

Nombre: _____
Cédula de Identidad: _____
Liceo: _____
Departamento: _____

XVII OLIMPIADA NACIONAL DE QUÍMICA - NIVEL 1

Planilla de corrección

1a	1b	1c	1d	1e	2a	2b	2c	2d	2e	3a	3b	3c	3d
3e	3f	4a	4b	4c	4d	4e	5a	5b	5c	Total/100			

QUÍMICA AMBIENTAL

La Química Ambiental se dedica al estudio de los procesos fisicoquímicos que ocurren por la interacción de la tierra, el agua, el aire y los organismos vivos.

Imagínate que te conviertes en un Químico especializado en Medio Ambiente, y como tal deberás resolver problemas relacionados con las fuentes, reacciones, efectos y destinos de las diversas especies químicas existentes en las aguas naturales, en el suelo y en la atmósfera.

PROBLEMA 1: QUÍMICA ACUÁTICA

La rama de la Química Ambiental dedicada a los fenómenos químicos que ocurren en las aguas naturales es la llamada Química Acuática. Los sistemas que estudia incluyen lagos, ríos, mares, océanos e, incluso, los acuíferos subterráneos.

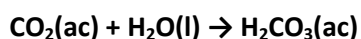
Un aspecto fundamental del estudio de los sistemas acuáticos es el análisis de los gases disueltos. Estos gases regulan la existencia de vida marina. Piensa en el oxígeno, sin el cual los organismos aerobios, como los peces, no podrían sobrevivir.

a) El oxígeno molecular (O_2) disuelto en las aguas naturales es utilizado por los organismos acuáticos para transformar la glucosa ($C_6H_{12}O_6$) en dióxido de carbono gaseoso y agua líquida. Escribe la ecuación igualada que representa a este proceso, indicando estados de agregación.

b) Tomas una muestra de 250 mL de un río. Si la solubilidad del O_2 es 8,32 mg/L, ¿cuántos mg de glucosa (masa molar = 180 g/mol) serán necesarios para consumir todo el O_2 de la muestra?

Masa de glucosa =

c) El CO_2 generado por los organismos acuáticos se disuelve parcialmente en el agua, con una solubilidad de $1,146 \times 10^{-5}$ mol por litro, a 25°C . Dado que es un óxido ácido, reacciona con el agua según:



Es por esto que algunos Químicos representan al CO_2 disuelto como " H_2CO_3 ". Demuestra que esto es incorrecto, calculando qué porcentaje del CO_2 disuelto se habrá convertido en H_2CO_3 . Considera que en la solución saturada de CO_2 la concentración de H_2CO_3 es $1,420 \times 10^{-6}$ g/L.

Porcentaje de CO_2 convertido =

d) El ácido carbónico generado es capaz de neutralizar el carbonato de calcio subterráneo, disolviéndolo y contribuyendo a la formación de las cuevas que contienen piedra caliza, de acuerdo con:



Deseas reproducir esta reacción en el laboratorio, donde su rendimiento es 93 %. Si partes de 8 g de piedra caliza (CaCO_3 85 % puro) y 80 mL de H_2CO_3 0,01 mol/L, el volumen final resulta 83 mL. ¿Cuál será la concentración molar final de HCO_3^- ?

$[\text{HCO}_3^-] =$

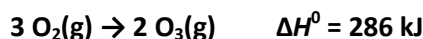
e) Cerca de los polos, donde la temperatura puede llegar a decenas de grados bajo cero, el agua se congela. Gracias a que el hielo es menos denso que el agua, flota, y aísla térmicamente al agua que queda por debajo. Esto evita que los ríos, lagos y mares polares se congelen totalmente, preservando la vida marina. Para demostrar que es menos denso decides determinar la densidad del hielo. Tomas un cubo de hielo de 8 mL de volumen y lo colocas en un recipiente rígido y cerrado. Fundes todo el hielo a 70 °C, obteniendo 5,48 mL de agua líquida ($d = 0,978 \text{ g/mL}$) y 0,1102 mol de agua gaseosa. ¿Cuál es la densidad del hielo?

densidad del hielo =

PROBLEMA 2: QUÍMICA ATMOSFÉRICA

La atmósfera es la capa protectora que nutre la vida en la tierra, protegiéndola del ambiente hostil del espacio exterior. Los procesos químicos que se dan a nivel atmosférico permiten que existan especies químicas que contienen H, N, C y O, elementos que todos los seres vivos necesitamos para subsistir. Indudablemente, el oxígeno juega un rol esencial en la química atmosférica. De hecho, es quien da lugar al ozono, el agente protector más importante contra las intensas y dañinas radiaciones solares.

