0.645
KNO ₃	0.614	0.576	0.545	0.519	0.496	0.476	0.459	0.443
KOH	0.742	0.734	0.732	0.733	0.736	0.742	0.749	0.756
K ₂ SO ₄	0.316	0.286	0.264	0.246	0.232			
LaCl ₃	0.263	0.261	0.266	0.274	0.285	0.302	0.321	0.342
LiBr	0.756	0.752	0.753	0.758	0.767	0.777	0.789	0.803
LiCl	0.744	0.740	0.739	0.743	0.748	0.755	0.764	0.774
LiClO ₃			0.770					0.810
LiClO ₄	0.792	0.798	0.808	0.820	0.834	0.852	0.869	0.887
LiI	0.804	0.813	0.824	0.838	0.852	0.870	0.888	0.910

Molalided sal	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900	1.000
LiNO ₃	0.736	0.728	0.726	0.727	0.729	0.733	0.737	0.743
LiOH	0.665	0.638	0.617	0.599	0.585	0.573	0.563	0.554
Li ₂ SO ₄	0.361	0.337	0.319	0.307	0.297	0.289	0.282	0.277
MgBr ₂	0.518	0.527	0.545	0.571	0.599	0.635	0.677	0.723
MgCl ₂	0.477	0.475	0.481	0.491	0.506	0.522	0.544	0.570
Mg(ClO ₄) ₂	0.589	0.613	0.647	0.688	0.739	0.798	0.868	0.946
MgI ₂	0.567	0.584	0.614	0.653	0.698	0.753	0.817	0.892
Mg(NO ₃) ₂	0.468	0.456	0.470	0.479	0.489	0.502	0.519	0.537
MgSO ₄	0.088	0.076	0.068	0.062	0.057	0.054	0.051	0.049
MnCl ₂	0.450	0.442	0.440	0.443	0.448	0.455	0.466	0.479
MnSO ₄	0.085	0.073	0.064	0.058	0.053	0.049	0.046	0.044
NH ₄ Br			0.620	0.570				
NH ₄ Cl	0.867	0.665	0.649	0.636	0.625	0.617	0.609	0.603
NH ₄ I			0.650					0.600
NH ₄ NO ₃	0.636	0.606	0.582	0.562	0.545	0.530	0.516	0.504
(NH ₄) ₂ SO ₄			0.220					0.160
NaBr	0.719	0.704	0.697	0.692	0.689	0.687	0.687	0.687
NaBrO ₃	0.657	0.628	0.605	0.585	0.569	0.554	0.541	0.528
NaCNS	0.731	0.720	0.715	0.712	0.710	0.710	0.711	0.712
NaCl	0.710	0.693	0.681	0.673	0.667	0.662	0.659	0.657
NaClO ₃	0.688	0.664	0.645	0.630	0.617	0.606	0.597	0.589
NaClO ₄	0.701	0.683	0.668	0.656	0.648	0.641	0.635	0.629
Na ₂ CrO ₄	0.353	0.327	0.307	0.292	0.280	0.269	0.261	0.253
NaF	0.676	0.651	0.632	0.616	0.603	0.592	0.582	0.573
NaH ₂ PO ₄	0.629	0.593	0.563	0.539	0.517	0.499	0.483	0.468
NaI	0.735	0.727	0.723	0.723	0.724	0.727	0.731	0.736
NaNO ₃	0.666	0.638	0.617	0.599	0.583	0.570	0.558	0.548
NaOH	0.708	0.697	0.690	0.685	0.681	0.679	0.678	0.678
Na ₂ SO ₄	0.320	0.289	0.266	0.248	0.233	0.221	0.210	0.201
Na ₂ S ₂ O ₃	0.340	0.313	0.292	0.276	0.262	0.251	0.242	0.234
NdCl ₃	0.261	0.259	0.264	0.272	0.284	0.301	0.321	0.344
NiCl ₂	0.463	0.460	0.464	0.471	0.482	0.496	0.515	0.536
NiSO ₄	0.084	0.071	0.063	0.056	0.052	0.047	0.044	0.042
Pb(ClO ₄) ₂	0.467	0.462	0.465	0.471	0.479	0.491	0.506	0.523
Pb(NO ₃) ₂	0.267	0.234	0.210	0.192	0.176	0.164	0.154	0.145
PrCl ₃	0.260	0.258	0.262	0.268	0.281	0.297	0.316	0.339

Molalidad	0.300	0.400	0.500	0.600	0.700	0.800	0.900	1.000
sal								
RbBr	0.673	0.650	0.632	0.617	0.605	0.595	0.586	0.578
RbCl	0.675	0.652	0.634	0.620	0.608	0.599	0.590	0.583
RbI	0.671	0.647	0.629	0.614	0.602	0.591	0.583	0.575
RbNO ₃	0.606	0.565	0.534	0.508	0.485	0.465	0.446	0.430
Rb ₂ SO ₄	0.331	0.301	0.279	0.263	0.249	0.238	0.228	0.219
SeCl ₃	0.282	0.287	0.298	0.316	0.339	0.369	0.405	0.443
SmCl ₃	0.267	0.266	0.271	0.280	0.296	0.314	0.336	0.362
SrBr ₂	0.468	0.465	0.467	0.473	0.484	0.497	0.515	0.535
SrCl ₂	0.442	0.433	0.430	0.431	0.434	0.441	0.449	0.461
SrI ₂	0.517	0.524	0.536	0.555	0.578	0.608	0.642	0.680
Sr(NO ₃) ₂	0.373	0.348	0.329	0.314	0.302	0.292	0.283	0.275
TiClO ₄	0.599	0.599	0.527					
TiNO ₃	0.545	0.500						
Th(NO ₃) ₄	0.203	0.192	0.189	0.188	0.191	0.195	0.201	0.207
UO ₂ Cl ₂	0.520	0.505	0.517	0.532	0.549	0.571	0.595	0.620
UO ₂ (ClO ₄) ₂	0.669	0.723	0.790	0.871	0.969	1.087	1.226	1.390
UO ₂ (NO ₃) ₂	0.518	0.526	0.542	0.563	0.587	0.617	0.651	0.689
UO ₂ SO ₄	0.081	0.069	0.061	0.057	0.051	0.048	0.046	0.044
YCl ₃	0.269	0.271	0.278	0.291	0.307	0.329	0.355	0.385
ZnBr ₂	0.502	0.504	0.511	0.519	0.528	0.537	0.547	0.552
ZnCl ₂	0.432	0.411	0.394	0.380	0.369	0.357	0.348	0.339
Zn(ClO ₄) ₂	0.573	0.596	0.629	0.670	0.720	0.780	0.850	0.929
ZnI ₂	0.564	0.582	0.610	0.645	0.683	0.724	0.762	0.800
Zn(NO ₃) ₂	0.474	0.469	0.473	0.480	0.489	0.501	0.518	0.535
ZnSO ₄	0.083	0.071	0.063	0.057	0.052	0.048	0.046	0.043

Molecularidad	1.200	1.400	1.600	1.800	2.000	2.500	3.000
sal							
AgNO ₃	0.399	0.374	0.352	0.333	0.316	0.280	0.252
AlCl ₃	0.701	0.936	1.284	1.819			
Al(NO ₃) ₃					0.450		1.020
BaBr ₂	0.496	0.529	0.566	0.609	0.656		
BaCl ₂	0.405	0.419	0.433	0.499			
Ba(ClO ₄) ₂	0.545	0.581	0.622	0.674	0.718	0.868	1.047
BaI ₂	0.724	0.814	0.924	1.055	1.221		
BeSO ₄	0.051	0.049	0.049	0.049	0.050	0.054	0.061
CaBr ₂	0.665	0.747	0.848	0.970	1.121	1.657	2.540
CaCl ₂	0.539	0.587	0.644	0.712	0.792	1.063	1.483
Ca(ClO ₄) ₂	0.853	0.982	1.161	1.372	1.634	2.620	4.210
CaI ₂	0.852	0.992	1.161	1.375	1.640		
Ca(NO ₃) ₂	0.335	0.335	0.337	0.340	0.345	0.360	0.380
CdBr ₂	0.047	0.043	0.042	0.038	0.036	0.033	0.030
CdCl ₂	0.060	0.055	0.050	0.047	0.044	0.038	0.035
CdI ₂	0.023	0.021	0.020	0.019	0.018	0.017	
Cd(NO ₃) ₂	0.446	0.460	0.478	0.495	0.515	0.057	
CdSO ₄	0.038	0.035	0.034	0.032	0.032	0.032	0.033
CeCl ₃	0.395	0.469	0.559	0.684	0.847		
CeBr ₂	0.789	0.914	1.069	1.255	1.478	2.250	3.420
CeCl ₂	0.578	0.634	0.699	0.773	0.860	1.120	1.458
CeI ₂	1.090	1.310	1.590	1.950	2.400	4.400	7.700
Ce(NO ₃) ₂	0.523	0.563	0.609	0.664	0.726	0.920	1.182
CrCl ₃	0.584						
Cr(NO ₃) ₃	0.474	0.565					
Cr ₂ (SO ₄) ₃	0.025						
CeBr	0.523	0.510	0.500	0.493	0.486	0.474	0.465
CaCl	0.529	0.518	0.509	0.501	0.495	0.485	0.479
CaI	0.516	0.501	0.489	0.479	0.470	0.450	0.434
CaNO ₃	0.393	0.368					
Ce ₂ SO ₄	0.222	0.214	0.207	0.201			
CuCl ₂	0.425	0.434	0.444	0.455	0.466	0.494	0.520
Cu(NO ₃) ₂	0.478	0.503	0.533	0.569	0.609	0.727	0.903
CuSO ₄	0.039	0.037					
EuCl ₃	0.436	0.525	0.641	0.792	0.995		
FeCl ₂	0.547	0.596	0.653	0.719	0.794		

Molalidad	1.200	1.400	1.600	1.800	2.000	2.500	3.000
sal							
HBr					1.183		1.693
HCl	0.840	0.876	0.916	0.960	1.009	1.147	1.316
HClO ₄	0.858	0.900	0.947	0.998	1.055	1.227	1.448
HI	1.027	1.098	1.175	1.260	1.356	1.641	2.015
HIO ₃					0.100		0.060
HNO ₃	0.734	0.745	0.758	0.775	0.793	0.846	0.909
H ₂ SO ₄	0.128	0.127	0.126	0.126	0.128	0.133	0.142
KBr	0.608	0.602	0.598	0.595	0.593	0.593	0.595
KCNs	0.587	0.577	0.569	0.562	0.556	0.546	0.538
K ₂ CO ₃					0.331		0.390
KCl	0.593	0.586	0.580	0.576	0.573	0.569	0.569
K ₂ CrO ₄	0.223	0.214	0.207	0.201	0.196	0.190	0.190
KF	0.643	0.644	0.647	0.652	0.658	0.678	0.705
K ₃ Fe(CN) ₆	0.124	0.122					
KH ₂ PO ₄	0.393	0.369	0.348	0.332			
KI	0.640	0.637	0.636	0.636	0.637	0.644	0.652
KNO ₃	0.414	0.390	0.369	0.350	0.333	0.297	0.269
KOH	0.776	0.800	0.827	0.856	0.888	0.974	1.081
KaCl ₃	0.398	0.470	0.561	0.677	0.825		
LiBr	0.837	0.874	0.917	0.964	1.015	1.161	1.341
LiCl	0.796	0.823	0.853	0.885	0.921	1.026	1.156
LiClO ₄	0.931	0.979	1.03	1.093	1.158	1.350	1.582
LiI	0.955	1.007	1.063	1.127	1.198	1.418	1.715
LiNO ₃	0.757	0.774	0.792	0.812	0.835	0.896	0.966
LiOH	0.542	0.532	0.525	0.518	0.513	0.503	0.494
Li ₂ SO ₄	0.271	0.267	0.265	0.264	0.263	0.274	0.288
MgBr ₂	0.837	0.975	1.143	1.351	1.614	2.590	4.260
MgCl ₂	0.631	0.709	0.804	0.916	1.053	1.541	2.320
Mg(ClO ₄) ₂	1.137	1.385	1.705	2.130	2.650	4.890	9.190
MgI ₂	1.069	1.291	1.580	1.957	2.430	4.330	7.930
Mg(NO ₃) ₂	0.581	0.632	0.692	0.761	0.837	1.090	1.452
MgSO ₄	0.045	0.044	0.042	0.042	0.042	0.044	0.049
MnCl ₂	0.507	0.542	0.581	0.624	0.668	0.793	0.934
MnSO ₄	0.040	0.038	0.037	0.036	0.035	0.035	0.038
NH ₄ Cl	0.592	0.584	0.578	0.574	0.570	0.564	0.561
NH ₄ NO ₃	0.483	0.464	0.447	0.433	0.419	0.391	0.368

Molalidad	1.200	1.400	1.600	1.800	2.000	2.500	3.000
sal							
NaBr	0.692	0.699	0.706	0.718	0.731	0.768	0.812
NaBrO ₃	0.507	0.489	0.473	0.461	0.450	0.426	
NaCNS	0.716	0.723	0.730	0.737	0.744	0.779	0.814
NaCl	0.654	0.655	0.657	0.662	0.668	0.688	0.714
NaClO ₃	0.575	0.563	0.553	0.545	0.538	0.525	0.515
NaClO ₄	0.622	0.616	0.613	0.611	0.609	0.609	0.611
Na ₂ CrO ₄	0.241	0.233	0.227	0.224	0.222	0.225	0.236
NaH ₂ PO ₄	0.442	0.420	0.401	0.385	0.371	0.343	0.320
NaI	0.747	0.763	0.780	0.799	0.820	0.883	0.963
NaNO ₃	0.548	0.530	0.514	0.501	0.478	0.455	0.437
NaOH	0.681	0.686	0.692	0.700	0.709	0.743	0.784
Na ₂ SO ₄	0.186	0.175	0.165	0.158	0.152	0.142	0.137
Na ₂ S ₂ O ₃	0.222	0.214	0.207	0.202	0.198	0.195	0.199
NdCl ₃	0.403	0.480	0.577	0.704	0.867		
NiCl ₂	0.586	0.647	0.720	0.805	0.906	1.236	1.692
NiSO ₄	0.039	0.036	0.035	0.034	0.034	0.035	
Pb(ClO ₄) ₂	0.563	0.613	0.669	0.734	0.809	1.045	1.386
Pb(NO ₃) ₂	0.130	0.118	0.109	0.102	0.095		
PrCl ₃	0.395	0.467	0.558	0.675	0.825		
RbBr	0.565	0.556	0.547	0.541	0.536	0.526	0.520
RbCl	0.572	0.563	0.556	0.551	0.546	0.539	0.536
RbI	0.562	0.551	0.544	0.537	0.533	0.524	0.518
RbNO ₃	0.402	0.377	0.356	0.338	0.321	0.285	0.257
Rb ₂ SO ₄	0.206	0.196	0.189	0.182			
SeCl ₃	0.544	0.677	0.853	1.089			
SmCl ₃	0.424	0.509	0.616	0.756	0.940		
SrBr ₂	0.583	0.643	0.715	0.800	0.906		
SrCl ₂	0.489	0.524	0.565	0.614	0.670	0.855	1.126
SrI ₂	0.773	0.885	1.021	1.191	1.407		
Sr(NO ₃) ₂	0.262	0.253	0.244	0.238	0.232	0.223	0.217
Th(NO ₃) ₄	0.224	0.246	0.269	0.296	0.326	0.405	0.486
UO ₂ Cl ₂	0.678	0.744	0.816	0.894	0.978	1.228	1.551
UO ₂ (ClO ₄) ₂	1.804	2.380	3.170	4.290	5.910	13.370	30.900
UO ₂ (NO ₃) ₂	0.773	0.868	0.975	1.099	1.237	1.626	2.030
UO ₂ SO ₄	0.041	0.039	0.038	0.037	0.037	0.037	0.038
YCl ₃	0.462	0.566	0.701	0.884	1.136		

Molalidad sal	1.200	1.400	1.600	1.800	2.000	2.500	3.000
ZnBr ₂	0.561	0.567	0.569	0.570	0.572	0.581	0.590
ZnCl ₂	0.323	0.309	0.300	0.294	0.289	0.285	0.287
Zn(ClO ₄) ₂	1.127	1.386	1.719	2.160	2.740	5.150	9.990
ZnI ₂	0.870	0.928	0.972	1.007	1.028	1.070	1.123
Zn(NO ₃) ₂	0.574	0.625	0.680	0.774	0.817	1.049	1.363
ZnSO ₄	0.040	0.038	0.036	0.035	0.035	0.037	0.041

Referencias:

- 1) B.E. Conway, Electrochemical Data, Elsevier Publishing Co, London, 1952.
- 2) C.W. Davies, Electrochemistry, London and Beccles, Gran Bretaña, 1973.
- 3) Forsyte W. E., Smithsonian Physical Tables, 9 ed., The Smithsonian Institution, Washington, 1954.
- 4) Herbert H. Uhlig, Corrosion and Corrosion Control, John Wiley, Nueva York, 1971.
- 5) J.A.V. Butler, The Fundamentals of Chemical Thermodynamics, Mc Millan Co, Londres, 1942.
- 6) Louis Meites, Handbook of Analytical Chemistry, Mc Graw Hill Co, U.S.A., 1963.
- 7) Parsons, Handbook of Electrochemical Constants, Butterworths, U.S.A., 1959.

TABLA 13

COEFICIENTE DE ACTIVIDAD MEDIO DE ELECTROLITOS INORGANICOS EN SOLUCION ACUOSA
A 25°C (γ_{\pm}) A ALTAS CONCENTRACIONES

Molalidad mol	3.500	4.000	4.500	5.000	6.000	7.000	8.000	9.000	10.000
AgNO ₃	0.229	0.210	0.194	0.181	0.159	0.142	0.129	0.118	0.109
BaCl ₂				0.783		0.754			
CeBr ₂	3.890	6.280	10.660	18.470	55.800	163.0	375.0	696.0	
CeCl ₂	2.080	2.930	4.170	5.890	11.110	18.280	26.000	34.200	43.000
Ce(NO ₃) ₂	0.405	0.435	0.469	0.507	0.592	0.690	0.801		
CdBr ₂	0.029	0.028							
CdCl ₂	0.032	0.031	0.029	0.028	0.026				
CdSO ₄	0.036								
CoBr ₂	5.100	7.620	11.020	15.360					
CoCl ₂	1.832	2.220							
CoI ₂	13.600	24.000	40.000	62.000	102.0	130.0	150.0	174.0	214.00
Co(NO ₃) ₂	1.526	1.972	2.550	3.310					
CeBr	0.460	0.457	0.455	0.453					
CeCl	0.475	0.474	0.474	0.475	0.400				
Ce ₂ SO ₄				0.774		0.742			0.707
CuCl ₂	0.547	0.573	0.597	0.621	0.673				
Cu(NO ₃) ₂	1.118	1.381	1.690	2.050	2.980	4.210	5.790		
HCl	1.518	1.762	2.040	2.380	3.220	4.370	5.900	7.940	10.440
HClO ₄	1.726	2.080	2.530	3.110	4.760	7.440	11.830	19.110	30.900
H ₂ SO ₄	0.155	0.170	0.188	0.208	0.257	0.317	0.386	0.467	0.559
HBr	0.600	0.608	0.616	0.626					
KCNs	0.533	0.529	0.526	0.524					
KCl	0.572	0.577	0.583						
K ₄ Fe(CN) ₆				0.449		0.433			
KNO ₃				0.926					
KOH	1.215	1.352	1.530	1.720	2.200	2.880	3.770	4.860	6.220
LaCl ₃				0.623		0.583			0.546
LiBr	1.584	1.897	2.280	2.740	3.920	5.760	8.610	12.920	19.920
LiCl	1.317	1.510	1.741	2.020	2.720	3.710	5.100	6.960	9.400
LiClO ₄	1.866	2.180							
LiNO ₃	1.044	1.125	1.215	1.310	1.506	1.732	1.952	2.190	2.440
LiOH	0.487	0.481							

Molecular Weight	3.500	4.000	4.500	5.000	6.000	7.000	8.000	9.000	10.000
Li_2SO_4				0.799		0.749			0.747
MgBr_2	7.150	12.200	21.100	36.600					
MgCl_2	3.560	5.540	8.740	13.950					
$\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$	17.650	34.100							
MgI_2	15.000	29.000	57.600	115.0					
MnCl_2	1.084	1.235	1.395	1.550	1.880	2.250	2.680		
MnSO_4	0.042	0.048							
NH_4Cl	0.560	0.560	0.561	0.562	0.564	0.566			
NH_4NO_3	0.348	0.331	0.316	0.302	0.279	0.261	0.245	0.232	0.221
NaBr	0.865	0.929							
NaCNS	0.854	0.897							
NaCl	0.746	0.783	0.826	0.874	0.985				
NaClO_4	0.617	0.626	0.637	0.649	0.677				
NaH_2PO_4	0.305	0.293	0.283	0.276	0.265				
NaNO_3	0.422	0.408	0.396	0.386	0.371				
NaOH	0.835	0.903	0.985	1.077	1.299	1.603	2.010	2.550	3.230
Na_2SO_4	0.135	0.135							
NiCl_2	2.260	2.960	3.760	4.690					
RbBr	0.516	0.514	0.515						
RbCl	0.536	0.538	0.541	0.546					
RbI	0.516	0.515	0.516	0.517					
RbNO_3	0.234	0.216	0.200						
SrCl_2	1.492	1.977							
$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$	0.214	0.212							
$\text{Th}(\text{NO}_3)_4$	0.568	0.647	0.722	0.791					
$\text{UD}_2(\text{ClO}_4)_2$	70.400	160.2	358.0	750.0					
$\text{UD}_2(\text{NO}_3)_2$	2.410	2.680	2.890	3.060					
UD_2SO_4	0.040	0.043	0.046	0.050					
ZnBr_2	0.626	0.664	0.714	0.774	0.930	1.149	1.439	1.809	2.260
ZnCl_2	0.295	0.307	0.328	0.354	0.417	0.499	0.607	0.737	0.898
ZnI_2	1.188	1.259	1.357	1.476	1.774	2.200	2.800	3.570	4.470
$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$	1.773	2.310	2.990	3.880	6.410				

Molealidad	11.000	12.000	13.000	14.000	15.000	16.000
sal						
AgNO ₃	0.102	0.096	0.090			
HCl	13.510	17.250	21.800	27.300	34.100	42.400
HClO ₄	50.100	80.800	129.500	205.000	322.000	500.000
H ₂ SO ₄	0.643	0.742	0.830	0.967	1.093	1.234
KOH	8.100	10.500	13.200	15.800	19.600	24.600
LiBr	31.000	46.300	70.600	104.700	146.000	198.000
LiCl	12.550	16.410	20.900	26.200	31.900	37.900
LiNO ₃	2.690	2.950	3.200			
NH ₄ NO ₃	0.210	0.202	0.194	0.186	0.180	0.174
NaOH	4.100	5.190	6.500	8.040	9.740	11.580
ZnBr ₂		3.390		4.630		5.900
ZnCl ₂		1.294		1.730		2.180
ZnI ₂		6.520				
Molealidad	17.000	18.000	19.000	20.000	22.000	25.000
sal						
H ₂ SO ₄	1.387					
LiBr	260.000	331.000	411.000	485.000		
LiCl	43.800	49.900	56.300	62.400		
NH ₄ NO ₃	0.168	0.163	0.158	0.153	0.145	0.135
NaOH	13.470	15.410	17.380	19.330	23.100	28.000
ZnBr ₂		6.920		7.860		
ZnCl ₂		2.630		3.060	3.460	

References:

- 1) B.E. Conway, *Electrochemical Data*, Elsevier Publishing Co, Londres, 1952.
- 2) Louis Meites, *Handbook of Analytical Chemistry*, Mc Graw Hill Co, U.S.A., 1963.
- 3) Parsons, *Handbook of Electrochemical Constants*, Butterworths, U.S.A., 1959.

MOVILIDAD

TABLA 14

MOVILIDAD EQUIVALENTE IONICA A DILUCION INFINITA EN SOLUCION ACUOSA A 18°C (U)
(cm volt⁻¹ eq⁻¹ seg⁻¹)

Cationes	U+	Aniones	U-
Al ⁺³	0.000414	Br ⁻	0.000706
Ag ⁺	0.000559	BrO ₃ ⁻	0.000507
Ba ⁺	0.000570	C ₂ H ₅ CO ₂ ⁻	0.000321
Ba ⁺²	0.000290	C ₂ O ₄ ⁻²	0.000632
Ca ⁺²	0.000528	CH ₃ COO ⁻	0.000352
Ca ⁺²	0.000445	Cl ⁻	0.000687
Ca ⁺	0.000694	ClO ₃ ⁻	0.000578
Cu ⁺²	0.000476	ClO ₄ ⁻	0.000612
Cd ⁺²	0.000475	CN ⁻	0.000580
D ⁺	0.002214	(CN) ₃ C ⁻	0.000399
Fe ⁺²	0.000469	(CN) ₅ N ⁻	0.000481
Fe ⁺³	0.000456	CNO ⁻	0.000567
H ⁺	0.000326	CNS ⁻	0.000594
La ⁺³	0.000632	CO ₃ ⁻²	0.000689
Li ⁺	0.000337	CrO ₄ ⁻²	0.000746
Mg ⁺²	0.000471	F ⁻	0.000493
Mn ⁺²	0.000462	HCO ₂ ⁻	0.000487
Na ⁺	0.000441	H ₂ PO ₄ ⁻²	0.000290
NH ₄ ⁺	0.000659	HS ⁻	0.000590
Ni ⁺²	0.000507	I ⁻	0.000692
Pb ⁺²	0.000632	IO ₃ ⁻	0.000360
Ra ⁺²	0.000585	IO ₄ ⁻	0.000507
Rb ⁺	0.000687	MnO ₄ ⁻	0.000549
Sr ⁺²	0.000524	NO ₂ ⁻	0.000611
Tl ⁺	0.000671	NO ₃ ⁻	0.000648
Zn ⁺²	0.000466	OH ⁻	0.001803
		PO ₄ ⁻³	0.000715
		ReO ₄ ⁻	0.000481
		S (O C)	0.001191
		SCN ⁻	0.000590
		SO ₄ ⁻²	0.000712
		SeO ₄ ⁻²	0.000673
		WO ₄ ⁻	0.000611

Aniones	U-
Citrato	0.000634
Formato	0.000497
Picrato	0.000260
Tarttrato	0.000570

Referencias:

- 1) Adolf Deasler, Electroquímica y sus Fundamentos Fisicoquímicos, UTHEA, Tomo I, México, 1962.
- 2) Creitong Henry, Principles and Applications of Electrochemistry, John-Wiley, Nueva York, 1943.
- 3) Enrique Villarreal D., Elementos de Electroquímica Formativa, Libros de México, México, 1970.
- 4) Luis Blas, Agenda del Químico, Madrid Aguilar S.A., 2 ed., Madrid, 1963.
- 5) Milazzo Giulio, Electrochemistry Theoretical Principles and Practical Application, Elsevier Publishing Co, U.S.A., 1963.

Nota: De las referencias 2,3 y 5 se encontro la movilidad iónica a dilución infinita, dividiendo la conductividad iónica a dilución infinita entre la constante de Faraday.

TABLA 15

MOVILIDAD EQUIVALENTE IONICA A DILUCION INFINITA EN SOLUCION ACUOSA A 25°C (U)
(cm volt⁻¹ eq⁻¹ seg⁻¹)

Cationes	U+	Aniones	U-
Ag ⁺	0.000641	Br ⁻	0.000811
Al ⁺³	0.000652	BrO ₃ ⁻	0.000578
Ba ⁺²	0.000659	BrO ₄ ⁻	0.000578
Be ⁺²	0.000466	CO ₃ ⁻²	0.000718
Ca ⁺²	0.000616	C ₂ O ₄ ⁻²	0.000248
Ce ⁺³	0.000725	C ₂ O ₄ ⁻²	0.000769
Cd ⁺²	0.000725	CH ₃ COO ⁻	0.000423
Co ⁺²	0.000570	CH ₃ CH ₂ COO ⁻	0.000371
Co(en) ₃ ⁺³	0.000774	CH ₃ (CH ₂) ₂ CO ₂ ⁻	0.000337
Co(NH ₃) ₆ ⁺³	0.001028	C ₆ H ₅ COO ⁻	0.000333
Cr ⁺³	0.000694	Cl ⁻	0.000791
Ce ⁺	0.000801	ClO ₂ ⁻	0.000538
Cu ⁺²	0.000559	ClO ₃ ⁻	0.000669
Dy ⁺³	0.000680	ClO ₄ ⁻	0.000698
Er ⁺³	0.000683	ClCH ₂ COO ⁻	0.000412
Eu ⁺³	0.000702	CN ⁻	0.000849
Fe ⁺²	0.000554	CNO ⁻	0.000669
Fe ⁺³	0.000704	CNS ⁻	0.000684
Gd ⁺³	0.000698	CrO ₄ ⁻²	0.000860
H ⁺	0.003625	F ⁻	0.000574
Hg ⁺²	0.000659	Fe(CN) ₆ ⁻³	0.001040
Hg ₂ ⁺²	0.000710	Fe(CN) ₆ ⁻⁴	0.001140
Ho ⁺³	0.000687	H ₂ AsO ₄ ⁻	0.000352
H ⁺	0.000761	H ₂ C ₂ O ₄ ⁻	0.000416
La ⁺³	0.000720	HCO ₂ ⁻	0.000565
Li ⁺³	0.000400	HCO ₃ ⁻	0.000461
Mg ⁺²	0.000549	HPO ₄ ⁻²	0.000590
Mn ⁺²	0.000554	H ₂ PO ₄ ⁻	0.000373
Ne ⁺	0.000519	H ₂ SbO ₄ ⁻	0.000321
N(C ₂ H ₅) ₄ ⁺	0.000338	HS ⁻	0.000673
N(C ₃ H ₇) ₄ ⁺	0.000238	HSO ₃ ⁻	0.000601
N ₂ H ₅ ⁺	0.000611	HSO ₄ ⁻	0.000538
N(CH ₃) ₄ ⁺	0.000465	I ⁻	0.000795
Nd ⁺³	0.000719	IO ₃ ⁻	0.000421

Cationes	U+	Aniones	U-
NH ₄ ⁺	0.000760	IO ₄ ⁻	0.000563
NH(CH ₃) ₃ ⁺	0.000435	MnO ₄ ⁻	0.000632
Ni ⁺²	0.000559	MnO ₄ ²⁻	0.000772
Pd ⁺²	0.000725	N ₃ ⁻	0.000720
Pr ⁺³	0.000721	NO ₂ ⁻	0.000746
Re ⁺²	0.000692	NO ₃ ⁻	0.000740
Rb ⁺	0.000806	OD ⁻	0.001230
Sc ⁺³	0.000670	OH ⁻	0.002040
Sm ⁺³	0.000710	PO ₄ ⁻³	0.000961
Sr ⁺²	0.000610	ReO ₄ ⁻	0.000566
Tl ⁺	0.000774	SeO ₄ ²⁻	0.000784
Tm ⁺³	0.000678	SO ₃ ²⁻	0.000746
UO ₂ ⁺²	0.000331	SO ₃ ²⁻	0.000829
V ⁺³	0.000642	S ₂ O ₃ ²⁻	0.000905
V ⁺³	0.000675	S ₂ O ₄ ²⁻	0.000689
Zn ⁺²	0.000549	S ₂ O ₅ ²⁻	0.000963
n-Butil amonio	0.000393	S ₂ O ₈ ²⁻	0.000891
n-Decil piridina	0.000305	WO ₄ ²⁻	0.000719
Dietyl amonio	0.000435	p-Anisato	0.000300
Dimetil amonio	0.000533	Bromo benzoato	0.000310
Dipropil amonio	0.000311	Cianna acetato	0.000433
n-Dodecil amonio	0.000246	Ciclo hexano	
Etil amonio	0.000469	carboxilato	0.000297
Etil trimetil		Ciclo propano	
amonio	0.000419	1-1 dicarboxilato	0.000553
Metil amonio	0.000604	Citrato ⁻³	0.000777
Pipiridina	0.000385	Cloro benzoato	0.000342
Propil amonio	0.000422	o-Cloro benzoato	0.000316
Piril amonio	0.000251	n-Cratoneto	0.000344
Tetra n-butil		Decil sulfonato	0.000269
amonio	0.000197	Dicloro acetato	0.000396
Tetra etil amonio	0.000342	Dietyl barbiturato	0.000272
Tetra metil amonio	0.000469	Dihidrogeno citrato	0.000310
Tetra n-propil		Dimetil malonato	0.000511
amonio	0.000243	3-5 Dinitro	
Trietil amonio	0.000355	benzoato	0.000293
Trietil sulfonil	0.000374	Dodecil sulfonato	0.000248

Cationes	U+	Aniones	U-
Trimetil amonio	0.000482	Etil malonato	0.000510
Trimetil sulfonil	0.000532	Etil sulfonato	0.000410
Tripropil amonio	0.000270	Fluoro benzoato	0.000342
		Formato	0.000565
		Lactato	0.000402
		Malonato	0.000658
		Metil sulfonato	0.000505
		o-Nitro benzoato	0.000328
		Octil sulfonato	0.000300
		o-Ftalato	0.000538
		Picrato	0.000313
		Propil sulfonato	0.000371
		Salicilato	0.000381
		Suberato	0.000373
		Succinato	0.000609
		Sulfonato	0.000446
		Tartreto ⁻²	0.000663
		Tricloro acetato	0.000379
		Au(CN) ₂ ⁻	0.000518
		Au(CN) ₄ ⁻	0.000373
		B(C ₆ H ₅) ₄ ⁻	0.000217
		Br ₃ ⁻	0.000445
		(CN) ₃ C ⁻	0.000480
		Co(CN) ₄ ⁻³	0.001025
		HF ₂ ⁻	0.000590
		H ₂ PO ₂ ⁻	0.000476
		N(CN) ₂ ⁻	0.000564
		NH ₂ SO ₂ ⁻	0.000503
		PF ₆ ⁻	0.006808
		PO ₃ F ⁻²	0.000656
		PO ₄ ⁻³	0.000715
		P ₂ O ₇ ⁻²	0.000843
		P ₃ O ₃ ⁻³	0.000866
		P ₃ O ₅ ⁻⁵	0.001129
		SeCN ⁻¹	0.000670

Referencias:

- 1) B.E. Conway, Electrochemical Data, Elsevier Publishing Co, Londres, 1952.
- 2) C.W.C. Keye, Tables of Physical and Chemical Constants and Some Mathematical F., Long Mans Green, 14 ed., Londres, 1973.
- 3) C.W. Davies, Electrochemistry, London and Beccles, Gran Bretaña, 1973.
- 4) Dwight E. Gray, American Institute of Physical Handbook, Mc Graw Hill Co, 3 ed., Nueva York, 1972.
- 5) Enrique Villarreal D., Elementos de electroquímica Formativa, Libron de México, México, 1970.
- 6) Lange Norbert Adolph, Handbook of Chemistry, Mc Graw Hill Co, 10 ed., U.S.A., 1967.
- 7) Louis Meites, Handbook of Analytical Chemistry, Mc Graw Hill Co, U.S.A., 1963.
- 8) Milazzo Giulio, Electrochemistry Theoretical Principles and Practical Aplication, Elsevier Publishing Co, U.S.A., 1963.

Nota: Aquí en todas las referencias se encontro la movilidad iónica a dilución infinita, dividiendo la conductividad iónica a dilución infinita entre la constante de Faraday.

