

INSTRUCCIONES GENERALES Y CALIFICACIÓN

Después de leer atentamente el examen, responda **4 preguntas** de la siguiente forma:

- Responda a la pregunta 1 (sin optatividad).
- Responda a una pregunta a elegir entre las preguntas: 2A y 2B.
- Responda a una pregunta a elegir entre las preguntas: 3A y 3B.
- Responda a una pregunta a elegir entre las preguntas: 4A y 4B.

TIEMPO Y CALIFICACIÓN: 90 minutos. Cada pregunta tiene una calificación máxima de 2,5 puntos

1) El but-2-eno es un compuesto orgánico que puede participar en distintos procesos industriales. Cuando reacciona con ácido bromhídrico, se obtiene un producto orgánico P, que en presencia de una base fuerte y alcohol (KOH/etanol), puede transformarse de nuevo en but-2-eno (como producto mayoritario) y un isómero de posición (como producto minoritario).

- a) (1 punto) Escriba las reacciones descritas en el enunciado utilizando la fórmula semidesarrollada para todas las especies orgánicas, nombre todos los posibles productos orgánicos e indique, en cada caso, el tipo de reacción. Para la última de las reacciones descritas, identifique la regla que sigue.
- b) (0,5 puntos) Razone si but-2-eno presenta isomería geométrica. En caso afirmativo, dibuje y nombre correctamente los isómeros.
- c) (1 punto) En la siguiente Tabla se muestran datos de velocidad de 3 experimentos cinéticos para la reacción de but-2-eno con ácido bromhídrico, con distintas concentraciones iniciales, y realizados a la misma temperatura.

Tabla. Velocidades iniciales para la reacción de but-2-eno con ácido bromhídrico.

Experimento	[HBr] _i (M)	[but-2-eno] _i (M)	Velocidad inicial (M·s ⁻¹)
1	0,10	0,20	0,010
2	0,10	0,40	0,020
3	0,20	0,20	0,020

A partir de los datos de la Tabla, determine los órdenes parciales, el orden total, la ley de velocidad y el valor de la constante de velocidad de la reacción.

2A) Los elementos X, Y y Z pertenecen al tercer periodo, y se sabe que X es un metal alcalino, Y se encuentra en la naturaleza como un gas diatómico y Z es un gas noble.

- a) (1 punto) Identifique los elementos X, Y y Z (símbolo y grupo) y escriba sus configuraciones electrónicas.
- b) (0,5 puntos) Explique de forma razonada el tipo de enlace que se forma entre X e Y, y escriba la fórmula del compuesto que resulta.
- c) (1 punto) Represente el ciclo de Born-Haber para la formación del compuesto XY (sólido) a partir de los elementos en su estado natural, detallando los nombres de las magnitudes energéticas implicadas en cada una de las etapas.

2B) Responda razonadamente:

- a) (1 punto) Para las siguientes moléculas: CS₂, NH₃ y SO₂, dibuje su estructura de Lewis, determine su geometría molecular utilizando la teoría de repulsión de pares de electrones de la capa de valencia (TRPECV) e indique la hibridación del átomo central.
- b) (0,5 puntos) Indique las fuerzas intermoleculares presentes y la polaridad de cada una de las moléculas del apartado anterior.
- c) (0,5 puntos) Razone por qué el metano es apolar mientras que el clorometano es polar, aun teniendo ambos la misma geometría molecular.
- d) (0,5 puntos) Escriba las ecuaciones químicas ajustadas que representan los siguientes procesos:
 - i) El NH₃ actúa como base de Brønsted-Lowry al reaccionar con agua.
 - ii) El SO₂ se oxida en presencia de oxígeno.

3A) Responda a las siguientes cuestiones:

- a) (1 punto) Nombre o formule, según corresponda, los siguientes compuestos:
- i) $\text{CH}_3\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-CH}(\text{CH}_2\text{CH}_3)\text{-CH}_2\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-CH}_2\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-CH}(\text{CH}_2\text{CH}_3)\text{-CH}_2\text{-CH}_3$
 - ii) $\text{CH}_2=\text{CH-CH=CH-CH}_2\text{-CH}_2\text{OH}$
 - iii) But-3-enoato de metilo
 - iv) N-etiletanamida
- b) (1 punto) Nombre y escriba las fórmulas semidesarrolladas de dos compuestos no cíclicos con fórmula molecular $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ que correspondan a:
- i) un ácido carboxílico.
 - ii) un éster.
- c) (0,5 puntos) Formule y nombre dos isómeros de posición de fórmula molecular $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$.

