

III OLIMPIADA HONDUREÑA DE QUÍMICA EXAMEN TEÓRICO DE LA RONDA NACIONAL NIVEL MEDIO

Autores: Adrián Gallardo Loya, Adal Roney Martínez Carbajal,
Angélica Isabel González Aguilar, Bryan Martínez Monzón

Código: _____ **Puntaje:** _____/80

INSTRUCCIONES PARA EL EXAMEN:

1. Debes escribir **tu código** dentro del espacio indicado en la primera página del examen. Está estrictamente **PROHIBIDO** escribir **tu nombre** u otros datos personales que puedan identificarte. Los exámenes con este tipo de información serán anulados.
2. Dispones de un periodo de **30 minutos** para **revisar** el examen, después de este periodo cuentas con **TRES HORAS Y MEDIA** para trabajar en los problemas. **No leas las preguntas** hasta que se indique el comienzo del periodo de revisión.
3. Durante los **30 minutos** del periodo de revisión **deberás leer el examen en su totalidad** y aclarar dudas con los autores de los ejercicios, presentes en la sala de examen. Durante este periodo deberás **verificar que el examen cuente con todas las 17 páginas de preguntas y 8 del cuadernillo de respuestas**, en caso de que falten páginas notifica a un profesor. **Verifica** que el examen corresponda con tu **nivel**.
4. Escribe tu **código** en **todas** las hojas del cuadernillo de respuestas.
5. Escribe tus resultados con pluma en los recuadros del **cuadernillo de respuestas** proporcionado. Cualquier respuesta que no esté dentro del respectivo recuadro del cuadernillo **NO** será evaluada. Para la evaluación del examen solo se tomará en cuenta **la respuesta**, no el procedimiento.
6. Puedes solicitar hojas blancas para realizar tus procedimientos. Por cuestiones de espacio **no recomendamos** que escribas el procedimiento completo dentro de los recuadros del cuadernillo.
7. Los resultados numéricos carecen de significado si no tienen **UNIDADES**. **Es importante que indiques las unidades en todas tus respuestas para evitar posibles penalizaciones.**
8. Requiere utilizar una **calculadora científica NO programable** sin función de graficar. **Se decomisará cualquier calculadora con funciones no permitidas.**
9. **Sugerimos MUY FUERTEMENTE** que empieces con las preguntas que te parezcan **MÁS FÁCILES**. Aprovecha el periodo de revisión para **identificar** las preguntas que **más facilidad** tengas para resolver. El examen no está diseñado con la intención de que todos lo respondan por completo, así que no te preocupes si no logras responder algunas preguntas.
10. Debes **DEJAR de trabajar** inmediatamente cuando se dé la señal de finalización. Cualquier demora en hacerlo puede resultar en **tu DESCALIFICACIÓN**.

¡Mucha Suerte!

Tabla Periódica de los Elementos Químicos

[illegible]

CONSTANTES, UNIDADES, Y ECUACIONES:

Constantes:

Numero de Avogadro (N_A): $6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ Constante de los gases (R): $0.08206 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

Calor latente de vaporización del agua (L_v): $540 \frac{\text{cal}}{\text{g}}$ Calor específico del agua líquida (c): $1 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$

Constante ebullioscópica del agua (K_b): $0.52 \frac{^\circ\text{C} \cdot \text{kg}}{\text{mol}}$ Punto de ebullición del agua a TPE: $100 ^\circ\text{C}$

Factor intermolecular de CO_2 (a): $3.59 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}^2}{\text{mol}^2}$ Factor voluminoso de CO_2 (b): $0.0427 \frac{\text{L}}{\text{mol}}$

Calor latente de sublimación CO_2 (L_s): $573 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

Condiciones estándar: $T = 25 ^\circ\text{C}$ y/o $P = 1 \text{ atm}$

Cambios en entalpías estándar de formación:

$$\Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}(l) = -285.8 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{CO}_2(g) = -393.5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{celulosa}(s) = -1293.5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{O}_2(g) = 0 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