POTENCIAL NORMAL

TABLA 16

POTENCIAL NORMAL DE OXIDO-REDUCCION EN SOLUCION ACUOSA ACIDA A 25°C (E°)
(Volt)

Reacción de electrodo	E°	Reacción de electrodo	E°
$3/2 H_2 + e^- = N_3^-$	-3.090	$SiF_6^{2-} + 4e^- = Si + 6F^-$	-1.200
$Li^+ + e^- = Li$	-3.045	$TiF_6^{2-} + 4e^- = Ti + 6F^-$	-1.190
$Ca^{2+} + e^- = Ca$	-3.020	$Mn^{2+} + 2e^- = Mn$	-1.180
$K^+ + e^- = K$	-2.925	$V^{2+} + 2e^- = V$	-1.180
$Rb^+ + e^- = Rb$	-2.925	$Nb^{3+} + 3e^- = Nb$	-1.100
$As^+ + e^- = As$	-2.923	$TiO^{2+} + 2H^+ + 4e^- = Ti$	
$Re^{+2} + 2e^- = Re$	-2.920		+ H ₂ O -0.890
$Ba^{+2} + 2e^- = Ba$	-2.900	$H_3BO_3 + 3H^+ + 3e^- =$	
$Sr^{+2} + 2e^- = Sr$	-2.890		B + 3H ₂ O -0.870
$Ca^{+2} + 2e^- = Ca$	-2.870	$SiO_2 + 4H^+ + 4e^- = Si$	
$Na^+ + e^- = Na$	-2.714		+ 2H ₂ O -0.860
$La^{+3} + 3e^- = La$	-2.520	$H_2SiO_3 + 4H^+ + 4e^- = Si$	
$Ce^{+3} + 3e^- = Ce$	-2.480		+ 3H ₂ O -0.840
$Nd^{+3} + 3e^- = Nd$	-2.440	$(Co(CN)_6)^{-3} + e^- =$	
$Sm^{+3} + 3e^- = Sm$	-2.410		$(Co(CN)_6)^{-4}$ -0.830
$Gd^{+3} + 3e^- = Gd$	-2.400	$Ta_2O_5 + 10H^+ + 10e^- =$	
$Mg^{+2} + 2e^- = Mg$	-2.370		2Ta + 5H ₂ O -0.810
$V^{+3} + 3e^- = V$	-2.370	$Zn^{+2} + 2e^- = Zn$	-0.763
$Am^{+3} + 3e^- = Am$	-2.320	$TlI + e^- = Tl + I^-$	-0.753
$Lu^{+3} + 3e^- = Lu$	-2.250	$Cr^{+3} + 3e^- = Cr$	-0.740
$1/2 H_2 + e^- = H^+$	-2.250	$Te + 2H^+ + 2e^- = H_2Te$	-0.720
$H^+ + e^- = H(g)$	-2.100	$TlBr + e^- = Tl + Br^-$	-0.658
$Sc^{+3} + 3e^- = Sc$	-2.080	$Nb_2O_5 + 10H^+ + 10e^- =$	
$Pu^{+3} + 3e^- = Pu$	-2.070		2Nb + 5H ₂ O -0.650
$AlF_6^{3-} + 3e^- = Al + 6F^-$	-2.070	$U^{+4} + e^- = U^{+3}$	-0.610
$Th^{+4} + 4e^- = Th$	-1.900	$As + 3H^+ + 3e^- = AsH_3$	-0.600
$Np^{+3} + 3e^- = Np$	-1.860	$TlCl + e^- = Tl + Cl^-$	-0.557
$Be^{+2} + 2e^- = Be$	-1.850	$Ga^{+3} + 3e^- = Ga$	-0.530
$U^{+3} + 3e^- = U$	-1.800	$Sb + 3H^+ + 3e^- = SbH_3(g)$	-0.510
$Hf^{+4} + 4e^- = Hf$	-1.700	$H_3PO_2 + H^+ + e^- = P$	
$Al^{+3} + 3e^- = Al$	-1.660		+ 2H ₂ O -0.510
$Ti^{+2} + 2e^- = Ti$	-1.630	$S^- + 2e^- = S$	-0.510
$Zr^{+4} + 4e^- = Zr$	-1.530		

Reacción de electrodo	E°	Reacción de electrodo	E°
$\text{H}_3\text{PO}_3 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2\text{PO}_2$ + H_2O	-0.500	$\text{GeO}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- = \text{Ge}$	-0.150
$\text{Fe}^{+2} + 2\text{e}^- = \text{Fe}$	-0.440	+ $2\text{H}_2\text{O}$	
$\text{Eu}^{+3} + \text{e}^- = \text{Eu}^{+2}$	-0.430	$\text{WO}_3(\text{c}) + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^- = \text{W}$	-0.090
$\text{Cr}^{+3} + \text{e}^- = \text{Cr}^{+2}$	-0.410	+ $3\text{H}_2\text{O}$	
$\text{Cd}^{+2} + 2\text{e}^- = \text{Cd}$	-0.403	$2\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{HS}_2\text{O}_4^-$ + $2\text{H}_2\text{O}$	-0.080
$\text{Se} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2\text{Se}$	-0.400	$\text{HgI}_4^{-2} + 2\text{e}^- = \text{Hg} + 4\text{I}^-$	-0.040
$\text{Ti}^{+3} + \text{e}^- = \text{Ti}^{+2}$	-0.370	$\text{Hg}_2\text{I}_2 + 2\text{e}^- = 2\text{Hg} + 2\text{I}^-$	-0.040
$\text{PbI}_2 + 2\text{e}^- = \text{Pb} + 2\text{I}^-$	-0.365	$\text{Ag}_2\text{S} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = 2\text{Ag}$	-0.036
$\text{PbSO}_4 + 2\text{e}^- = \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$	-0.356	+ H_2S	
$\text{In}^{+3} + 3\text{e}^- = \text{In}$	-0.342	$\text{CuS} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{Cu} + \text{H}_2\text{S}$	-0.020
$\text{Tl}^+ + \text{e}^- = \text{Tl}$	-0.336	$2\text{D}^+ + 2\text{e}^- = \text{D}_2$	-0.0034
$\text{PtS} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{Pt} + \text{H}_2\text{S}$	-0.300	$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2$	0.000
$\text{H}_3\text{PO}_4 + 5\text{H}^+ + 5\text{e}^- = \text{P}$	-0.300	$\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2 + \text{e}^- = \text{Ag}$	0.010
+ $4\text{H}_2\text{O}$		+ $2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	
$\text{Co}(\text{CN})_6^{-2} + \text{e}^- = \text{Co}(\text{CN})_6^{-3}$	-0.300	$\text{CuBr} + \text{e}^- = \text{Cu} + \text{Br}^-$	0.033
$\text{PbBr}_2 + 2\text{e}^- = \text{Pb} + 2\text{Br}^-$	-0.280	$\text{Ti}(\text{SO}_4)_2 + \text{e}^- = \text{Ti}^{+3}$	0.040
$\text{Co}^{+2} + 2\text{e}^- = \text{Co}$	-0.277	+ 2SO_4^{2-}	
$\text{H}_3\text{PO}_4 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_3\text{PO}_4$ + H_2O	-0.276	$\text{UO}_2^{+2} + \text{e}^- = \text{UO}_2^{+3}$	0.050
$\text{PbCl}_2 + 2\text{e}^- = \text{Pb} + 2\text{Cl}^-$	-0.268	$\text{HCOOH}(\text{ac}) + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- =$ $\text{HCHO}(\text{ac}) + \text{H}_2\text{O}$	0.056
$\text{V}^{+3} + \text{e}^- = \text{V}^{+2}$	-0.255	$\text{P} + 3\text{H}^+ + 3\text{e}^- = \text{PH}_3(\text{g})$	0.060
$\text{V}(\text{OH})_4^+ + 4\text{H}^+ + 5\text{e}^- = \text{V}$	-0.253	$\text{PbS} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{Pb} + \text{H}_2\text{S}$	0.070
+ $4\text{H}_2\text{O}$		$\text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2\text{e}^- = 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	0.080
$\text{Sn}^{+2} + 4\text{e}^- = \text{Sn} + 6\text{F}^-$	-0.250	$\text{AgBr} + \text{e}^- = \text{Ag} + \text{Br}^-$	0.095
$\text{Ni}^{+2} + 2\text{e}^- = \text{Ni}$	-0.250	$\text{TiO}^{+2} + 2\text{H}^+ + \text{e}^- = \text{Ti}^{+3}$	0.100
$\text{N}_2 + 5\text{H}^+ + 4\text{e}^- = \text{N}_2\text{H}_5^+$	-0.230	+ H_2O	
$2\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{S}_2\text{O}_6^{2-}$ + $2\text{H}_2\text{O}$	-0.220	$\text{Sb}^{+3} + 3\text{e}^- = \text{Sb}$	0.100
$(\text{VO})_2\text{SO}_4 + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + \text{e}^-$ = $2\text{VSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	-0.210	$\text{Si} + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- = \text{SiH}_4$	0.102
$\text{Mo}^{+3} + 3\text{e}^- = \text{Mo}$	-0.200	$\text{C} + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- = \text{CH}_4$	0.130
$\text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{HCOOH}(\text{ac})$	-0.196	$\text{HgBr}_2 + 2\text{e}^- = 2\text{Hg} + 2\text{Br}^-$	0.130
$\text{CuI} + \text{e}^- = \text{Cu} + \text{I}^-$	-0.185	$\text{CuCl} + \text{e}^- = \text{Cu} + \text{Cl}^-$	0.137
$\text{AgI} + \text{e}^- = \text{Ag} + \text{I}^-$	-0.151	$\text{S} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2\text{S}$	0.141
$\text{Sn}^{+2} + 2\text{e}^- = \text{Sn}$	-0.136	$\text{Np}^{+4} + \text{e}^- = \text{Np}^{+3}$	0.147
$\text{O}_2 + \text{H}^+ + \text{e}^- = \text{HO}_2$	-0.130	$\text{Sn}^{+4} + 2\text{e}^- = \text{Sn}^{+2}$	0.150
$\text{Pb}^{+2} + 2\text{e}^- = \text{Pb}$	-0.126	$\text{Sb}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^- = 2\text{Sb}$ + $3\text{H}_2\text{O}$	0.152

Reacción de electrodo	E°	Reacción de electrodo	E°
$\text{Cu}^{+2} + e^- = \text{Cu}^+$	0.153	$\text{Fe}(\text{CN})_6^{-3} + e^- = \text{Fe}(\text{CN})_6^{-4}$	0.360
$\text{BiOCl} + 2\text{H}^+ + 3e^- = \text{Bi}$		$\text{VO}^{+2} + 2\text{H}^+ + e^- = \text{V}^{+3} + \text{H}_2\text{O}$	0.361
$\quad + \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^-$	0.160	$\text{ReO}_4^- + 8\text{H}^+ + 7e^- = \text{Re}$	
$\text{SO}_4^{-2} + 4\text{H}^+ + 2e^- = \text{H}_2\text{SO}_3$		$\quad + 4\text{H}_2\text{O}$	0.363
$\quad + \text{H}_2\text{O}$	0.170	$1/2 \text{C}_2\text{N}_2 + \text{H}^+ + e^- = \text{HCN}(\text{ac})$	0.370
$\text{S} + 2\text{H}^+ + 2e^- = \text{H}_2\text{S}$	0.170	$2\text{H}_2\text{SO}_3 + 2\text{H}^+ + 4e^- = \text{S}_2\text{O}_3^{-2}$	
$\text{HCHO}(\text{ac}) + 2\text{H}^+ + 2e^- =$		$\quad + 3\text{H}_2\text{O}$	0.400
$\quad \text{CH}_3\text{OH}(\text{ac})$	0.190	$\text{RhCl}_6^{-3} + 3e^- = \text{Rh} + 6\text{Cl}^-$	0.440
$\text{PtCl}_4^{-2} + 2e^- = \text{Pt} + 4\text{Cl}^-$	0.200	$\text{Ag}_2\text{CrO}_4 + 2e^- = 2\text{Ag} + \text{CrO}_4^{-2}$	0.446
$\text{Bi}^{+3} + 3e^- = \text{Bi}$	0.200	$\text{H}_2\text{SO}_3 + 4\text{H}^+ + 4e^- = \text{S}$	
$\text{HgBr}_4^{-2} + 2e^- = \text{Hg} + 4\text{Br}^-$	0.210	$\quad + 3\text{H}_2\text{O}$	0.450
$\text{SbO}^+ + 2\text{H}^+ + 3e^- = \text{Sb} + \text{H}_2\text{O}$	0.212	$\text{Ru}^{+2} + 2e^- = \text{Ru}$	0.450
$\text{AgCl} + e^- = \text{Ag} + \text{Cl}^-$	0.222	$\text{Sb}_2\text{O}_5 + 2\text{H}^+ + 2e^- =$	
$\text{As}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ + 6e^- = 2\text{As}$		$\quad \text{Sb}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O}$	0.480
$\quad + 3\text{H}_2\text{O}$	0.234	$\text{W}(\text{CN})_8^{-2} + e^- = \text{W}(\text{CN})_8^{-3}$	0.485
$\text{H}_3\text{AsO}_3 + 3\text{H}^+ + 3e^- = \text{As}$		$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6 + \text{K}^+ + e^- =$	
$\quad + 3\text{H}_2\text{O}$	0.240	$\quad \text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$	0.486
$\text{HAsO}_2(\text{ac}) + 3\text{H}^+ + 3e^- =$		$\text{Fe}(\text{CN})_6^{-2} + e^- = \text{Fe}(\text{CN})_6^{-3}$	0.490
$\quad \text{As} + 2\text{H}_2\text{O}$	0.247	$\text{Ag}_2\text{MoO}_4 + 2e^- = 2\text{Ag}$	
$\text{MoO}_3 + 6\text{H}^+ + 6e^- = \text{Mo}$		$\quad + \text{MoO}_4^{-2}$	0.490
$\quad + 3\text{H}_2\text{O}$	0.250	$\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2 + 6\text{H}^+ + 4e^- =$	
$\text{ReO}_2 + 4\text{H}^+ + 4e^- = \text{Re}$		$\quad 2\text{NH}_3\text{OH}^+$	0.496
$\quad + 2\text{H}_2\text{O}$	0.252	$\text{Ag}_2\text{CO}_3 + 2e^- = 2\text{Ag} + \text{CO}_3^{-2}$	0.500
$\text{Hg}_2\text{Cl}_2 + 2e^- = 2\text{Hg} + 2\text{Cl}^-$	0.270	$\text{MoO}_3 + 4\text{H}^+ + e^- = \text{MoO}^{+3}$	
$\text{As}_4^{+3} + 3e^- = \text{As}$	0.300	$\quad + 2\text{H}_2\text{O}$	0.500
$\text{VO}^{+2} + 2\text{H}^+ + 4e^- = \text{V} + \text{H}_2\text{O}$	0.300	$\text{ReO}_4^- + 4\text{H}^+ + 3e^- =$	
$\text{VOSO}_4 + e^- = 1/2 (\text{VO})_2\text{SO}_4$		$\quad \text{ReO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	0.510
$\quad + 1/2 \text{SO}_4^{-2}$	0.300	$4\text{H}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}^+ + 6e^- =$	
$\text{BiO}^+ + 2\text{H}^+ + 3e^- = \text{Bi}$		$\quad \text{S}_4\text{O}_6^{-2} + 6\text{H}_2\text{O}$	0.510
$\quad + \text{H}_2\text{O}$	0.320	$\text{C}_2\text{H}_4 + 2\text{H}^+ + 2e^- = \text{C}_2\text{H}_6$	0.520
$\text{HCNO} + \text{H}^+ + e^- = 1/2 \text{C}_2\text{N}_2$		$\text{Cu}^+ + e^- = \text{Cu}$	0.521
$\quad + \text{H}_2\text{O}$	0.330	$\text{TeO}_2(\text{r}) + 4\text{H}^+ + 4e^- =$	
$\text{UO}_2^{+2} + 4\text{H}^+ + 2e^- = \text{U}^{+4} + 2\text{H}_2\text{O}$	0.334	$\quad \text{Te} + 2\text{H}_2\text{O}$	0.529
$\text{Cu}_2^{+2} + 2e^- = \text{Cu}$	0.337	$\text{I}_2 + 2e^- = 2\text{I}^-$	0.536
$\text{AgIO}_3 + e^- = \text{Ag} + \text{IO}_3^-$	0.350	$\text{I}_3 + 2e^- = 3\text{I}^-$	0.536
$\text{UO}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{-2} + 2e^- =$		$\text{Cu}^{+2} + \text{Cl}^- + e^- = \text{CuCl}_1$	0.538
$\quad \text{U}(\text{SO}_4)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	0.358	$\text{AgBrO}_3 + e^- = \text{Ag} + \text{BrO}_3^-$	0.550

Reacción de electrodo	E^0	Reacción de electrodo	E^0
$\text{TeOOH}^+ + 3\text{H}^+ + 4\text{e}^- = \text{Te} + 2\text{H}_2\text{O}$	0.559	$(\text{CNS})_2 + 2\text{e}^- = 2\text{CNS}^-$	0.770
$\text{H}_3\text{AsO}_4 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{HAsO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	0.559	$\text{IrCl}_6^{-3} + 3\text{e}^- = \text{Ir} + 6\text{Cl}^-$	0.770
$\text{AgNO}_2 + \text{e}^- = \text{Ag} + \text{NO}_2^-$	0.564	$\text{Fe}^{+3} + \text{e}^- = \text{Fe}^{+2}$	0.771
$\text{MnO}_4^- + \text{e}^- = \text{MnO}_4^{2-}$	0.564	$\text{Hg}_2^{+2} + 2\text{e}^- = 2\text{Hg}$	0.789
$\text{PtBr}_4^{-2} + 2\text{e}^- = \text{Pt} + 4\text{Br}^-$	0.580	$\text{Ag}^+ + \text{e}^- = \text{Ag}$	0.799
$\text{Sb}_2\text{O}_5 + 6\text{H}^+ + 4\text{e}^- = 2\text{SbO}^+ + 3\text{H}_2\text{O}$	0.581	$2\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{N}_2\text{O}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	0.800
$\text{CH}_3\text{OH}(\text{ac}) + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$	0.586	$\text{Rh}^{+3} + 3\text{e}^- = \text{Rh}$	0.800
$\text{PdBr}_4^{-2} + 2\text{e}^- = \text{Pd} + 4\text{Br}^-$	0.600	$\text{Mo}(\text{CN})_8^{-3} + \text{e}^- = \text{Mo}(\text{CN})_8^{-4}$	0.820
$\text{RuCl}_5^{-2} + 3\text{e}^- = \text{Ru} + 5\text{Cl}^-$	0.600	$\text{O}_8 + 2\text{e}^- = \text{O}_8^{+2}$	0.850
$\text{UO}_2^{+2} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{U}^{+4} + 2\text{H}_2\text{O}$	0.620	$\text{Hg}^{+2} + 2\text{e}^- = \text{Hg}$	0.854
$\text{PdCl}_4^{-2} + 2\text{e}^- = \text{Pd} + 4\text{Cl}^-$	0.620	$\text{OsO}_4(\text{c}) + 8\text{H}^+ + 4\text{e}^- = \text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	0.860
$\text{Hg}_2\text{SO}_4 + 2\text{e}^- = 2\text{Hg} + \text{SO}_4^{2-}$	0.621	$\text{Cu}^{+2} + \text{I}^- + \text{e}^- = \text{CuI}$	0.860
$2\text{HgCl}_2 + 2\text{e}^- = \text{Hg}_2\text{Cl}_2 + 2\text{Cl}^-$	0.630	$\text{AuBr}_2^- + 3\text{e}^- = \text{Au} + 4\text{Br}^-$	0.870
$\text{Cu}^{+2} + \text{Br}^- + \text{e}^- = \text{CuBr}$	0.640	$2\text{Hg}^{+2} + 2\text{e}^- = \text{Hg}_2^{+2}$	0.920
$\text{AgC}_2\text{H}_3\text{O}_2 + \text{e}^- = \text{Ag} + \text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-$	0.643	$\text{HVO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{e}^- = \text{VO}_5\text{O}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	0.920
$\text{Ag}_2\text{SO}_4 + 2\text{e}^- = 2\text{Ag} + \text{SO}_4^{2-}$	0.653	$\text{PuO}_2^{+2} + \text{e}^- = \text{PuO}_2^+$	0.930
$\text{Au}(\text{CNS})_4^- + 3\text{e}^- = \text{Au} + 4\text{CNS}^-$	0.660	$\text{NO}_3^- + 3\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	0.940
$\text{PtCl}_6^{-2} + 2\text{e}^- = \text{PtCl}_4^{-2} + 2\text{Cl}^-$	0.680	$\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- = \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$	0.960
$\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2\text{O}_2$	0.682	$\text{AuBr}_2^- + \text{e}^- = \text{Au} + 2\text{Br}^-$	0.960
$\text{HN}_3 + 11\text{H}^{+2} + 8\text{e}^- = 3\text{NH}_4^+$	0.690	$\text{Pu}^{+4} + \text{e}^- = \text{Pu}^{+3}$	0.970
$\text{Te} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2\text{Te}$	0.700	$\text{Pt}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{Pt} + 2\text{H}_2\text{O}$	0.980
$2\text{NO} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2$	0.710	$\text{Pd}^{+2} + 2\text{e}^- = \text{Pd}$	0.987
$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}^+ + \text{e}^- = \text{OH} + \text{H}_2\text{O}$	0.720	$\text{IrBr}_6^{-3} + \text{e}^- = \text{IrBr}_6^{-4}$	0.990
$\text{PtCl}_4^{-2} + 2\text{e}^- = \text{Pt} + 4\text{Cl}^-$	0.730	$\text{HIO} + \text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{I}^- + \text{H}_2\text{O}$	0.990
$\text{C}_2\text{H}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{C}_2\text{H}_4$	0.730	$\text{VO}_2^+ + 2\text{H}^+ + \text{e}^- = \text{VO}^{+2} + \text{H}_2\text{O}$	1.000
$\text{H}_2\text{SeO}_3 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- = \text{Se} + 3\text{H}_2\text{O}$	0.740	$\text{HNO}_2 + \text{H}^+ + \text{e}^- = \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$	1.000
$\text{NpO}_2^+ + 4\text{H}^+ + \text{e}^- = \text{Np}^{+4} + 2\text{H}_2\text{O}$	0.750	$\text{AuCl}_4^- + 3\text{e}^- = \text{Au} + 4\text{Cl}^-$	1.000
$\text{H}_3\text{SbO}_4 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_3\text{SbO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	0.750		

Reacción de electrodo	E°	Reacción de electrodo	E°
$V(OH)_4^+ + 2H^+ + e^- = VO^{+2}$		$AmO_2^+ + 4H^+ + e^- = Am^{+4}$	
$+ 3H_2O$	1.000	$+ 2H_2O$	1.260
$OeO_4 + 4H^+ + 4Cl^- + 2e^- =$		$N_2H_5^+ + 3H^+ + 2e^- = 2NH_4^+$	1.275
$OeO_2Cl_4^{-2} + 2H_2O$	1.000	$ClO_2 + H^+ + e^- = HClO_2$	1.275
$IrCl_6^{-2} + e^- = IrCl_6^{-3}$	1.047	$PdCl_6^{-2} + 2e^- = PdCl_4^{-2} + 2Cl^-$	1.288
$H_6TmO_6 + 2H^+ + 2e^- =$		$2HNO_2 + 4H^+ + 4e^- = N_2O$	
$TmO_2 + 4H_2O$	1.020	$+ 3H_2O$	1.290
$N_2O_4 + 4H^+ + 4e^- = NO$		$HCrO_4^- + 7H^+ + 3e^- = Cr^{+3}$	
$+ 2H_2O$	1.030	$+ 4H_2O$	1.300
$PuO_2^{+2} + 4H^+ + 2e^- = Pu^{+4}$		$HBrO + H^+ + 2e^- = Br_2$	
$+ 2H_2O$	1.040	$+ H_2O$	1.330
$ICl_2^- + e^- = 1/2 I_2 + 2Cl^-$	1.060	$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- =$	
$Br(1) + 2e^- = 2Br^-$	1.065	$2Cr^{+3} + 7H_2O$	1.330
$N_2O_4 + 2H^+ + 2e^- = 2HNO_2$	1.070	$NH_3OH^+ + 2H^+ + 2e^- =$	
$Cu^{+2} + 2CN^- + e^- = Cu(CN)_2^-$	1.120	$NH_4^+ + H_2O$	1.350
$Ir + 3e^- = Ir^{+3}$	1.150	$ClO_4^- + 8H^+ + 8e^- = Cl^-$	
$PuO_2^+ + 4H^+ + e^- = Pu^{+4}$		$+ 4H_2O$	1.350
$+ 2H_2O$	1.150	$Cl_2 + 2e^- = 2Cl^-$	1.360
$SeO_4^{2-} + 4H^+ + 2e^- =$		$Au_2O_3 + 6H^+ + 6e^- =$	
$H_2SeO_3 + H_2O$	1.150	$2Au + 3H_2O$	1.362
$NpO_2^{+2} + e^- = NpO_2^+$	1.150	$IO_4^- + 8H^+ + 8e^- = I^-$	
$CCl_4 + 4H^+ + 4e^- = C$		$+ 4H_2O$	1.400
$+ 4Cl^- + 4H^+$	1.180	$BrO_3^- + 6H^+ + 6e^- = Br^-$	
$ClO_4^- + 2H^+ + 2e^- = ClO_3^-$		$+ 3H_2O$	1.420
$+ H_2O$	1.190	$2NH_3OH^+ + H^+ + 2e^- =$	
$IO_3^- + 6H^+ + 5e^- = 1/2 I_2$		$N_2H_5^+ + 2H_2O$	1.420
$+ 3H_2O$	1.195	$Au(OH)_3 + 3H^+ + 3e^- =$	
$HVO_3 + 3H^+ + e^- = VO^{+2}$		$Au + 3H_2O$	1.450
$+ 2H_2O$	1.200	$HIO + H^+ + e^- = 1/2 I_2$	
$ClO_3^- + 3H^+ + 2e^- = HClO_2$		$+ H_2O$	1.450
$+ H_2O$	1.210	$ClO_3^- + 6H^+ + 6e^- =$	
$O_2 + 4H^+ + 4e^- = 2H_2O$	1.229	$Cl^- + 3H_2O$	1.450
$S_2Cl_2 + 2e^- = 2S + 2Cl^-$	1.230	$PbO_2 + 4H^+ + 2e^- =$	
$MnO_2 + 4H^+ + 2e^- = Mn^{+2}$		$Pb^{+2} + 2H_2O$	1.455
$+ 2H_2O$	1.230	$H_2S_2O_8 + 2e^- = 2SO_4^{2-}$	
$Tl^{+3} + 2e^- = Tl^+$	1.250	$+ 2H^+$	1.500

Reacción de electrodo	E°	Reacción de electrodo	E°
$\text{CeO}_2 + 4\text{H}^+ + \text{e}^- = \text{Ce}^{+3} + 2\text{H}_2\text{O}$	1.500	$\text{PbO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	1.685
$\text{HClO}^- + \text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$	1.500	$\text{AmO}_2^{+2} + 4\text{H}^+ + 3\text{e}^- = \text{Am}^{+3} + 2\text{H}_2\text{O}$	1.690
$\text{Au}^{+3} + 3\text{e}^- = \text{Au}$	1.500	$\text{MnO}_4^- + 4\text{H}^+ + 3\text{e}^- = \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1.695
$\text{HO}_2 + \text{H}^+ + \text{e}^- = \text{H}_2\text{O}_2$	1.500	$\text{Au}^+ + \text{e}^- = \text{Au}$	1.700
$\text{Mn}^{+3} + \text{e}^- = \text{Mn}^{+2}$	1.510	$\text{HBrO}_3 + 5\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{Br}^{+3} + 6\text{H}_2\text{O}$	1.700
$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e}^- = \text{Mn}^{+2} + 4\text{H}_2\text{O}$	1.510	$\text{IO}_4^- + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{IO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$	1.700
$\text{BrO}_3^- + 6\text{H}^+ + 5\text{e}^- = 1/2 \text{Br}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	1.520	$\text{AmO}_2^{+2} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{Am}^{+3} + 2\text{H}_2\text{O}$	1.725
$\text{HBrO} + \text{H}^+ + \text{e}^- = 1/2 \text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O}$	1.590	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = 2\text{H}_2\text{O}$	1.770
$\text{Bi}_2\text{O}_4 + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- = 2\text{BiO} + 2\text{H}_2\text{O}$	1.590	$\text{NiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{Ni}^{+2} + 4\text{H}_2\text{O}$	1.800
$\text{NeBiO}_3 + 6\text{H}^+ + 3\text{e}^- = \text{Bi}^{+3} + \text{Ne}^+ + 3\text{H}_2\text{O}$	1.590	$\text{Co}^{+3} + \text{e}^- = \text{Co}^{+2}$	1.820
$\text{H}_5\text{IO}_6 + \text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{IO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O}$	1.600	$\text{FeO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 3\text{e}^- = \text{Fe}^{+3} + 4\text{H}_2\text{O}$	1.900
$\text{Bk}^{+4} + \text{e}^- = \text{Bk}^{+3}$	1.600	$\text{HN}_3 + 3\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{NH}_4^+ + \text{N}_2$	1.960
$\text{Ce}^{+4} + \text{e}^- = \text{Ce}^{+3}$	1.610	$\text{Ag}^{+2} + \text{e}^- = \text{Ag}^{+1}$	1.980
$\text{HClO} + \text{H}^+ + \text{e}^- = 1/2 \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$	1.630	$\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2\text{e}^- = 2\text{SO}_4^{2-}$	2.010
$\text{MnO}_4^- + 4\text{H}^+ + 3\text{e}^- = \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	1.630	$\text{O}_3 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$	2.070
$\text{AmO}_2^{+2} + \text{e}^- = \text{AmO}_2^+$	1.640	$\text{F}_2\text{O} + 2\text{H}^+ + 4\text{e}^- = 2\text{F}^- + \text{H}_2\text{O}$	2.100
$\text{HClO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{HClO} + \text{H}_2\text{O}$	1.640	$\text{Am}^{+4} + \text{e}^- = \text{Am}^{+3}$	2.180
$\text{NiO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{Ni}^{+2} + 2\text{H}_2\text{O}$	1.680	$\text{O}(\text{g}) + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2\text{O}$	2.420
$\text{PbO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	1.685	$\text{F}_2 + 2\text{e}^- = 2\text{F}^-$	2.650
		$\text{OH}^- + \text{H}^+ + \text{e}^- = \text{H}_2\text{O}$	2.800
		$\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	2.850
		$\text{F}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = 2\text{HF}(\text{ac})$	3.060

Referencias:

- 1) Allen J. Bard, *Electrochemical Methods*, John-Wiley, Nueva York, 1980.
- 2) B.E. Conway, *Electrochemical Data*, Elsevier Publishing Co, Londres, 1952.
- 3) C.L. Mantell, *Electrochemical Engineering*, Mc Graw Hill Co, Nueva York, 1960.
- 4) C.W. Davies, *Electrochemistry*, London and Beccles, Gran Bretaña, 1973.
- 5) Donald B. Summers, *Chemistry Handbook*, Willard Grant Press, 2 ed., U.S.A., 1980.
- 6) Duncan A. Mac Innes, *The Principles of Electrochemistry*, Reinhold, Nueva York, 1951.
- 7) G. Charlot, *Química Analítica General*, Toray-Masson, 2 ed., Tomo I, Barcelona, 1971.
- 8) *International Critical Tables of Numerical Data Physics, Chemistry and Technology*, Mc Graw Hill Co, Nueva York, 1930.
- 9) John O' M. Bockris, *Modern Electrochemistry*, Plenum, Nueva York, 1970.
- 10) Louis Meites, *Handbook of Analytical Chemistry*, Mc Graw Hill Co, U.S.A., 1963.
- 11) Milazzo Giulio, *Electrochemistry Theoretical Principles and Practical Application*, Elsevier Publishing Co, U.S.A., 1963.
- 12) Parsons, *Handbook of Electrochemical Constants*, Butterworths, U.S.A., 1959.
- 13) Robert C. Weast, *Handbook of Chemistry and Physics*, C.R.C. Press Inc, 58 ed., Nueva York, 1978.
- 14) Therald Moeller, *Ions in Aqueous Systems*, Mc Graw Hill Co, Nueva York, 1972.
- 15) Victor Gsertner, *Electrochimie Pratique Principes et Technologie*, Eyrolles, Paris, 1955.