a) La atmósfera, cuyo volumen estimado es de $4,24 \times 10^{22}$ L, posee una concentración de O_2 de 0,3 g/L. Estas moléculas de O_2 absorben energía solar y se transforman en O_3 , según:



El nivel de ozono atmosférico es idealmente constante, ya que además de generarse a partir de O_2 , se descompone en la atmósfera. Se estima que en la atmósfera hay en total $4,28 \times 10^{13}$ g de ozono. Marca cuál de las siguientes opciones es correcta en cada caso.

En la atmósfera, el número total de átomos de oxígeno que forman parte de las moléculas de O_2 es:

$1,61 \times 10^{36}$

$4,79 \times 10^{44}$

$2,39 \times 10^{44}$

$5,37 \times 10^{35}$

En la atmósfera, el número total de átomos de oxígeno que forman parte de las moléculas de O_3 es:

$1,61 \times 10^{36}$

$4,79 \times 10^{44}$

$5,37 \times 10^{35}$

$2,67 \times 10^{12}$

Si todo el O_3 atmosférico se transformara en O_2 , el calor liberado a presión constante sería:

-143 kJ

-286 kJ

$-2,54 \times 10^{14} \text{ kJ}$

$-1,27 \times 10^{14} \text{ kJ}$

b) Debido a la acción de hombre, la atmósfera se ha ido contaminando con el pasar del tiempo. Es así que hoy en varias ciudades del mundo, como Londres, puede observarse un cielo grisáceo debido al "smog". Una parte del smog se genera por la quema de combustibles conteniendo pirita (FeS_2), según:

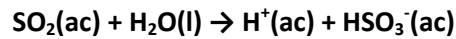


El óxido de hierro generado se suspende en el aire, reflejando la luz solar y oscureciendo el cielo. Sabiendo que el "óxido de hierro" (masa molar = 231,55 g/mol) posee una composición de 72,4 % de Fe y 27,6 % de O, determina la composición del mismo. Luego, iguala la reacción anterior.

Fórmula del "óxido de hierro":

Reacción igualada:

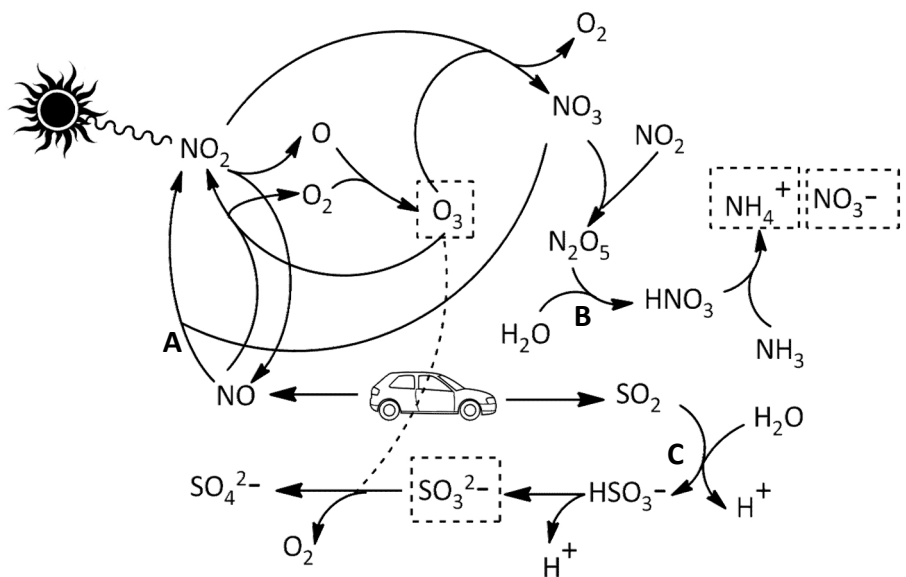
c) El SO_2 generado por la reacción anterior es un contaminante gaseoso que asciende a la atmósfera, se disuelve en el agua de la atmósfera y reacciona completamente donando H^+ a la solución:



Esto provoca lo que conocemos como "lluvia ácida". Sabiendo que la concentración de HSO_3^- al final de la reacción es $4,1 \times 10^{-5} \text{ M}$, calcula el pH de la lluvia ácida y verifica que es menor que el de la lluvia normal (pH = 5,6).

pH de la lluvia ácida:

Un tipo de smog bastante frecuente es el "smog fotoquímico", que se puede observar en ciudades como Los Ángeles o México. Como te muestra la figura, es llamado así porque los rayos solares dan lugar a una serie de reacciones que producen especies tóxicas, como O , NO_2 ó SO_3^{2-} , que envenenan a la atmósfera.



d) Los siguientes procesos, indicados en el esquema anterior, están relacionados con el "smog fotoquímico". Escribe la ecuación igualada de cada uno de ellos. El proceso C se muestra como ejemplo.