Conversión de Unidades:

$$\begin{array}{llll} 1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L} & 1 \text{ kg} = 1000 \text{ g} & 1 \text{ g} = 1000 \text{ mg} & 1 \text{ pm} = 10^{-10} \text{ cm} \\ 1 \text{ J} = 1 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 & 1 \text{ cal} = 4.184 \text{ J} & 1 \text{ kJ} = 1000 \text{ J} & 1 \text{ atm} = 101325 \text{ pa} \end{array}$$

Ecuaciones:

Densidad de un sólido cristalino de estructura cúbica:

$$\rho = \frac{Z \bar{M}}{N_A a^3}$$

Z : Fórmulas por celda unitaria, \bar{M} : Masa molar de la fórmula, N_A : Número de Avogadro, a : Longitud del lado de la celda

ρ : Densidad del sólido cristalino.

Concentración molar a partir de concentración porcentual masa-masa:

$$C_M = \frac{C_{\%m/m} \rho \times 10}{\bar{M}}$$

C_m : Concentración molar, \bar{M} : Masa molar de la sustancia, ρ : Densidad de la disolución

$C_{\%m/m}$: Concentración porcentual masa – masa.

Cambio de concentración por dilución o concentración:

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

C_1 : Concentración inicial, C_2 : Concentración final, V_1 : Volumen inicial, V_2 : Volumen final.

Calor latente de cambio de estado:

$$Q = m L$$

Q : Calor implicado en el cambio de estado físico, m : Masa de sustancia, L : Calor latente de fusión o de vaporización.

Aumento ebulloscópico:

$$\Delta T = K_b C_m$$

ΔT : Cambio en la temperatura, K_b : Constante ebulloscópica, C_m : Concentración molar de la disolución.

Ley de Hess para entalpías de reacción:

$$\Delta H_{rxn}^0 = \sum (v_i \Delta H_f^0 \text{prod } i) - \sum (v_i \Delta H_f^0 \text{reac } i)$$

ΔH_{rxn}^0 : Cambio de entalpía de una reacción, v_i : Coeficiente estequiométrico de la sustancia "i" en la ecuación de reacción,

$\Delta H_f^0 \text{prod } i$: Cambio de entalpía en la formación del producto "i", $\Delta H_f^0 \text{reac } i$: Cambio de entalpía en la formación del reactivo "i".

Calor específico:

$$Q = m c \Delta T$$

Q : Calor implicado en el cambio de temperatura, m : Masa de sustancia, c : Calor específico de la sustancia,

ΔT : Cambio en la temperatura.

Concentración molar:

$$C_m = \frac{n}{m}$$

C_m : Concentración molar de la disolución, n : Mol de soluto, m : Masa de disolvente.

Presión absoluta:

$$P_{abs} = P_{man} + P_{atm}$$

P_{abs} : Presión absoluta, P_{man} : Presión manométrica, P_{atm} : Presión atmosférica.

Temperatura absoluta:

$$T_{abs} = T_{^{\circ}C} + 273.15$$

T_{abs} : Temperatura absoluta (en Kelvin), $T_{^{\circ}C}$: Temperatura (en $^{\circ}C$).

Gas real de Van der Waals:

$$\left(P + \frac{n^2 a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$$

P : Presión absoluta del gas, n : Cantidad de mol de gas, V : Volúmen del contenedor, R : Constante de los gases ideales,

T : Temperatura absoluta del gas, a : Factor intermolecular del gas real, b : Factor voluminoso del gas real.

Ecuación de Clausius-Clapeyron para equilibrios de fases:

$$\ln\left(\frac{P_o}{P}\right) = \frac{L_M}{R}\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_o}\right)$$

P_o : Presión estándar, P : Presión abs. del sistema, L_M : Calor latente molar de sublimación, R : Constante de los gases ideales,

T : Temperatura abs. de sublimación a la presión del sistema, T_o : Temperatura abs. de sublimación a condiciones estándar.