TABLA 17

POTENCIAL NORMAL DE OXIDO-REDUCCION EN SOLUCION ACUOSA BASICA A 25°C (E°)
(Volt)

Reacción de electrodo	E°	Reacción de electrodo	E°
$\text{Ca(OH)}_2 + 2e^- = \text{Ca}^+ + 2\text{OH}^-$	-3.030	$\text{MnCO}_3 + 2e^- = \text{Mn} + \text{CO}_3^{2-}$	-1.480
$\text{Sr(OH)}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O} + 2e^- = \text{Sr}$		$\text{ZnS} + 2e^- = \text{Zn} + \text{S}^{2-}$	-1.440
$+ 8\text{H}_2\text{O} + 2\text{OH}^-$	-2.990	$\text{Cr(OH)}_3 + 3e^- = \text{Cr} + 3\text{OH}^-$	-1.300
$\text{Ba(OH)}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O} + 2e^- = \text{Ba}$		$\text{Zn(CN)}_4^{2-} + 2e^- = \text{Zn} + 4\text{CN}^-$	-1.260
$+ 8\text{H}_2\text{O} + 2\text{OH}^-$	-2.970	$\text{Zn(OH)}_2 + 2e^- = \text{Zn} + 2\text{OH}^-$	-1.245
$\text{H}_2\text{O} + e^- = \text{H(g)} + \text{OH}^-$	-2.930	$\text{H}_2\text{GeO}_3 + \text{H}_2\text{O} + 3e^- = \text{Ge}$	
$\text{La(OH)}_3 + 3e^- = \text{La} + 3\text{OH}^-$	-2.900	$+ 4\text{OH}^-$	-1.220
$\text{Lu(OH)}_3 + 3e^- = \text{Lu} + 3\text{OH}^-$	-2.720	$\text{ZnO}^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2e^- = \text{Zn}$	
$\text{Mg(OH)}_2 + 2e^- = \text{Mg} + 2\text{OH}^-$	-2.690	$+ 4\text{OH}^-$	-1.216
$\text{Be}_2\text{O}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} + 4e^- =$		$\text{CrO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3e^- = \text{Cr}$	
$2\text{Be} + 6\text{OH}^-$	-2.620	$+ 4\text{OH}^-$	-1.200
$\text{Sc(OH)}_3 + 3e^- = \text{Sc} + 3\text{OH}^-$	-2.600	$\text{CdS} + 2e^- = \text{Cd} + \text{S}^{2-}$	-1.210
$\text{HfO(OH)}_2 + \text{H}_2\text{O} + 4e^- =$		$\text{HV}_{60}^{17} + 16\text{H}_2\text{O} + 30e^- =$	
$\text{Hf} + 4\text{OH}^-$	-2.500	$6\text{V} + 33\text{OH}^-$	-1.150
$\text{Th(OH)}_4 + 4e^- = \text{Th} + 4\text{OH}^-$	-2.480	$\text{Te} + 2e^- = \text{Te}^{2-}$	-1.140
$\text{Pu(OH)}_3 + 3e^- = \text{Pu} + 3\text{OH}^-$	-2.420	$\text{PO}_4^{3-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2e^- = \text{HPO}_3^{2-}$	
$\text{UO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e^- = \text{U}$		$+ 3\text{OH}^-$	-1.120
$+ 4\text{OH}^-$	-2.390	$2\text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2e^- =$	
$\text{H}_2\text{ZrO}_3 + \text{H}_2\text{O} + 4e^- =$		$\text{S}_2\text{O}_4^{2-} + 4\text{OH}^-$	-1.120
$\text{Zr} + 4\text{OH}^-$	-2.360	$\text{ZnCO}_3 + 2e^- = \text{Zn} + \text{CO}_3^{2-}$	-1.060
$\text{H}_2\text{AlO}_3 + \text{H}_2\text{O} + 3e^- = \text{Al}$		$\text{WO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 6e^- =$	
$+ 4\text{OH}^-$	-2.350	$\text{W} + 8\text{OH}^-$	-1.050
$\text{U(OH)}_4 + e^- = \text{U(OH)}_3 + \text{OH}^-$	-2.200	$\text{MoO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 6e^- =$	
$\text{U(OH)}_3 + 3e^- = \text{U} + 3\text{OH}^-$	-2.170	$\text{Mo} + 8\text{OH}^-$	-1.050
$\text{H}_2\text{PO}_2^- + e^- = \text{P} + 2\text{OH}^-$	-2.050	$\text{Cd(CN)}_4^{2-} + 2e^- = \text{Cd} + 4\text{CN}^-$	-1.030
$\text{H}_2\text{BO}_3^- + 3e^- = \text{B} + 4\text{OH}^-$	-1.790	$\text{Zn(NH}_3)_4^{2+} + 2e^- = \text{Zn}$	
$\text{SiO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} + 4e^- =$		$+ 4\text{NH}_3$	-1.030
$\text{Si} + 6\text{OH}^-$	-1.700	$\text{FeS()} + 2e^- = \text{Fe} + \text{S}^{2-}$	-1.010
$\text{Na}_2\text{UO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} + 2e^- =$		$\text{In(OH)}_3 + 3e^- = \text{In} + 3\text{OH}^-$	-1.000
$\text{U(OH)}_4 + 2\text{Na}^+ + 3\text{OH}^-$	-1.610	$\text{PbS} + 2e^- = \text{Pb} + \text{S}^{2-}$	-0.980
$\text{HPO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2e^- =$		$\text{CNO} + \text{H}_2\text{O} + 2e^- = \text{CN}^-$	
$\text{H}_2\text{PO}_2^- + 3\text{OH}^-$	-1.570	$+ 2\text{OH}^-$	-0.970
$\text{Mn(OH)}_2 + 2e^- = \text{Mn} + 2\text{OH}^-$	-1.550	$\text{Tl}_2\text{S} + 2e^- = \text{Tl} + \text{S}^{2-}$	-0.960

Reacción de electrodo	E°	Reacción de electrodo	E°
$\text{Pu}(\text{OH})_4 + e^- = \text{Pu}(\text{OH})_3 + \text{OH}^-$	-0.950	$\text{ReO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3e^- = \text{ReO}_2$	
$\text{SnS} + 2e^- = \text{Sn} + \text{S}^{2-}$	-0.940	$+ 4\text{OH}^-$	-0.594
$\text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} + 2e^- = \text{SO}_3^{2-}$		$\text{ReO}_4^- + 4\text{H}_2\text{O} + 7e^- = \text{Re}$	
$+ 2\text{OH}^-$	-0.930	$+ 8\text{OH}^-$	-0.584
$\text{Se} + 2e^- = \text{Se}^{2-}$	-0.920	$2\text{SO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} + 4e^- =$	
$\text{H}_2\text{SnO}_3 + \text{H}_2\text{O} + 2e^- = \text{Sn}$		$\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 6\text{OH}^-$	-0.580
$+ 3\text{OH}^-$	-0.910	$\text{PbO} + \text{H}_2\text{O} + 2e^- = \text{Pb}$	
$\text{HGeO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e^- = \text{Ge}$		$+ 2\text{OH}^-$	-0.580
$+ 5\text{OH}^-$	-0.900	$\text{ReO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 4e^- = \text{Re}$	
$\text{Sn}(\text{OH})_6^{2-} + 2e^- = \text{HSnO}_2^-$		$+ 4\text{OH}^-$	-0.576
$+ 3\text{OH}^-$	-0.900	$\text{TeO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} + 4e^- = \text{Te}$	
$\text{P} + 3\text{H}_2\text{O} + 3e^- = \text{PH}_3$		$+ 6\text{OH}^-$	-0.570
$+ 3\text{OH}^-$	-0.890	$\text{Fe}(\text{OH})_3 + e^- = \text{Fe}(\text{OH})_2$	
$\text{Fe}(\text{OH})_2 + 2e^- = \text{Fe} + 2\text{OH}^-$	-0.877	$+ \text{OH}^-$	-0.560
$\text{NiS} + 2e^- = \text{Ni} + \text{S}^{2-}$	-0.830	$\text{O}_2 + e^- = \text{O}_2^-$	-0.560
$2\text{H}_2\text{O} + 2e^- = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	-0.828	$\text{Cu}_2\text{S} + 2e^- = 2\text{Cu} + \text{S}^{2-}$	-0.540
$\text{Cd}(\text{OH})_2 + 2e^- = \text{Cd} + 2\text{OH}^-$	-0.809	$\text{HPbO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2e^- =$	
$\text{HgS} + \text{H}_2\text{O} + 2e^- = \text{Hg} + \text{HS}^-$		$\text{Pb} + 3\text{OH}^-$	-0.540
$+ \text{OH}^-$	-0.770	$\text{PbCO}_3 + 2e^- = \text{Pb} + \text{CO}_3^{2-}$	-0.506
$\text{FeCO}_3 + 2e^- = \text{Fe} + \text{CO}_3^{2-}$	-0.756	$\text{S} + 2e^- = \text{S}^{2-}$	-0.480
$\text{CdCO}_3 + 2e^- = \text{Cd} + \text{CO}_3^{2-}$	-0.740	$\text{Ni}(\text{NH}_3)_6^{+2} + 2e^- = \text{Ni}$	
$\text{Co}(\text{OH})_2 + 2e^- = \text{Co} + 2\text{OH}^-$	-0.730	$+ \text{NH}_3(\text{oc})$	-0.470
$\text{HgS} + 2e^- = \text{Hg} + \text{S}^{2-}$	-0.720	$\text{NiCO}_3 + 2e^- = \text{Ni} + \text{CO}_3^{2-}$	-0.450
$\text{Ni}(\text{OH})_2 + 2e^- = \text{Ni} + 2\text{OH}^-$	-0.720	$\text{Bi}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} + 6e^- =$	
$\text{HZnO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2e^- = \text{Zn}$		$2\text{Bi} + 6\text{OH}^-$	-0.440
$+ 3\text{OH}^-$	-0.720	$\text{Cu}(\text{CN})_2 + e^- = \text{Cu} + 2\text{CN}^-$	-0.430
$\text{Ag}_2\text{S} + 2e^- = 2\text{Ag} + \text{S}^{2-}$	-0.690	$\text{Hg}(\text{CN})_4^{2-} + 2e^- = \text{Hg} + 4\text{CN}^-$	-0.370
$\text{AsO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3e^- = \text{As}$		$\text{SeO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} + 4e^- = \text{Se}$	
$+ 4\text{OH}^-$	-0.680	$+ 6\text{OH}^-$	-0.366
$\text{AsO}_4^{3-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2e^- =$		$\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2e^- = 2\text{Cu}$	
$\text{AsO}_2^- + 4\text{OH}^-$	-0.670	$+ 2\text{OH}^-$	-0.358
$\text{Fe}_2\text{S}_3 + 2e^- = 2\text{FeS} + \text{S}^{2-}$	-0.670	$\text{Tl}(\text{OH}) + e^- = \text{Tl} + \text{OH}^-$	-0.345
$\text{SbO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3e^- =$		$\text{Ag}(\text{CN})_2 + e^- = \text{Ag} + 2\text{CN}^-$	-0.310
$\text{Sb} + 4\text{OH}^-$	-0.660	$\text{CuCNS} + e^- = \text{Cu} + \text{CNS}^-$	-0.270
$\text{CoCO}_3 + 2e^- = \text{Co} + \text{CO}_3^{2-}$	-0.640	$\text{Cu}(\text{OH})_2 + 2e^- = \text{Cu} + 2\text{OH}^-$	-0.258
$\text{Cd}(\text{NH}_3)_4^{+2} + 2e^- = \text{Cd} + 4\text{NH}_3$	-0.597	$\text{HO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + e^- = 3\text{OH}^-$	-0.240

Reacción de electrodo	ϵ°	Reacción de electrodo	ϵ°
$2\text{CuO} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{Cu}_2\text{O} + 2\text{OH}^-$	-0.150	$\text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{PbO}(\text{r}) + 2\text{OH}^-$	0.248
$\text{CrO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 3\text{e}^- = \text{Cr}(\text{OH})_3 + 5\text{OH}^-$	-0.130	$\text{IO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O} + 6\text{e}^- = \text{I}^- + 6\text{OH}^-$	0.260
$\text{Hg}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = 2\text{Hg} + 2\text{OH}^-$	-0.123	$\text{PuO}_2(\text{OH})_2 + \text{e}^- = \text{PuO}_2\text{OH} + \text{OH}^-$	0.260
$\text{NO}_3^- + 6\text{H}_2\text{O} + 8\text{e}^- = \text{NH}_3 + 9\text{OH}^-$	-0.120	$\text{Ag}(\text{SO}_3)_2^{2-} + \text{e}^- = \text{Ag} + 2\text{SO}_3^{2-}$	0.300
$\text{Cu}(\text{NH}_3)_2^+ + \text{e}^- = \text{Cu} + 2\text{NH}_3$	-0.120	$\text{ClO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{ClO}_2^- + 2\text{OH}^-$	0.330
$2\text{Cu}(\text{OH})_2 + 2\text{e}^- = \text{Cu}_2\text{O} + 2\text{OH}^-$	-0.080	$\text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = 2\text{Ag} + 2\text{OH}^-$	0.344
$\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{HO}_2^- + \text{OH}^-$	-0.076	$\text{ClO}_4^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{ClO}_3^- + 2\text{OH}^-$	0.360
$\text{Tl}(\text{OH})_3 + 2\text{e}^- = \text{TlOH} + 2\text{OH}^-$	-0.050	$\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+ + \text{e}^- = \text{Ag} + 2\text{NH}_3$	0.373
$\text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{Mn}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^-$	-0.050	$\text{TeO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{TeO}_3^{2-} + 2\text{OH}^-$	0.400
$\text{AgCN} + \text{e}^- = \text{Ag} + \text{CN}^-$	-0.017	$\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{e}^- = \text{HO}_2^- - \text{OH}^-$	0.400
$\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{NO}_2^- + 2\text{OH}^-$	0.010	$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- = 4\text{OH}^-$	0.401
$\text{HOeO}_5^- + 4\text{H}_2\text{O} + 8\text{e}^- = \text{Os} + 9\text{OH}^-$	0.020	$\text{Ag}_2\text{CO}_3 + 2\text{e}^- = 2\text{Ag} + \text{CO}_3^{2-}$	0.470
$\text{Rh}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} + 6\text{e}^- = 2\text{Rh} + 6\text{OH}^-$	0.040	$\text{NiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{Ni}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^-$	0.490
$\text{SeO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{SeO}_3^{2-} + 2\text{OH}^-$	0.050	$\text{IO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{I}^- + 2\text{OH}^-$	0.490
$\text{Pd}(\text{OH})_2 + 2\text{e}^- = \text{Pd} + 2\text{OH}^-$	0.070	$2\text{AgO} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{Ag}_2\text{O} + 2\text{OH}^-$	0.570
$\text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2\text{e}^- = 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	0.080	$\text{MnO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{MnO}_2 + 4\text{OH}^-$	0.600
$\text{HgO}(\text{r}) + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{Hg} + 2\text{OH}^-$	0.098	$\text{RuO}_4^- + \text{e}^- = \text{RuO}_4^{2-}$	0.600
$\text{N}_2\text{H}_4 + 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = 2\text{NH}_4\text{OH} + 2\text{OH}^-$	0.100	$8\text{rO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} + 6\text{e}^- = 8\text{r}^- + 6\text{OH}^-$	0.610
$\text{Ir}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} + 6\text{e}^- = \text{Ir} + 6\text{OH}^-$	0.100	$\text{ClO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{ClO}^- + 2\text{OH}^-$	0.660
$\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{3+} + \text{e}^- = \text{Co}(\text{NH}_3)_6^{2+}$	0.100	$\text{H}_3\text{IO}_6^{-2} + 2\text{e}^- = \text{IO}_3^- + 3\text{OH}^-$	0.700
$\text{Mn}(\text{OH})_3 + \text{e}^- = \text{Mn}(\text{OH})_2$	0.100	$2\text{NH}_2\text{OH} + 2\text{e}^- = \text{N}_2\text{H}_4 + 2\text{OH}^-$	0.730
$\text{Pt}(\text{OH})_2 + \text{e}^- = \text{Pt} + 2\text{OH}^-$	0.150	$\text{Ag}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = 2\text{AgO} + 2\text{OH}^-$	0.760
$\text{Co}(\text{OH})_3 + \text{e}^- = \text{Co}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$	0.170	$\text{HO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = 3\text{OH}^-$	0.880
		$\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{Cl}^- + 2\text{OH}^-$	0.890
		$\text{CoO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{CoO} + 2\text{OH}^-$	0.900
		$\text{ClO}_2 + \text{e}^- = \text{ClO}_2^-$	1.160
		$\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{O}_2 + 2\text{OH}^-$	1.124
		$\text{OH}^- + \text{e}^- = \text{OH}^-$	2.000

Referencias:

- 1) Allen J. Bard, *Electrochemical Methods*, John-Wiley, Nueva York, 1980.
- 2) B.E. Conway, *Electrochemical Data*, Elsevier Publishing Co, Londres, 1952.
- 3) C.L. Mantell, *Electrochemical Engineering*, Mc Graw Hill Co, Nueva York, 1960.
- 4) C.W. Davies, *Electrochemistry*, London and Beccles, Gran Bretaña, 1973.
- 5) Donald B. Summers, *Chemistry Handbook*, Willard Grant Press, 2 ed., U.S.A., 1980.
- 6) Duncan A. Mac Innes, *The Principles Of Electrochemistry*, Reinhold, Nueva York, 1961.
- 7) G. Charlot, *Química Analítica General*, Toray-Mason, 2 ed., Tomo I, Barcelona, 1971.
- 8) *International Critical Tables of Numerical Data Physics, Chemistry and Technology*, Mc Graw Hill Co, Nueva York, 1930.
- 9) John O.B. Bockris, *Modern Electrochemistry*, Plenum, Nueva York, 1970.
- 10) Louis Meites, *Handbook of Analytical Chemistry*, Mc Graw Hill Co, U.S.A., 1963.
- 11) Milazzo Giulio, *Electrochemistry Theoretical Principles and Practical Application*, Elsevier Publishing Co, U.S.A., 1963.
- 12) Parsons, *Handbook of Electrochemical Constants*, Butterworths, U.S.A., 1959.
- 13) Robert C. Weast, *Handbook of Chemistry and Physics*, C.R.C. Press Inc, 50 ed., Nueva York, 1978.
- 14) Therald Moeller, *Ions in Aqueous Systems*, Mc Graw Hill Co, Nueva York, 1972.
- 15) Victor Geertner, *Electrochimie Pratique Principes et Technologie*, Eyrolles, Paris, 1955.

EQUIVALENTE ELECTROQUIMICO

TABLA 18
EQUIVALENTE ELECTROQUIMICO DE LOS ELEMENTOS

Elemento	Peso atómico	valencia	mg/coulombios	g/Amp-Hra
Actinio	227.00	3	0.78411	2.82280
		n	2.35233	8.46839
Aluminio	26.98	3	0.09316	0.33538
		n	0.27948	1.00613
Americio	243.00	6	0.41969	1.51119
		5	0.50363	1.81343
		4	0.62953	2.26679
		3	0.83938	3.02239
		n	2.51813	9.06716
Antimonio	121.76	5	0.25235	0.90847
		3	0.42059	1.51411
		2	0.63088	2.27117
		n	1.26176	4.54234
Argón	39.944	n	0.41393	1.49014
Arsénico	74.91	5	0.15254	0.55891
		3	0.25876	0.93152
		2	0.38813	1.39729
		n	0.77627	2.79457
Astantino	210.00	7	0.31088	1.11940
		5	0.43523	1.56716
		3	0.72539	2.61194
		1	2.17617	7.83582
Azufre	32.066	7	0.04746	0.17086
		6	0.05537	0.19934
		5	0.06645	0.23920
		4	0.08306	0.29901
		3	0.11074	0.39867

Elemento	Peso atómico	Valencia	mg/coulombios	g/Amp-Hrs
Azufre	32.066	2	0.16611	0.59801
		1	0.33223	1.19602
Bario	137.36	2	0.71171	2.56216
		n	1.42342	5.12431
Berilio	9.013	2	0.04670	0.16815
		n	0.09340	0.33631
Berquelio	249.00	4	0.63472	2.28545
		3	0.84629	3.04726
		n	2.53886	9.14179
Bismuto	209.00	5	0.43316	1.55938
		3	0.72193	2.59896
		2	1.08290	3.89845
		n	2.16580	7.79689
Boro	10.82	5	0.02242	0.08073
		3	0.03737	0.13455
		2	0.05606	0.20182
		n	0.11212	0.40365
Bromo	79.916	7	0.11831	0.42590
		6	0.13802	0.49689
		5	0.16563	0.59626
		4	0.20704	0.74533
		3	0.27605	0.99377
		2	0.41407	1.49066
		1	0.82815	2.98132
Cadmio	112.41	2	0.58244	2.09677
		n	1.16487	4.19353
Calcio	40.08	2	0.20767	0.74761
		n	0.41534	1.49521

Elemento	Peso atómico	Valencia	mg/coulombios	g/Amp-Hrs
Calcifornio	251.00	3	0.85665	3.08458
		n	2.56995	9.25373
Carbono	12.011	4	0.03112	0.11204
		2	0.06223	0.22409
		n	0.12447	0.44817
Cerio	140.13	4	0.36303	1.30691
		3	0.4804	1.74255
		1	1.45212	5.22765
Cesio	132.91	1	1.37731	4.95830
Circonio	91.22	4	0.23632	0.85076
		n	0.94528	3.40303
Cloro	35.457	7	0.052489	0.18896
		6	0.061238	0.22046
		5	0.073485	0.36455
		4	0.091858	0.33069
		3	0.122480	0.44092
		2	0.183720	0.66137
		1	0.367430	1.32275
Cobalto	58.94	3	0.20359	0.73287
		2	0.30539	1.09931
		1	0.61078	2.19861
Cobre	63.57	2	0.32938	1.18576
		1	0.65876	2.37152
Cromo	52.01	6	0.08983	0.32338
		4	0.13474	0.48507
		3	0.17965	0.64676

Elemento	Peso atómico	Valencia	mg/coulombios	g/Amp-Hrs
Cromo	52.01	2	0.26948	0.97013
		1	0.53896	1.94027
Curio	247.00	3	0.84629	3.04726
		n	2.53886	9.14179
Deuterio	2.0147	1	0.020878	0.075160
Disprosio	162.51	3	0.56135	2.02127
		n	1.68404	6.06381
Erbio	167.27	3	0.57779	2.08047
		n	1.73337	6.24142
Escandio	44.96	3	0.15530	0.55920
		n	0.46591	1.67761
Estaño	118.70	4	0.30751	1.10705
		2	0.61503	2.21409
		n	1.23005	4.42819
Estroncio	87.63	2	0.45404	1.63455
		n	0.90808	3.26910
Europio	152.00	3	0.52504	1.89016
		n	1.57513	5.67047
Flúor	19.00	1	0.19689	0.70881
Fósforo	30.975	5	0.06420	0.23116
		3	0.10699	0.38526
		2	0.16047	0.57789
		n	0.32098	1.15578
Francio	223.00	1	2.31088	8.32090
Gadolinio	157.26	3	0.54321	1.95597
		n	1.62964	5.86791

Elemento	Peso atómico	Valencia	mg/coulombios	g/Amp-hra
Gelio	69.72	3	0.24083	0.086690
		2	0.36124	1.300480
		1	0.72249	2.600950
Germanio	72.60	4	0.18808	0.67710
		2	0.37617	1.35420
		n	0.75233	2.70839
Hafnio	178.50	4	0.46244	1.66511
		n	1.84974	6.66045
Helio	4.003	n	0.041482	0.14933
Hidrógeno	1.0081	1	0.010447	0.037608
Hierro	55.84	3	0.19288	0.69438
		2	0.28933	1.04158
		1	0.57865	2.08315
Holmio	164.94	3	0.56974	2.05149
		n	1.70922	6.15448
Indio	114.82	3	0.39316	1.42811
		n	1.18984	4.28433
Iridio	192.20	4	0.49793	1.79291
		3	0.66390	2.39055
		1	1.99171	7.17164
Kriptón	83.80	n	0.86839	3.12687
Lantano	138.92	3	0.47986	1.72750
		n	1.43959	5.18251
Litio	6.940	1	0.07192	0.25890
Lutecio	174.99	3	0.60449	3.26425
		n	1.81347	6.52849

Elemento	Peso atómico	Valencia	mg/coulombios	g/Amp-Hrs
Magnesio	24.32	2	0.12601	0.45364
		n	0.25202	0.90727
Manganeso	54.94	7	0.08133	0.29286
		6	0.09489	0.34167
		5	0.11387	0.41000
		4	0.14233	0.51250
		3	0.18978	0.68333
		2	0.28466	1.02500
Mercurio	200.61	2	1.03943	3.74195
		1	2.07886	7.48390
Molibdeno	95.95	6	0.16572	0.59658
		5	0.19886	0.71590
		4	0.24458	0.89487
		3	0.33143	1.19316
		2	0.49715	1.78974
Neodimio	144.27	3	0.49834	1.79403
		n	1.49503	5.38209
Neón	20.183	n	0.20915	0.75294
Neptunio	237.00	6	0.40933	1.47388
		5	0.49119	1.76866
		4	0.61399	2.21082
		n	2.45596	8.84328
Níquel	58.71	3	0.20280	0.73022
		2	0.30420	1.09534
		1	0.60839	2.19067
Niobio	92.91	5	0.19256	0.69321
		4	0.24070	0.86652

Elemento	Peso atómico	Valencia	mg/coulombios	g/Amp-Hrs
Niobio	92.91	3	0.32093	1.14702
		2	0.48140	1.73304
		1	0.96280	3.46607
Nitrógeno	14.008	5	0.029032	0.10452
		4	0.036290	0.13064
		3	0.048387	0.17419
		2	0.072580	0.26129
		1	0.14516	0.52258
Oro	197.00	3	0.68048	2.45025
		2	1.02073	3.67537
		1	2.04145	7.35075
Osmio	190.20	8	0.24637	0.88594
		6	0.32850	1.18259
		5	0.39420	1.41911
		4	0.49275	1.77389
		3	0.65700	2.36518
		2	0.98549	3.54777
Oxígeno	16.00	2	0.082902	0.29845
		n	0.165800	0.59689
Paladio	106.40	4	0.27565	0.99254
		3	0.36753	1.32338
		2	0.55130	1.98507
		1	1.10259	3.97015
Plata	107.88	1	1.11793	4.02454
Platino	195.09	4	0.50541	1.81987
		2	1.01083	3.63974
		n	2.02166	7.27948

Elemento	Peso atómico	Valencia	mg/coulombios	g/Amp-Hrs
Plomo	207.21	4	0.53681	1.93253
		2	1.07363	3.86506
		1	2.14725	7.73011
Plutonio	242.00	6	0.41796	1.50498
		5	0.50155	1.80597
		4	0.62694	2.25746
		3	0.83592	3.00995
		n	2.50777	9.02985
Polonio	210.00	6	0.36269	1.30570
		4	0.54404	1.95855
		2	1.08808	3.91710
		n	2.17617	7.83420
Potasio	39.10	1	0.40518	1.45896
Praseodimio	140.92	3	0.48677	1.75237
		n	1.46031	5.25712
Prometio	145.00	3	0.50086	1.80348
		n	1.50259	5.41045
Protoactinio	231.00	5	0.59845	1.72352
		3	0.79793	2.87254
		2	1.19689	4.30881
		n	2.39378	8.61762
Radio	226.05	2	1.17124	4.21648
		n	2.34249	8.43295
Radón	222.00	n	2.30052	8.28187
Renio	186.22	7	0.27568	0.99264
		6	0.32162	1.15808
		5	0.38595	1.38970
		4	0.48244	1.73713

Elemento	Peso atómico	Valencia	mg/coulombios	g/Amp-Hrs
Renio	186.22	3	0.64325	2.31617
		2	0.96487	3.47425
		1	1.92974	6.94851
Rodio	102.91	4	0.26661	0.95978
		3	0.35547	1.27971
		2	0.53321	1.91956
		1	1.06642	3.83913
Rubidio	85.48	1	0.88580	3.18889
Rutenio	101.7	8	0.13174	0.47425
		6	0.17565	0.63233
		5	0.21078	0.75880
		4	0.26347	0.94850
		3	0.35130	1.26466
		2	0.52694	1.89699
		1	1.05389	3.79399
Samario	150.35	3	0.51934	1.87002
		n	1.55803	5.61007
Selenio	78.96	6	0.13637	0.49094
		4	0.20456	0.73641
		2	0.40912	1.47283
		n	0.81824	2.94566
Silicio	28.09	4	0.07277	0.26203
		n	0.29109	1.04813
Sodio	22.997	1	0.23831	0.85792
Talio	204.39	3	0.70601	2.54164
		1	2.11803	7.62491
Tántalo	180.95	5	0.37503	1.35037
		4	0.46878	1.68797
		3	0.62504	2.25062

Elemento	Peso atómico	Valencia	mg/coulombios	g/Amp-Hrs
Tántalo	180.95	2	0.93756	3.37593
		1	1.87513	6.75187
Tecnecio	99.00	7	0.14656	0.52772
		6	0.17098	0.61567
		n	1.02591	3.69403
Telurio	127.61	6	0.22040	0.79343
		4	0.33060	1.19015
		2	0.66119	2.38029
		n	1.32238	4.76058
Terbio	158.93	3	0.54898	1.97674
		n	1.64694	5.93022
Titanio	47.90	4	0.12409	0.44674
		3	0.16546	0.59565
		1	0.49637	1.78694
Torio	232.05	4	0.60117	2.16465
		n	2.40466	8.65858
Tulio	168.94	3	0.58356	2.10124
		n	1.75067	6.30373
Uranio	238.07	6	0.41117	1.48023
		5	0.49341	1.77627
		4	0.61676	2.22034
		3	0.82235	2.96046
		2	1.23352	4.44068
		1	2.46705	8.88137
Vanadio	50.95	5	0.10560	0.38015
		4	0.13199	0.47518
		3	0.17599	0.63358
		2	0.26399	0.95036
		1	0.52798	1.90073

Elemento	Peso atómico	Valencia	mg/coulombios	q/Amp-Hrs
Wolframio	183.86	6	0.31755	1.14141
		5	0.48106	1.37209
		4	0.47632	1.71511
		3	0.63509	2.28682
		2	0.95264	3.43022
1	1.90528	6.86045		
Xenón	131.30	n	1.36062	4.89824
Yodo	126.91	7	0.18788	0.67649
		6	0.21919	0.78924
		5	0.26303	0.94709
		4	0.32878	1.18386
		3	0.43838	1.57848
		2	0.65756	2.36772
		1	1.31513	4.73545
Yterbio	173.04	3	0.59772	2.15179
		n	1.79316	6.45538
Zinc	65.38	2	0.33876	1.21952
		n	0.67751	5.43905

Referencias:

- 1) B.E. Conway, Electrochemical Data, Elsevier Publishing Co, Londres, 1952
- 2) C.L. Mantell, Electrochemical Engineering, Mc Graw Hill Co, Nueva York, 1960
- 3) Enrique Villarreal D., Electroquímica, Parte 2, Edicol S.A., México, 1975
- 4) Smithsonian Physical Tables, Forayte W.E., The Smithsonian Institution, 9 ed, Washington, 1954
- 5) Luis Blas, Agenda del Químico, Madrid Aguilar S.A., 2 ed., Madrid, 1963
- 6) Milozzo Giulio, Electrochemistry Theoretical Principles and Practical Application, Elsevier Publishing Co, U.S.A., 1963

PRODUCTO DE SOLUBILIDAD

TABLA 19

PRODUCTO DE SOLUBILIDAD ENTRE 18°C Y 25°C (Kps)

Sustancia	Kps	Sustancia	Kps
Ac(OH) ₃	1.0 × 10 ⁻¹⁵	1/2 Ag ₂ O + 1/2 H ₂ O =	
Ag ₃ AsO ₄	1.0 × 10 ⁻²²	Ag ⁺ + OH ⁻	2.6 × 10 ⁻⁸
AgBr	5.2 × 10 ⁻¹³	1/2 Ag ₂ O + 1/2 H ₂ O +	
AgBr + Br ⁻ = AgBr ₂ ⁻	1.0 × 10 ⁻⁵	OH ⁻ = Ag(OH) ₂ ⁻	2.0 × 10 ⁻⁴
AgBr + 2Br ⁻ = AgBr ₃ ⁻	4.5 × 10 ⁻⁵	AgOCN	2.3 × 10 ⁻⁷
AgBr + 3Br ⁻ = AgBr ₄ ⁻	2.5 × 10 ⁻⁴	AgOH	2.0 × 10 ⁻⁸
AgBrO ₃	5.2 × 10 ⁻⁵	Ag ₃ PO ₄	1.3 × 10 ⁻²⁰
AgC(CN) ₃	4.6 × 10 ⁻⁹	AgReO ₄	8.0 × 10 ⁻⁵
AgCN	1.2 × 10 ⁻¹⁶	Ag ₂ S	6.0 × 10 ⁻⁵⁰
2 AgCN = Ag ⁺		1/2 Ag ₂ S + H ⁺ =	
+ Ag(CN) ₂ ⁻	5.0 × 10 ⁻¹²	Ag ⁺ + 1/2 H ₂ S	2.0 × 10 ⁻¹⁴
Ag ₂ CN ₂	7.2 × 10 ⁻¹¹	AgSCN	1.0 × 10 ⁻¹²
Ag ₂ CO ₃	8.1 × 10 ⁻¹²	Ag ₂ SO ₃	1.5 × 10 ⁻¹⁴
AgC ₂ H ₃ O ₂	4.4 × 10 ⁻³	Ag ₂ SO ₄	1.6 × 10 ⁻⁵
Ag ₂ C ₂ O ₄	3.5 × 10 ⁻¹¹	AgSeCN	4.0 × 10 ⁻¹⁶
AgCl	1.8 × 10 ⁻¹⁰	Ag ₂ SeO ₃	9.7 × 10 ⁻¹⁶
AgCl + Cl ⁻ = AgCl ₂ ⁻	2.0 × 10 ⁻⁵	AgVO ₃	5.0 × 10 ⁻⁷
AgCl + 2Cl ⁻ = AgCl ₃ ⁻	2.0 × 10 ⁻⁵	Ag ₂ HVO ₄	2.0 × 10 ⁻¹⁴
AgCl + 3Cl ⁻ = AgCl ₄ ⁻	3.5 × 10 ⁻⁵	Ag ₃ HVO ₄ OH	1.0 × 10 ⁻²⁴
AgClO ₂	2.0 × 10 ⁻⁴	Ag ₂ WO ₄	5.5 × 10 ⁻¹²
Ag ₂ CrO ₄	1.1 × 10 ⁻¹²	AlAsO ₄	1.6 × 10 ⁻¹⁶
Ag ₂ Cr ₂ O ₇	2.0 × 10 ⁻⁷	Al(OH) ₃	2.0 × 10 ⁻³²
Ag ₃ (Co(NO ₂) ₆)	8.5 × 10 ⁻²¹	Al(OH) ₃ + H ₂ O =	
Ag ₄ (Fe(CN) ₆)	1.6 × 10 ⁻⁴¹	Al(OH) ₄ ⁻ + H ⁺	1.0 × 10 ⁻¹³
AgI	8.3 × 10 ⁻¹⁷	AlPO ₄	5.8 × 10 ⁻¹⁹
AgI + 2I ⁻ = AgI ₂ ⁻	4.0 × 10 ⁻³	Al ₂ S ₃	2.0 × 10 ⁻⁷
AgI + 3I ⁻ = AgI ₃ ⁻	5.0 × 10 ⁻³	Al ₂ Se ₃	4.0 × 10 ⁻²⁵
AgIO ₃	3.0 × 10 ⁻⁸	Am(OH) ₃	2.7 × 10 ⁻²⁰
Ag ₂ MoO ₄	2.8 × 10 ⁻¹²	Am(OH) ₄	1.0 × 10 ⁻⁵⁶
AgN ₃	2.9 × 10 ⁻⁹	1/2 As ₂ O ₃ + 3/2H ₂ O	
AgN(CN) ₂	1.4 × 10 ⁻⁹	= As ₂ O ₃ ⁻ + 3OH ⁻	2.0 × 10 ⁻¹
AgNO ₂	1.6 × 10 ⁻⁴	As ₂ S ₃ + 4H ₂ O =	
Ag ₂ N ₂ O ₂	1.3 × 10 ⁻¹⁹	2 HAsO ₂ + 3H ₂ S	2.1 × 10 ⁻²²

Sustancia	Kpa
$Au_2(C_2O_4)_3$	1.0×10^{-10}
$AuCl$	2.0×10^{-13}
$AuCl_3$	3.2×10^{-25}
AuI	1.6×10^{-23}
AuI_3	1.0×10^{-46}
$AuK(SCN)_4$	6.0×10^{-5}
$AuNa(SCN)_4$	4.0×10^{-4}
$Au(OH)_3$	5.5×10^{-46}
$Ba_3(AeO_4)_2$	7.7×10^{-51}
$Ba(BrO_3)_2$	3.2×10^{-6}
$BaCO_3$	5.1×10^{-9}
$BaCO_3 + CO_2 + H_2O =$ $Ba^{+2} + 2 HCO_3^-$	4.5×10^{-5}
BaC_2O_4	1.5×10^{-8}
$BaC_2O_4 \cdot H_2O$	2.3×10^{-8}
$BaCrO_4$	1.2×10^{-10}
BaF_2	1.0×10^{-6}
$Ba_2(Fe(CN)_6) \cdot 6H_2O$	3.2×10^{-8}
$Ba(IO_3)_2 \cdot 2H_2O$	1.5×10^{-9}
$BaMnO_4$	2.5×10^{-10}
$BaMoO_4$	4.0×10^{-8}
$Ba(NbO_3)_2$	3.2×10^{-17}
$Ba(OH)_2$	5.0×10^{-3}
$BaHPO_4$	3.2×10^{-7}
$Ba_3(PO_4)_2$	3.4×10^{-23}
$Ba_2P_2O_7$	3.2×10^{-11}
$BaHPO_3 \cdot 0.5H_2O$	1.0×10^{-3}
$Ba(ReO_4)_2$	5.2×10^{-2}
$BaSO_3$	8.0×10^{-7}
$BaSO_4$	1.3×10^{-10}
BaS_2O_3	1.6×10^{-5}
$BaSeO_4$	3.5×10^{-8}
$BaSiF_6$	1.0×10^{-6}
$BaCO_3 \cdot 4H_2O$	1.0×10^{-3}
$BaMoO_4$	3.2×10^{-2}
$Ba(NbO_3)_2$	1.2×10^{-16}
$Ba(OH)_2$	7.0×10^{-22}