Proceso A:

Proceso B:

Proceso C: $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{HSO}_3^-$

e) Formula y nombra los siguientes contaminantes.

Nombre	Fórmula
	N_2O_5
	HNO_3
óxido de nitrógeno(II)	
óxido de azufre(IV)	

PROBLEMA 3: GEOQUÍMICA

La Geoquímica es la especialidad de la Química Ambiental que estudia la abundancia, distribución y migración de los elementos entre las diferentes partes que conforman la Tierra. Utiliza como datos principales las transformaciones de los minerales componentes de la corteza terrestre, con el propósito de establecer leyes o principios en las cuales se basa tal distribución. Los elementos químicos más abundantes en la corteza terrestre son el O (46,6 %), el Si (27,7 %), el Al (8,1 %), el Fe (5,0 %), el Ca (3,6 %), el Na (2,8 %), el K (2,6 %) y el Mg (2,1 %). Todos ellos se hallan formando parte de diversos minerales, los que tienen gran importancia no sólo por ser un recurso natural de gran jerarquía para la economía de un país, sino porque además contienen muchos de los elementos que resultan esenciales para la vida.

a) Para los siguientes minerales, indica nombre, fórmula, tipo de sólido (iónico, metálico, covalente) e iones que los componen. La primera fila ya está resuelta como ejemplo.

Mineral	Nombre	Fórmula	Tipo de sólido	Catión	Anión
Halita	Cloruro de sodio	NaCl	Iónico	Na ⁺	Cl ⁻
Corindón	Óxido de aluminio(III)		Iónico		
Hematita				Fe ³⁺	O ²⁻
Azufre		S			
Fluorita		CaF ₂	Iónico		F ⁻
Cobre		Cu			
Cuarzo					

b) Los siguientes minerales se disuelven lentamente en las aguas naturales. Escribe para cada caso la ecuación igualada que representa su disociación en agua.

Thenardita (Na₂SO₄):

Farringtonita (Mg₃(PO₄)₂):

c) La Periclasa y la Bixbyíta son minerales constituidos por óxidos básicos, los que reaccionan con las aguas naturales. Escribe para cada mineral la ecuación igualada de su reacción con el agua.

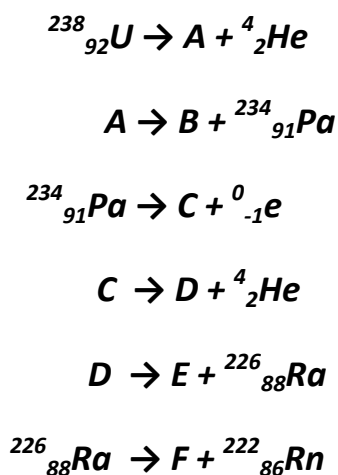
Periclasa (MgO):

Bixbyíta (Mn₂O₃):

d) Algunos minerales de la corteza terrestre han sido intensamente estudiados, porque poseen cantidades pequeñas de elementos radiactivos. Muchos de estos elementos son extraídos para diferentes propósitos, desde el marcado radiactivo de biomoléculas, hasta su uso como combustibles para los reactores nucleares. Completa el siguiente cuadro de especies radiactivas presentes en los suelos.

<i>símbolo</i>	$^{22}_{11}\text{Na}^+$			
<i>número de protones</i>			29	6
<i>número de electrones</i>		18	27	
<i>número de neutrones</i>		22	30	8
<i>carga</i>		-1		0

e) El elemento radiactivo más importante presente en la corteza terrestre es, sin dudas, el uranio. El uranio natural está formado por tres isótopos, aunque el más abundante es el uranio-238 (^{238}U). Este isótopo decae radiactivamente generando ^{222}Rn , que por ser un gas noble se libera a la atmósfera contaminando el aire. Los meteorólogos han usado este fenómeno a su favor, ya que pueden seguir el desplazamiento de grandes masas de aire a través de la medida de la actividad radiactiva del radón-222. Completa la siguiente secuencia radiactiva natural, que transforma el ^{238}U de los suelos en ^{222}Rn .