3B) El ácido crotonico polimeriza para producir materiales termoplásticos y adhesivos. Su fórmula semidesarrollada es $\text{CH}_3\text{-CH=CH-COOH}$.

- a) (1 punto) Nombre el compuesto con la nomenclatura sistemática IUPAC, y formule y nombre sus posibles isómeros geométricos, si los hubiera.
- b) (1 punto) Utilizando el ácido del enunciado como reactivo, escriba las siguientes reacciones ajustadas, y nombre los productos:
- i) La neutralización con hidróxido de sodio.
 - ii) La esterificación con etanol en medio ácido.
- c) (0,5 puntos) Se dispone de 25 mL de una disolución 0,10 M de ácido crotonico y se valora con NaOH 0,10 M a 25 °C. Indique de qué tipo es la reacción y calcule el volumen de NaOH, en mL, necesario para llegar al punto de equivalencia.

4A) El hidróxido de magnesio es una base poco soluble en agua que se utiliza en procesos de neutralización y tratamiento de aguas residuales.

- a) (0,5 puntos) Formule el equilibrio de solubilidad del hidróxido de magnesio en agua, detallando el estado de agregación de cada especie. Escriba la expresión de su constante del producto de solubilidad en función de las concentraciones de sus iones.
- b) (1 punto) Calcule la solubilidad molar de una disolución saturada de hidróxido de magnesio y su pH a 25 °C.
- c) (1 punto) Se mezclan 25,0 mL de la disolución saturada de hidróxido de magnesio del apartado b) con 25,0 mL de HCl 0,100 M. Calcule el pH de esta mezcla. Considere volúmenes aditivos.

Dato. A 25 °C, $K_s(\text{hidróxido de magnesio}) = 1,50 \times 10^{-11}$.

4B) En un reactor de 2,00 L a 298 K se introduce una mezcla de 0,1000 mol de NO (g) y 0,0500 mol de O_2 (g) que reacciona formando NO_2 (g).

- a) (0,5 puntos) Escriba la ecuación ajustada de la reacción que tiene lugar entre NO (g) y O_2 (g) y justifique qué especie se oxida y cuál se reduce. Indique el agente oxidante y el reductor.
- b) (1 punto) Calcule los moles de NO_2 formados tras completarse la reacción redox del apartado a) y compruebe si queda reactivo en exceso.
- c) (1 punto) Una vez formado, el dióxido de nitrógeno establece el equilibrio de dimerización: $2 \text{NO}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4 (\text{g})$. Sabiendo que con los moles de NO_2 obtenidos en el apartado b) se forman $2,000 \times 10^{-3}$ mol de N_2O_4 en el equilibrio, determine los valores de las presiones parciales de NO_2 , N_2O_4 y la presión total en el equilibrio.

Dato. $R = 0,0820 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

QUÍMICA
CRITERIOS ESPECÍFICOS DE CORRECCIÓN Y CALIFICACIÓN

Se tendrá en cuenta en la calificación de la prueba:

- Claridad de comprensión y exposición de conceptos.
- Uso correcto de formulación, nomenclatura y lenguaje químico.
- Capacidad de análisis y relación.
- Desarrollo de la resolución de forma coherente y uso correcto de unidades.
- Aplicación y exposición correcta de conceptos en el planteamiento de las preguntas.

Distribución de puntuaciones máximas:

El alumno deberá responder 4 preguntas de la siguiente forma:

- Pregunta 1 (sin optatividad).
- Una pregunta a elegir entre las preguntas 2A y 2B.
- Una pregunta a elegir entre las preguntas 3A y 3B.
- Una pregunta a elegir entre las preguntas 4A y 4B.