Sustancia	Kpa
$Be(OH)_2 + OH^- =$	
$HBeO_2^- + H_2O$	3.2×10^{-3}
$BiAsO_4$	4.4×10^{-10}
BiI_3	8.1×10^{-19}
$BiOBr$	3.0×10^{-7}
$BiOBr + 2H^+ = Bi^{+3}$ $+ Br^- + H_2O$	3.0×10^{-7}
$BiOCl$	1.8×10^{-31}
$BiOCl = BiO^+ + Cl^-$	7.0×10^{-9}
$BiOCl + 2H^+ = Bi^{+3}$ $+ Cl^- + H_2O$	2.1×10^{-7}
$BiOCl + H_2O = Bi^{+3}$ $+ Cl^- + 2OH^-$	1.8×10^{-31}
$Bi(OH)_3$	4.0×10^{-31}
$Bi(NO_2)_2$	4.9×10^{-7}
$Bi(NO_3)_2$	2.8×10^{-3}
$BiOOH$	4.0×10^{-10}
$1/2 Bi_2O_3(\alpha) + 3/2 H_2O$ $+ OH^- = Bi(OH)_4^-$	5.0×10^{-6}
$BiOSCN$	1.6×10^{-7}
$BiPO_4$	1.3×10^{-23}
Bi_2S_3	1.0×10^{-97}
$Ca_3(AeO_4)_2$	6.8×10^{-19}
$CaCO_3$	4.8×10^{-9}
$CaCH_3COO \cdot 3H_2O$	2.0×10^{-6}
$CaCO_3(\text{calcitn})$	4.5×10^{-9}
$CaCO_3(\text{aragonita})$	6.0×10^{-9}
$CaCO_3 + CO_2 + H_2O$ $= Ca^{+2} + 2HCO_3^-$	5.2×10^{-5}
$CaC_2O_4 \cdot H_2O$	4.0×10^{-9}
CaC_2O_4	1.3×10^{-9}
$CaC_4H_4O_6 \cdot 6H_2O$	7.7×10^{-7}
$CaCrO_4$	7.1×10^{-4}
CaF_2	4.9×10^{-11}
$Ca(IO_3)_2 \cdot 6H_2O$	7.1×10^{-7}
$Ca(Mg(CO_3)_2)_2$	1.0×10^{-11}
$CaMoO_4$	4.2×10^{-8}

Sustancia	Kps	Sustancia	Kps
$\text{Ca}(\text{NbO}_3)_2$	8.8×10^{-18}	$\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2$	7.6×10^{-29}
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	5.5×10^{-6}	CoC_2O_4	4.0×10^{-6}
CaHPO_4	1.0×10^{-7}	$\text{CoC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	6.0×10^{-8}
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	2.0×10^{-29}	CoCO_3	1.4×10^{-13}
CaSO_3	6.8×10^{-8}	$\text{Co}_2(\text{Fe}(\text{CN})_6)$	1.8×10^{-15}
CaSO_4	1.2×10^{-6}	$\text{CoHg}(\text{SCN})_4 = \text{Co}^{+2}$ $+ \text{Hg}(\text{SCN})_4^{-2}$	1.5×10^{-6}
CaSeO_3	3.0×10^{-6}	$\text{Co}(\text{IO}_3)_2$	1.0×10^{-4}
CaSeO_4	8.1×10^{-4}	$\text{Co}(\text{NH}_3)_6(\text{BF}_4)_2$	4.0×10^{-6}
CaSiO_3	2.5×10^{-8}	$\text{Co}(\text{OH})_2$	2.0×10^{-16}
CaWO_4	8.7×10^{-9}	$\text{Co}(\text{OH})_2 + \text{OH}^- =$ $\text{Co}(\text{OH})_3^-$	8.0×10^{-6}
$\text{Cd}_3(\text{AsO}_4)_2$	2.2×10^{-33}	$\text{Co}(\text{OH})_3$	1.0×10^{-43}
$\text{Cd}(\text{BO}_2)_2$	2.3×10^{-9}	CoHPO_4	2.0×10^{-7}
CdC_2O_4	1.5×10^{-8}	$\text{Co}(\text{PO}_4)_2$	2.0×10^{-35}
$\text{CdC}_2\text{O}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	9.0×10^{-8}	$\alpha\text{-CoS}$	4.0×10^{-21}
$\text{Cd}(\text{CN})_2$	1.0×10^{-8}	$\beta\text{-CoS}$	2.0×10^{-25}
CdCO_3	5.2×10^{-12}	Co_2S_3	2.6×10^{-124}
$\text{Cd}_2(\text{Fe}(\text{CN})_6)$	3.2×10^{-17}	CoSeO_3	2.0×10^{-7}
$\text{Cd}(\text{OH})_2$	5.9×10^{-15}	CrAsO_4	7.8×10^{-21}
$\text{Cd}(\text{OH})_2 + \text{OH}^- =$ $\text{Cd}(\text{OH})_3^-$	2.0×10^{-5}	CrF_3	6.6×10^{-11}
$\text{Cd}(\text{NH}_3)_6(\text{BF}_4)_2$	2.0×10^{-6}	$\text{Cr}(\text{NH}_3)_6(\text{BF}_4)_3$	6.2×10^{-5}
$\text{Cd}_3(\text{PO}_4)_2$	2.5×10^{-33}	$\text{Cr}(\text{NH}_3)_6(\text{ReO}_4)_3$	7.7×10^{-12}
CdS	2.0×10^{-28}	$\text{Cr}(\text{OH})_2$	1.0×10^{-17}
$\text{CdS} + 2\text{H}^+ = \text{Cd}^{+2}$ $+ \text{H}_2\text{S}$	6.0×10^{-6}	$\text{Cr}(\text{OH})_3$	6.0×10^{-31}
CdSeO_3	1.3×10^{-9}	$\text{CrPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}(\text{verde})$	2.4×10^{-23}
CdWO_4	2.0×10^{-6}	$\text{CrPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}(\text{violeta})$	1.0×10^{-17}
$\text{Ce}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	3.0×10^{-29}	CeBrO_3	5.0×10^{-2}
$\text{Ce}_2(\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	9.7×10^{-20}	CeClO_3	4.0×10^{-2}
CeF_3	8.0×10^{-16}	CeClO_4	4.0×10^{-3}
$\text{Ce}(\text{IO}_3)_3$	3.2×10^{-10}	$\text{Ce}(\text{BF}_4)$	5.0×10^{-5}
$\text{Ce}(\text{IO}_3)_4$	5.0×10^{-17}	$\text{Ce}_3(\text{Co}(\text{NO}_2)_6)$	5.7×10^{-16}
$\text{Ce}(\text{OH})_3$	2.0×10^{-20}	CeIO_4	4.3×10^{-3}
CeO_2	8.0×10^{-37}	CeMnO_4	8.2×10^{-5}
CePO_4	1.0×10^{-23}	$\text{Ce}_2(\text{PtCl}_6)$	3.2×10^{-8}
Ce_2S_3	6.0×10^{-11}	$\text{Ce}_2(\text{PtF}_6)$	2.4×10^{-6}
$\text{Ce}_2(\text{SeO}_3)_3$	7.6×10^{-29}	CeReO_4	4.0×10^{-4}

Sustancia	Kpa	Sustancia	Kpa
$\text{Cu}_3(\text{AsO}_4)_2$	7.6×10^{-36}	CuSCN	4.8×10^{-15}
$\text{CuB}(\text{C}_6\text{H}_5)_4$	1.0×10^{-8}	$\text{CuSCN} + 2 \text{HCN} = 2\text{H}^+$	
CuBr	5.2×10^{-9}	$+ \text{Cu}(\text{CN})_2^- + \text{SCN}^-$	1.3×10^{-9}
CuCN	3.2×10^{-20}	$\text{CuSCN} + 3 \text{SCN}^- =$	
$\text{CuCN} + \text{CN}^- = \text{Cu}(\text{CN})_2^-$	1.2×10^{-5}	$\text{Cu}(\text{SCN})_4^{-3}$	2.2×10^{-3}
CuC_2O_4	2.3×10^{-8}	CuSeO_3	2.1×10^{-8}
$\text{CuC}_2\text{O}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$	2.3×10^{-8}	CuWO_4	1.0×10^{-5}
CuCO_3	1.4×10^{-10}	$\text{Dy}_2(\text{CrO}_4)_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	1.0×10^{-8}
CuCl	1.2×10^{-6}	$\text{Dy}(\text{OH})_3$	1.4×10^{-22}
$\text{CuCl} + \text{Cl}^- = \text{CuCl}_2^-$	7.6×10^{-2}	$\text{Er}(\text{OH})_3$	4.1×10^{-24}
$\text{CuCl} + 2\text{Cl}^- = \text{CuCl}_3^{2-}$	3.4×10^{-2}	$\text{Eu}(\text{OH})_3$	8.9×10^{-24}
CuCrO_4	3.6×10^{-6}	FeAsO_4	5.7×10^{-21}
$\text{Cu}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$	1.3×10^{-16}	FeCO_3	3.5×10^{-11}
CuI	1.1×10^{-12}	FeC_2O_4	2.0×10^{-7}
$\text{CuI} + \text{I}^- = \text{CuI}_2^-$	7.8×10^{-4}	$\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	3.0×10^{-7}
$\text{Cu}(\text{IO}_3)_2$	7.4×10^{-8}	$\text{Fe}_4(\text{Fe}(\text{CN})_6)_3$	3.0×10^{-41}
CuN_3	4.9×10^{-9}	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	8.0×10^{-16}
$\text{Cu}(\text{N}_3)_2$	6.3×10^{-10}	$\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{OH}^- =$	
$1/2 \text{Cu}_2\text{O} + 1/2 \text{H}_2\text{O}$		$\text{Fe}(\text{OH})_3$	8.0×10^{-6}
$\text{Cu}^+ + \text{OH}^-$	1.0×10^{-14}	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	4.0×10^{-38}
$\text{CuO} + \text{H}_2\text{O} =$		FePO_4	1.3×10^{-22}
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^-$	2.2×10^{-20}	FeS	6.0×10^{-18}
$\text{CuO} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{OH}^-$		Fe_2S_3	1.0×10^{-88}
$= \text{Cu}(\text{OH})_4^{2-}$	1.5×10^{-4}	$\text{Fe}_2(\text{SeO}_3)_2$	2.0×10^{-31}
CuOH	1.0×10^{-14}	$\text{Ga}_4(\text{Fe}(\text{CN})_6)_3$	1.5×10^{-34}
$\text{Cu}(\text{OH})_2$	2.2×10^{-20}	$\text{Ga}(\text{OH})_3$	7.0×10^{-36}
$\text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{OH}^- =$		$\text{Gd}(\text{HCO}_3)_3$	2.0×10^{-2}
$\text{Cu}(\text{OH})_2^-$	1.0×10^{-5}	$\text{Gd}(\text{OH})_3$	1.8×10^{-23}
$\text{Cu}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^- =$		GeO_2	1.0×10^{-57}
$\text{Cu}(\text{OH})_4^{2-}$	1.9×10^{-3}	$\text{HF}(\text{OH})_3$	4.0×10^{-26}
$\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$	1.3×10^{-37}	$\text{HF}(\text{OH})_4$	4.0×10^{-26}
$\text{Cu}_2\text{P}_2\text{O}_7$	8.4×10^{-16}	HgBr_2	8.0×10^{-20}
CuS	6.3×10^{-36}	Hg_2Br_2	5.8×10^{-24}
$\text{CuS} + 2\text{H}^+ = \text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{S}$	6.0×10^{-15}	$\text{Hg}_2(\text{CN})_2$	5.0×10^{-40}
Cu_2S	3.0×10^{-48}	Hg_2CO_3	8.9×10^{-17}
$\text{Cu}_2\text{S} + 2 \text{H}^+ =$		$\text{Hg}_2(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$	3.0×10^{-11}
$2\text{Cu}^+ + \text{H}_2\text{S}$	1.0×10^{-27}	$\text{Hg}_2\text{C}_2\text{O}_4$	2.0×10^{-13}

Sustancia	Kps	Sustancia	Kps
HgCl ₂ O ₄	1.0 × 10 ⁻⁷	KClO ₄	1.1 × 10 ⁻²
Hg ₂ C ₄ H ₄ O ₆	1.0 × 10 ⁻¹⁰	KFe(Fe(CN) ₆)	3.2 × 10 ⁻⁴¹
HgCl ₂	2.6 × 10 ⁻¹⁵	KIO ₃	5.0 × 10 ⁻²
Hg ₂ Cl ₂	1.3 × 10 ⁻¹⁸	KIO ₄	8.3 × 10 ⁻⁴
Hg ₂ CrO ₄	2.0 × 10 ⁻⁹	K ₂ NaCo(NO ₂) ₆	2.2 × 10 ⁻¹¹
(Hg ₂) ₃ (Fe(CN) ₆) ₂	8.5 × 10 ⁻²¹	K ₂ PdCl ₆	6.0 × 10 ⁻⁶
HgI ₂	3.2 × 10 ⁻²⁹	K ₂ (PtBr ₆)	6.3 × 10 ⁻⁵
Hg ₂ I ₂	4.5 × 10 ⁻²⁹	K ₂ (PtCl ₆)	1.1 × 10 ⁻⁵
Hg ₂ (IO ₃) ₂	1.9 × 10 ⁻¹⁴	K ₂ (PtF ₆)	2.9 × 10 ⁻⁵
Hg ₂ (N ₃) ₂	7.1 × 10 ⁻¹⁰	K ₂ SIF ₆	8.6 × 10 ⁻⁷
Hg ₂ O	3.0 × 10 ⁻²⁶	KUD ₂ AsO ₄	2.5 × 10 ⁻²³
Hg ₂ O + H ₂ O = Hg ₂ ⁺² + 2OH ⁻	1.0 × 10 ⁻⁴⁶	K ₄ (UO ₂ (CO ₃) ₃)	6.3 × 10 ⁻⁵
Hg(OH) ₂	3.0 × 10 ⁻²⁶	K ₂ Zn ₃ (Fe(CN) ₆) ₂	1.0 × 10 ⁻⁹⁵
Hg ₂ (OH) ₂	2.0 × 10 ⁻²⁴	La(BrO ₃) ₃ ·9H ₂ O	3.2 × 10 ⁻³
Hg ₂ HPO ₄	4.0 × 10 ⁻¹³	La ₂ (C ₂ O ₄) ₃ ·9H ₂ O	2.5 × 10 ⁻²⁷
HgS(rojo)	4.0 × 10 ⁻⁵³	La ₂ (C ₂ O ₄) ₃	2.0 × 10 ⁻²⁰
HgS(negro)	1.6 × 10 ⁻⁵²	La(IO ₃) ₃	6.2 × 10 ⁻¹²
Hg ₂ S	1.0 × 10 ⁻⁴⁷	La ₂ (MoO ₄) ₃	4.0 × 10 ⁻²¹
Hg ₂ (SCN) ₂	3.0 × 10 ⁻²⁰	La(OH) ₃	2.0 × 10 ⁻¹⁹
Hg ₂ SO ₃	1.0 × 10 ⁻²⁷	LaPO ₄	3.7 × 10 ⁻²³
Hg ₂ SO ₄	7.4 × 10 ⁻⁷	La ₂ S ₃	2.0 × 10 ⁻¹³
HgSe	1.0 × 10 ⁻⁵⁹	La ₂ (SO ₄) ₃	3.2 × 10 ⁻⁵
Hg ₂ SeO ₃	6.0 × 10 ⁻¹⁵	La ₂ (WO ₄) ₃ ·3H ₂ O	1.3 × 10 ⁻⁴
HgSeO ₃	1.5 × 10 ⁻¹⁴	Li ₂ CO ₃	2.5 × 10 ⁻²
Hg ₂ WO ₄	1.1 × 10 ⁻¹⁷	LiF	3.8 × 10 ⁻³
Ho(OH) ₃	5.0 × 10 ⁻²³	Li ₃ PO ₄	3.2 × 10 ⁻⁹
I ₂ (s) = I ₂ (g)	1.3 × 10 ⁻³	Li(UO ₂ AsO ₄)	1.5 × 10 ⁻¹⁹
I ₂ (s) + I ⁻ = I ₃ ⁻	9.8 × 10 ⁻¹	Lu(OH) ₃	1.9 × 10 ⁻²⁴
In ₄ (Fe(CN) ₆) ₃	1.9 × 10 ⁻⁴⁴	Mg ₃ (AsO ₄) ₂	2.1 × 10 ⁻²⁰
In(OH) ₃	6.0 × 10 ⁻³⁴	MgCO ₃	3.5 × 10 ⁻⁸
In ₂ S ₃	5.7 × 10 ⁻⁷⁴	MgCO ₃ ·3H ₂ O	1.0 × 10 ⁻⁵
In ₂ (SeO ₃) ₃	4.0 × 10 ⁻³³	MgCO ₃ + CO ₂ + H ₂ O	
KAu(SCN) ₄	6.0 × 10 ⁻⁵	= Mg ⁺² + 2HCO ₃ ⁻	4.5 × 10 ⁻¹
KB(C ₆ H ₅) ₄	2.0 × 10 ⁻⁸	MgC ₂ O ₄	8.6 × 10 ⁻⁵
KBrO ₃	5.7 × 10 ⁻²	MgC ₂ O ₄ ·2H ₂ O	1.0 × 10 ⁻⁸
K ₂ Cu(HCO ₃) ₄	3.0 × 10 ⁻¹²	MgF ₂	6.5 × 10 ⁻⁹
		Mg(IO ₃) ₂ ·4H ₂ O	3.2 × 10 ⁻³

Sustancia	Kpa
$Mg(NbO_3)_2$	2.3×10^{-17}
$MgNH_4PO_4$	3.0×10^{-13}
$Mg(OH)_2$	1.8×10^{-11}
$Mg_3(PO_4)_2$	1.0×10^{-25}
$MgSO_3$	3.2×10^{-3}
$MgSeO_3$	1.3×10^{-5}
$Mn_3(AsO_4)_2$	1.9×10^{-29}
$MnCO_3$	1.8×10^{-11}
MnC_2O_4	1.1×10^{-15}
$MnC_2O_4 \cdot 2H_2O$	5.0×10^{-6}
$Mn_2Fe(CN)_6$	7.9×10^{-13}
$Mn(OH)_2$	1.9×10^{-13}
$Mn(OH)_2 + OH^- =$ $Mn(OH)_3^-$	1.0×10^{-5}
$Mn_3(PO_4)_2$	1.0×10^{-22}
$MnS(\text{amorfo})$	3.0×10^{-10}
$MnS(\text{cristalino})$	3.0×10^{-13}
$MnSeO_3$	1.0×10^{-7}
Na_3AlF_6	4.0×10^{-10}
$NaAu(SCN)_4$	4.0×10^{-4}
$NaK_2Co(NO_2)_6$	2.2×10^{-11}
$Na(NH_4)_2Co(NO_2)_6$	4.0×10^{-12}
$NaPb_2OH(CO_3)_2$	1.0×10^{-31}
$NaUO_2AsO_4$	1.3×10^{-22}
$Nd(OH)_3$	3.2×10^{-22}
$(NH_4)_2NaCo(NO_2)_6$	4.0×10^{-12}
$NH_4UO_2AsO_4$	1.7×10^{-24}
$Ni_3(AsO_4)_2$	3.1×10^{-26}
$NiCO_3$	6.6×10^{-9}
$Ni_2(CN)_4 = Ni^{+2}$ $+ Ni(CN)_4^{-2}$	1.7×10^{-9}
NiC_2O_4	4.0×10^{-10}
$Ni_2Fe(CN)_6$	1.3×10^{-15}
$Ni(N_2H_4)_3SO_4$	7.1×10^{-14}
$Ni(NH_3)_6(ReO_4)_2$	5.1×10^{-4}
$Ni(IO_3)_2$	1.4×10^{-8}
$Ni(OH)_2$	6.5×10^{-18}

Sustancia	Kpa
$Ni(OH)_2 + OH^- =$ $Ni(OH)_3^-$	6.0×10^{-5}
$Ni_3(PO_4)_2$	5.0×10^{-31}
$Ni_2P_2O_7$	1.7×10^{-13}
αNiS	3.0×10^{-19}
βNiS	1.0×10^{-24}
γNiS	2.0×10^{-26}
$NiSeO_3$	1.0×10^{-5}
$Pb_3(AsO_4)_2$	4.1×10^{-36}
$PbBr_2$	4.0×10^{-5}
$Pb(BO_2)_2$	1.6×10^{-11}
$Pb(BrO_3)_2$	2.0×10^{-2}
$PbBr_2 = PbBr^+ + Br^-$	3.9×10^{-4}
$PbCO_3$	3.3×10^{-14}
PbC_2O_4	4.8×10^{-10}
$PbCH_3COO^-$	1.8×10^{-3}
$PbCl_2$	1.6×10^{-5}
$PbClF$	2.4×10^{-9}
$Pb(ClO_2)_2$	4.0×10^{-9}
$PbCrO_4$	2.8×10^{-13}
PbF_2	2.7×10^{-8}
$Pb_2Fe(CN)_6$	3.5×10^{-15}
$PbFI$	8.5×10^{-9}
PbI_2	7.1×10^{-9}
$PbI_2 + I^- = PbI_3^-$	2.2×10^{-5}
$PbI_2 + 2I^- = PbI_4^{2-}$	1.4×10^{-4}
$PbI_2 + 3I^- = PbI_5^{3-}$	6.8×10^{-5}
$PbI_2 + 4I^- = PbI_6^{4-}$	5.9×10^{-3}
$Pb(IO_3)_2$	3.2×10^{-13}
$PbMoO_4$	1.0×10^{-13}
$Pb(N_3)_2$	2.6×10^{-9}
$Pb(NbO_3)_2$	2.4×10^{-17}
PbO	1.2×10^{-15}
PbO_2	3.2×10^{-66}
$Pb(OH)_2$	1.2×10^{-15}
$Pb(OH)_4$	3.2×10^{-66}
$PbOHB r$	2.0×10^{-15}

Sustancia	Kpa
PbOHC1	2.0×10^{-14}
PbOHNO ₃	2.8×10^{-4}
PbHPO ₄	1.3×10^{-10}
Pb ₃ (PO ₄) ₂	8.0×10^{-43}
PbHPO ₃	5.8×10^{-7}
PbS	1.0×10^{-28}
PbS + 2H ⁺ = Pb ⁺² + H ₂ S	1.0×10^{-6}
Pb(SCN) ₂	2.0×10^{-5}
PbS ₂ O ₃	4.0×10^{-7}
PbSO ₄	1.6×10^{-8}
PbSeO ₃	3.0×10^{-12}
PbSeO ₄	1.4×10^{-7}
PbWO ₄	4.5×10^{-7}
Pd(OH) ₂	1.0×10^{-31}
Pd(OH) ₄	6.3×10^{-71}
Pm(OH) ₃	1.0×10^{-21}
PoS	5.5×10^{-21}
Pr(OH) ₃	6.8×10^{-22}
PtBr ₄	3.2×10^{-41}
Pt(OH) ₂	1.0×10^{-35}
PtS	8.0×10^{-72}
PuF ₃	2.5×10^{-16}
PuF ₄	6.3×10^{-20}
Pu(HPO ₄) ₂ ·xH ₂ O	2.0×10^{-28}
Pu(IO ₃) ₄	5.0×10^{-13}
PuO ₂ CO ₃	1.7×10^{-13}
Pu(OH) ₃	2.0×10^{-20}
Pu(OH) ₄	1.0×10^{-55}
PuO ₂ (OH)	5.0×10^{-10}
PuO ₂ (OH) ₂	2.0×10^{-25}
Ra(IO ₃) ₂	8.7×10^{-10}
RaSO ₄	4.2×10^{-11}
RaClO ₄	2.5×10^{-3}
Rb ₃ (Co(NO ₂) ₆)	1.5×10^{-15}
RbIO ₄	5.5×10^{-4}
Rb ₂ (PtCl ₆)	6.3×10^{-8}

Sustancia	Kpa
Rb ₂ (PtF ₆)	7.7×10^{-7}
Rb ₂ (SiF ₆)	5.0×10^{-7}
Rh(OH) ₃	1.0×10^{-23}
Rh(OH) ₃ + H ⁺ = Rh(OH) ₂ ⁺ + H ₂ O	1.0×10^{-5}
Ru(OH) ₃	1.0×10^{-36}
Ru(OH) ₄	1.0×10^{-34}
1/2 Sb ₂ O ₃ + 3/2 H ₂ O = Sb ₂ ⁺³ + 3OH ⁻	2.0×10^{-5}
SbOOH	1.0×10^{-17}
1/2 Sb ₂ S ₃ + H ₂ O + H ⁺ = SbO ₂ ⁺ + 3/2 H ₂ S	1.0×10^{-14}
Sb ₃ S ₃	2.9×10^{-59}
ScF ₃	4.2×10^{-18}
Sc(OH) ₃	8.0×10^{-31}
SiO ₂ + 2H ₂ O = Si(OH) ₄	2.0×10^{-3}
Sm(OH) ₃	8.3×10^{-23}
SnO	1.4×10^{-28}
Sn(OH) ₂	1.4×10^{-28}
Sn(OH) ₄	1.0×10^{-56}
SnS	1.0×10^{-25}
SnS ₂	1.0×10^{-70}
Sr ₃ (AsO ₄) ₂	8.1×10^{-19}
SrCO ₃	1.1×10^{-10}
SrC ₂ O ₄ ·H ₂ O	1.6×10^{-7}
SrCrO ₄	3.6×10^{-5}
SrF ₂	2.5×10^{-9}
Sr(IO ₃) ₂	3.3×10^{-7}
SrMoO ₄	2.0×10^{-7}
Sr(NbO ₃) ₂	4.2×10^{-18}
Sr(PO ₄) ₂	4.0×10^{-28}
SrSO ₃	4.0×10^{-8}
SrSO ₄	3.2×10^{-7}
SrSeO ₃	1.8×10^{-6}
SrSeO ₄	8.1×10^{-4}
SrWO ₄	1.7×10^{-10}

Sustancia	Kps	Sustancia	Kps
Tb(OH) ₃	2.0 × 10 ⁻²²	Tl ₂ SO ₄	3.6 × 10 ⁻¹⁴
TeO ₂ + 4H ⁺ = Te ⁺³ + 2H ₂ O	2.1 × 10 ⁻²	Tl ₂ SeO ₃	2.0 × 10 ⁻³⁹
Te(OH) ₄	3.0 × 10 ⁻⁵⁴	Tl ₂ SeO ₄	1.0 × 10 ⁻⁴
H ₂ TeO ₃ + 4H ⁺ = Te ⁺⁴ + 3H ₂ O	3.3 × 10 ⁻³	Tm(OH) ₃	3.0 × 10 ⁻²⁴
Th(C ₂ O ₄) ₂	1.0 × 10 ⁻²²	UO ₂ HAsO ₄	3.2 × 10 ⁻¹¹
ThF ₄ ·4H ₂ O + 2H ⁺ = ThF ₄ ²⁺ + 2HF + 4H ₂ O	5.9 × 10 ⁻⁶	UO ₂ CO ₃	1.8 × 10 ⁻¹²
Th(OH) ₄	4.0 × 10 ⁻⁴⁵	UF ₄ ·2.5H ₂ O	5.7 × 10 ⁻²²
Th ₃ (PO ₄) ₄	2.5 × 10 ⁻⁷⁹	(UO ₂) ₂ Fe(CN) ₆	7.1 × 10 ⁻¹⁴
Th(HPO ₄) ₂	1.0 × 10 ⁻²⁰	UO ₂ C ₂ O ₄ ·3H ₂ O	2.0 × 10 ⁻⁴
Th(IO ₃) ₄	2.5 × 10 ⁻¹⁵	UO ₂ (IO ₃) ₂ ·H ₂ O	3.2 × 10 ⁻⁸
Tl(OH) ₃	1.0 × 10 ⁻⁴⁰	UO ₂ HAsO ₄	2.5 × 10 ⁻²³
TlO(OH) ₂	1.0 × 10 ⁻²⁹	UO ₂ LiAsO ₄	1.5 × 10 ⁻¹⁹
ThF ₄	4.0 × 10 ⁻²⁸	UO ₂ NH ₄ AsO ₄	1.7 × 10 ⁻²⁴
TlBr	3.4 × 10 ⁻⁶	UO ₂ NaAsO ₄	1.3 × 10 ⁻²²
TlBr + Br ⁻ = TlBr ₂ ⁻	2.4 × 10 ⁻⁵	UO ₂ HPO ₄	2.1 × 10 ⁻¹¹
TlBr + 2Br ⁻ = TlBr ₃ ²⁻	8.0 × 10 ⁻⁶	(UO ₂) ₃ (PO ₄) ₂	2.0 × 10 ⁻⁴⁷
TlBr + 3Br ⁻ = TlBr ₄ ³⁻	1.6 × 10 ⁻⁶	UO ₂ (OH) ₂	1.1 × 10 ⁻²²
TlBrO ₃	8.5 × 10 ⁻⁵	UO ₂ (OH) ₂ + OH ⁻ = HUO ₂ ⁻ + H ₂ O	2.5 × 10 ⁻⁴
Tl ₂ CO ₃	4.0 × 10 ⁻³	UO ₂ (SCN) ₂	4.0 × 10 ⁻⁴
Tl ₂ C ₂ O ₄	2.0 × 10 ⁻⁴	UO ₂ SO ₃	2.6 × 10 ⁻⁹
TlCl	1.7 × 10 ⁻⁴	VO(OH) ₂	7.4 × 10 ⁻²³
TlCl + Cl ⁻ = TlCl ₂ ⁻	1.8 × 10 ⁻⁴	1/2 V ₂ O ₅ + H ⁺ = VO ₂ ⁺ + 1/2 H ₂ O	2.0 × 10 ⁻¹
TlCl + 2Cl ⁻ = TlCl ₃ ²⁻	2.0 × 10 ⁻⁵	(VO ₃)(PO ₄) ₂	8.0 × 10 ⁻²⁵
Tl ₂ C ₂ O ₄	9.8 × 10 ⁻¹³	YF ₃	6.6 × 10 ⁻¹³
TlI	6.5 × 10 ⁻⁸	Y ₂ (I ₂ O ₄) ₃	5.3 × 10 ⁻²⁴
TlI + I ⁻ = TlI ₂ ⁻	1.5 × 10 ⁻⁶	Y(OH) ₃	8.0 × 10 ⁻²³
TlI + 2I ⁻ = TlI ₃ ²⁻	2.3 × 10 ⁻⁶	Yb(OH) ₃	3.0 × 10 ⁻²⁴
TlI + 3I ⁻ = TlI ₄ ³⁻	1.0 × 10 ⁻⁶	Zn ₃ (AsO ₄) ₂	1.3 × 10 ⁻²⁸
TlIO ₃	3.1 × 10 ⁻⁶	Zn(BO ₂) ₂ ·H ₂ O	6.6 × 10 ⁻¹¹
Tl ₄ (Fe(CN) ₆) ₂ ·2H ₂ O	5.0 × 10 ⁻¹⁰	ZnCO ₃	1.4 × 10 ⁻¹¹
TlN ₃	2.2 × 10 ⁻⁴	ZnC ₂ O ₄	2.7 × 10 ⁻⁸
Tl(OH) ₃	6.3 × 10 ⁻⁴⁶	ZnC ₂ O ₄ ·2H ₂ O	2.8 × 10 ⁻⁸
Tl ₂ S	5.0 × 10 ⁻²¹	Zn(CN) ₂	2.6 × 10 ⁻¹³
TlSCN	1.7 × 10 ⁻⁴	Zn ₂ Fe(CN) ₆	4.1 × 10 ⁻¹⁶
		ZnHg(SCN) ₄	2.2 × 10 ⁻⁷

Sustancia	Hpa
$Zn(IO_3)_2$	2.0×10^{-8}
$Zn(OH)_2$	1.2×10^{-17}
$Zn(OH)_2 + OH^- = Zn(OH)_3^-$	3.0×10^{-3}
$Zn_3(PO_4)_2$	9.1×10^{-33}
ZnS	1.6×10^{-24}
ZnS	2.5×10^{-22}
$ZnSeO_3$	2.6×10^{-7}
$Zr(OH)_4$	1.0×10^{-52}
$ZrO(OH)_2$	6.3×10^{-49}
$Zr_3(PO_4)_4$	1.0×10^{-132}

Referencias:

- 1) B.E. Conway, Electrochemical Data, Elsevier Publishing Co, Londres, 1952
- 2) Cleveland, Handbook of Chemistry and Physics, Chemical Rubber Co, U.S.A., 1913
- 3) Creighton Henry, Principles and Applications of Electrochemistry, John-Wiley, Nueva York, 1943
- 4) Donald B. Summers, Chemistry Handbook, Willard Grant Press, 2 ed., U.S.A., 1980
- 5) Lange Norbert Adolph, Handbook of Chemistry, Mc Graw Hill Co, 10 ed., U.S.A., 1967
- 6) Louis Meites, Handbook of Analytical Chemistry, Mc Graw Hill Co, U.S.A., 1963
- 7) Thersald Moeller, Ions in Aqueous Systems, Mc Graw Hill Co, Nueva York, 1972

CONSTANTE DE DISOCIACION

TABLA 20
CONSTANTE DE DISOCIACION DE ACIDOS A 25°C (k_a)

Acido	Ecuación de equilibrio	k_a
Acético	$HC_2H_3O_2 + H_2O = H_3O^+ + C_2H_3O_2^-$	1.8×10^{-5}
AEDT	$H_4V + H_2O = H_3O^+ + H_3V^-$	1.0×10^{-2}
	$H_3V^- + H_2O = H_3O^+ + H_2V^{2-}$	2.1×10^{-3}
	$H_2V^{2-} + H_2O = H_3O^+ + HV^{-3}$	6.9×10^{-7}
	$HV^{-3} + H_2O = H_3O^+ + V^{-4}$	5.5×10^{-11}
Aluminio hidroxido	$Al(OH)_3 = H_3O^+ + AlO_2^-$	4.0×10^{-13}
Aluminio ión	$Al^{+3} + 2H_2O = H_3O^+ + AlOH^{+2}$	1.4×10^{-5}
Amonio ión	$NH_4^+ + H_2O = H_3O^+ + NH_3$	5.6×10^{-10}
Antimonio(III) hidroxido	$SbOOH + H_2O = H_3O^+ + SbO_2^-$	1.0×10^{-11}
Arsénico (orto)	$H_3AsO_4 + H_2O = H_3O^+ + H_2AsO_4^-$	2.5×10^{-4}
	$H_2AsO_4^- + H_2O = H_3O^+ + HAsO_4^{2-}$	5.6×10^{-8}
	$HAsO_4^{2-} + H_2O = H_3O^+ + AsO_4^{3-}$	3.0×10^{-13}
Arsenioso (meta)	$HAsO_2 + H_2O = H_3O^+ + AsO_2^-$	6.0×10^{-10}
Benzoico	$HC_7H_5O_2 + H_2O = H_3O^+ + C_7H_5O_2^-$	6.6×10^{-5}
Bismuto (III) ión	$Bi^{+3} + 2H_2O = H_3O^+ + BiOH^{+2}$	1.0×10^{-2}
Bórico (orto)	$H_3BO_3 + H_2O = H_3O^+ + H_2BO_3^-$	6.0×10^{-10}
	$HBO_2 + H_2O = H_3O^+ + BO_2^-$	6.0×10^{-10}
Bromoso, hipo	$HBrO + H_2O = H_3O^+ + BrO^-$	2.5×10^{-9}
n-Butírico	$HC_4H_7O_2 + H_2O = H_3O^+ + C_4H_7O_2^-$	1.5×10^{-5}
Carbónico	$H_2CO_3 + H_2O = H_3O^+ + HCO_3^-$	4.2×10^{-7}
	$HCO_3^- + H_2O = H_3O^+ + CO_3^{2-}$	4.8×10^{-11}
Cianhídrico	$HCN + H_2O = H_3O^+ + CN^-$	4.0×10^{-10}
Cítrico	$H_3C_6H_5O_7 + H_2O = H_3O^+ + H_2C_6H_5O_7^-$	8.4×10^{-4}
	$H_2C_6H_5O_7^- + H_2O = H_3O^+ + HC_6H_5O_7^{2-}$	1.8×10^{-5}
	$HC_6H_5O_7^{2-} + H_2O = H_3O^+ + C_6H_5O_7^{3-}$	4.0×10^{-6}
Cloroacético	$HC_2H_2ClO_2 + H_2O = H_3O^+ + C_2H_2ClO_2^-$	1.4×10^{-3}
Cloroacético di	$HC_2HCl_2O_2 + H_2O = H_3O^+ + C_2HCl_2O_2^-$	3.3×10^{-2}
Cloroacético tri	$HC_2Cl_3O_2 + H_2O = H_3O^+ + C_2Cl_3O_2^-$	2.0×10^{-1}
Cloroso hipo	$HClO + H_2O = H_3O^+ + ClO^-$	3.2×10^{-8}
Cobre(II) hidroxido	$Cu(OH)_2 + H_2O = H_3O^+ + HCO_2^-$	1.0×10^{-19}
	$HCO_2^- + H_2O = H_3O^+ + CO_2^{2-}$	7.9×10^{-14}
Cobre(II) ión	$Cu^{+2} + 2H_2O = H_3O^+ + CuOH^+$	1.0×10^{-8}