Ecuación de Henderson-Hasselbalch:

$$pH = pK_a + \log_{10}\left(\frac{[BC]}{[AC]}\right)$$

pH : pH del buffer, pK_a : pK_a del par ácido base conjugado, $[BC]$: Conc. molar de la base conjugada,

$[AC]$: Conc. molar del ácido conjugado.

Ley de Lambert-Beer:

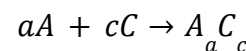
$$A = \epsilon l C_M$$

A : Absorbancia, ϵ : Absortividad molar, l : Longitud de paso óptico, C_M : Concentración molar del analito.

Expresión de la constante del producto de solubilidad:

$$K_{ps} = [A]^a [C]^c$$

Para la ecuación química de la reacción de precipitación:



K_{ps} : Constante del producto de solubilidad, $[A]$: Concentración molar del anión, $[C]$: Concentración molar del catión,

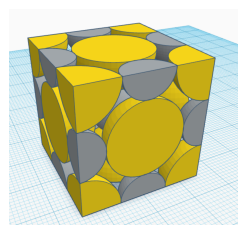
a : Coeficiente estequiométrico del anión, c : Coeficiente estequiométrico del catión.

INORGÁNICA, PROBLEMA 1: LA QUÍMICA DE LA PLATA (20 puntos)

Una de las industrias más explotadas por los españoles en el nuevo mundo fue la minería de metales preciosos, específicamente la plata y el oro. Sin embargo, a pesar de que los españoles descubrieron varios depósitos minerales de plata en Tegucigalpa entre los años 1569 y 1581, y después en otras regiones del país como Choluteca, la industria minera española nunca se desarrolló como en Hidalgo, México o Potosí, Bolivia. La mayoría de la plata en estas minas se encontraba como sulfuro de plata (Ag_2S) presente en forma de impureza en la galena (sulfuro de plomo II, PbS).



Problema 1.1. La galena con plata minada en las minas de Santa Lucía, Francisco Morazán durante el siglo XVI tenía una concentración del 3.5% en masa de plata respecto al mineral original. **a)** Calcula la cantidad de mineral que se requiere para obtener 200 g de plata. **b)** Calcula la masa molar del sulfuro de plata. **c)** Calcula cuánto sulfuro de plata hay en 100g de galena de Santa Lucía.



Celda unitaria de la galena

La galena es un mineral pesado muy utilizado como fuente de plomo, esta tiene una estructura cúbica, en la imagen los átomos grandes color amarillo representan al anión sulfuro (S^{2-}) y los átomos grises pequeños representan al catión plomo II (Pb^{2+}). El anión sulfuro tiene un radio iónico de 184 pm, mientras que el plomo II tiene un radio iónico de 117 pm. Las celdas unitarias son la representación más sencilla de un sólido cristalino.

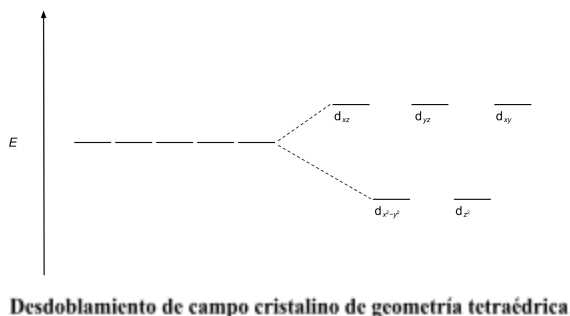
Problema 1.2. **a)** A partir de los radios iónicos, calcula la longitud de la arista (lado del cubo) de la celda unitaria de la galena en picómetros (pm). **b)** Indica cuántas fórmulas (unidades de PbS) hay por cada celda unitaria, considera que en el centro de la celda unitaria hay un átomo de plomo. **c)** Calcula la densidad de la galena en g/cm^3 .

Un compuesto de coordinación (llamado también complejo) de plata con una aplicación práctica en la química orgánica es el hidróxido de diaminoplatá, el cual tiene la fórmula $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$. La disolución en amoníaco acuoso de este compuesto es conocida como el reactivo de Tollen. Este reactivo se usa en una prueba cualitativa para determinar la presencia de aldehídos en sustancias químicas orgánicas. La prueba da un resultado positivo formando un precioso espejo de plata metálica en el tubo de ensayo.