	Especie
A	
B	
C	
D	
E	
F	

f) De los isótopos del uranio, sólo el ^{235}U es usado como combustible nuclear. Se creía que su concentración era la misma en todo el planeta, hasta que en 1972 unos científicos franceses detectaron que en la mina de Oklo, en África, la concentración de este isótopo era menor. Luego de varios años de investigación se conoció la respuesta: Oklo es el primer reactor nuclear no creado por el hombre. Un reactor natural cuyas reacciones de fisión han liberado energía por más de 1800 millones de años. Completa las siguientes ecuaciones correspondientes a algunos de estos procesos de fisión nuclear.



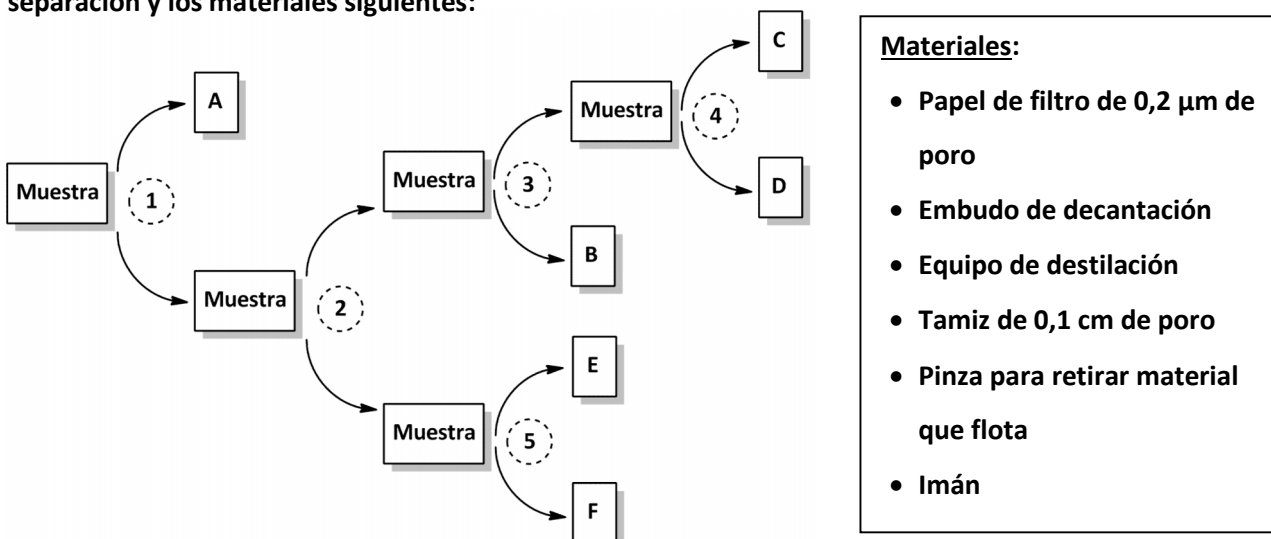
PROBLEMA 4: QUÍMICA ANALÍTICA AMBIENTAL

Como experto en Medio Ambiente eres contratado por una empresa química para evaluar el impacto de la misma en un lago donde se vierten los efluentes de producción. Tomas una muestra del lago y te dispones a realizarle una serie de análisis para determinar su naturaleza y sus parámetros de calidad.

a) Llevas la muestra al laboratorio y observas que, además de agua, posee varios componentes relacionados con el medio del que se extrajo: arena y arcilla del suelo, corteza de los árboles que rodean el lago, partículas de hierro de las tuberías por donde se desechan los efluentes, y etanol, uno de los contaminantes vertidos. Logras recabar los siguientes datos:

Componente	Densidad (g/mL)	Tamaño de grano (cm)	Punto de ebullición (°C)
Arcilla	2,00	menor a 0,002	---
Arena	2,32	0,25	---
Corteza de árbol	0,70	mayor a 2,0	---
Agua	1,00	----	100
Partículas de hierro	7,60	0,30	---
Etanol	0,78	----	78,4

Utilizando esta información procedes a separar cada componente de la muestra. Utilizas el esquema de separación y los materiales siguientes:



Completa los siguientes cuadros, indicando cuáles son los componentes separados y qué método de separación de fases o fraccionamiento se utilizó en cada etapa.