Acido	Ecuación de equilibrio	ke
Cromico	$H_2CrO_4 + H_2O = H_3O^+ + HCrO_4^-$	1.0×10^{-1}
	$HCrO_4^- + H_2O = H_3O^+ + CrO_4^{2-}$	3.2×10^{-7}
Cromo(III) hidroxido	$Cr(OH)_3 + H_2O = H_3O^+ + CrO_4^{2-}$	9.0×10^{-17}
Cromo(III) ión	$Cr^{+3} + 2H_2O = H_3O^+ + CrOH^{+2}$	1.0×10^{-4}
Estaño(IV) hidroxido	$Sn(OH)_4 + 4H_2O = 2H_3O^+ + (Sn(OH)_6)^{-2}$	1.0×10^{-32}
Estaño(II) hidroxido	$Sn(OH)_2 + H_2O = H_3O^+ + HSnO_2^-$	3.8×10^{-15}
Formico	$HCHO_2 + H_2O = H_3O^+ + CHO_2^-$	2.1×10^{-4}
Fumérico	$H_2C_4H_2O_4 + H_2O = H_3O^+ + HC_4H_2O_4^-$	9.6×10^{-4}
	$HC_4H_2O_4^- + H_2O = H_3O^+ + C_4H_2O_4^{2-}$	4.1×10^{-5}
Fluorhídrico	$HF + H_2O = H_3O^+ + F^-$	2.4×10^{-4}
Fenol	$C_6H_5OH + H_2O = H_3O^+ + C_6H_5O^-$	1.3×10^{-10}
Ftálico (orto)	$H_2C_6H_4O_4 + H_2O = H_3O^+ + HC_6H_4O_4^-$	8.0×10^{-4}
	$HC_6H_4O_4^- + H_2O = H_3O^+ + C_6H_4O_4^{2-}$	4.0×10^{-6}
Ftálico (meta)	$H_2C_6H_4O_4 + H_2O = H_3O^+ + HC_6H_4O_4^-$	2.9×10^{-4}
	$HC_6H_4O_4^- + H_2O = H_3O^+ + C_6H_4O_4^{2-}$	2.5×10^{-5}
Ftálico (para)	$H_2C_6H_4O_4 + H_2O = H_3O^+ + HC_6H_4O_4^-$	3.1×10^{-4}
	$HC_6H_4O_4^- + H_2O = H_3O^+ + C_6H_4O_4^{2-}$	1.5×10^{-5}
Fosfórico	$H_3PO_4 + H_2O = H_3O^+ + H_2PO_4^-$	7.5×10^{-3}
	$H_2PO_4^- + H_2O = H_3O^+ + HPO_4^{2-}$	6.2×10^{-8}
	$HPO_4^{2-} + H_2O = H_3O^+ + PO_4^{3-}$	1.0×10^{-12}
Ferrico(II) hexaciانو	$H_2(Fe(CN)_6)^{-2} + H_2O = H_3O^+ + H(Fe(CN)_6)^{-3}$	1.0×10^{-3}
	$H(Fe(CN)_6)^{-3} + H_2O = H_3O^+ + Fe(CN)_6^{4-}$	5.6×10^{-5}
Fierro(III) ión	$Fe^{+3} + 2H_2O = H_3O^+ + FeOH^{+2}$	4.0×10^{-3}
Fierro(II) ión	$Fe^{+2} + 2H_2O = H_3O^+ + FeOH^{+}$	1.2×10^{-6}
Hidrazoico	$HN_3 + H_2O = H_3O^+ + N_3^-$	1.9×10^{-5}
Láctico	$HC_2H_3O_3 + H_2O = H_3O^+ + C_2HCl_2O_2^-$	8.4×10^{-4}
Magnesio ión	$Mg^{+2} + ?H_2O = H_3O^+ + Mg(OH)^{+}$	2.0×10^{-12}
Málico	$H_2C_4H_3O_5 + H_2O = H_3O^+ + HC_4H_3O_5^-$	3.5×10^{-4}
	$HC_4H_3O_5^- + H_2O = H_3O^+ + C_4H_3O_5^{2-}$	8.9×10^{-6}
Mercurio(II) ión	$Hg^{+2} + 2H_2O = H_3O^+ + HgOH^{+}$	2.0×10^{-3}
Nitroso	$HN_2O + H_2O = H_3O^+ + NO_2^-$	4.5×10^{-4}
Oxálico	$H_2C_2O_4 + H_2O = H_3O^+ + HC_2O_4^-$	3.8×10^{-2}
	$HC_2O_4^- + H_2O = H_3O^+ + C_2O_4^{2-}$	5.0×10^{-5}
Peroxido de hidrógeno	$H_2O_2 + H_2O = H_3O^+ + HO_2^-$	2.4×10^{-12}
Picrico	$HC_6H_2N_3O_7 + H_2O = H_3O^+ + C_6H_2N_3O_7^-$	4.2×10^{-1}
Plomo(II) hidroxido	$Pb(OH)_2 + H_2O = H_3O^+ + HPbO_2^-$	4.6×10^{-16}
Propionico	$HC_3H_5O_2 + H_2O = H_3O^+ + C_3H_5O_2^-$	1.4×10^{-5}

Acido	Ecuación de equilibrio	ka
Salicílico	$HC_7H_5O_3 + H_2O = H_3O^+ + C_7H_5O_3^-$	1.0×10^{-3}
Silícico (meta)	$H_2SiO_3 + H_2O = H_3O^+ + HSiO_3^-$	3.2×10^{-11}
	$HSiO_3^- + H_2O = H_3O^+ + SiO_3^{2-}$	6.3×10^{-12}
Sulfamídico	$HNH_2SO_3 + H_2O = H_3O^+ + NH_2SO_3^-$	1.0×10^{-1}
Succínico	$H_2C_4H_4O_4 + H_2O = H_3O^+ + HC_4H_4O_4^-$	6.5×10^{-5}
	$HC_4H_4O_4^- + H_2O = H_3O^+ + C_4H_4O_4^{2-}$	3.3×10^{-6}
Sulfúrico	$H_2SO_4 + H_2O = H_3O^+ + HSO_4^-$	1.2×10^{-2}
	$HSO_4^- + H_2O = H_3O^+ + SO_4^{2-}$	1.26×10^{-2}
Sulfuroso	$H_2SO_3 + H_2O = H_3O^+ + HSO_3^-$	1.25×10^{-2}
	$HSO_3^- + H_2O = H_3O^+ + SO_3^{2-}$	5.6×10^{-8}
Sulfúrico tio	$H_2S_2O_3 + H_2O = H_3O^+ + HS_2O_3^-$	2.0×10^{-2}
	$HS_2O_3^- + H_2O = H_3O^+ + S_2O_3^{2-}$	3.2×10^{-3}
Tértico	$H_2C_4H_4O_6 + H_2O = H_3O^+ + HC_4H_4O_6^-$	1.0×10^{-3}
	$HC_4H_4O_6^- + H_2O = H_3O^+ + C_4H_4O_6^{2-}$	4.3×10^{-5}
Yodoso hipo	$HIO + H_2O = H_3O^+ + IO^-$	5.0×10^{-13}
Zinc hidróxido	$Zn(OH)_2 + 2H_2O = H_3O^+ + ZnO_2^{2-}$	1.0×10^{-29}
Zinc ión	$Zn^{+2} + 2H_2O = H_3O^+ + ZnOH^+$	2.5×10^{-10}

Referencias:

- 1) B.E. Conway, Electrochemical Data, Elsevier Publishing Co, Londres, 1952
- 2) Cleveland, Handbook of Chemistry and Physics, Chemical Rubber Co, U.S.A., 1913
- 3) Donald B. Summers, Chemistry Handbook, Willard Grant Press, 2 ed., U.S.A., 1980
- 4) Forsythe W.E., Smithsonian Physical Tables, The Smithsonian Institution, 9 ed., Washington, 1954
- 5) G. Kortüm, Treatise on Electrochemistry, Elsevier Publishing Co, Amsterdam, 1965
- 6) Herbert S. Harned, Physical Chemistry of Electrolytic Solutions, Reinhold, U.S.A., 1958
- 7) Herbert H. Uhling, The Corrosion Handbook, John-Wiley, 6 ed., Nueva York, 1948
- 8) M. Dole Malcon, Principios de Electroquímica Experimental y Teórica, Alhambra, Madrid, 1952
- 9) P.W. Atkins, Physical Chemistry, John P. Simons, San Francisco, 1978

Acido	Ecuación de equilibrio	ka
Salicilico	$\text{HC}_7\text{H}_5\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{C}_7\text{H}_5\text{O}_3^-$	1.0×10^{-3}
Silicilico (meta)	$\text{H}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HSiO}_3^-$	3.2×10^{-10}
	$\text{HSiO}_3^- + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{SiO}_3^{2-}$	6.3×10^{-12}
Sulfamídico	$\text{HNH}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{NH}_2\text{SO}_3^-$	1.0×10^{-1}
Succínico	$\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HC}_4\text{H}_4\text{O}_4^-$	6.5×10^{-5}
	$\text{HC}_4\text{H}_4\text{O}_4^- + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4^{2-}$	3.3×10^{-6}
	$\text{HS}^- + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{S}^{2-}$	1.3×10^{-13}
Sulfurico	$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HSO}_4^-$	1.2×10^{-2}
	$\text{HSO}_4^- + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{SO}_4^{2-}$	1.26×10^{-2}
Sulfuroso	$\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HSO}_3^-$	1.25×10^{-2}
	$\text{HSO}_3^- + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{SO}_3^{2-}$	5.6×10^{-8}
Sulfurico tio	$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HS}_2\text{O}_3^-$	2.0×10^{-2}
	$\text{HS}_2\text{O}_3^- + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	3.2×10^{-3}
Tartarico	$\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HC}_4\text{H}_4\text{O}_6^-$	1.0×10^{-3}
	$\text{HC}_4\text{H}_4\text{O}_6^- + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-}$	4.3×10^{-5}
Yodoso hipo	$\text{HIO} + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{IO}^-$	5.0×10^{-13}

Referencias:

- 1) B.E. Conway, *Electrochemical Data*, Elsevier Publishing Co, Londres, 1952
- 2) Cleveland, *Handbook of Chemistry and Physics*, Chemical Rubber Co, U.S.A., 1913
- 3) Donald B. Summers, *Chemistry Handbook*, Willard Grant Press, 2 ed., U.S.A., 1980
- 4) Foreyte W.E., *Smithsonian Physical Tables*, The Smithsonian Institution, 9 ed., Washington, 1954
- 5) G. Kortüm, *Treatise on Electrochemistry*, Elsevier Publishing Co, Amsterdam, 1965
- 6) Herbert S. Harned, *Physical Chemistry of Electrolytic Solutions*, Reinhold, U.S.A., 1958
- 7) Herbert H. Uhlig, *The Corrosion Handbook*, John-Wiley, 6 ed., Nueva York, 1948
- 8) M. Dole Malcon, *Principios de Electroquímica Experimental y Teórica*, Alhambra, Madrid, 1952
- 9) P.W. Atkins, *Physical Chemistry*, John P. Simons, San Francisco, 1978

TABLA 21
CONSTANTE DE DISOCIACION DE BASES A 25°C (kb)

Base	Ecuación de equilibrio	kb
Acetato ión	$C_2H_3O_2^- + H_2O = HC_2H_3O_2 + OH^-$	5.6×10^{-10}
Amoniaco	$NH_3 + H_2O = NH_4^+ + OH^-$	1.8×10^{-5}
Anilina	$C_6H_5NH_2 + H_2O = C_6H_5NH_3^+ + OH^-$	3.8×10^{-10}
Arsenito ión(orto)	$AsO_4^{3-} + H_2O = HAsO_4^{2-} + OH^-$	3.3×10^{-2}
	$HAsO_4^{2-} + H_2O = H_2AsO_4^- + OH^-$	1.8×10^{-7}
	$H_2AsO_4^- + H_2O = H_3AsO_4 + OH^-$	4.0×10^{-11}
Arsenito ión (meta)	$AsO_3^- + H_2O = HAsO_3 + OH^-$	1.6×10^{-5}
Borato ión	$H_2BO_3^- + H_2O = H_3BO_3 + OH^-$	1.6×10^{-5}
Borato tetra ión	$B_4O_7^{2-} + 5H_2O = 2H_2BO_3^- + 2H_3BO_3$	1.0×10^{-3}
Carbonato ión	$HCO_3^- + H_2O = H_2CO_3 + OH^-$	2.4×10^{-8}
	$CO_3^{2-} + H_2O = HCO_3^- + OH^-$	2.1×10^{-4}
Cromato ión	$CrO_4^{2-} + H_2O = HCrO_4^- + OH^-$	3.0×10^{-8}
Ciano ión	$CN^- + H_2O = HCN + OH^-$	2.5×10^{-5}
Dimetil amina	$(CH_3)_2NH + H_2O = (CH_3)_2NH_2^+ + OH^-$	5.1×10^{-4}
Etanol amina	$HO(CH_2)_2NH_2 + H_2O = HO(CH_2)_2NH_3^+ + OH^-$	3.2×10^{-5}
Etil amina	$C_2H_5NH_2 + H_2O = C_2H_5NH_3^+ + OH^-$	5.6×10^{-4}
Etilendiamina	$NH_2(CH_2)_2NH_2 + H_2O = NH_2(CH_2)_2NH_3^+ + OH^-$	8.5×10^{-5}
Fenil hidracina	$C_6H_5N_2H_3 + H_2O = C_6H_5N_2H_4^+ + OH^-$	1.6×10^{-9}
Fluoruro ión	$F^- + H_2O = HF + OH^-$	1.5×10^{-11}
Fosfato ión	$PO_4^{3-} + H_2O = HPO_4^{2-} + OH^-$	1.0×10^{-2}
	$HPO_4^{2-} + H_2O = H_2PO_4^- + OH^-$	1.6×10^{-7}
	$H_2PO_4^- + H_2O = H_3PO_4 + OH^-$	1.3×10^{-12}
Glicina	$NH_2CH_2COO^- + H_2O = NH_2CH_2COOH + OH^-$	2.2×10^{-12}
Hexacianoferrato(II)ión	$(Fe(CN)_6)^{4-} + H_2O = H(Fe(CN)_6)^{-3} + OH^-$	1.8×10^{-10}
	$H(Fe(CN)_6)^{-3} + H_2O = H_2(Fe(CN)_6)^{-2} + OH^-$	1.0×10^{-11}
Hidracina	$H_2NNH_2 + H_2O = H_2NNH_3^+ + OH^-$	1.3×10^{-6}
Hidroxilamina	$HONH_2 + H_2O = HONH_3^+ + OH^-$	9.1×10^{-9}
Metilamina	$CH_3NH_2 + H_2O = CH_3NH_3^+ + OH^-$	4.4×10^{-4}
α -Naftilamina	$C_{10}H_7NH_2 + H_2O = C_{10}H_7NH_3^+ + OH^-$	9.9×10^{-11}
β -Naftilamina	$C_{10}H_7N_2H_3 + H_2O = C_{10}H_7N_2H_4^+ + OH^-$	1.6×10^{-9}
Nitrito ión	$NO_2^- + H_2O = HNO_2 + OH^-$	2.2×10^{-11}
Oxalato ión	$C_2O_4^{2-} + H_2O = HC_2O_4^- + OH^-$	2.0×10^{-10}
Piridina	$C_5H_5N + H_2O = C_5H_5NH^+ + OH^-$	2.0×10^{-9}
Quinoleína	$C_9H_7N + H_2O = C_9H_7NH^+ + OH^-$	1.0×10^{-9}

Base	Ecuación de equilibrio	kb
Silicato ión (meta)	$\text{SiO}_3^{-2} + \text{H}_2\text{O} = \text{HSiO}_3^- + \text{OH}^-$	1.6×10^{-3}
	$\text{HSiO}_3^- + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SiO}_3 + \text{OH}^-$	3.1×10^{-5}
Sulfato ión	$\text{SO}_4^{-2} + \text{H}_2\text{O} = \text{HSO}_4^- + \text{OH}^-$	8.0×10^{-13}
Sulfito ión	$\text{SO}_3^{-2} + \text{H}_2\text{O} = \text{HSO}_3^- + \text{OH}^-$	1.8×10^{-7}
	$\text{HSO}_3^- + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{OH}^-$	8.0×10^{-13}
Sulfuro ión	$\text{S}^{-2} + \text{H}_2\text{O} = \text{HS}^- + \text{OH}^-$	7.7×10^{-2}
	$\text{HS}^- + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{S} + \text{OH}^-$	1.0×10^{-7}
Tiosulfato ión	$\text{S}_2\text{O}_3^{-2} + \text{H}_2\text{O} = \text{HS}_2\text{O}_3^- + \text{OH}^-$	3.1×10^{-12}
Trietanolamina	$(\text{HOCH}_2\text{CH}_2)_3\text{N} + \text{H}_2\text{O} = (\text{HOCH}_2\text{CH}_2)_3\text{NH}^+ + \text{OH}^-$	5.9×10^{-7}
Trietilemina	$(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N} + \text{H}_2\text{O} = (\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{NH}^+ + \text{OH}^-$	5.3×10^{-4}
Trimetilemina	$(\text{CH}_3)_3\text{N} + \text{H}_2\text{O} = (\text{CH}_3)_3\text{NH}^+ + \text{OH}^-$	5.3×10^{-5}

Referencias:

- 1) B.E. Conway, Electrochemical Data, Elsevier Publishing Co, Londres, 1952
- 2) Cleveland, Handbook of Chemistry and Physics, Chemical Rubber Co, U.S.A., 1913
- 3) Donald B. Summers, Chemistry Handbook, Willard Grant Press, 2 ed., U.S.A., 1980
- 4) Forayte W.E., Smithsonian Physical Tables, The Smithsonian Institution, 9 ed., Washington, 1954
- 5) G. Kortüm, Treatise on Electrochemistry, Elsevier Publishing Co, Amsterdam, 1965
- 6) Herbert H. Uhlig, The Corrosion Handbook, John-Wiley, 6 ed., Nueva York, 1948
- 7) Herbert S. Harned, Physical Chemistry of Electrolytic Solutions, Reinhold, U.S.A., 1958
- 8) M. Dolé Malcon, Principios de Electroquímica Experimental y Teórica, Alhambra, Madrid, 1952
- 9) P.W. Atkins, Physical Chemistry, John P. Simons, San Francisco, 1978

TABLA 22

CONSTANTE DE DISOCIACION PARA AGUA A VARIAS TEMPERATURAS (K_w)

Temperature (°C)	K_w
0	14.9435
5	14.7336
10	14.5346
15	14.3463
20	14.1669
24	14.0000
25	13.9965
30	13.8330
35	13.6801
40	13.5348
45	13.3960
50	13.2617
55	13.1369
60	13.0171

References:

- 1) B.E. Conway, *Electrochemical Data*, Elsevier Publishing Co, London, 1952
- 2) E.W.G. Dye, *Tables of Physical and Chemical Constants and Some Mathematical F.*, Long Mans Green, 14 ed., London, 1973
- 3) Herbert H. Uhlig, *Corrosion and Corrosion Control*, John-Wiley, Nueva York, 1971
- 4) M. Dole Malcon, *Principios de Electroquímica Experimental y Teórica*, Alhambra, Madrid, 1952
- 5) Robert C. Weast, *Handbook of Chemistry and Physics*, C.R.C. Press, 58 ed., Nueva York, 1978

CONSTANTE DIELECTRICA

CONSTANTE DIELECTRICA DE GASES, LIQUIDOS Y SOLIDOS (ϵ)

Nombre	ϵ	T ($^{\circ}$ C)
Aceite de Almendra (L)	2.83	20
aceite de limón (L)	2.25	21
aceite de linaza (L)	3.35	13
aceite de oliva (L)	3.11	20
acetaldehído (G)	1.0213	20
acetaldehído (L)	21.10	21
acetamida (S)	4.0	22
acetanilina (S)	2.9	22
acetato de amilo (L)	4.75	20
acetato de etilo (L)	6.02	25
acetato de fenilo (L)	5.23	20
acetato de metilo (L)	6.68	25
acetato de plomo (S)	2.6	22
acetileno (G)	1.00134	0
acetofenona (L)	17.4	25
acetona (G)	1.0159	100
acetona (L)	21.5	20
acetonitrilo (L)	37.5	20
ácido acético (L)	6.1	25
ácido bromhídrico (G)	1.00313	0
ácido butírico (L)	3.0	20
ácido cianhídrico (L)	123.0	16
ácido clorhídrico (G)	1.0046	0
ácido cloroacético (L)	12.3	60
ácido fluorhídrico (L)	83.0	0
ácido fórmico (L)	57.0	20
ácido yodhídrico (G)	1.00234	0
ácido láctico (L)	22.0	17
ácido oleico (L)	2.46	20
ácido propionico (L)	3.4	40
ácido sulfhídrico (G)	1.0040	0
ácido sulfúrico (L)	84.0	25
ácido trifluoroacético (L)	8.22	25
agua (hielo)	40.0	-5

CONSTANTE DIELECTRICA DE GASES, LIQUIDOS Y SOLIDOS (ϵ)

Nombre	ϵ	T (°C)
agua (L)	80.0	20
agua (V)	1.0126	110
aire (G)	1.00054	20
alcohol bencílico (L)	13.1	20
alcohol etílico (G)	1.0061	100
alcohol metílico (G)	1.0057	100
amoníaco (G)	1.0072	0
amoníaco (L)	22.0	-33
anhídrido acético (L)	20.7	19
anhídrido sulfúrico (L)	13.8	15
anilina (L)	6.9	20
argón (L)	1.538	-191
asfalto (S)	2.68	22
baquelita (S)	4.8	20
benceno (G)	1.0028	100
benceno (L)	2.3	15
bencilol (L)	13.1	25
benzaldehído (L)	17.8	20
benzoato de etilo (L)	6.02	20
benzocnitrilo (L)	25.20	25
bromo (G)	1.0128	180
bromo (L)	3.09	20
bromo benceno (L)	5.40	25
bromoforno (L)	4.39	20
bromuro de aluminio (L)	3.38	100
bromuro de amoníaco (S)	7.1	??
bromuro de etilo (G)	1.0139	20
bromuro de metilo (G)	1.0068	100
bromuro de plata (S)	12.2	22
bromuro de vinilo (G)	1.0081	20
n butanol (L)	17.1	25
butileno (G)	1.00319	0
calcita (S)	8.5	22
carbonato de calcio (S)	6.14	22
carbonato de plomo (S)	18.6	15

CONSTANTE DIELECTRICA DE GASES, LIQUIDOS Y SOLIDOS (ϵ)

Nombre	ϵ	T ($^{\circ}$ C)
carbonato de potasio (S)	5.6	15
carbonato de sodio (Anh.)	8.4	22
cianógeno (L)	2.52	23
cianuro de plata (S)	5.6	22
ciclohexano (L)	2.023	20
clorol (L)	4.94	20
clorato de potasio (S)	5.1	22
cloro (L)	2.10	-50
cloro benceno (L)	5.6	25
cloroformo (G)	1.0042	120
cloroformo (L)	4.806	20
cloruro de acetilo (G)	1.0217	20
cloruro de amonio (S)	7.0	22
cloruro de bario (Ac.)	52.0	25
cloruro de bario (Anh.)	11.4	22
cloruro de benzilo (L)	23.0	20
cloruro de litio (Ac.)	66.0	25
cloruro de magnesio (Ac.)	50.0	25
cloruro de mercurio (S)	3.2	22
cloruro mercurioso (S)	9.4	22
cloruro de metilo (G)	1.0069	100
cloruro de plata (S)	11.2	22
cloruro de plomo (S)	4.2	22
cloruro de potasio (Ac.)	70.0	25
cloruro de potasio (S)	5.03	22
cloruro de rubidio (Ac.)	70.0	25
cloruro de sodio (Ac.)	69.0	25
cloruro de sodio (S)	6.12	22
cloruro de talio (S)	46.9	22
d cocaína (S)	3.10	22
cromato de potasio (S)	7.3	22
cuarzo (S)	4.27	22
deuterio (L)	1.277	293
dietil amina (L)	3.6	25
dimetil amina (G)	1.0033	100

CONSTANTE DIELECTRICA DE GASES, LIQUIDOS Y SOLIDOS (ϵ)

Nombre	ϵ	T ($^{\circ}$ C)
dioxido de azufre (G)	1.0093	0
dioxido de azufre (L)	14.1	20
dioxido de carbono (L)	1.60	0
dioxido de titanio (S)	100.0	20
disulfuro de carbono (G)	1.0029	0
disulfuro de carbono (L)	2.641	20
etano (G)	1.00150	0
etanol (L)	24.3	25
éter etílico (G)	1.0049	100
éter etílico (L)	4.34	20
etil amina (L)	6.9	10
etilen diamina (L)	14.2	25
etilen glicol (L)	41.0	20
etileno (G)	1.00144	0
fenol (L)	9.8	60
fenol (S)	4.3	10
fluor (L)	1.54	-202
fluoruro de calcio (S)	7.36	22
fluoruro de potasio (Ac.)	67.0	25
formamida (L)	109.5	25
fósforo (L)	4.06	46
fósforo amarillo (S)	3.6	22
fósforo rojo (S)	4.1	22
furfural (L)	41.9	20
glicerina (L)	42.5	25
helio (G)	1.000065	20
helio (L)	1.055	275
n heptano (G)	1.0035	100
n heptano (L)	1.924	20
n hexano (L)	1.890	20
n hexanol (L)	13.3	25
hidrezina (L)	53.0	20
mercuri (G)	1.00074	400
metano (G)	1.00094	0
metanol (L)	32.6	25

CONSTANTE DIELECTRICA DE GASES, LIQUIDOS Y SOLIDOS (€)

Nombre	€	T (°C)
metil amina (G)	1.0038	100
metil amina (L)	9.4	25
metil cloroformo (L)	7.52	20
mica (S)	6.6	22
monócloruro de azufre (L)	4.79	15
monóxido de carbono (G)	1.00070	0
monóxido de plomo (S)	25.9	15
naftaleno (L)	2.54	85
naftaleno (S)	2.52	22
neón (G)	1.000127	0
neopreno (S)	6.9	20
nitreto de bario (S)	5.9	22
nitreto de plomo (S)	37.7	22
nitrobenzeno (L)	35.0	25
nitroetano (L)	28.0	30
nitrógeno (L)	1.454	-203
n nonano (L)	1.97	20
n octano (L)	1.96	20
oxicloruro de fósforo (L)	13.3	22
oxicloruro de selenioIV (L)	46.0	20
óxido cúprico (S)	18.1	15
óxido ferroso (S)	14.2	15
óxido nitroso (G)	1.00113	0
oxígeno (G)	1.0004947	20
papel (S)	3.5	20
parafina (S)	2.10	22
pentacloruro de antimonio (L)	3.22	20
n pentano (G)	1.0025	100
n pentano (L)	1.85	20
perclorato de sodio (S)	5.4	22
petroleo (L)	2.13	22
piridina (L)	12.3	25
poliestireno (S)	2.6	20
polietileno (S)	2.3	20
porcelana (S)	6.5	20

CONSTANTE DIELECTRICA DE GASES, LIQUIDOS Y SOLIDOS (ϵ)

Nombre	ϵ	T ($^{\circ}$ C)
n propano (L)	1.61	0
propilen glicol (L)	32.0	25
resorcinol (S)	3.2	22
rubí (S)	13.27	22
rutilo (S)	86.0	22
selenio (L)	5.40	250
selenio (S)	6.6	22
sulfato de bario (S)	11.4	15
sulfato de plomo (S)	14.3	22
sulfato de potasio (S)	5.9	22
sulfuro de carbono (L)	2.6	20
sulfuro de plomo (S)	17.9	15
teflon (S)	2.1	20
tetracloruro de carbono (G)	1.0030	110
tetracloruro de carbono (L)	2.24	20
tetracloruro de etileno (L)	2.30	25
tetracloruro de estaño (L)	2.9	20
tetracloruro de germanio (L)	2.43	25
tetracloruro de silicio (L)	2.40	16
tetracloruro de titanio (L)	2.80	20
tolueno (G)	1.0043	126
tolueno (L)	2.4	25
tricloruro de antimonio (L)	33.0	75
tricloruro de antimonio (S)	5.34	22
tricloruro de arsenico (L)	12.6	20
tricloruro de fósforo (L)	3.43	25
tricloruro de vanadio (L)	3.4	25
tri etil amina (L)	2.4	25
trimetil amina (L)	2.44	25
trioxido de azufre (L)	3.11	18
vacío	1.00	20
vidrio borosilicato (S)	7.7	22
vidrio pyrex (S)	4.5	20
yodo (S)	4.0	22
yodo benceno (L)	4.63	20

CONSTANTE DIELECTRICA DE GASES, LIQUIDOS Y SOLIDOS (ϵ)

Nombre	ϵ	T (°C)
yoduro de etilo (G)	1.0140	20
yoduro de metilo (G)	1.0063	100
yoduro de potasio (Ac.)	64.0	25
yoduro de potasio (S)	5.6	22
yoduro de sodio (Ac.)	65.0	25

Referencias:

- 1) Donald B. Summers, Chemistry Handbook, 2 ed., Willard Grant Press, U.S.A., 1980
- 2) Forayte W. E., Smithsonian Physical Tables, The Smithsonian Institution, Washinton, 1950
- 3) G. Charlot, Las reacciones electroquímicas, Toray-Masón, Barcelona, 1969
- 4) International Critical Tables of Numerical Data, Mc Graw Hill Co, Nueva York, 1930
- 5) Lange, Handbook of Chemistry, Mc Graw Hill Co, U.S.A., 1967
- 6) Reanick, Físico, Parte II, 6 ed., C.E.C.S.A., México, 1973
- 7) Robert C. Weast, Handbook of Chemistry and Physics, The Chemical Rubber Co, 61 ed., U.S.A., 1980.

SOLUCIONES AMORTIGUADORAS

SOLUCIONES AMORTIGUADORAS

Se requiere del uso de soluciones que por sus características se denominan Amortiguadoras (buffer), en todos los casos en que se considera necesario referirse a un medio de pH fijo o que se requiera mantener a éste constante con la circunstancia de que pueda soportarse una pequeña influencia ácida o alcalina sin que surjan las consecuencias del cambio del pH. Entonces una solución de este tipo debe contener un componente ácido (donador de protones) que reaccione con las bases, y al mismo tiempo un componente básico (receptor de protones) que reaccione con los ácidos. Las soluciones amortiguadoras constituyen los auxiliares más eficaces en los trabajos relacionados con la investigación y medida de la concentración de los iones hidrógeno.

Supóngase una solución de un ácido débil con una sal básica del mismo ácido. Dado que el ácido débil, tiene un grado de disociación muy bajo y la sal correspondiente está prácticamente disociada en su totalidad, al agregarse, por ejemplo, una pequeña cantidad de ácido fuerte a la solución, el ácido fuerte reacciona con la sal disuelta formando más ácido débil que en virtud de su baja disociación, no afecta en mucho al pH de la solución amortiguadora.

Si se considera, a manera de ejemplo específico, el caso de una solución de CH_3COOH y CH_3COONa en proporción unimolar, siendo que la constante de disociación de CH_3COOH es $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$ se tendrá:

$$K_a = \frac{(\text{CH}_3\text{COO}^-) (\text{H}^+)}{(\text{CH}_3\text{COOH})}$$

donde, además, $(\text{CH}_3\text{COO}^-)$ es prácticamente igual a la concentración inicial de CH_3COONa por lo que se puede modificar la expresión anterior, quedando:

$$K_a = (\text{H}^+) \frac{(\text{CH}_3\text{COONa})}{(\text{CH}_3\text{COOH})}$$

o simplemente:

$$K_a = (\text{H}^+) \frac{(\text{sal})}{(\text{ácido})}$$

que equivale a:

$$\frac{1}{K_a} = \frac{1}{(H^+)} \cdot \frac{(\text{ácido})}{(\text{sal})}$$

ahora se toman logaritmos en ambos miembros de la igualdad anterior, se tendrá:

$$\log \frac{1}{K_a} = \log \frac{1}{(H^+)} + \log \frac{(\text{ácido})}{(\text{sal})}$$

donde al simplificar queda:

$$pK_a = pH + \log \frac{(\text{ácido})}{(\text{sal})}$$

o bien

$$pH = pK_a + \log \frac{(\text{sal})}{(\text{ácido})}$$

por lo que, siendo $pK_a = 4.7$ y $(\text{ácido}) = (\text{sal})$, el pH de la solución resulta 4.7.

En estas condiciones, al añadir por ejemplo, 0.01 moles de HCl, el contenido salino disminuirá a $(\text{sal}) = 1 - 0.01$ en tanto que para el ácido acético, $(\text{ácido}) = 1 + 0.01$, por lo cual el pH de la solución cambiará según:

$$pH = 4.7 + \log \frac{1 - 0.01}{1 + 0.01}$$

$$pH = 4.69$$

lo que permite darse cuenta de la influencia prácticamente insignificante de ácido agregado en el pH original de la solución. Así pues, ésta es una solución amortiguadora.

Las soluciones amortiguadoras que generalmente se emplean son las propuestas por Sörensen cuya composición damos adelante.

La proporción de las soluciones amortiguadoras de Sörensen, requiere de las soluciones siguientes:

- a) Acido clorhídrico 0.1 N.
- b) Hidroxido de sodio 0.1 N., exento de carbonatos
- c) Solución de 7.505 g de glicocola ($H_2N:CH_2:COOH$ P.M. = 75.05)(0.1 M.) y 5.85 g 0.1 N., de cloruro de sodio, en la cantidad de agua necesaria para obtener un litro de solución
- d) Solución de 21.008 g de ácido cítrico ($C_6H_8O_7 + H_2O$; P.M. = 210.08 en 200 ml de hidroxido normal y dilución de esta solución hasta obtener el volumen de un litro (0.1 M. seg. citrato de sodio)

- e) Solución de 19.1 g (0.05 M.) de borax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$; P.M. = 381.43) en agua hasta completar un litro
- f) Solución de 9.078 g (0.0666 M.), de fosfato monopotásico (KH_2PO_4) en agua hasta completar un litro
- g) Solución de 11.786 g (0.0666 M.) de fosfato disódico ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) en agua hasta completar un litro.

El agua destilada empleada debe ser hervida, si es posible, en un matraz cerrado con un tubo lleno de cal sodada y debe enfriarse antes de su uso. En las tablas siguientes damos los valores de pH de las mezclas de las soluciones antes dichas, en las proporciones que se indican.