Prueba de Tollen positiva

Problema 1.3. a) Dibuja la estructura de Lewis del amoníaco (NH_3). b) Indica el estado de oxidación de la plata en el compuesto de coordinación. c) ¿Qué tipo de reacción ocurre al mostrar la prueba de Tollen un resultado positivo?



Uno de los modelos que permiten estudiar a los compuestos de coordinación es la teoría de campo cristalino, la cual describe que al rodear iones metálicos con ligantes (bases de Lewis que pueden donar electrones), algunos de los orbitales d requieren más energía para contener electrones. A esta pérdida de degeneración (igualdad en energía) se le denomina desdoblamiento de campo cristalino. El

desdoblamiento del campo cristalino varía dependiendo de la geometría en la que se ordenen estos ligantes.

Problema 1.4. Se tiene un compuesto de coordinación de cobalto $2+$ con estructura tetraédrica. a) Escribe la configuración electrónica abreviada del cobalto $2+$, considera que los cationes pierden electrones de los orbitales tipo s antes que los electrones en orbitales tipo d. b) Dibuja el esquema de desdoblamiento y coloca los electrones de los orbitales d del Co^{2+} en los orbitales desdoblados. c) Indica si el compuesto de coordinación es diamagnético o paramagnético.

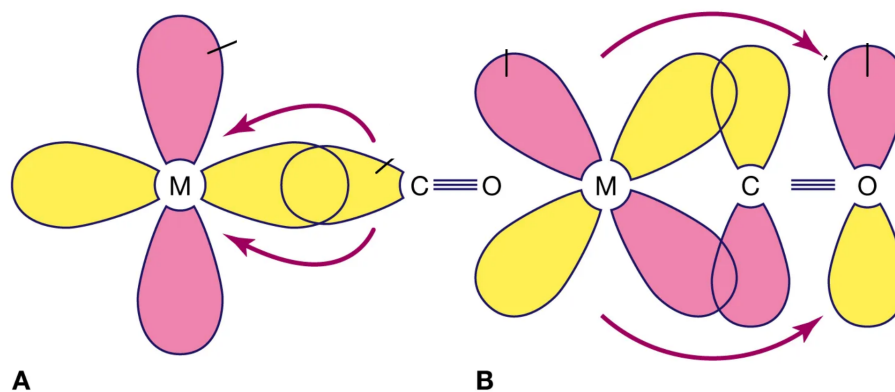
La química organometálica es el área de la química que estudia la estructura y la reactividad de sustancias que presentan enlaces covalentes metal-carbono. Los reactivos organometálicos de plata se pueden sintetizar usando una reacción de metátesis, la cual requiere de una sal de plata, como cloruro de plata, y un reactivo de Grignard. Los reactivos de Grignard son de mucha importancia, ya que son muy versátiles y permiten la síntesis de muchos compuestos orgánicos e inorgánicos. En sí los reactivos de Grignard son sustancias que presentan enlaces magnesio-halógeno y enlaces magnesio-carbono; este carbono puede ser de cualquier grupo orgánico. La ecuación química de la reacción de metátesis se muestra a continuación:



Donde **R** es un grupo orgánico genérico, y **?** es una sustancia química desconocida.

Problema 1.5. a) Escribe la fórmula química de la sustancia desconocida. b) Si R es un grupo fenilo (C_6H_5), calcula la masa molar del compuesto organometálico de plata que se formó. c) Habitualmente, los reactivos organometálicos se condensan entre sí para formar oligómeros con la misma fórmula empírica. Indica si los oligómeros serían de mayor, igual, o menor orden al comparar el caso en el cual R es metilo (CH_3) con aquel en el cual R es terc-butilo ($\text{C}(\text{CH}_3)_3$).