	Componente
A	
B	
C	
D	
E	
F	

	Método de separación o fraccionamiento
1	
2	
3	
4	Imantación
5	

b) Una parte importante del análisis químico ambiental es la identificación del tipo de vegetación que compone el ecosistema en estudio. Esto puede realizarse de forma aproximada mediante el porcentaje de carbono de la corteza, la cual es diferente para cada tipo de árbol: tropical (42-45 %), subtropical (45-50 %) y boreal (50-61 %). Tomas la corteza que separaste, la secas y pesas 10 g. La quemas completamente, obteniendo sólo tres productos: agua, N_2 y CO_2 . Si obtienes 0,442 mol de CO_2 , ¿qué porcentaje de carbono posee la corteza? ¿Qué tipo de árboles rodean al lago: tropical, subtropical o boreal?

% C =

Tipo de árbol =

c) Deseas identificar a la arcilla que separaste de la muestra. En base a criterios físicos y químicos reduces tu lista de posibilidades a Nepouita ($Ni_3Si_2O_5(OH)_4$) ó Cariopilita ($Mn_3Si_2O_5(OH)_4$). Tomas 5 g de arcilla seca y le determinas el porcentaje de oxígeno. Si el resultado es 37,9 %, ¿cuál es la arcilla?

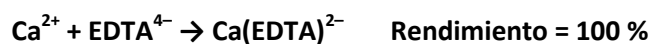
Tipo de arcilla =

Procedes a analizar el agua del lago que lograste separar de la muestra. Le harás varios análisis para saber si se encuentra dentro del rango apto para consumo humano.

d) Un parámetro importante a controlar del agua es su dureza, es decir, el nivel de sales minerales que contiene, principalmente sales de calcio. Existen distintos tipos de agua dura, y se clasifican de acuerdo con su concentración de Ca^{2+} , expresada como mg por litro de $CaCO_3$:

Tipo de agua	[CaCO ₃] en mg/L
Agua blanda	menor a 17
Agua levemente dura	17 - 60
Agua moderadamente dura	60 - 120
Agua dura	120 - 180
Agua muy dura	mayor a 180

Para estimar la dureza del agua del lago, haces una toma de 5,00 mL y la haces reaccionar completamente con una solución $1,0 \times 10^{-3}$ mol/L de EDTA, según la siguiente ecuación:



Si necesitaste 7,50 mL de la solución de EDTA, ¿qué tipo de agua se extrajo del lago?

Tipo de agua =

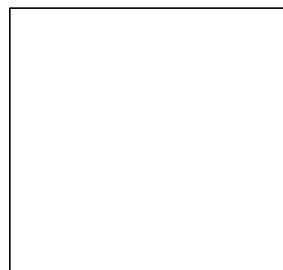
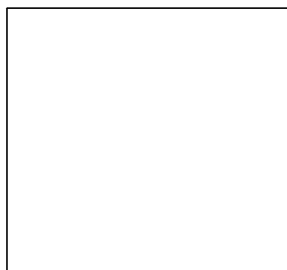
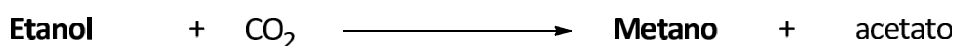
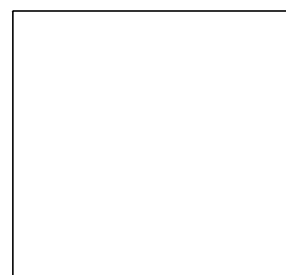
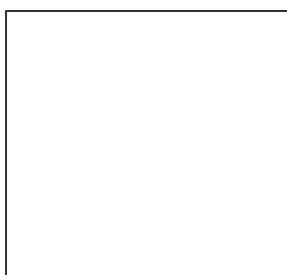
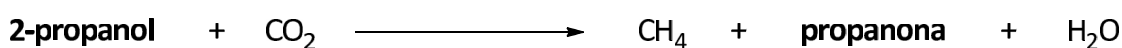
e) La titulación anterior se debe realizar a pH = 12, para que no interfiera el ion Mg^{2+} . Para esto ajustaste el pH con una solución de NaOH 1,22 mol/L, cuya densidad es 1,050 g/mL. ¿Qué concentración en %(m/m) tiene esta solución de NaOH?