TABLA 24
SOLUCIONES AMORTIGUADORAS

Soluciones glicocólicas T = 18°C

Glicocóla ml	HCl 0.1 N. ml	pH	Glicocóla ml	NaOH 0.1 N. ml	pH
0	100	1.08	89	11	9.0
15	85	1.2	85	15	9.2
29	71	1.4	79.5	20.5	9.4
38	62	1.6	73.5	26.5	9.6
46	54	1.8	68	32	9.8
52	48	2.0	62.5	37.5	10.0
58	42	2.2	59	41	10.2
64	36	2.4	56	44	10.4
70	30	2.6	54	46	10.6
76	24	2.8	52.5	47.5	10.8
82	18	3.0	51.2	48.8	11.0
87	13	3.2	50.2	49.8	11.2
91.5	8.5	3.4	49.8	50.2	11.4
			49	51	11.6
			47.9	52.1	11.8
			46	54	12.2
			39.7	60.3	12.4
			32.5	67.5	12.6
			22.5	77.7	12.8
			7.5	92.5	13.0

Soluciones Boratadas T = 18°C

Borato ml	HCl 0.1 N. ml	pH	Borato ml	NaOH 0.1 N. ml	pH
52.2	47.8	7.6	87.0	13.0	9.4
53.8	46.2	7.8	74.0	26.0	9.6
55.9	44.1	8.0	65.0	35.0	9.8
58.5	41.5	8.2	59.5	40.5	10.0
62.0	38.0	8.4	56.0	44.0	10.2
67.5	32.5	8.6	53.9	46.1	10.4
75.0	25.0	8.8	52.1	47.9	10.6
85.0	15.0	9.0	51.0	49.0	10.8
96.3	3.7	9.2	50.2	49.8	11.0

Soluciones Citricas $\Gamma = 10^{(1)}$:

Citrato	HCl 0.1 N.	pH	Citrato	NaOH 0.1 N.	pH
ml	ml		ml	ml	
0	100.0	1.08	96	4	5.0
11	89.0	1.2			
19.8	80.2	1.4	85	15	5.2
24.5	75.5	1.6			
28.2	71.8	1.8			
30.9	69.1	2.0	76.5	23.5	5.4
32.8	67.9	2.2			
34.8	65.2	2.4	69.0	31.0	5.6
36.5	63.5	2.6			
38.3	61.7	2.8			
40.4	59.6	3.0	64.0	36.0	5.8
42.8	57.2	3.2			
45.8	54.2	3.4	59.5	40.5	6.0
48.4	51.6	3.6			
52.0	48.0	3.8			
56.0	44.0	4.0	56.5	43.5	6.2
60.8	39.2	4.2			
68.0	32.0	4.4			
76.0	24.0	4.6			
88.0	12.0	4.8	54.4	45.6	6.4

Solución de Acetato según Michaelis

Se mezclan: 50 ml de hidróxido de sodio normal, 100 ml de ácido acético normal y 350 ml de agua destilada.

El valor del pH es de 4.618 a 18°C y de 4.65 a 50°C.

Solución de comparación, según Veibel

Se disuelven en un litro de HCl 0.01 N., 6.71 g de cloruro de potasio.

El valor del pH es de 2.038 a 18°C.

Las soluciones de Michaelis y de Veibel, elaboradas exactamente, poseen los valores exactos indicados, por lo que tienen aplicación preferente en la confección y control de electrodos y aparatos de medición.

Soluciones amortiguadoras para grandes alcances

Para la zona de los valores de pH comprendida entre 2.2 y 8.0 de pH, Mc. Ilvaine, propone preparar soluciones amortiguadoras que requieren únicamente la preparación de dos únicas soluciones, la primera conteniendo 21.000 g de ácido cítrico en un litro, y la otra 35.62 g de fosfato bisódico según Sørensen, por litro. En la tabla siguiente se dan proporciones de la solución para valores de pH que se indican:

Na_2HPO_4 ml	ácido cítrico ml	pH	Na_2HPO_4 ml	ácido cítrico ml	pH
0.4	19.60	2.2	10.72	9.28	5.2
1.24	18.76	2.4	11.15	8.85	5.4
2.18	17.82	2.6	11.60	8.40	5.6
3.17	16.83	2.8	12.09	7.91	5.8
4.11	15.89	3.0	12.63	7.37	6.0
4.94	15.06	3.2	13.22	6.78	6.2
5.70	14.30	3.4	13.85	6.15	6.4
6.44	13.56	3.6	14.55	5.45	6.6
7.10	12.90	3.8	15.45	4.55	6.8
7.71	12.29	4.0	16.47	3.53	7.0
8.28	11.72	4.2	17.39	2.61	7.2
8.82	11.18	4.4	18.17	1.83	7.4
9.35	10.65	4.6	18.73	1.27	7.6
9.86	10.14	4.8	19.15	0.85	7.8
70.30	9.70	5.0	19.45	0.55	8.0

Cuando ha de investigarse de preferencia en la zona alcalina, no pueden utilizar las soluciones amortiguadoras de Atkins y Pantin.

Demos a continuación la relación entre la solución de ácido bórico y la solución de sosa: 0.1 M. ácido bórico, 6.8 g de ácido bórico y 7.46 g de cloruro de potasio por litro; 0.1 M. solución de sosa, 10.6 g de carbonato de sodio por litro.

Acido bórico ml	Solución de sosa ml	pH
91.7	8.3	7.8
88.8	11.2	8.0
85.0	15.0	8.2
80.7	19.3	8.4

Acido bórico	Solución de sosa	pH
ml	ml	
75.7	24.3	8.6
69.5	30.5	8.8
63.0	37.0	9.0
56.4	43.6	9.2
49.7	50.3	9.4
42.9	57.1	9.6
36.0	64.0	9.8
29.1	70.9	10.0
22.1	84.6	10.2
15.4	77.9	10.4
9.8	90.2	10.6
5.7	94.3	10.8
3.5	96.5	11.0

Soluciones amortiguadoras que son usadas comunmente

Soluciones de HCl, KCl T = 25°C

Conteniendo 25 ml 0.2 M. de KCl y v ml 0.2 M. de HCl, diluido a 100 ml

B = capacidad amortiguadora

v	B	pH	v	B	pH
67.0	0.31	1.00	13.0	0.060	1.70
52.8	0.24	1.10	10.2	0.049	1.80
42.5	0.19	1.20	8.1	0.037	1.90
33.6	0.16	1.30	6.5	0.030	2.00
26.6	0.13	1.40	5.1	0.026	2.10
20.7	0.10	1.50	3.9	0.022	2.20
16.2	0.077	1.60			

Soluciones de ácido cítrico, NaOH T = 20°C, 50°C

Conteniendo v ml 2 M. de NaOH, 10 ml de ácido cítrico, diluido a 100 ml

v	pH(20°C)	pH(50°C)	v	pH(20°C)	pH(50°C)
1.0	2.15	2.05	16.0	4.37	4.27
2.0	2.39	2.29	17.0	4.50	4.37
3.0	2.58	2.49	18.0	4.62	4.47
4.0	2.75	2.66	19.0	4.74	4.61

v	pH(20°C)	pH(50°C)	v	pH(20°C)	pH(50°C)
5.0	2.89	2.82	20.0	4.87	4.75
6.0	3.04	2.99	21.0	4.98	4.80
7.0	3.18	3.04	22.0	5.11	4.94
8.0	3.32	3.20	23.0	5.21	5.09
9.0	3.46	3.35	24.0	5.34	5.22
10.0	3.59	3.49	25.0	5.49	5.43
11.0	3.75	3.62	26.0	5.63	5.54
12.0	3.90	3.77	27.0	5.80	5.68
13.0	4.03	3.89	28.0	6.02	5.85
14.0	4.14	4.01	29.0	6.33	6.10

Soluciones de Clicina, HCl T = 25°C

Conteniendo 50 ml 0.1 M. de glicina y v ml 0.2 M. de HCl, diluido a 100 ml

v	pH	v	pH
22.0	2.2	5.7	3.0
16.2	2.4	4.1	3.2
12.1	2.6	3.2	3.4
8.4	2.8	2.5	3.6

Soluciones de ácido cítrico, citrato de sodio T = 23°C

Conteniendo v ml 0.1 M. de ácido cítrico y (50-v) ml 0.1 M. de citrato de sodio, diluido a 100 ml.

v	pH	v	pH
46.5	3.0	23.0	4.8
43.7	3.2	20.5	5.0
40.0	3.4	18.0	5.2
37.0	3.6	16.0	5.4
35.0	3.8	13.7	5.6
33.0	4.0	11.8	5.8
31.5	4.2	9.5	6.0
28.0	4.4	7.2	6.2
25.5	4.6		

Soluciones de acetato de sodio, ácido acético T = 23°C

Conteniendo v ml 0.2 M. de ácido acético y (50-v) ml 0.2 M. de acetato de sodio, diluido a 100 ml.

v	pH	v	pH
46.3	3.6	20.0	4.8
44.0	3.8	14.8	5.0
41.0	4.0	10.5	5.2
36.8	4.2	8.8	5.4
30.5	4.4	4.8	5.6
25.5	4.6		

Soluciones de ácido succínico, NaOH T = 23°C

Conteniendo 25 ml 0.2 M. de ácido succínico y v ml 0.2 M. de NaOH, diluido a 100 ml.

v	pH	v	pH
7.5	3.8	26.7	5.0
10.0	4.0	30.3	5.2
13.3	4.2	34.2	5.4
16.7	4.4	37.5	5.6
20.0	4.6	40.7	5.8
23.5	4.8	43.5	6.0

Soluciones de fosfatos T = 25°C

Conteniendo v ml 0.2 M. de Na_2HPO_4 y (50-v) ml 0.2 M. de NaH_2PO_4 , diluido a 100 ml.

v	pH	v	pH
4.0	5.8	30.5	7.0
6.15	6.0	36.0	7.2
9.25	6.2	40.5	7.4
13.25	6.4	43.5	7.6
18.75	6.6	45.75	7.8
24.5	6.8	47.35	8.0

Referencias:

- 1) Enrique Villarreal Domínguez, pH, Teoría y Práctica, U.N.A.M., México, 1967
- 2) Perrin and Dempsey, Buffers for pH and Metal Ion Control, Chapman and Hall, Gran Bretaña, 1974
- 3) W. Kordeatzi, Manual para la medida práctica del pH, 2ed., Manuel Marín, Barcelona, 1956.

MEDIDAS DE SOLUCIONES DE H₂SO₄

TABLA 25

MEDIDAS DE SOLUCIONES DE ACIDO SULFURICO ($d = 1.84 \text{ g/ml}$) PARA LA PREPARACION DEL ELECTROLITO A 15°C

Sp. Gr. $\frac{15^\circ\text{C}}{15^\circ\text{C}}$	% H_2SO_4 en peso	% H_2SO_4 en volumen	Grados Baumé	lb/ft ³	g/ml
1.000	0.0	0.0	0.0	62.4	1.000
1.010	1.4	0.8	1.4	63.0	1.010
1.020	2.9	1.6	2.8	63.6	1.020
1.030	4.4	2.5	4.2	64.2	1.030
1.040	5.9	3.3	5.6	64.8	1.040
1.050	7.3	4.2	6.9	65.5	1.050
1.060	8.7	5.0	8.2	66.1	1.060
1.070	10.1	5.9	9.5	66.7	1.070
1.080	11.5	6.7	10.7	67.4	1.080
1.090	12.9	7.6	12.0	68.0	1.090
1.100	14.3	8.5	13.2	68.6	1.100
1.110	15.7	9.5	14.4	69.2	1.110
1.120	17.0	10.3	15.5	69.8	1.120
1.130	18.3	11.2	16.7	70.5	1.130
1.140	19.6	12.1	17.8	71.1	1.140
1.150	20.9	13.0	18.9	71.7	1.150
1.160	22.1	13.9	20.0	72.4	1.160
1.170	23.4	14.9	21.1	73.0	1.170
1.180	24.7	15.8	22.1	73.6	1.180
1.190	25.9	16.7	23.2	74.2	1.190
1.200	27.2	17.7	24.2	74.8	1.200
1.210	28.4	18.7	25.2	75.4	1.210
1.220	29.6	19.6	26.1	76.1	1.220
1.230	30.8	20.6	27.1	76.7	1.230
1.240	32.0	21.6	28.1	77.3	1.240
1.250	33.2	22.6	29.0	78.0	1.250
1.260	34.4	23.6	29.9	78.6	1.260

Sp. Gr. 15 °C 15 °C	% H ₂ SO ₄ en peso	% H ₂ SO ₄ en volumen	Grados Baumé	lb/ft ³	g/ml
1.260	34.4	23.6	29.9	78.6	1.260
1.270	35.6	24.6	30.8	79.2	1.270
1.280	36.8	25.6	31.7	79.8	1.280
1.290	38.0	26.6	32.6	80.4	1.290
1.300	39.1	27.6	33.5	81.0	1.300
1.310	40.3	28.7	34.3	81.7	1.310
1.320	41.4	29.7	35.2	82.3	1.320
1.330	42.5	30.7	36.0	82.9	1.330
1.340	43.6	31.8	36.8	83.6	1.340
1.350	44.7	32.8	37.6	84.2	1.350
1.360	45.8	33.9	38.4	84.8	1.360
1.370	46.9	34.9	39.2	85.4	1.370
1.380	47.9	35.9	39.8	86.1	1.380
1.390	49.0	37.0	40.7	86.7	1.390
1.400	50.0	38.0	41.4	87.3	1.400
1.410	51.0	39.1	42.2	88.0	1.410
1.420	52.0	40.1	42.9	88.6	1.420
1.430	53.0	41.2	43.6	89.2	1.430
1.440	54.0	42.2	44.3	89.8	1.440
1.450	54.9	43.3	45.0	90.4	1.450
1.460	55.9	44.4	45.7	91.0	1.460
1.470	56.9	45.5	46.4	91.7	1.470
1.480	57.8	46.5	47.0	92.3	1.480
1.490	58.7	47.5	47.7	93.0	1.490
1.500	59.7	48.7	48.3	93.6	1.500
1.510	60.6	49.7	49.0	94.2	1.510
1.520	61.5	50.8	49.6	94.8	1.520
1.530	62.4	51.9	50.2	95.4	1.530
1.540	63.3	53.0	50.8	96.0	1.540

Sp. Gr. $\frac{15\text{ }^{\circ}\text{C}}{15\text{ }^{\circ}\text{C}}$	% H ₂ SO ₄ en peso	% H ₂ SO ₄ en volumen	Grados Baumé	lb/ft ³	g/ml
1.550	64.2	54.1	51.5	96.7	1.550
1.560	65.1	55.2	52.1	97.3	1.560
1.570	66.0	56.3	52.6	98.0	1.570
1.580	66.8	57.4	53.2	98.6	1.580
1.590	67.7	58.5	53.8	99.2	1.590
1.600	68.6	59.7	54.4	99.8	1.600
1.610	69.4	60.8	54.9	100.4	1.610
1.620	70.3	61.9	55.5	101.0	1.620
1.630	71.3	63.1	56.0	101.7	1.630
1.640	72.0	64.2	56.6	102.3	1.640
1.650	72.9	65.4	57.1	102.9	1.650
1.660	73.7	66.5	57.7	103.6	1.660
1.670	74.5	67.6	58.2	104.2	1.670
1.680	75.4	68.8	58.7	104.8	1.680
1.690	76.2	70.0	59.2	105.4	1.690
1.700	77.1	71.2	59.7	106.0	1.700
1.710	77.9	72.4	60.2	106.7	1.710
1.720	78.8	73.6	60.7	107.3	1.720
1.730	79.7	75.0	61.2	108.0	1.730
1.740	80.6	76.2	61.7	108.6	1.740
1.750	81.5	77.6	62.1	109.2	1.750
1.760	82.4	78.8	62.6	109.8	1.760
1.770	83.4	80.2	63.1	110.4	1.770
1.780	84.4	81.7	63.5	111.0	1.780
1.790	85.6	83.3	64.0	111.7	1.790
1.800	86.7	84.8	64.4	112.3	1.800
1.810	88.1	86.7	64.9	112.9	1.810
1.820	89.8	88.9	65.3	113.5	1.820
1.830	91.8	91.4	65.8	114.1	1.830

Sp. Gr. $\frac{15^{\circ}\text{C}}{15^{\circ}\text{C}}$	% H_2SO_4 en peso	% H_2SO_4 en volumen	Grados Baumé	lb/ft ³	g/ml
1.835	93.2	93.0	66.0	114.5	1.835
1.840	94.8	94.8	66.0	114.8	1.840
1.840	100.0	100.0	66.0	114.8	1.840

Referencias:

- 1) George Wood Vinal, Storage Batteries, John Wiley, Nueva York, 1955.

TABLA 26
 MEDIDAS DE SOLUCIONES DE ACIDO SULFURICO ($d = 1.03$ g/ml) PARA LA PREPARACION DEL ELECTROLITO A 15°C

Densidad del electrólito g/ml	Cantidad de H_2SO_4		Agua	Cantidad de H_2SO_4 (Kg) puro por l de electrólito	Grados Baumé ($^{\circ}Be$)
	litros	Kg	l ó Kg		
1.210	0.204	0.374	0.836	0.346	25.2
1.220	0.215	0.394	0.826	0.364	26.1
1.230	0.227	0.416	0.814	0.382	27.1
1.240	0.237	0.432	0.808	0.400	28.1
1.250	0.248	0.452	0.798	0.418	29.0
1.255	0.253	0.462	0.793	0.426	29.5
1.270	0.268	0.490	0.780	0.454	30.8
1.280	0.280	0.512	0.768	0.472	31.7
1.300	0.302	0.542	0.748	0.510	33.5
1.310	0.313	0.572	0.738	0.529	34.3
1.340	0.347	0.636	0.704	0.586	36.8

Referencias:

- 1) Enrique Villarreal D., Fuentes Electroquímicas de Corriente, Limusa-Wiley, México, 1971.

DIAGRAMAS CUBICOS

DIAGRAMAS CUBICOS

1) Pilas de Nernst:

El modelo de Nernst es una expresión de gran utilidad, no obstante que se refiere a un sistema reversible, no fácil de conseguir en la práctica.

$$E_{M^{+n}} , M^0 = E_{M^{+n}}^0 , M^0 + \frac{R T}{n F} \ln a_{M^{+n}}$$

La estructura del modelo incluye dos términos de los cuales, uno de ellos $E_{M^{+n}}^0$, M^0 con ser el potencial estándar de óxido-reducción para el sistema, es prácticamente el valor determinante del potencial del mismo, en tanto que el segundo término, función de la actividad del ión en solución, es un término condicionante del potencial del sistema. Sin embargo, aun cuando la actividad de la solución es frecuentemente, una variable que cambia mucho, la temperatura T también condiciona el valor del potencial.

De todo esto se deduce que en la configuración de una pila, como expresión física de un sistema espontáneo de óxido-reducción, la fuerza electromotriz puede deberse a la diferencia, no solo de las actividades de los iones en las medias celdas, sino a cualquier otra diferencia o combinación de diferencias entre las diversas variables involucradas. El diagrama cúbico es resultado de la aplicación del método Dialéctico Estructural, como método de análisis global de sistemas, al sistema metal-ión-solución, en la estructura de una pila, de donde resultan todas las combinaciones posibles, cuyas diferencias generan una fuerza electromotriz, es decir, configuran un tipo de pila diferente. Desde este punto de vista el diagrama cúbico es una referencia útil en el análisis de pilas de investigación y de corrosión por ejemplo en las cuales la fuerza electromotriz generada puede deberse a la diferencia de una o varias variables entre las medias celdas en cuestión.

CLASIFICACION DE LAS PILAS EN BASE AL DIAGRAMA CUBICO NERNST-VILLARREAL

PILAS DE NERNST

Para el modelo de Nernst-Villarreal

$$E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln a$$

Parametros categóricos:

E^0 = pot. redox
 a = actividad del ión
 en solución
 T = temperatura
 E^0_1 y E^0_2 , metales
 diferentes
 a_1 y a_2 , actividades
 diferentes
 T_1 y T_2 , Temperaturas
 diferentes

E_c = fuerza electromotriz
 = ΔE
 E = potencial de electrodo
 ΔE^0 = diferencia de metales
 (diferencia cualitativa)
 Δa = diferencia de actividades
 (diferencia cuantitativa)
 ΔT = diferencia de temperaturas
 (diferencia cuantitativa)

del diagrama cubico:

E_c por ΔE^0 y Δa	* (pila Galvánica IIa)
E_c por ΔE^0 , Δa y ΔT	** (pila Galvánica III)
E_c por ΔE^0 y ΔT	*** (pila Galvánica IIb)
E_c por Δa y ΔT	**** (pila de Concentración II)
E_c por Δa	(pila de concentración I)
E_c por ΔE^0	(pila Galvánica I)
E_c por ΔT	(pila de Temperatura Diferencial)

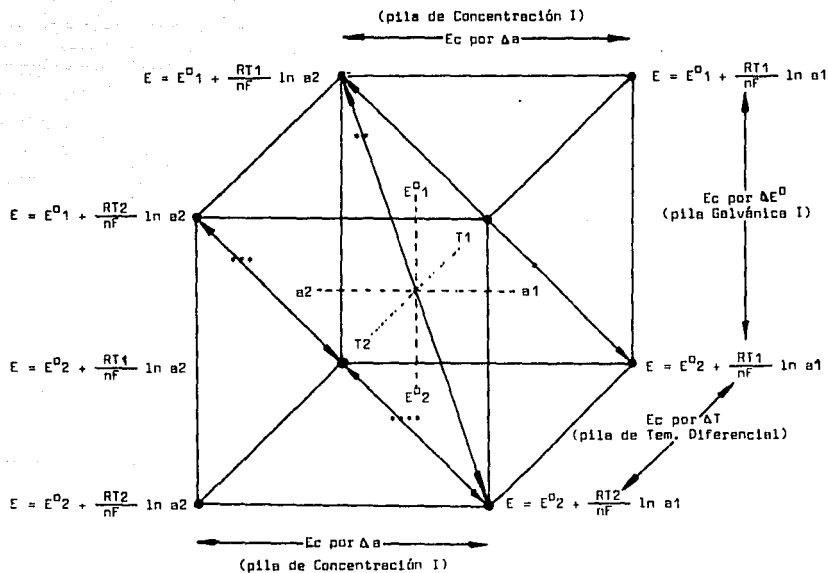


TABLA 27

CLASIFICACION DE LAS PILAS EN BASE AL DIAGRAMA CUBICO NERNST-VILLARREAL

$$E = E^{\circ} + \frac{RT}{nF} \ln a$$

Pila de concentración I

$$E = E^{\circ}1 + \frac{RT1}{nF} \ln a2$$

Ec por Δa

$$E = E^{\circ}1 + \frac{RT1}{nF} \ln a1$$

Pila de concentración II

$$E = E^{\circ}2 + \frac{RT1}{nF} \ln a2$$

Ec por Δa y ΔT

$$E = E^{\circ}2 + \frac{RT2}{nF} \ln a1$$

Pila galvanica I

$$E = E^{\circ}1 + \frac{RT1}{nF} \ln a1$$

Ec por ΔE°

$$E = E^{\circ}2 + \frac{RT1}{nF} \ln a1$$

Pila galvanica IIa

$$E = E^{\circ}1 + \frac{RT1}{nF} \ln a2$$

Ec por ΔE° y Δa

$$E = E^{\circ}2 + \frac{RT1}{nF} \ln a1$$

Pila galvanica IIb

$$E = E^{\circ}1 + \frac{RT2}{nF} \ln a2$$

Ec por ΔE° y ΔT

$$E = E^{\circ}2 + \frac{RT1}{nF} \ln a2$$

Pila galvanica III

$$E = E^{\circ}1 + \frac{RT1}{nF} \ln a2$$

Ec por ΔE° , Δa y ΔT

$$E = E^{\circ}2 + \frac{RT2}{nF} \ln a1$$

Pila de temperatura diferencial

$$E = E^{\circ}2 + \frac{RT1}{nF} \ln a1$$

Ec por ΔT

$$E = E^{\circ}2 + \frac{RT2}{nF} \ln a1$$

2) Pilas de Corrosión:

De la misma manera que en el caso de las pilas de Nernst, si se aplican la teoría de sistemas a un sistema corrosivo, se pueden definir en él tres parámetros categoricos: Las pilas de Nernst, Las pilas de Aereación diferencial y las pilas formadas por Energías Libres de Superficie diferentes.

Las pilas de Nernst a su vez obedecen a lo descrito a la problemática expuesta en el diagrama cubico anterior.

La pila de aereación diferencial es producto de la diferencia de la presión parcial de oxígeno en dos zonas diferentes en contacto, y las pilas provocadas por diferencia en la energía libre de superficie, corresponde a la pila interna de corrosión que se da en cualquier metal cuando se halla en presencia de un medio electrolítico.

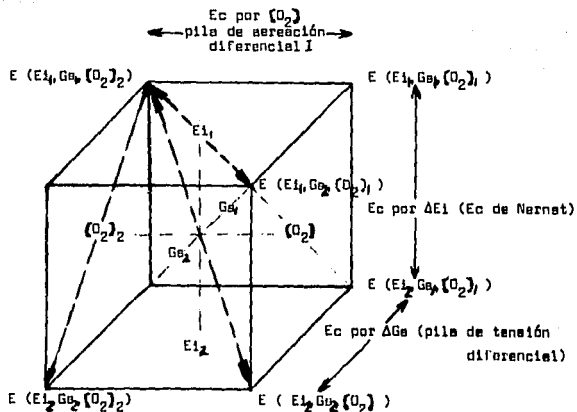
De este diagrama cubico se pueden deducir diversas combinaciones de factores causantes de la fuerza electromotriz, producto de un proceso electrolítico corrosivo, ya que estos casi nunca se deben a un solo factor.

CLASIFICACION DE LAS PILAS EN BASE AL DIAGRAMA CUBICO NERNST-VILLARREAL

PILAS DE CORROSION

Parametros categoricos:

- 1) Pilas de Nernst
- 2) Pilas de Energia libre diferencial o de Tension diferencial
- 3) Pilas de Aereacion diferencial



FUENTES ELECTROQUIMICAS
DE CORRIENTE

FUENTES ELECTROQUIMICAS DE CORRIENTE

Una fuente electroquímica de corriente es un sistema electroquímico que, de manera espontánea o inducida, produce la suficiente energía eléctrica como para ser aprovechada.

Las fuentes electroquímicas de corriente, pueden clasificarse en:

- 1) Pilas primarias
- 2) Pilas secundarias
- 3) Pilas de combustión.

1) Las pilas primarias

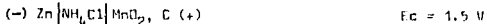
Estas pilas, conocidos también como pilas irreversibles, son sistemas electroquímicos cuyas reacciones esencialmente irreversibles dan lugar a la producción de energía eléctrica que se aprovecha una sola vez, es decir, no hay posibilidad efectiva de regenerar las condiciones originales de las reacciones que se efectúan en el interior de la célula, aun cuando se aplique energía eléctrica al sistema.

Las pilas primarias se clasifican en:

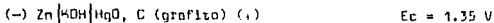
- a) Pilas secas
- b) Pilas de electrolito sólido
- c) Pilas húmedas
- d) Pilas de reserva.

a) Las pilas denominadas secas, en realidad no están literalmente secas; se llaman así, porque trabajan con electrolitos semisólidos (pastas húmedas o geles) que no se escurren, lo que por otra parte permite a estas pilas adoptar cualquier posición durante su utilización.

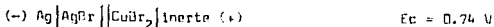
Caso típico de estas células es la pila Leclanché, cuyo esquema es:



o bien la pila alcalina de Ruben-mallory:

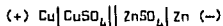


b) Las pilas de electrolito sólido, se caracterizan por utilizar como electrolito una sal sólida conductora (AgBr, AgI, SnSO_4 , etc.), formando sistemas electroquímicos como:

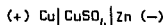


c) Las pilas húmedas corresponden a los tradicionales sistemas electroquímicos de tipo voltaico o galvánico.

Por ejemplo, la pila de Daniell:

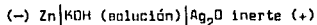


o bien:



$$E_c = 1.15 \text{ V}$$

d) Las pilas de reserva, son sistemas electroquímicos clásicos pero preparados de tal manera, que sólo se consumen cuando se les necesita, pudiéndose mantener en reserva mientras no se usan. Es el caso del sistema:



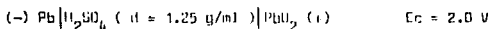
$$E_c = 1.6 \text{ a } 1.8 \text{ V}$$

en donde, para activar la solución concentrada de KOH, se hace circular por un cambiador de calor, en circuito cerrado, precisamente en el momento en que se requiere de la energía que produce la pila.

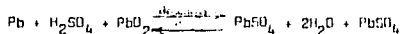
2) Las pilas secundarias

Llamadas también pilas reversibles o acumuladoras, son sistemas electroquímicos cuyas reacciones, en principio reversibles, dan lugar a la producción de energía eléctrica durante su descarga, pero tienen la posibilidad de regenerarse cuando se aplica corriente del exterior y en sentido contrario, de tal manera que se lleve al sistema en cuestión hacia sus condiciones originales.

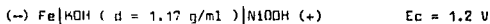
Se han desarrollado dos tipos fundamentales de acumuladores: los ácidos y los alcalinos. Como ejemplo de los primeros se tiene el acumulador plomado que corresponde al sistema:



y en el cual, la reacción reversible fundamental, es:



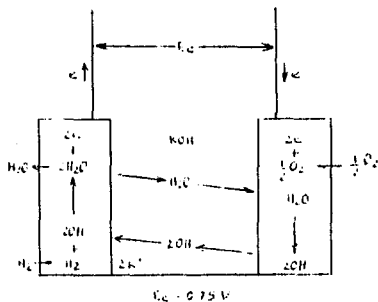
Ejemplo de acumulador alcalino es el Hierro-níquel o de Edison que corresponde al sistema:



3) Las pilas de combustión

Pueden definirse como dispositivos que se alimentan con un combustible convencional, como gas, aceite, gasolina, etc., y que en consecuencia, generan electricidad por medio de una reacción directa de oxidación electroquímica, para lo cual consumen oxígeno del aire.

El ejemplo más simple es el de la celda hidrógeno-oxígeno (aire) que trabaja de acuerdo con el siguiente esquema:



Es importante hacer notar que entre los sistemas de conversión de energía, la eficiencia de las celdas de combustión es de las más altas, para lo cual basta comparar las pérdidas energéticas en relación con un método tradicional para la obtención de corriente eléctrica, sin considerar por lo pronto, el costo de producción:

	Sistema termoelectrico	Celda de combustión
Energía de entrada	100	100
Pérdida por combustión	10	—
Pérdida termodinámica	45	25 a 55
Pérdida mecánica y térmica en turbinas	9	—
Pérdida térmica en generadores	2	—
ENERGIA UTIL NETA	34%	45 a 75 %

CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS ELECTROQUIMICOS DE ENERGIA
(PILES ELECTROQUIMICAS DE CORRIENTE)

	Reacciones totales en la pila	F.E.M. por celda volts	Densidad teórica de energía Wh/Kg
I) Sistemas que trabajan a temperatura ambiente			
A) Reactivos almacenados internamente			
1) Electrolitos acuosos			
	$\text{Pb} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	2.1	175
	$\text{Zn} + 2\text{Ni(OH)}_2 \rightleftharpoons \text{Zn(OH)}_2 + 2\text{NiO}$	1.7	590
	$\text{Zn} + 2\text{AgCl} \rightleftharpoons \text{ZnO} + 2\text{Ag}$	1.5	120
	$\text{Fe} + 2\text{Ni(OH)}_2 \rightleftharpoons \text{Fe(OH)}_2 + 2\text{NiO}$	1.4	508
	$\text{Ni} + 2\text{Ni(OH)}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + 2\text{NiO}$	1.4	801
	$\text{Cd} + 2\text{Ni(OH)}_2 \rightleftharpoons \text{Cd(OH)}_2 + 2\text{NiO}$	1.3	620
2) Electrolitos orgánicas			
	$2\text{Li} + \text{CuF}_2 \rightleftharpoons 2\text{LiF} + \text{Cu}$	3.3	1533
	$\text{Li} + \text{TiS}_2 \rightleftharpoons \text{LiTiS}_2$	2.5	563
3) Electrolito inorgánico			
	$2\text{Li} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{LiCl}$	3.6	2275
B) Reactivos almacenados externamente			
1) Celdas de combustión			
	$\text{H}_2 + 1/2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}$	1.2	3573
2) Celdas redox			
	$3\text{CrSO}_4 + \text{H}_2\text{CrO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons 2\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 4\text{H}_2\text{O}$	1.7	160
3) Celdas Zn-níquel			
a) Hidrato de cloro	$\text{Zn} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{ZnCl}_2$	2.1	862
b) Complejo orgánico de urano	$\text{Zn} + \text{UF}_6 \rightleftharpoons \text{ZnUF}_6$	1.8	381
4) Celdas Zn-aire			
	$\text{Zn} + 1/2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{ZnO}$	1.6	1054
II) Sistemas que trabajan a temperaturas altas			
A) Con electrolito sólido			
1) Con electrodo negativo de sodio			
a) Sodio-azufre	$2\text{Na} + 3\text{S} \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{S}_3$	2.1	793
b) Sodio-cloruro de antimonio	$3\text{Na} + 5\text{SbCl}_3 \rightleftharpoons 3\text{NaCl} + 5\text{Sb}$	3.0	1057
2) Celdas de combustión			
	$\text{H}_2 + 1/2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}$	1.2	3573
B) Con electrolito de sal fundida			
1) Litio-Sulfuro ferroso			
	$2\text{Li} + \text{FeS} \rightleftharpoons \text{Fe} + \text{Li}_2\text{S}$	1.6	842
2) Litio-cloruro telúrico			
	$\text{Li} + \text{TeCl}_4 \rightleftharpoons \text{Te} + 4\text{LiCl}$	3.2	1154
C) Celdas de combustión			
	$\text{H}_2 + 1/2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}$	1.2	3673

SERIE GALVANICA DE METALES

TABLA 30

SERIE GALVANICA DE METALES EN AGUA DE MAR

Termino corroído (anodico)
(menos noble)

Magnesio

Aleaciones de magnesio

Cinc

Aluminio 5052 H

Aluminio 3004

Aluminio 3003

Aluminio 1100

Aluminio 6053 T

Alcald

Cadmio

Aluminio 2017 T

Aluminio 2024 T

Acero templado

Hierro forjado

Hierro fundido

Niquel-resistido

13% Cromo acero inoxidable, tipo 410 (activo)

50-50 Plomo-soldadura de estaño

18-8 Acero inoxidable, tipo 304 (activo)

18-8, 3% Mo acero inoxidable, tipo 316 (activo)

Plomo

Estaño

Metal Muntz

Bronce-manganeso

Latón naval

Niquel (activo)

76% Ni-16% Cr-7% Fe (inconel) (activo)

Latón amarillo

Bronce-aluminio

Latón colorado

Cobre

Bronce-bilicio

5% Zn-20% Ni, bal. Cu (ambrac)

70% Cu-30% Ni

88% Cu-2% Zn-10% Sn (composición G-bronce)

88% Cu-3% Zn-6.5 % Sn-1.5 % Pb (composición M-Bronce)

Niquel (pasivo)

76% Ni-16% Cr-7% Fe (inconel) (pasivo)

70% Ni-30% Cu (monel)

Titanio

18-8 Acero inoxidable, tipo 304 (pasivo)

18-8, 3% Mo Acero inoxidable, tipo 316 (pasivo)

(mas noble)

Termino protegido (catodico)

VOLTAJES DE DESCOMPOSICION

VOLTAJES DE DESCOMPOSICION

El voltaje de descomposición del electrolito es la diferencia del potencial requerido para separar el anión y catión respectivamente, y que debe precisamente sobrepasar la diferencia de potencial del electrodo.

Consecuentemente para una solución de un electrolito de concentración iónica molar, el voltaje de descomposición debe de ser ligeramente más grande que la diferencia de potencial electrolítica del catión y anión, respectivamente.