La puntuación máxima de cada pregunta es de 2,5 puntos, distribuidos en los correspondientes apartados de la siguiente forma:

PUNTUACIÓN MÁXIMA (puntos)				
PREGUNTA	APARTADO			
	a)	b)	c)	d)
1	1	0,5	1	
2A	1	0,5	1	
2B	1	0,5	0,5	0,5
3A	1	1	0,5	
3B	1	1	0,5	
4A	0,5	1	1	
4B	0,5	1	1	

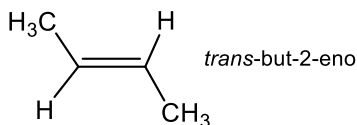
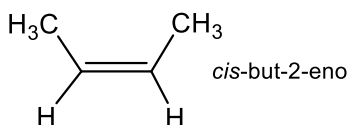
QUÍMICA SOLUCIONES

(Documento de trabajo orientativo)

1) Puntuación máxima: a) 1 punto; b) 0,5 puntos; c) 1 punto.

- a) $\text{CH}_3\text{-CH=CH-CH}_3 + \text{HBr} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CHBr-CH}_2\text{-CH}_3$ (P, 2-bromobutano). Adición
 $\text{CH}_3\text{-CHBr-CH}_2\text{-CH}_3 + \text{KOH/etanol} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH=CH-CH}_3$ (but-2-eno, mayoritario) + $\text{CH}_2\text{=CH-CH}_2\text{-CH}_3$ (but-1-eno, minoritario) + $\text{KBr} + \text{H}_2\text{O}$. Eliminación. Regla de Saytzeff.

- b) El but-2-eno presenta isomería geométrica *cis-trans* ya que tiene sustituyentes distintos en cada uno de los dos carbonos unidos por el doble enlace.



- c) Ley de velocidad: $v = k \cdot [\text{HBr}]^m \cdot [\text{but-2-eno}]^n$.

El orden parcial de reacción m se determina comparando ensayos donde $[\text{but-2-eno}]$ no varíe:

experimento 1: $0,010 = k \cdot [0,10]^m \cdot [0,20]^n$ y experimento 3: $0,020 = k \cdot [0,20]^m \cdot [0,20]^n$. Dividiendo las dos expresiones: $0,50 = (0,10 / 0,20)^m$; $0,50^1 = 0,50^m$; luego $m = 1$.

El orden parcial de reacción n se determina comparando ensayos donde $[\text{HBr}]$ no varíe:

experimento 1: $0,010 = k \cdot [0,10]^m \cdot [0,20]^n$ y experimento 2: $0,020 = k \cdot [0,10]^m \cdot [0,40]^n$. Dividiendo las dos expresiones: $0,50 = (0,20 / 0,40)^n$; $0,50^1 = 0,50^n$; luego $n = 1$.

Por lo tanto, la reacción es: de primer orden respecto a HBr y de primer orden respecto a but-2-eno.

También válido: al duplicar la concentración de HBr (con $[\text{but-2-eno}]$ constante) se duplica la velocidad, por lo que la reacción es de primer orden respecto a HBr . Al duplicar la concentración de but-2-eno (con $[\text{HBr}]$ constante) se duplica la velocidad, por lo que la reacción es de primer orden respecto a but-2-eno.

El orden total es 2 y la ley de velocidad es: $v = k \cdot [\text{HBr}] \cdot [\text{but-2-eno}]$.

Utilizando los datos del experimento 1, por ejemplo, se calcula la constante de velocidad:

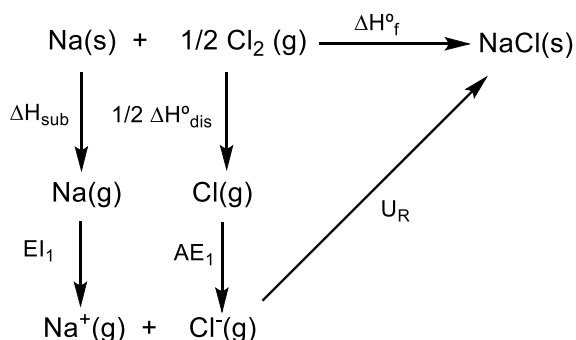
$k = v / ([\text{HBr}] \cdot [\text{but-2-eno}]) = 0,010 / (0,10 \times 0,20) = 0,50 \text{ mol}^{-1} \cdot \text{L} \cdot \text{s}^{-1}$. (Válido si lo calculan con los datos de otro experimento).

2A) Puntuación máxima: a) 1 punto; b) 0,5 puntos; c) 1 punto.

- a) X: Na, grupo 1, $[\text{Ne}]3s^1$ o $1s^22s^22p^63s^1$. Y: Cl, grupo 17, $[\text{Ne}]3s^23p^5$ o $1s^22s^22p^63s^23p^5$. Z: Ar, grupo 18, $[\text{Ne}]3s^23p^6$ o $1s^22s^22p^63s^23p^6$.