Concentración en %(m/m) =

PROBLEMA 5: QUÍMICA ORGÁNICA AMBIENTAL

Los contaminantes orgánicos se pierden en la atmósfera mediante numerosas rutas. Algunas incluyen disolución en la precipitación (lluvia ácida), deposición seca, reacciones fotoquímicas, etc. La contribución de compuestos orgánicos en la atmósfera proviene mayoritariamente de fuentes naturales; sólo 1/7 del total de los hidrocarburos presentes en la atmósfera provienen de actividades humanas. Esta relación es resultado, fundamentalmente, de las grandes cantidades de metano producido por las bacterias anaerobias en la descomposición de la materia orgánica.

a) Algunas de las reacciones que involucran a las bacterias anaerobias se muestran a continuación. Formula, según las reglas IUPAC, los compuestos indicados en la figura.

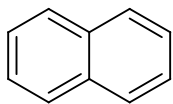


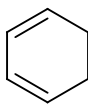
El petróleo suele ser uno de los problemas más importantes en cuanto a contaminación, sobre todo acuática, ya que muchas de las reservas de petróleo se encuentran en plataformas marítimas. El petróleo es una mezcla homogénea de compuestos orgánicos de origen fósil, compuesta fundamentalmente por hidrocarburos insolubles en agua. El producto mayoritario del petróleo es la gasolina, siendo sus componentes los principales contaminantes hidrocarbonados presentes en la atmósfera.

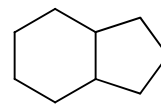
La combustión de la gasolina en los vehículos muchas veces suele ser incompleta, lo que provoca residuos hidrocarbonados como alcanos, alquenos y compuestos aromáticos. El conjunto de estos compuestos es lo que provoca lo que conocemos como polución.

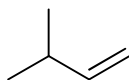
Tu laboratorio recibe los resultados de estudios de contaminantes en el aire de una de las esquinas de la ciudad de Montevideo. Los analistas llegan a las estructuras de seis compuestos pero no logran identificar a cada uno de ellos como alcano, alqueno o aromático.

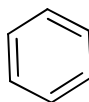
b) Identifica a cada uno de los siguientes compuestos como alcano, alqueno o aromático.

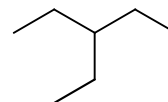






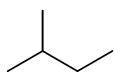




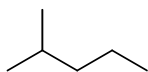


La fracción más volátil del petróleo se conoce como éter de petróleo, siendo la composición del mismo una mezcla inflamable de varios hidrocarburos. La misma se utiliza diariamente como disolvente en los laboratorios de síntesis orgánica y en industrias farmacéuticas para la fabricación de fármacos. En dichas industrias es fundamental la completa eliminación del mismo en el producto final (fármaco terminado), debido a que es tóxico.

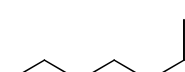
Te llega una muestra de un fármaco terminado, cuya fabricación incluye éter de petróleo como disolvente. Luego de los distintos análisis encuentras que la muestra contiene los siguientes compuestos:



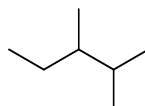
I



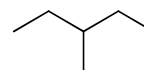
II



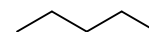
III



IV



V



VI

c) Indica cuál de ellos son isómeros entre sí y de qué tipo de isomería se trata (cadena, posición o función).

Constante de los gases ideales: $R = 0,082 \text{ L atm}/(\text{mol K}) = 8,31 \text{ J}/(\text{mol K}) = 2 \times 10^{-3} \text{ kcal}/(\text{mol K})$

Constante de Planck: $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$

Velocidad de la luz: $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

Constante de Avogadro: $N = 6,023 \times 10^{23} \text{ partículas/mol}$

Constante de Faraday: $F = 96500 \text{ C/mol}$

$1 \text{ \AA} = 1 \times 10^{-10} \text{ m} = 1 \times 10^{-8} \text{ cm}$

$1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$

$1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ mL}$

$V_{\text{cubo}} = \text{arista}^3$

1 H 1.008																	2 He 4.003
3 Li 6.94	4 Be 9.01											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18
11 Na 22.99	12 Mg 24.30	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.64	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.96	43 Tc -	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.29
55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57-71	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po -	85 At -	86 Rn -
87 Fr -	88 Ra -	89-103	104 Rf -	105 Db -	106 Sg -	107 Bh -	108 Hs -	109 Mt -	110 Ds -	111 Rg -							

57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm -	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.05	71 Lu 174.97
89 Ac -	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np -	94 Pu -	95 Am -	96 Cm -	97 Bk -	98 Cf -	99 Es -	100 Fm -	101 Md -	102 No -	103 Lr -