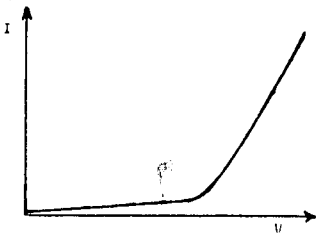
El voltaje de descomposición del electrolito puede ser determinado aproximadamente, dejando la electrolisis del proceso por algun tiempo con una fuerza electromotriz que es más grande que la contrafuerza electromotriz de la celda.

El circuito entonces esta, abatido y la contrafuerza electromotriz medida inmediatamente por medio de un voltmetro bien moderado de alta resistencia.

La Lectura del voltmetro representa el voltaje de descomposición del electrolito .

Un segundo metodo consiste en incrementar gradualmente la fuerza electromotriz externa aplicada a los electrodos y no al voltaje, cual repentinamente se incrementa en la corriente tomada del lugar, este incremento a sido indicado por un miliamperimetro contenido en el circuito.

Si el voltaje E es trazado contra el potencial de corriente I , como se encuentra en la figura, el punto de discontinuidad en la curva corresponde al voltaje de descomposición.



Curva del voltaje de descomposición

TABLA 31
VOLTAJES DE DESCOMPOSICION

Electrólito	Voltaje de descomposición
Acido acetico	1.57
Acido azoico	1.29
Acido bromhidrico	0.94
Acido clorhidrico	1.31
Acido dicloroacetico	1.66
Acido fosforico	1.70
Acido monocloraacetico	1.72
Acido nitrico	1.69
Acido oxalico	0.95
Acido perclorico	1.65
Acido sulfurico	1.67
Acido tricloroacetico	1.51
Acido yodhidrico	0.52
Bromuro de cinc	1.80
Cloruro de cobalto	1.78
Cloruro de niquel	1.85
Hidróxido de amonio	1.74
Hidróxido de potasio	1.67
Hidróxido de sodio	1.69
Nitrato de cadmio	1.98
Nitrato de plata	0.70
Nitrato de plomo	1.52
Sulfato de cadmio	2.03
Sulfato de cinc	2.55
Sulfato de cobalto	1.92
Sulfato de cobre	1.49
Sulfato de niquel	2.09
Sulfato de plata	0.70

Referencias:

- 1) C.L. Mantell, Electrochemical Engineering, Mc Graw Hill Co, Nueva York, 1960
- 2) Creighton Henry, Principles and Applications of Electrochemistry, John-Wiley, Nueva York, 1943.

SOBREPOTENCIAL DE HIDROGENO

TABLA 32
 SOBREPOTENCIAL DE HIDROGENO PARA METALES EN C. 2 N. DE H_2SO_4 A 25°C EN
 VOLT

Metal	Amp/dm ²					
	0.000	0.010	0.100	0.200	0.500	1.000
Ag		0.2981	0.4751	0.5787	0.6922	0.7162
Al		0.499	0.565	0.625	0.745	0.826
Au		0.122	0.241		0.332	0.390
Bi			0.780		0.980	1.050
Bronce		0.3832	0.4967	0.5346	0.596	0.646
C					0.640	0.700
Cd	0.466	0.651	0.981		1.086	1.134
Cu		0.351	0.479		0.548	0.584
Duriron	0.168	0.171	0.197	0.2136	0.2443	0.2856
Fe (electrolítico)	0.2026	0.218	0.4036	0.4474	0.5024	0.5571
Grafito	0.0022	0.3166	0.5955	0.652	0.725	0.7788
Metal monel		0.1911	0.2754	0.3022	0.3387	0.3832
Ni			0.563	0.633	0.705	0.747
Pb			0.520		1.060	1.090
Pt (terso)			0.024	0.034	0.051	0.068
Pt (platinizado)	0.000	0.0034	0.0154	0.0208	0.0272	0.030
Sn	0.2411	0.3995	0.8561	0.9469	1.0258	1.0767
Zn			0.716	0.726	0.726	0.926

	Amp/dm ²					
Metal	5.000	10.00	20.00	50.00	100.0	150.0
Ag	0.830	0.875	0.938	1.030	1.089	1.084
Al	0.968	0.996	1.176	1.237	1.286	1.292
Au	0.507	0.588	0.668	0.770	0.798	0.807
Bi	1.150	1.140	1.200	1.210	1.230	1.290
Bronce	0.801	0.9104	1.1088	1.2318	1.2544	1.2491
C	0.820	0.890	1.040	1.100	1.170	1.230
Cd	1.211	1.216	1.228	1.246	1.254	1.257
Cu		0.801	0.988	1.186	1.254	1.269
Duriron	0.5096	0.613	0.724	0.859	1.0205	1.140
Fe (electrolítico)	0.700	0.8184	0.9854	1.2561	1.2915	1.2908
Grefita	0.9032	0.9774	1.0794	1.171	1.220	1.2208
Metal monal	0.5345	0.6244	0.7108	0.8619	1.0716	1.2095
Ni	0.890	1.048	1.130	1.208	1.241	1.254
Pb	1.168	1.179	1.217	1.235	1.262	1.290
Pt (terso)	0.186	0.288	0.355	0.573	0.676	0.768
Pt (platinizado)	0.0376	0.0405	0.0420	0.0448	0.0483	0.0495
Sn	1.1851	1.223	1.2342	1.238	1.2306	1.2286
Zn	0.926	1.064	1.168	1.201	1.229	1.243

Referencias:

- 1) Creighton Henry, Principles and Applications of Electrochemistry, John-Wiley, Nueva York, 1943
- 2) Herbert H. Uhlig, Corrosion and Corrosion Control, John-Wiley, Nueva York, 1971
- 3) Herbert H. Uhlig, The Corrosion Handbook, John-Wiley, 6 ed., Nueva York, 1948
- 4) International Critical Tables of Numerical Data Physics, Chemistry and Technology, Mc Graw Hill Co, Nueva York, 1930
- 5) J.A.V. Butler, The Fundamentals of Chemical Thermodynamics, Mc Millan Co, Londres, 1942

LOS ACEROS INOXIDABLES

PROPIEDADES DE LOS ACEROS INOXIDABLES

Los aceros inoxidables estan divididos en tres clasificaciones generales basadas en sus estructuras microscopicas.

1) Martensiticos (A.I.S.I.)

Numeros de tipo: 403 a 420

Aceros al cromo con menos del 15% de cromo y mas del 10% de carbon.

La estructura microscopica es martensita, similar al del acero al carbon enfriado rapidamente.

Estos tipos de acero, cuando se tratan al calor por temple y estiraje, tienen alta resistencia y dureza. Son magneticos y tienen poco de resistencia a la corrosión.

2) Ferriticos (A.I.S.I.)

Numeros de tipo: 430 a 446

Aceros al cromo que contienen mas del 15% de cromo y menos del 13% de carbon.

La estructura microscopica de la ferrita, es similar al del hierro a bajo carbon en temperaturas ordinarias.

Estos tipos de acero no pueden ser endurecidos apreciablemente por tratamiento en caliente, pero pueden ser endurecidos por trabajo en frio, templados despues calentando o trabajando en frio, refinando la estructura del grano.

Tienen buena resistencia a la corrosión y son magneticos.

3) Austeniticos (A.I.S.I.)

Numeros de tipo: 301 a 347

Aceros al cromo-niquel que contienen mas del 7% de niquel y no menos del 17% de cromo.

La estructura microscopica de la austenita es similar al del acero comun a altas temperaturas.

Estos tipos son probablemente los mas ampliamente usados y los mas versatiles de todos los aceros inoxidables.

Son ductiles, tienen alta resistencia, no obstante a altas temperaturas.

Son altamente resistentes a la corrosión, y son no magneticos usualmente.

Esta clasificación de aceros inoxidables tienen carbon, cromo y niquel disueltos en el fierro.

Cuando sin embargo calentamos a una temperatura de 800 - 1500 °F o enfriamos lentamente en este rango, el carbon es precipitado de solución sólida a granos separados, formando carburos de cromo, de este modo causa empobrecimiento de cromo adyacente a la separación de granos. En este estado el metal pierde ductibilidad y resistencia a la corrosión.

Las propiedades originales de las aleaciones, sin embargo pueden ser regeneradas por calentamiento arriba de 1850 - 2000 °F y rápidamente enfriado. En otras palabras el templeado de estas aleaciones, sigue el procedimiento opuesto del acero al carbon.

El carbon es el elemento que ocasiona precipitación de carburos, por lo tanto al disminuir el porcentaje de carbon presente, da un mejor resultado para soldadura.

De hecho una sección delgada de aleación tal como una lamina y que tiene un carbon de 0.08 o inferior puede ser soldado, tomando lugar una pequeña precipitación de carburo; porque el bajo carbon, corta hacia abajo la precipitación y el metal delgado disipa el calor rápidamente de la soldadura. Sin embargo las laminas soldadas deberan ser cualquiera de las dos templeadas o si es impracticable porque hay riesgos de deformación o de carencia de facilidades de templeado, entonces un acero de cromo-niquel estabilizado debera ser usado.

La estabilización es establecida por adición de otros elementos tales como columbio o titanio; uno u otro de estos elementos adicionado efectivamente previene la precipitación de carburo por combinación con el carbon, para prevenir el empobrecimiento de cromo.

Trabajando en frio tambien se tiende a cambiar la naturaleza de los aceros cromo-niquel para transformar la austenita en ferrita.

En un tiempo esto aumenta la resistencia, reduce la ductibilidad, disminuye la resistencia a la corrosión y se hace magnetico. Despues del trabajo en frio el acero puede ser regenerado a sus propiedades originales por templeado.

Los aceros al bajo cromo son usualmente incluidos en listas de aceros inoxidables y son dados para un numero de tipo tal como el A.S.I. 501 y 502.

Estos aceros no son inoxidables, pero tienen una moderada resistencia a la corrosión y tienen una amplia aplicación, porque la resistencia a la corrosión esta arriba de 1200 °F

TABLA 33
COMPOSICION DE LOS ACEROS INOXIDABLES

	Carbon	Cromo	Niquel	Otros elementos	
-----Austeniticos-----	302	0.08-0.20	17.50-20.00	8.00-10.00	Mn 1.25 Max.
	303	0.20 Max.	17.50-20.00	8.00-10.00	S o Se 0.07 Min. o Mo 0.60 Max. Mn 2.00 Max.
	304	0.08 Max.	18.00-20.00	8.00-10.00	Mn 2.00 Max.
	308	0.08 Max.	19.00-22.00	10.00-12.00	Mn 2.00 Max.
	309	0.20 Max.	22.00-26.00	12.00-14.00	
	310	0.25 Max.	24.00-26.00	19.00-21.00	
	311	0.25 Max.	19.00-21.00	24.00-26.00	
	312	0.25 Max.	27.00-31.00	8.00-10.00	
	315	0.15 Max.	17.00-19.00	7.00-9.500	Cu 1.00-1.50 Mo 1.00-15.00 Mo 2.00-3.00 Mo 3.00-4.00 Ti Min. 4xC Mn 1.00-1.50
	316	0.10 Max.	16.00-18.00	10.00-14.00	Cb 10xC Turbina de calidad
	317	0.10 Max.	18.00-20.00	10.00-14.00	A1 0.10-0.20
	321	0.10 Max.	17.00-20.00	7.00-10.00	A1 4.00-4.50
	329	0.10 Max.	25.00-30.00	3.00- 5.00	
	330	0.25 Max.	14.00-16.00	33.00-36.00	
	347	0.10 Max.	17.00-20.00	8.00-12.00	
-----Martensiticos-----	403	0.15 Max.	11.50-13.00		
	405	0.08 Max.	11.50-13.50		
	406	0.15 Max.	12.00-14.00		
	410	0.15 Max.	10.00-14.00		
	414	0.15 Max.	10.00-14.00	2.00 Max.	
	416	0.15 Max.	12.00-14.00		S o Se 0.07 Min. o Mo 0.60 Max. W 2.50-3.50
	418	0.15 Max.	12.00-14.00		
	420	0.15	12.00-14.00		
	430	0.12 Max.	14.00-18.00		
	430F	0.12 Max.	14.00-18.00		S o Se 0.07 Min. o Mo 0.60 Max.
	431	0.15 Max.	14.00-18.00	2.00 Max.	
	438	0.12 Max.	16.00-18.00		W 2.50-3.50
	439	0.50-0.65	8.00		W 8.00
	440	0.12	14.00-18.00		
	441	0.15	14.00-18.00	2.00 Max.	
442	0.35 Max.	18.00-23.00			
446	0.35 Max.	23.00-30.00			
501	0.10	4.00-6.000			
502	0.10 Max.	4.00-6.000			

Referencias:

1) Lefax, Philadelphia, Pa 19132, U.S.A.

BAÑOS PARA RECUBRIMIENTOS ELECTROLITICOS

El recubrimiento de superficies metálicas o no metálicas, por medios electro-líticos consiste en sobreponer a esas superficies otro metal o aleación, que cambie la naturaleza exterior del objeto recubierto.

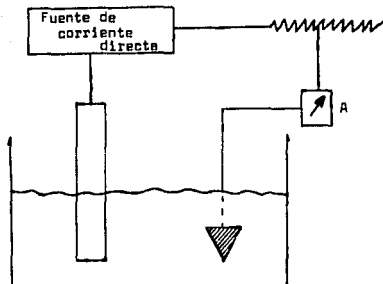
En algunas ocasiones esto obedece exclusivamente a fines decorativos, pero prácticamente, en todos los casos se persiguen finalidades de protección frente al medio externo, unas veces frente a las atmósferas más o menos agresivas y otras, frente a soluciones francamente corrosivas.

Desde el punto de vista electroquímico, el proceso es un fenómeno de electrólisis en el cual el objeto por recubrir constituye el cátodo, la solución electrolítica corresponde a una formulación que contiene a los iones del metal que se ha de depositar y el ánodo está constituido por el metal o aleación de recubrimiento; en estas condiciones se pretende que, a medida que la solución deposite el metal de recubrimiento sobre el objeto, reduciéndose en la superficie de éste, la pieza de metal de recubrimiento se disuelva por oxidación en la solución electrolítica.

Para esto se requiere de corriente directa sin que necesariamente sea continua puede ser corriente alterna rectificada, aun cuando sea sólo de media onda. Se supone que el voltaje aplicado en todos los casos será mayor al voltaje de descomposición de baño electrolítico. Sin embargo, aquél queda condicionado por la intensidad de la corriente aplicada y la resistencia del electrolito.

El proceso en sí, que en principio resulta sencillo de entender, está condicionado por las propiedades físicas y químicas que se requieren en la superficie del objeto recubierto, las que finalmente definen la estructura del baño y las condiciones del trabajo. En este sentido los factores externos influyen de manera definitiva en la naturaleza del recubrimiento son principalmente la densidad de corriente (amperes/dm²) que atraviesa el circuito electrolítico, el pH del baño, la densidad, la viscosidad y la tensión superficial del mismo, así como la temperatura de operación.

De estos factores probablemente los más significativos sean: la densidad de corriente, el pH de la solución y la temperatura de trabajo. Sin embargo, no pueden dejar de considerarse las demás variables sobre todo cuando se trata de recubrimientos de superficie curvas y onduladas.



El baño electrolítico esta constituido, en general, por:

- a) una sal de metal a depositar
- b) diversos compuestos (electrolíticos) para regular la conductividad eléctrica y el pH de la solución
- c) agentes (compuestos orgánicos) que modifican las características de la superficie de recubrimiento.

RECUBRIMIENTOS ELECTROLITICOS

6 el segundo toque para acero o primer toque para bronce, níquel, plata y metal británico:

		g/l
Cianuro de plata	(AgCN)	6.6
Cianuro de potasio	(KCN)	75
Carbonato de potasio	(K_2CO_3)	15

4) Baño de plata concentrado (plateado)

		g/l
Cianuro de plata	(AgCN)	41
Cianuro de potasio	(KCN)	60
Carbonato de potasio	(K_2CO_3)	60
Hidróxido de potasio	(KOH)	11
Temperatura de 45 °C		
Densidad de corriente con circulación rápida de 11 amp/dm ²		

5) Baño de oro (dorado)

		g/l
Oro (Au) como cianuro		2.1
Cianuro de potasio	(KCN)	15
Fosfato de sodio	($Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$)	4
Temperatura de 70 °C		
Densidad de corriente de 0.1-0.5 amp/dm ²		

6) Baño ácido de cinc (galvanizado)

		g/l
Sulfato de cinc	($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$)	410
Cloruro de aluminio	($AlCl_3 \cdot 6H_2O$)	20
Sulfato de sodio	(Na_2SO_4)	75
pH de 3-4.5		
Temperatura de 20-30 °C		
Densidad de corriente:		
para baños en reposo de 2-3 amp/dm ²		
para baños agitados de 2-10 amp/dm ²		

7) Baño alcalino de cinc (galvanizado)

		g/l
Cianuro de cinc	($Zn(CN)_2$)	60

Cianuro de sodio	(NaCN)	g/l	23
Hidroxido de sodio	(NaOH)		53
Temperatura de 40-50°C			
Densidad de corriente de 2 amp/dm ²			
8) Baño ácido de estaño (estañado)			
Sulfato de estaño	(SnSO ₄)	g/l	54
Acido sulfurico	(H ₂ SO ₄)		100
Acido sulfónico de cresol			100
Beta neftol			1
Gelatina			2
Temperatura de 25°C			
Densidad de corriente:			
para baños en reposo de 2.5 amp/dm ²			
para baño con muy alta agitación hasta 50 amp/dm ²			
9) Baño alcalino de estaño (estañado)			
Estannato de potasio	(K ₂ SnO ₃ ·3H ₂ O)	g/l	80
Hidroxido de potasio	(KOH)		30
Temperatura de 85°C			
Densidad de corriente del catodo de 4 amp/dm ²			
Densidad de corriente del anodo de 3.5 amp/dm ²			
10) Baño ácido de níquel (níquelado)			
Sulfato de níquel	(NiSO ₄ ·6H ₂ O)	g/l	70
Cloruro de amonio	(NH ₄ Cl)		15
Sulfato de sodio	(Na ₂ SO ₄)		160
Acido bórico	(H ₃ BO ₃)		15
pH = 5.5			
Temperatura de 20-30°C			
Densidad de corriente de 1.5-3.0 amp/dm ²			

11) Baño de bronce 90%Cu-10%Zn (bronceado)

		g/l
Cianuro cuproso	(CuCN)	54
Cianuro de cinc	(Zn(CN)_2)	7.5
Cianuro de sodio	(NaCN)	71
Sal de Rochelle	($\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)	45
Carbonato de sodio	(Na_2CO_3)	30
pH = 10.3		
Temperatura de 110-130°F (25-55°C)		
Densidad de corriente de 1-2 amp/dm ²		

12) Baño ácido de cromo (cromado)

		g/l
Acido cromico como CrO_3		195
Acido sulfurico	(H_2SO_4)	1.5
Fluor como fluoruro	(F^-)	0.825
Temperatura de 25-55°C		
Densidad de corriente de 1.5-3.0 amp/dm ²		

Referencias:

- 1) Enrique Villarreal D., Electroquímica, Parte 2, Edicol S.A., México, 1975
- 2) William Blum, Galvanotecnia y Galvanoplastia, CECSA, México, 1982

DIAGRAMAS pH - POTENCIAL

DIAGRAMAS pH-POTENCIAL

Es necesario mostrar ampliamente, el concepto de potencial estandar de electrodo, en la interpretación de reacciones entre sistemas de oxido-reducción. Ya que las tablas a pH 0 y 14, dan tan solo una imagen incompleta de las reacciones en que participan estos sistemas, debido a que es difícil construir un cuadro mental de muchos de estos potenciales a valores de pH diferentes de 0 o 14, y algunas reacciones no pueden ocurrir a valores de pH 0 ni a 14, pero pueden ocurrir a valores intermedios de pH.

Una representación gráfica nos elimina de estas y otras dificultades.

El objeto de esta información es dar un esquema de la teoría fundamental de estos diagramas, para explicar en detalle la construcción de uno típico, por ejemplo el del Hierro.

Formulas Termodinámicas:

Reacciones de oxido-reducción.

Usaremos como expresión general para una reacción de oxido-reducción, la siguiente:



En la cual la carga neta de y Red - x Ox debiera ser igual a la de $m \text{ H}^+ + n \text{ e}^-$.

Designando ϕ e el potencial electrico en el lado de la interfase del electrodo, con ϕ el potencial electrico en el lado de la solución, con M el potencial químico de las energias molales parciales de los reactivos y productos, y con F al Faraday.

La condición de equilibrio electroquímico para la reacción (I) es:

$$e - \phi = \frac{1}{n F} (xM^{\circ} \text{ Ox} + mM^{\circ} \text{ H}^+ + nM\text{e}^- - yM^{\circ} \text{ Red} - zM^{\circ} \text{ H}_2\text{O}) \text{ ----- (II)}$$

Separando los M en los M's estandar y en terminos de actividad tenemos:

$$e - \phi = \frac{1}{n F} (xM^{\circ} \text{ Ox} + mM^{\circ} \text{ H}^+ + nM\text{e}^- - yM^{\circ} \text{ Red} - zM^{\circ} \text{ H}_2\text{O}) + \frac{R T}{n F} \ln \frac{a^x \text{ Ox} a^m \text{ H}^+}{a^y \text{ Red} a^z \text{ H}_2\text{O}} \text{ ----- (III)}$$

Si restamos de esta expresión general el valor particular de la diferencia de potencial para el electrodo estandar del Hidrógeno ($MH_2 = 0$ a 1 atm. y $25^\circ C$ $M^0H^+ = 0$, Me^- teniendo el mismo valor debido a que las dos terminales metálicas se suponen idénticas), obtenemos el "potencial" del sistema (I).

$$E = \frac{xM^0 Ox - yM^0 Red - zM^0 H_2O}{23,070 n} - 0.0591 \frac{m}{n} pH + \frac{0.0591}{n} \log \frac{a^x Ox}{a^y Red} \text{ ----- (IV)}$$

E en voltios , M^0 en calorías.

En todos los calculos se asume la actividad practica del agua igual a 1 ; las actividades de los solutos son productos de las molalidades, con los coeficientes de actividad practicos. La molalidad del agua es por ello siempre 55.5. Debe hacerse notar que las bien sabidas incertidumbres acerca de la determinación del pH, efectos salinos de valores de pH, etc. afecta la aproximación de la información obtenible a partir de estos diagramas.

En conjunto se desea establecer que esto no es un intento de alcanzar la máxima aproximación posible, o aun mencionar todos los refinamientos necesarios , sino más bien presentar un cierto cuerpo de información disponible en una forma nueva e integrada, la cual se cree sera provechosa para muchas diversas aplicaciones.

Ejemplo de aplicación de la ecuación (IV) :

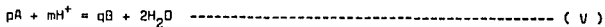
Equilibrio $Fe^{+3} + e^- = Fe^{+2}$; Se encuentra en las tablas de Latimer's que $M^0Fe^{+3} = -2530$ cal. y $M^0Fe^{+2} = -20,310$ cal. a $25^\circ C$. Entonces tenemos:

$$E = \frac{-2530 + 20,310}{23,070} + 0.0591 \log \frac{aFe^{+3}}{aFe^{+2}}$$

$$E = 0.771 + 0.0591 \log \frac{aFe^{+3}}{aFe^{+2}}$$

Reacciones sin cambios en los numeros de oxidación.

Las reacciones de la forma:



en la cual la carga de $qB - pA$ es igual a la de mH^+ , tiene la constante de

equilibrio:

$$K = \frac{a^q B \times a^z H_2O}{a^p A \times a^z H^+} \text{----- (VI)}$$

y como $M^{\circ}H = 0$;

$$\log K = \frac{pM^{\circ}A - qM^{\circ}B - zM^{\circ}H_2O}{2.3 RT} \text{----- (VII)}$$

En la cual $2.3 RT = 1363 \text{ cal a } 25^{\circ}\text{C}$.

Cuando A es un Hidroxido y B el ión correspondiente tenemos:

$$\begin{aligned} \log a B &= \frac{1}{q} \frac{pM^{\circ}A - qM^{\circ}B - zM^{\circ}H_2O}{1363} - 2 \text{ pH} \\ &= 13.23 - 2 \text{ pH} \end{aligned}$$

La construcción de estos diagramas se presentan en los siguientes tres tipos de equilibrio, representados en la fig. 1 , que se explican por sí mismos. Los casos primero y tercero corresponden a cambios de número de oxidación, el segundo caso a número de oxidación constante.

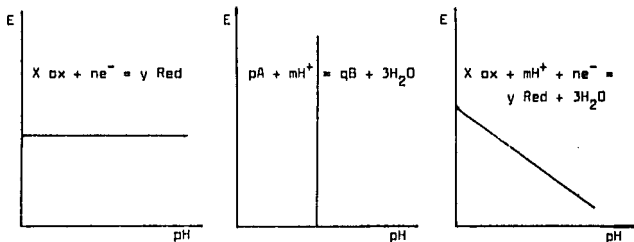


fig. 1 Estado de equilibrio independiente de pH

Estado de equilibrio independiente del E

Estado de equilibrio dependiente del pH y E

Los valores de pH son graficados como abscisas y los potenciales como ordenadas.

DIAGRAMA pH-POTENCIAL PARA EL HIERRO

El método para la construcción del diagrama pH-Potencial, es basado en actividades unitarias en solución acuosa, dando sus correspondientes reacciones y ecuaciones de equilibrio, este método es general para los diagramas de este tipo.

Las etapas sucesivas de la construcción son representadas en la fig. 2

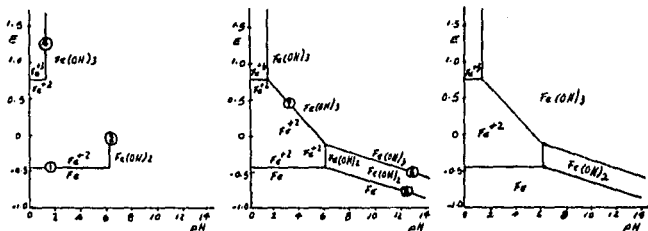


fig. 2 Etapas sucesivas en la construcción del diagrama pH-Potencial para el Hierro.

Las reacciones y ecuaciones de equilibrio se dan en la siguiente hoja.

Y el diagrama pH-Potencial para el hierro, está en la posterior hoja, el cual es un diagrama más o menos completo que nos muestra la mayor parte de los aspectos esenciales del comportamiento del Hierro y de sus iones e hidroxidos en solución acuosa.

Las líneas 1,2,3,4,5,6,7, representan:

El equilibrio entre dos fases sólidas (líneas 5 y 6)

El equilibrio entre un sólido y un ión a actividad igual a 1 en solución (líneas 1,2,4 y 7)

y el equilibrio entre dos iones en solución, con una relación de actividad igual a 1 (líneas 3) .

Este diagrama entre otras cosas explica los dos siguientes hechos bien conocidos: El Hierro metálico produce desprendimiento de Hidrógeno del agua, como se muestra en las posiciones relativas de la línea 1 y de la línea correspondiente a la reacción $2H^+ + 2e^- = H_2$. El Hidroxido férrico es mucho menos soluble que el Hidroxido ferroso, como se muestra por la posición de las líneas 2 y 4. El Hidroxido ferroso recién precipitado es oxidado por el oxígeno, como es mostrado por la línea 6 y por la línea correspondiente a la reacción $O_2 + 4H^+ + 4e^- = 2H_2O$.

TABLA 35
 DIAGRAMA pH-POTENCIAL PARA EL HIERRO
 REACCIONES Y ECUACIONES DE EQUILIBRIO EMPLEADAS EN LA CONSTRUCCION DEL DIA-
 GRAMA EN SOLUCION ACUOSA ($a = 1$)

Reacción 1)	$Fe^{+2} + 2e^{-} = Fe^0$
Ecuación 1)	$E = -0.440 + 0.02955 \log {}^3Fe^{+2}$
Reacción 2)	$Fe(OH)_2 + 2H^{+} = Fe^{+2} + 2H_2O$
Ecuación 2)	$\log {}^8Fe^{+2} = 13.23 - 2 \text{ pH}$
Reacción 3)	$Fe^{+3} + e^{-} = Fe^{+2}$
Ecuación 3)	$E = 0.771 + 0.0591 \log {}^8Fe^{+3} / {}^8Fe^{+2}$
Reacción 4)	$Fe(OH)_3 + 3H^{+} = Fe^{+3} + 3H_2O$
Ecuación 4)	$\log {}^8Fe^{+3} = 4.62 - 3 \text{ pH}$
Reacción 5)	$Fe(OH)_2 + 2H^{+} + 2e^{-} = Fe^0 + 2H_2O$
Ecuación 5)	$E = -0.0494 - 0.0591 \text{ pH}$
Reacción 6)	$Fe(OH)_3 + H^{+} + e^{-} = Fe(OH)_2 + H_2O$
Ecuación 6)	$E = 0.261 - 0.0591 \text{ pH}$
Reacción 7)	$Fe(OH)_3 + 3H^{+} + e^{-} = Fe(OH)_2 + H_2O$
Ecuación 7)	$E = 1.044 - 0.177 \text{ pH} - 0.0591 \log {}^8Fe^{+2}$

Resolución:

1)	$E = -0.440 \text{ volt}$
2)	$\text{pH} = 6.615$
3)	$E = 0.771 \text{ volt}$
4)	$\text{pH} = 1.540 \text{ volt}$
5)	$E_1 = -0.0494 \text{ volt} \quad \text{pH} = 0$
	$E_2 = -0.6404 \text{ volt} \quad \text{pH} = 10$
6)	$E_1 = 0.261 \text{ volt} \quad \text{pH} = 0$
	$E_2 = -0.330 \text{ volt} \quad \text{pH} = 10$
7)	$E_1 = 1.044 \text{ volt} \quad \text{pH} = 0$
	$E_2 = -0.726 \text{ volt} \quad \text{pH} = 10$

DIAGRAMA pH-POTENCIAL PARA EL HIERRO

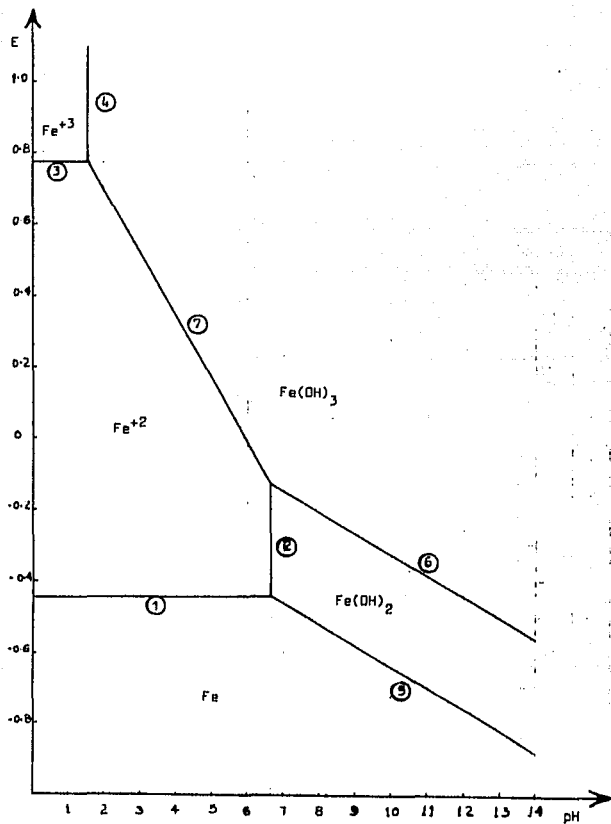


TABLA 36
 DIAGRAMA pH-POTENCIAL PARA EL COBRE

REACCIONES Y ECUACIONES DE EQUILIBRIO EMPLEADAS EN LA CONSTRUCCION DEL DIAGRAMA EN SOLUCION ACUOSA ($a = 1$)

Reacción 1)	$Cu^0 = Cu^{+2} + 2e^-$
Ecuación 1)	$E = 0.337 + 0.0295 \log a_{Cu^{+2}}$
Reacción 2)	$2Cu^0 + H_2O = Cu_2O + 2H^+ + 2e^-$
Ecuación 2)	$E = 0.471 - 0.0591 \text{ pH}$
Reacción 3)	$Cu_2O + 2H^+ = 2Cu^{+2} + H_2O + 2e^-$
Ecuación 3)	$E = 0.203 + 0.0591 \text{ pH} + 0.0591 \log a_{Cu^{+2}}$
Reacción 4)	$Cu_2O + H_2O = 2CuO + 2H^+ + 2e^-$
Ecuación 4)	$E = 0.669 - 0.0591 \text{ pH}$
Reacción 5)	$Cu^{+2} + H_2O = CuO + 2H^+$
Ecuación 5)	$\log a_{Cu^{+2}} = 7.89 - 2 \text{ pH}$

Resolución:

1)	$E = 0.337 \text{ volt}$	
2)	$E_1 = 0.471 \text{ volt}$	$\text{pH} = 0$
	$E_2 = -0.12 \text{ volt}$	$\text{pH} = 10$
3)	$E_1 = 0.203 \text{ volt}$	$\text{pH} = 0$
	$E_2 = 0.794 \text{ volt}$	$\text{pH} = 10$
4)	$E_1 = 0.669 \text{ volt}$	$\text{pH} = 0$
	$E_2 = 0.078 \text{ volt}$	$\text{pH} = 10$
5)		$\text{pH} = 3.945$

DIAGRAMA pH-POTENCIAL PARA EL COBRE

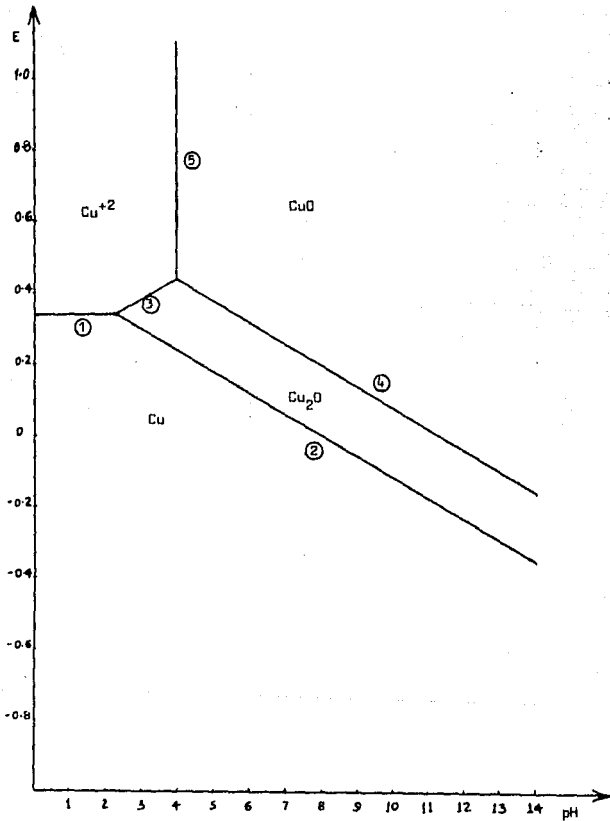


TABLA 37
 DIAGRAMA pH-POTENCIAL PARA EL PLOMO
 REACCIONES Y ECUACIONES DE EQUILIBRIO EMPLEADAS EN LA CONSTRUCCION DEL DIA-
 GRAMA EN SOLUCION ACUOSA ($n = 1$)