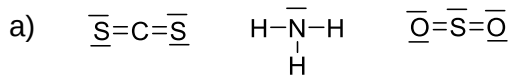
- b) Se forma un enlace iónico debido a la diferencia de electronegatividad entre los elementos, un metal (Na) y un no metal (Cl). El Na cede un electrón (Na^+) y el Cl lo capta (Cl^-) para ambos alcanzar la configuración del gas noble más cercano. El compuesto que se forma es NaCl .

- c)



ΔH_f° : entalpía de formación estándar del NaCl(s) ; ΔH_{sub} : entalpía de sublimación de Na(s) ; $\Delta H_{\text{dis}}^\circ$: entalpía de disociación de $\text{Cl}_2(\text{g})$; E_{I1} : primera energía de ionización de Na(g) ; AE_1 : primera afinidad electrónica del Cl(g) ; U_R : energía de red o reticular del NaCl(s) .

2B) Puntuación máxima: a) 1 punto; b) 0,5 puntos; c) 0,5 puntos; d) 0,5 puntos.



(Para la molécula de SO_2 también válida si dibujan alguna de sus formas resonantes. Ejemplo:



CS₂: geometría lineal, C: hibridación sp; NH₃: geometría piramidal trigonal, N: hibridación sp³; SO₂: geometría angular, S: hibridación sp².

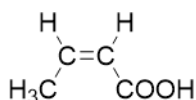
- b) CS₂: fuerzas de dispersión (o London), molécula apolar. NH₃: enlaces de hidrógeno, fuerzas dipolo-dipolo y fuerzas de dispersión (o London), molécula polar. SO₂: fuerzas dipolo-dipolo y fuerzas de dispersión (o London), molécula polar.
- c) El metano (CH₄) es apolar porque sus cuatro enlaces C-H son iguales y están distribuidos simétricamente en una geometría tetraédrica, de modo que los momentos dipolares de los enlaces se cancelan. En el clorometano (CH₃Cl), aunque la geometría también es tetraédrica, está algo distorsionada porque uno de los enlaces es C-Cl, mucho más polar que los C-H, lo que rompe la simetría y deja un dipolo neto hacia el cloro, haciendo que la molécula sea polar.
- d) i) Base de Brønsted-Lowry: $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$. ii) Oxidación del SO₂: $2 \text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{SO}_3$.

3A) Puntuación máxima: a) 1 punto; b) 1 punto; c) 0,5 puntos.

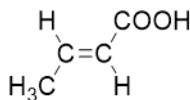
- a) *i)* 3,8-dietil-2,5,7-trimetildecano. *ii)* Hexa-3,5-dien-1-ol. *iii)* $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{COO}-\text{CH}_3$.
iv) $\text{CH}_3-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$.
- b) *i)* Válido uno cualquiera de estos dos: $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$ (ácido butanoico) o $(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{COOH}$ (ácido 2-metilpropanoico o isobutírico).
ii) Válido uno cualquiera de los siguientes: $\text{CH}_3-\text{COO}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ (etanoato de etilo o acetato de etilo); $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{COO}-\text{CH}_3$ (propanoato de metilo); $\text{HCOO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ (metanoato de propilo o formiato de propilo); $\text{HCOO}-\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ (metanoato de isopropilo o formiato de isopropilo o metanoato de propan-2-ilo).
- c) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ propan-1-ol; $\text{CH}_3-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_3$ propan-2-ol.

3B) Puntuación máxima: a) 1 punto; b) 1 punto; c) 0,5 puntos.

- a) ácido but-2-enoico.



ácido *cis*-but-2-enoico



ácido *trans*-but-2-enoico

- b) i) $\text{CH}_3\text{-CH=CH-COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH=CH-COONa}$ (but-2-enoato de sodio) + H_2O .
 ii) $\text{CH}_3\text{-CH=CH-COOH} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH=CH-COOCH}_2\text{-CH}_3$ (but-2-enoato de etilo o etil but-2-enoato) + H_2O .
 c) Se trata de una reacción de neutralización (válido ácido-base), luego: $n_{\text{ácido}} = n_{\text{base}}$; $M_{\text{a}} \cdot V_{\text{a}} = M_{\text{b}} \cdot V_{\text{b}}$; $V_{\text{b}} = M_{\text{a}} \cdot V_{\text{a}} / M_{\text{b}} = 0,10 \times 25 / 0,10 = 25 \text{ mL}$.