Reacción 1)	$Pb^0 = Pb^{+2} + 2e^-$
Ecuación 1)	$E = -0.126 + 0.02955 \log a_{Pb^{+2}}$
Reacción 2)	$Pb + H_2O = PbO + 2H^+ + 2e^-$
Ecuación 2)	$E = 0.248 - 0.0591 \text{ pH}$
Reacción 3)	$Pb^{+2} + H_2O = PbO + 2H^+$
Ecuación 3)	$\log a_{Pb^{+2}} = 12.65 - 2 \text{ pH}$
Reacción 4)	$3PbO + H_2O = Pb_3O_4 + 2H^+ + 2e^-$
Ecuación 4)	$E = 0.972 - 0.0591 \text{ pH}$
Reacción 5)	$3Pb^{+2} + 4H_2O = Pb_3O_4 + 8H^+ + 2e^-$
Ecuación 5)	$E = 2.094 - 0.2364 \text{ pH} - 0.0886 \log a_{Pb^{+2}}$
Reacción 6)	$Pb_3O_4 + 2H_2O = 3PbO_2 + 4H^+ + 4e^-$
Ecuación 6)	$E = 1.127 - 0.0591 \text{ pH}$
Reacción 7)	$Pb^{+2} + 2H_2O = PbO_2 + 4H^+ + 2e^-$
Ecuación 7)	$E = 1.449 - 0.1182 \text{ pH} - 0.02955 \log a_{Pb^{+2}}$

Resolución:

1)	$E = -0.126 \text{ volt}$	
2)	$E_1 = 0.248 \text{ volt}$	$\text{pH} = 0$
	$E_2 = -0.343 \text{ volt}$	$\text{pH} = 10$
3)		$\text{pH} = 6.325$
4)	$E_1 = 0.972 \text{ volt}$	$\text{pH} = 0$
	$E_2 = 0.381 \text{ volt}$	$\text{pH} = 10$
5)	$E_1 = 2.094 \text{ volt}$	$\text{pH} = 0$
	$E_2 = -0.270 \text{ volt}$	$\text{pH} = 10$
6)	$E_1 = 1.127 \text{ volt}$	$\text{pH} = 0$
	$E_2 = 0.536 \text{ volt}$	$\text{pH} = 10$
7)	$E_1 = 1.449 \text{ volt}$	$\text{pH} = 0$
	$E_2 = 0.267 \text{ volt}$	$\text{pH} = 10$

DIAGRAMA pH-POTENCIAL PARA EL PLOMO

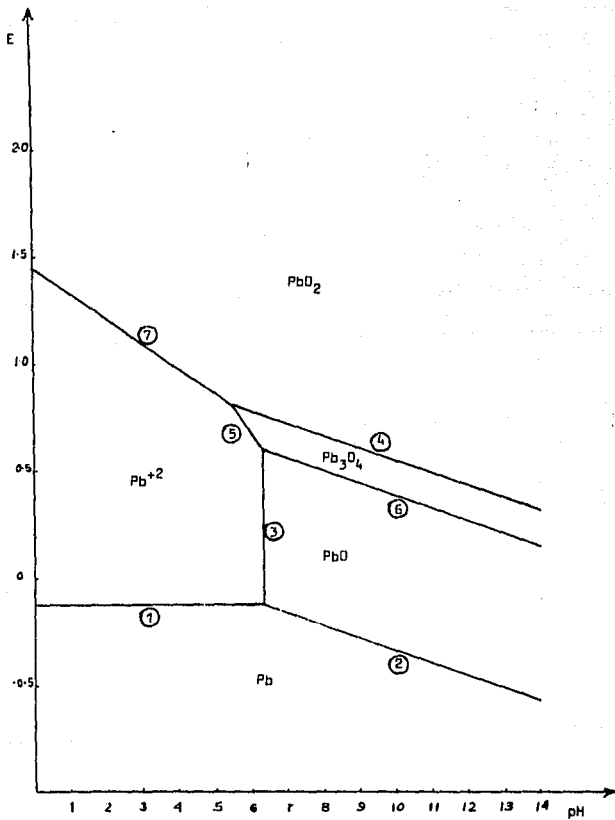


TABLA 3B

DIAGRAMA pH-POTENCIAL PARA EL NIQUEL

REACCIONES Y ECUACIONES DE EQUILIBRIO EMPLEADAS EN LA CONSTRUCCION DEL DIAGRAMA EN SOLUCION ACUOSA ($a = 1$)

Reacción 1)	$Ni + H_2O = NiO + 2e^-$
Ecuación 1)	$E = 0.110 - 0.0591 \text{ pH}$
Reacción 2)	$3NiO + H_2O = Ni_3O_4 + 2H^+ + 2e^-$
Ecuación 2)	$E = 0.897 - 0.0591 \text{ pH}$
Reacción 3)	$2Ni_3O_4 + H_2O = Ni_2O_3 + 2H^+ + 2e^-$
Ecuación 3)	$E = 1.305 - 0.0591 \text{ pH}$
Reacción 4)	$Ni_2O_3 + H_2O = 2NiO_2 + 2H^+ + 2e^-$
Ecuación 4)	$E = 1.434 - 0.0591 \text{ pH}$
Reacción 5)	$Ni^{+2} + H_2O = NiO + 2H^+ + 2e^-$
Ecuación 5)	$\log^a Ni^{+2} = 12.18 - 2 \text{ pH}$
Reacción 6)	$Ni^0 = Ni^{+2} + 2e^-$
Ecuación 6)	$E = -0.25 + 0.029551 \log^a Ni^{+2}$
Reacción 7)	$3Ni^{+2} + 4H_2O = Ni_3O_4 + 8H^+ + 2e^-$
Ecuación 7)	$E = 1.977 - 0.236 \text{ pH} - 0.08861 \log^a Ni^{+2}$
Reacción 8)	$2Ni^{+2} + 3H_2O = Ni_2O_3 + 6H^+ + 2e^-$
Ecuación 8)	$E = 1.753 - 0.1773 \text{ pH} - 0.05911 \log^a Ni^{+2}$
Reacción 9)	$Ni^{+2} + 2H_2O = NiO_2 + 4H^+ + 2e^-$
Ecuación 9)	$E = 1.593 - 0.1182 \text{ pH} - 0.02955 \log^a Ni^{+2}$

Resolución:

1) $E_1 = 0.110 \text{ volt}$	pH = 0	6) $E = -0.250 \text{ volt}$	
$E_2 = -0.481 \text{ volt}$	pH = 10		
2) $E_1 = 0.897 \text{ volt}$	pH = 0	7) $E_1 = 1.977 \text{ volt}$	pH = 0
$E_2 = 0.306 \text{ volt}$	pH = 10	$E_2 = -0.383 \text{ volt}$	pH = 10
3) $E_1 = 1.305 \text{ volt}$	pH = 0	8) $E_1 = 1.753 \text{ volt}$	pH = 0
$E_2 = 0.714 \text{ volt}$	pH = 10	$E_2 = -0.020 \text{ volt}$	pH = 10
4) $E_1 = 1.434 \text{ volt}$	pH = 0	9) $E_1 = 1.593 \text{ volt}$	pH = 0
$E_2 = 0.843 \text{ volt}$	pH = 10	$E_2 = 0.411 \text{ volt}$	pH = 10
5)	pH = 6.09		

DIAGRAMA pH-POTENCIAL PARA EL NIQUEL

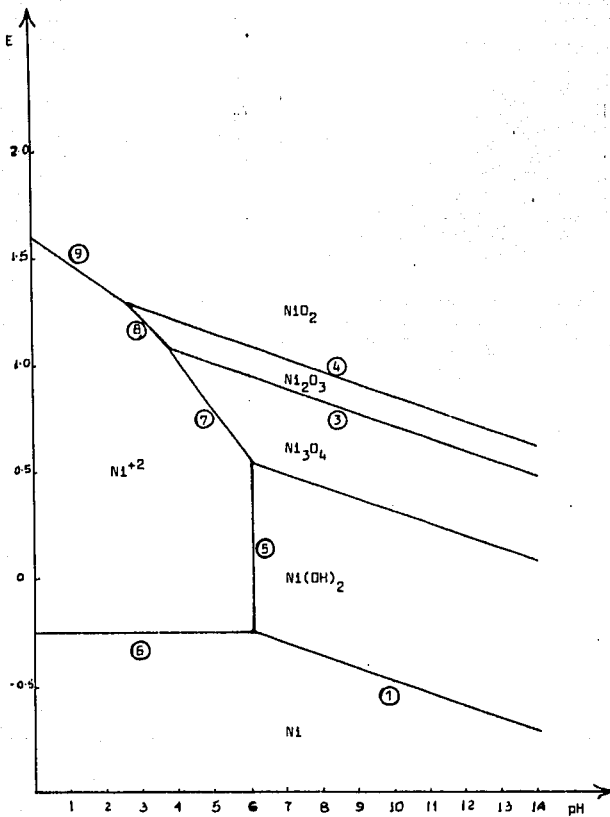


TABLA 39
 DIAGRAMA pH-POTENCIAL PARA EL ZINC
 REACCIONES Y ECUACIONES DE EQUILIBRIO EMPLEADAS EN LA CONSTRUCCION DEL DIA-
 GRAMA EN SOLUCION ACUOSA ($n = 1$)

Reacción 1)	$Zn^0 = Zn^{+2} + 2e^-$
Ecuación 1)	$E = -0.763 + 0.0295 \log a_{Zn^{+2}}$
Reacción 2)	$Zn^{+2} + H_2O = ZnO + 2H^+$
Ecuación 2)	$\log a_{Zn^{+2}} = 10.96 - 2 \text{ pH}$
Reacción 3)	$Zn^0 + H_2O = ZnO + 2H^+ + 2e^-$
Ecuación 3)	$E = -0.439 - 0.0591 \text{ pH}$

Resolución:

1)	$E = -0.763 \text{ volt}$	
2)		$\text{pH} = 5.48$
3)	$E_1 = -0.439 \text{ volt}$	$\text{pH} = 0$
	$E_2 = -1.030 \text{ volt}$	$\text{pH} = 10$

DIAGRAMA pH-POTENCIAL PARA EL ZINC

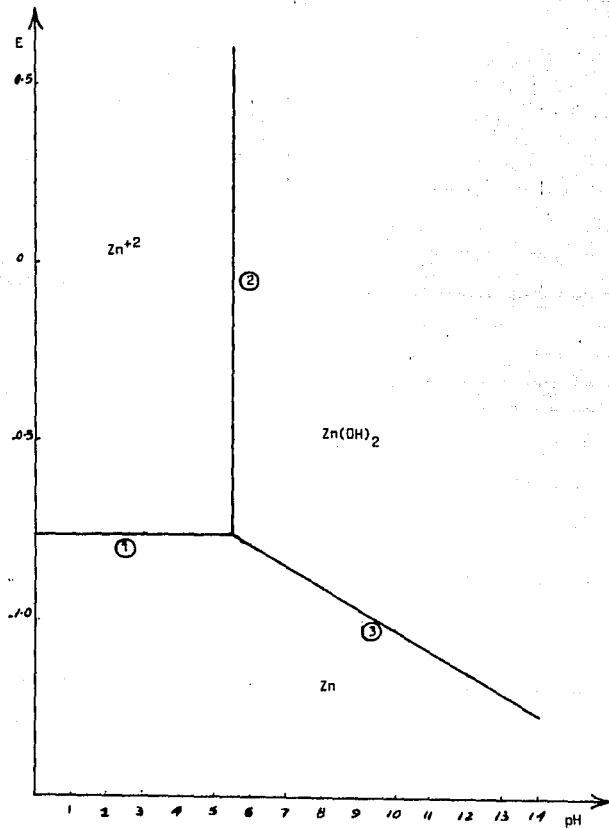
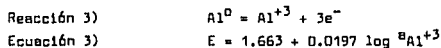
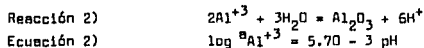
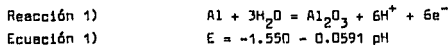


TABLA 40
 DIAGRAMA pH-POTENCIAL PARA EL ALUMINIO
 REACCIONES Y ECUACIONES DE EQUILIBRIO EMPLEADAS EN LA CONSTRUCCION DEL DIA-
 GRAMA EN SOLUCION ACUOSA ($a = 1$)



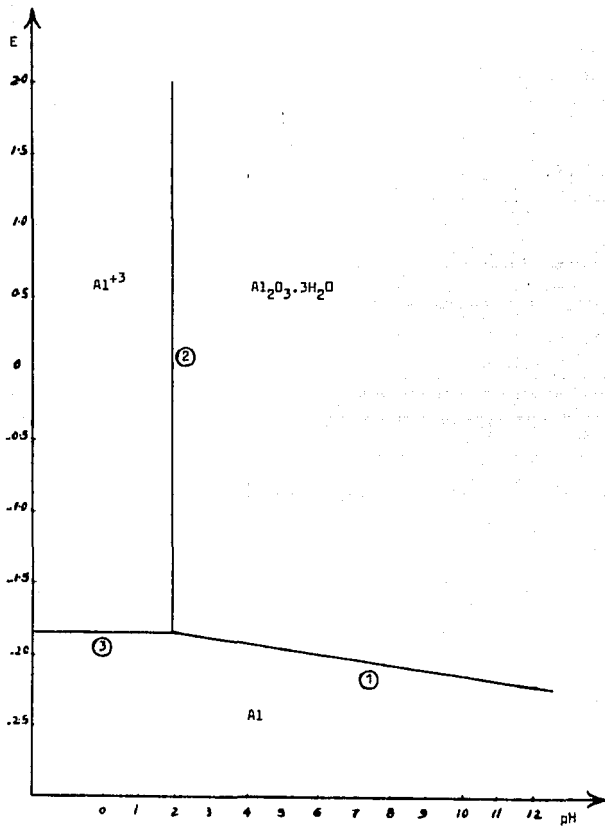
Resolución:

- | | | |
|----|--|-------------------------------------|
| 1) | $E_1 = -1.550 \text{ volt}$
$E_2 = -2.141 \text{ volt}$ | $\text{pH} = 0$
$\text{pH} = 10$ |
| 2) | | $\text{pH} = 1.9$ |
| 3) | $E = 1.663 \text{ volt}$ | |

Referencias:

- 1) Marcel Pourbaix, Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solutions, Pergamon Press, Gran Bretaña, 1966.
- 2) M. Pourbaix, P. Delahay, P. V. Rysselberghe, Journal of Chemical Education, U.S.A., Diciembre de 1950, p. 683

DIAGRAMA pH-POTENCIAL PARA EL ALUMINIO



**PROPIEDADES DE LOS ELEMENTOS
QUIMICOS**

TABLA 41
 PROPIEDADES DE LOS ELEMENTOS QUIMICOS
 (A CONDICIONES ESTANDAR DE PRESION Y TEMPERATURA)

Nombre	Simbolo	Numero atomico	Peso atomico	Densidad (g/ml)	Punto de fusión*	Punto de ebullición*
Actinio	Ac	89	(227)	-----	1100	-----
aluminio	Al	13	26.9815	2.699	660	2327
americio	Am	95	(243)	11.7	995	-----
antimonio	Sb	51	121.75	6.62	630	1325
argón	Ar	18	39.948	1.6626	-189	-186
arsenico	As	33	74.9216	5.75	814	883
astato	At	85	(210)	-----	-----	-----
azufre	S	16	32.064	2.07	119	445
bario	Ba	56	137.34	3.5	704	1638
berilio	Be	4	9.0122	1.848	1283	1500
berquellio	Bk	97	(249)	-----	-----	-----
bismuto	Bi	83	208.980	9.80	271	1560
boro	B	5	10.811	2.34	2300	2950
bromo	Br	35	79.904	3.12	-7.3	58.8
cadmio	Cd	48	112.40	8.65	321	767
calcio	Ca	20	40.08	1.55	850	1490
californio	Cf	98	(249)	-----	-----	-----
carbono	C	6	12.01115	2.25	3570	3470
cerio	Ce	58	140.12	6.768	795	3468
cesio	Cs	55	132.905	1.9	28.7	690
circonio	Zr	40	91.22	6.489	1852	4375
cloro	Cl	17	35.453	3.214	-101	-34
cobalto	Co	27	58.9332	8.85	1493	3100
cobre	Cu	29	63.546	8.96	1083	2582
criptón	Kr	36	83.80	3.733	-157	-153
cromo	Cr	24	51.996	7.19	1900	2642
curio	Cm	96	(247)	-----	1340	-----
diseprasio	Dy	66	162.50	8.55	1407	2600
einstenio	En	99	(254)	-----	-----	-----
erbio	Er	68	167.26	9.15	1497	2900

* valores en °C

Nombre	Símbolo	Numero atómico	Peso atómico	Densidad (g/ml)	Punto de fusión*	Punto de ebullición*
escandio	Sc	21	44.956	2.99	1539	2727
estaño	Sn	50	118.69	7.2984	232	2362
estroncio	Sr	38	87.62	2.60	770	1384
europio	Eu	63	151.96	5.245	826	1439
fermio	Fm	100	(253)	-----	-----	-----
flúor	F	9	18.9984	1.81	-218	-188
fosforo	P	15	30.9738	1.83	44	280
francio	Fr	87	(223)	-----	-----	-----
gadolinio	Gd	64	157.25	7.86	1312	3000
galio	Ga	31	69.72	5.907	30	1983
germanio	Ge	32	72.59	5.323	958	2700
hafnio	Hf	72	178.49	13.09	2300	5200
hahnio	Ha ?	105	(260)	-----	-----	-----
helio	He	2	4.0026	0.1785	-272.2	-268.9
hidrogeno	H	1	1.00797	0.08988	-259.2	-252.8
hierro	Fe	26	55.847	7.87	1535	2800
holmio	Ho	67	164.930	8.79	1461	2600
indio	In	49	114.82	7.31	157	2000
iridio	Ir	77	192.2	22.5	2454	4500
itrio	Y	39	88.905	4.472	1509	2927
kurchatovio	Ku ?	104	(261)	-----	-----	-----
lantano	La	57	138.91	6.189	920	3469
laurencio	Lw	103	(257)	-----	-----	-----
litio	Li	3	6.939	0.534	180	1326
lutecio	Lu	71	174.97	9.849	1652	3327
magnesio	Mg	12	24.312	1.74	650	1120
manganeso	Mn	25	54.9380	7.43	1247	2030
mendelevio	Md	101	(256)	-----	-----	-----
mercurio	Hg	80	200.59	13.55	-38.9	356.9
molibdeno	Mo	42	95.94	10.22	2610	4825
neodimio	Nd	60	144.24	7.00	1024	3027
neón	Ne	10	20.183	0.8999	-249	-246
neptunio	Np	93	(237)	20.4	637	-----
niobio	Nb	41	92.906	8.57	2487	4930
níquel	Ni	28	58.71	8.902	1455	2800

* valores en °C

Nombre	Símbolo	Numero atómico	Peso atómico	Densidad (g/ml)	Punto de fusión	Punto de ebullición
nitrogeno	N	7	14.0067	1.250	-210	-196
nobelio	No	102	(253)	-----	-----	-----
oro	Au	79	196.967	19.32	1063	2660
osmio	Os	76	190.2	22.57	2700	4600
oxígeno	O	8	15.9994	1.429	-219	-183
paladio	Pd	46	106.4	12.02	1550	3170
plata	Ag	47	107.868	10.49	961	2193
platino	Pt	78	195.09	21.45	1769	3800
plomo	Pb	82	207.19	11.36	328	1755
plutonio	Pu	94	(242)	19.7	640	3235
polonio	Po	84	(210)	9.24	-----	-----
potasio	K	19	39.102	0.86	63.4	757
praseodimio	Pr	59	140.907	6.769	935	3127
prometio	Pm	61	(147)	-----	1035	2730
protactinio	Pa	91	(231)	15.4	-----	-----
radio	Ra	88	(226)	5.0	700	1500
radón	Rn	86	(222)	9.960	-77	-62
renio	Re	75	186.2	21.04	3150	-----
rodio	Rh	45	102.905	12.44	1960	3900
rubidio	Rb	37	85.47	1.53	38.8	679
rutenio	Ru	44	101.07	12.2	2400	4200
samario	Sm	62	150.35	7.49	1072	1900
selenio	Se	34	78.96	4.79	217	688
silicio	Si	14	28.086	2.33	1414	2355
sodio	Na	11	22.9898	0.9712	97.5	889
talio	Tl	81	204.37	11.85	304	1457
tantalio	Ta	73	180.948	16.6	2997	5425
tecnecio	Tc	43	(99)	11.46	-----	-----
telurio	Te	52	127.60	6.24	450	990
terbio	Tb	65	158.924	8.25	1356	2800
titanio	Ti	22	47.90	4.507	1725	3260
torio	Th	90	232.038	11.66	1750	3500
tulio	Tm	69	168.934	9.31	1545	1727
tungsteno	W	74	183.85	19.3	3380	5900
uranio	U	92	238.03	19.07	1132	3818

* valores en °C

Nombre	Símbolo	Numero atómico	Peso atómico	Densidad (g/ml)	Punto de fusión*	Punto de ebullición*
vanadio	V	23	50.942	6.1	1730	3375
xenón	Xe	54	131.30	5.895	-112	-107
yodo	I	53	126.9044	4.94	114	184
yterbio	Y	39	88.905	4.472	1509	2927
Zinc	Zn	30	65.47	7.133	420	907

* valores en °C

Referencias:

- 1) Donald B. Summers, Chemistry Handbook, 2 ed., Willard Grant Press, U.S.A., 1980.

SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

EL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (S. I.)

Este sistema de unidades conocido con el nombre de Sistema Internacional de Unidades y el cual tiene su abreviación Internacional "S. I.", a empezado a sustituir viejos sistemas en diversas ramas de la ciencia y la tecnología. Como el S. I. de Unidades en ciertos países Europeos a sido reconocido legalmente y a sido adoptado por la I.S.O. y la I.E.C., el Sistema es convenientemente establecido como el reconocido Sistema Metrico.

El S. I. de Unidades fué adoptado por una resolución de la decima " Conferencia General des Poids et Mesures" (C.G.P.M.) en 1954. En 1960 la onceava (C.G.P.M.) formalizo este sistema. Esta resolución a sido apoyada por la organización internacional para la estandarización (I.S.O.) . La información presentada aquí fue tomada de la Stander Britanica B.S. 3763 : 1964.

Tipo de Sistema : El Sistema Internacional (S. I.) es un sistema coherente de unidades, i.e. el cociente o producto de cualesquiera dos cantidades unitarias en el sistema mostrado a la unidad de las cantidades resultantes. En un sistema coherente seleccionado arbitrariamente las magnitudes son llamadas unidades basicas.

Otras unidades son derivadas de ellas con la ayuda de definiciones relacionadas y son llamadas unidades derivadas.

Unidades Basicas : En el S. I. el numero basico de unidades es seis y un simbolo unitario a sido designado para cada una de ellas.

Estas son señaladas y definidos en la primera porción de la tabla primera. El sistema que empleamos en las primeras tres de las unidades en la tabla es sustituido ocasionalmente por el Radian (rad) como la unidad del angulo plano y el Steradian (sr) como la unidad del angulo solido, esto es extensamente usado en mecánica. Entre es el llamado sistema (M.K.S.) Metro-Kilogramo-Segundo. Para electricidad y magnetismo una unidad basica adicional fue considerada necesaria y la seleccionada fue el Ampere.

Este sistema es el llamado M.K.S.A. o sistema Giorgi, este fue adoptado por la International Electrotechnical Commission en 1950.

S. I. de Unidades teniendo nombres especiales : Bajo este titulo en la segunda porción de la tabla primera son dadas algunas unidades que han sido derivadas del S.I. basico de unidades.

La diferencia de temperatura es comunmente expresada en $^{\circ}\text{C}$ en lugar de $^{\circ}\text{K}$, pero la unidad de las escalas Celsius y Kelvin es la misma.

S. I. de unidades teniendo nombres complejos : Otra derivada del S. I. de unidades son dadas en la tabla siguiente.

TABLA 42
SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

Cantidad Física	Nombre de la Unidad	Símbolo de la Unidad	Definición
S. I. de Unidades Básico			
Longitud	metro	m	1,650,763.73 longitudes de onda en el vacío de la radiación correspondiente a la transición entre los niveles de energía 2p ₁₀ y 5d ₅ del Kriptón-atomo 86.
Masa	kilogramo	kg	Masa del prototipo Internacional que está a cargo de la Bureau International des Poids Mesures (BIPM) en Sevres, cerca de París, Francia.
Tiempo	segundo	s	La duración de 9,192,631,770 períodos de la duración correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental del Cesio-atomo 133.
Corriente eléctrica	ampere	A	La corriente constante que, si mantenida en dos conductores paralelos rectilíneos de longitud infinita de ligible sección continua circular, y puesta a una distancia de un metro separadamente en un Vacuómetro debería producir entre estos conductores una fuerza igual a 2×10^{-7} N./m. de longitud.
Temperatura termodinámica	grado kelvin	^o K	La fracción 1/273.16 de la temperatura termodinámica del punto triple del agua.

Cantidad Física	Nombre de la Unidad	Símbolo de la Unidad	Definición
-----------------	---------------------	----------------------	------------

S. I. de Unidades Básico

Intensidad luminosa	candela	cd	Intensidad luminosa en la dirección perpendicular de una superficie $1/600,000 \text{ m}^2$ de un cuerpo negro a la temperatura de congelamiento del Platino, bajo una presión de $101,325 \text{ N./m}^2$.
---------------------	---------	----	--

S. I. de Unidades Teniendo Nombres Especiales

Fuerza	newton	$\text{N} = \text{kg m/s}^2$	Fuerza que, cuando aplicada a un cuerpo teniendo una masa de 1 kg, da una aceleración de un m/s^2 .
Treabajo, Energía, Cantidad de calor	joule	$\text{J} = \text{N m}$	Treabajo hecho cuando el punto de aplicación de una fuerza de un newton es desplazada a través de una distancia de un metro en la dirección de la fuerza.
Potencia	watt	$\text{W} = \text{J/s}$	Un joule por segundo.
Carga eléctrica	coulomb	$\text{C} = \text{A s}$	Cantidad de electricidad transportada en un segundo por una corriente de un ampere.
Potencial eléctrico	volt	$\text{V} = \text{W/A}$	Diferencia de potencial entre dos puntos de un cable conductor transportando una corriente constante de un ampere, cuando la potencia disipada entre estos dos puntos es igual a un watt.
Capacitancia eléctrica	farad	$\text{F} = \text{A s/V}$	Capacitancia entre las placas de un capacitor de las cuales allí da una diferencia de potencial de un volt, cuando estas son cargadas por una cantidad de electricidad igual a un coulomb.

S. I. de Unidades Teniendo Nombres Especiales

Cantidad Física	Nombre de la Unidad	Símbolo de la Unidad	Definición
Resistencia eléctrica	ohm	$\Omega = V/A$	Resistencia entre dos puntos de un conductor, cuando una diferencia de potencial constante, es aplicada entre estos dos puntos, produce en este conductor una corriente de un ampere, este conductor no es a razón de cualquier fuerza electromotriz.
Flujo magnético	weber	$Wb = V \cdot s$	El flujo que, liga un circuito de un giro, produce en este una fuerza electromotriz de un volt, esto es reducido a cero en un radio uniforme en un segundo.
Inductancia	henry	$H = V \cdot s/A$	Inductancia de un circuito cerrado, en la cual una fuerza electromotriz de un volt es producida cuando la corriente eléctrica en el circuito varía uniformemente en la proporción de un ampere por seg.
Flujo luminoso	lumen	$lm = cd \cdot sr$	Flujo emitido dentro de una unidad de ángulo sólido de un nateradian en un punto, origina teniendo una intensidad uniforme una candela.
Iluminación	lux	$lx = lm/m^2$	Iluminación de un lumen por metro cuadrado.

Cantidad Física	S. I. de Unidades	Símbolo de la Unidad
-----------------	-------------------	----------------------

S. I. de Unidades Teniendo Nombres Complejos

Area	metro cuadrado	m^2
Volumen	metro cubico	m^3
Frecuencia	ciclo por segundo	s^{-1}
Densidad (Densidad masa)	kilogramo por metro cubico	kg/m^3
Velocidad	metro por segundo	m/s
Velocidad Angular	radian por segundo	rad/s
Aceleración	metro por segundo cuadrado	m/s^2
Aceleración Angular	radian por segundo cuadrado	rad/s^2
Presión	newton por metro cuadrado	N/m^2
Tensión Superficial	newton por metro	N/m
Viscosidad Dinamica	newton segundo por metro cuadrado	$N \cdot s/m^2$
Viscosidad Cinematica	metro cuadrado por segundo	m^2/s
Coficiente de Difusión	metro cuadrado por segundo	m^2/s
Conductividad Termica	watt por metro grado kelvin	$W/(m \cdot ^\circ K)$
Fuerza del Campo Eléctrico	volt por metro	V/m
Densidad de Flujo Magnetico	weber por metro cuadrado	Wb/m^2
Fuerza del Campo Magnetico	ampere por metro	A/m
Luminancia	candela por metro cuadrado	cd/m^2

Referencias:

- 1) Holbrook L. Horton, Machinery's Mathematical Tables, Jed, Industrial Press Inc, Nueva York, 1969.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA GENERAL

- 1) Adolf Dausler, *Electroquímica y sus Fundamentos Fisicoquímicos*, Tomo I, U.T.H.E.A., México, 1962
- 2) Alexandre J. Maurin, *Manual de Anticorrosion*, Urmo, Bilbao, 1966
- 3) Allen J. Bard, *Electrochemical Methods*, John-Wiley, Nueva York, 1980
- 4) A. Wheaton, *Electrochemical Power Sources*, Co LTD Exeter, Inglaterra, 1980
- 5) B. E. Conway, *Electrochemical Data*, Elsevier Publishing Company, Londres, 1952
- 6) Clark D., *Physical Metallurgy for Engineers*, 2ed, U.S.A., 1962
- 7) Cleveland, *Hand Book of Chemistry and Physics*, Chemical Rubber Co, U.S.A., 1913
- 8) C. L. Mantell, *Electrochemical Engineering*, Mc Graw Hill Co, Nueva York, 1960
- 9) Crelling, *Principles and Applications of Electrochemistry*, John-Wiley, Nueva York, 1943
- 10) C. W. C. Kaye, *Tables of Physical and Chemical Constants and Some Mathematical F.*, 14ed, Long Mans Green, Londres, 1973
- 11) C. W. Davies, *Electrochemistry*, London and Beccles, Gran Bretaña, 1973
- 12) Domingo Ribo, *Manual del Químico y del Industrial*, 3ed, Luigi Gabba, Barcelona, 1907
- 13) D. R. Browning, *Metodos Electroquímicos*, Toray-Masson, Barcelona, 1971
- 14) Duncan A. Mac Innes, *The Principles of Electrochemistry*, Reinhold, Nueva York, 1961
- 15) Dwight E. Gray, *American Institute of Physical Hand Book*, 3ed, Mc Graw Hill Co, Nueva York, 1972
- 16) E. Arnold, *The Corrosion and Oxidation of Metal*, Evans, Londres, 1960
- 17) Enrique Villarreal Dominguez, *Electroquímica*, Tomo I y II, Edicol S.A., México, 1975
- 18) Enrique Villarreal Dominguez, *Elementos de Electroquímica Formativa*, México, 1970
- 19) Enrique Villarreal Dominguez, *pH Teoría y Practica*, U.N.A.M., México, 1967
- 20) E. U. Condon, *Hand Book of Physics*, 2ed, Mc Graw Hill Co, Nueva York, 1967
- 21) Forsyte W. E., *Smithsonian Physical Tables*, 9ed, The Smithsonian Institution, Washinton, 1954

- 22) G. Charlot, Las Reacciones Electroquímicas, Toray-Massón, Barcelona, 1969
- 23) G. Charlot, Química Analítica General, Soluciones Acuosas y no Acuosas, 2ed, Tomo I, Toray-Massón, Barcelona, 1971
- 24) George Wood Vinal, Store Batteries, John-Wiley, Nueva York, 1955
- 25) G. Kortüm, Treatise on Electrochemistry, Elsevier, Amsterdam, 1965
- 26) G. R. Palin, Electrochemistry for Technologists, Electrical Engineer Division, Oxford Pergamon, 1969
- 27) Hamer Walter, The Structure of Electrolytic Solutions, John-Wiley, Nueva York, 1959
- 28) Hempel, The Encyclopedia of Electrochemistry, Reinhold Publishing, Nueva York, 1964
- 29) Haral Schaffer, Chemical Transport Reactions, Academic Press, Nueva York, 1964
- 30) Herbert H. Uhlig, Corrosion and Corrosion Control, John-Wiley, Nueva York, 1971
- 31) Herbert H. Uhlig, The Corrosion Hand Book, 6ed, John-Wiley, Nueva York, 1948
- 32) Herbert S. Harned, Physical Chemistry of Electrolytic Solutions, Reinhold, U.S.A., 1958
- 33) Holbrook L. Horton, Machinery's Mathematical Tables, 3ed, Industrial Press Inc, Nueva York, 1969
- 34) International Critical Tables of Numerical Data Physics, Chemistry and Technology, Mc Graw Hill Co, Nueva York, 1930
- 35) J. A. V. Butler, The Fundamentals of Chemical Thermodynamics, Mc Millan Co, Londres, 1942
- 36) J. O' Bockris, An Introduction To Electrochemical Science, Wykeham, Londres, 1934
- 37) John O' M. Bockris, Modern Electrochemistry, Plenum, Nueva York, 1970
- 38) Jose R. Galvele, Corrosión, Monografía #20, O.E.A., Washinton, 1979
- 39) Journal American Society, Vol. 59, pag. 1677, U.S.A., 1937
- 40) Kir-Ofitmer, Encyclopedia of Chemical Technologi, vol. 8, John-Wiley, Nueva York, 1978
- 41) Lange, Hand Book of Chemistry, 10ed, Mc Graw Hill Co, U.S.A., 1967
- 42) Lefax, Philadelphia, Pa 19132, U.S.A.
- 43) Louis Meites, Hand Book of Analytical Chemistry, Mc Graw Hill Co, U.S.A., 1963

- 44) Luis Blas, Agenda del Químico, 2ed, Madrid Aguilar S.A., Madrid, 1963
- 45) M. Dole Malcon, Principios de Electroquímica Experimental y Teórica, Alhambra, Madrid, 1952
- 46) Marcel Pourbax, Atlas of Electrochemical Equilibrium in Aqueous Solutions, Pergamon Press, Gran Bretaña, 1966
- 47) Marcel Pourbax, P. Delahay, P. V. Rysseberghe, Journal of Chemical Education, U.S.A., pag. 683, Diciembre de 1950
- 48) Milazzo Giulio, Electrochemistry Theoretical Principles and Practical Application, Elsevier Publishing Co, U.S.A., 1963
- 49) Milton J. Allen, Organic Electrode Processes, Reinhold Publishing Co, Nueva York, 1958
- 50) Parsons, Hand Book of Electrochemical Constants, Butterworths, U.S.A., 1959
- 51) Perrin and Dempsey, Buffers for pH and Metal Ion Control, Champan and Hall, Gran Bretaña, 1974
- 52) Physical Chemistry an Advanced Treatise, vol. IX A, Electrochemistry, Academic, Nueva York, 1967
- 53) P. W. Atkins, Physical Chemistry, John P. Simons, San Francisco, 1978
- 54) Reanick, Física, Parte II, 6ed, C.E.C.S.A., México, 1973
- 55) Robert C. Weast, Hand Book of Chemistry Physics, 58ed, C.R.C. press, Nueva York, 1978
- 56) Robert H. Perry, Chemical Engineering Hand Book, 5ed, Mc Graw Hill Co, U.S.A., 1973
- 57) Therald Moeller, Ions in Aqueous Systems, Mc Graw Hill Co, Nueva York, 1972
- 58) Thomas M. Rodgers, Hand Book of Practical Electroplating, Mac Miller, Nueva York, 1959
- 59) Victor Geertner, Electrochimie Practique Principes et Technologie, Eyrolles, Paris, 1955
- 60) W. A. Koehler, Applications de L' Electrochimie, Dunod, Paris, 1950
- 61) W. Kordetzki, Manual para la Medida Practica del pH, 2ed, Manuel Marín, Barcelona, 1956
- 62) Donald B. Summers, Chemistry Hand Book, 2ed, Willard Grant Press, U.S.A., 1980