4A) Puntuación máxima: a) 0,5 puntos; b) 1 punto; c) 1 punto.

- a) $\text{Mg}(\text{OH})_2 (\text{s}) \rightleftharpoons \text{Mg}^{2+} (\text{ac}) + 2 \text{OH}^{-}(\text{ac}); K_s = [\text{Mg}^{2+}] \cdot [\text{OH}^{-}]^2$
 b) $\text{Mg}(\text{OH})_2 (\text{s}) \rightleftharpoons \underset{\text{s}}{\text{Mg}^{2+}} (\text{ac}) + \underset{2\text{s}}{2 \text{OH}^{-}} (\text{ac})$

$$K_s = [\text{Mg}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2 = s \cdot (2s)^2 = 4s^3 = 1,50 \times 10^{-11}; s = 1,55 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}; [\text{OH}^-] = 2s = 3,10 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1};$$

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = 3,51; \text{pH} = 14,0 - 3,51 = 10,5.$$

- c) $[\text{OH}^-] = 3,10 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $n(\text{OH}^-) = 3,10 \times 10^{-4} \times 0,0250 = 7,75 \times 10^{-6} \text{ mol}$; $n(\text{H}_3\text{O}^+) = 0,100 \times 0,0250 = 2,50 \times 10^{-3} \text{ mol}$. Reaccionan todos los OH^- y sobra ácido, $n(\text{H}_3\text{O}^+) = 2,50 \times 10^{-3} - 7,75 \times 10^{-6} = 2,49 \times 10^{-3} \text{ mol}$. $V_T = 0,0500 \text{ L}$; $[\text{H}_3\text{O}^+] = 2,49 \times 10^{-3} / 0,0500 = 4,98 \times 10^{-2} \text{ M}$; $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,30$.

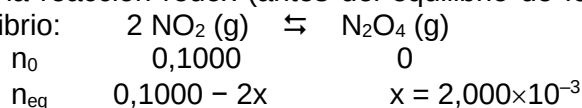
4B) Puntuación máxima: a) 0,5 puntos; b) 1 punto; c) 1 punto.

a) $2 \text{ NO (g)} + \text{O}_2 \text{ (g)} \rightarrow 2 \text{ NO}_2 \text{ (g)}$. N se oxida de +2 en NO a +4 en NO_2 y el O se reduce de 0 en O_2 a -2 en NO_2 . Oxidante: O_2 y reductor: NO. (Válido también si se ajusta la reacción dividida por dos).

b) Por estequiometría: $n(\text{NO}) = 2 \cdot n(\text{O}_2)$. Como $n_0(\text{NO}) = 0,1000 \text{ mol}$ y $n_0(\text{O}_2) = 0,0500 \text{ mol}$ y $n_0(\text{NO}) = 2 \cdot n_0(\text{O}_2)$, significa que se consumen todo el NO y todo el O_2 . No queda reactivo en exceso.

Por estequiometría se cumple que $n(\text{NO}) = n(\text{NO}_2)$, por lo que se forman 0,1000 mol de NO_2 .

c) Tras la reacción redox (antes del equilibrio de formación) $n_0(\text{NO}_2) = 0,1000 \text{ mol}$ y $n_0(\text{N}_2\text{O}_4) = 0$. En el equilibrio:



$n(\text{NO}_2)_{\text{eq}} = 0,1000 - 2x = 0,0960 \text{ mol}$; $n(\text{N}_2\text{O}_4)_{\text{eq}} = 2,000 \times 10^{-3} \text{ mol}$.

$p_i = n_i \cdot R \cdot T / V$. $p(\text{N}_2\text{O}_4) = 2,000 \times 10^{-3} \times 0,0820 \times 298 / 2,00 = 0,0244 \text{ atm}$; $p(\text{NO}_2) = 0,0960 \times 0,0820 \times 298 / 2,00 = 1,17 \text{ atm}$; $p_T = p(\text{N}_2\text{O}_4) + p(\text{NO}_2) = 0,0244 + 1,17 = 1,19 \text{ atm}$.

(Válido también si se ajusta la reacción dividida por dos y se realizan los correspondientes cálculos).