Los compuestos organometálicos carbonílicos son sustancias con enlaces metal-monóxido de carbono. Estos complejos se pueden utilizar para reacciones orgánicas de formilación, es decir, agregar un grupo formilo (HCO) a una molécula. El



Modos de enlace metal-carbono

monóxido de carbono es una sustancia tóxica, pero como materia prima puede resultar muy útil al emplear catalizadores organometálicos. La formación del enlace organometálico metal-carbono, se puede dar de dos modos, A o B.

Problema 1.6. a) Dibuja la estructura de Lewis del monóxido de carbono (CO), recuerda incluir las cargas formales. b) Dibuja alguno de los siguientes orbitales atómicos: d_{xy} , d_{yz} , d_{xz} , d_{z^2} , o $d_{x^2-y^2}$. c) De los dos modos de enlace metal-carbono (A y B), indica cual es un enlace de tipo pi.

FISICOQUÍMICA, PROBLEMA 2: INDUSTRIA AZUCARERA (20 puntos)

La producción industrial de azúcar es una de las actividades agroindustriales más importantes del país, generando el 1.1% del producto interno bruto nacional, la industria del azúcar genera más de 200,000 empleos a nivel nacional. Una de las muchas plantas azucareras del país es la de la Compañía Azucarera Tres Valles, que se encuentra en Cantarranas, Francisco Morazán. Para extraer el azúcar de mesa (sacarosa, $C_{12}H_{22}O_{11}$) de la caña primero es necesario triturarla para separar el jugo (rico en azúcar) de la fibra presente en la planta. Este jugo se separa y después se clarifica para remover impurezas sólidas como podrían ser tierra, o trozos pequeños de fibra vegetal (celulosa). El jugo clarificado se concentra evaporando el agua, esto implica calentar utilizando mucha energía.



Compañía Azucarera Tres Valles

Problema 2.1. **a)** Calcula la concentración molar de una disolución de azúcar (sacarosa, masa molar: 342.3 g/mol) 12.5 %m/m si su densidad es de 1.2 g/mL. **b)** Calcula la cantidad de agua que se ocupa evaporar para concentrar 200 L de una disolución de sacarosa 0.1 mol/L a una concentración de 2 mol/L. **c)** Si para fabricar un lote específico de azúcar se requiere evaporar 500 kg de agua que están en el punto de ebullición, cuánta energía (en Joules) se requiere para realizarlo. Asume que no hay efectos coligativos.

Al jugo concentrado se le colocan cristales de azúcar llamados semillas, estas semillas proveen sitios de nucleación para que se cristalice el azúcar que aún está disuelta. Los cristales de la semilla van creciendo en medida que el azúcar de la disolución se empieza a depositar en ellos. El producto resultante de este paso es azúcar con una cantidad considerable de melaza, la cual es una impureza. El aspecto de esta azúcar impura es de un polvo cristalino húmedo y de color café, se puede usar así o se puede seguir purificando para aislar el azúcar. El proceso que se emplea para retirar la melaza de la azúcar es la centrifugación, durante la cual la melaza se va hacia los lados del contenedor giratorio y los cristales se mantienen en una posición más central, donde pueden ser retirados de los restos de la melaza. La melaza resultante se puede usar como condimento por lo cual también es recuperada y vendida.

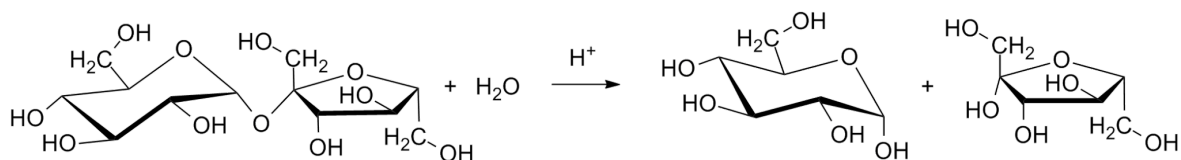


Azúcar con melaza

Así como se recupera la melaza, la fibra obtenida en la etapa de extracción del jugo de la caña también se utiliza como combustible en la producción de energía eléctrica para la planta azucarera, y para la ENEE. La fibra está compuesta por un polímero orgánico llamado celulosa con la fórmula empírica $C_6H_{10}O_5$, el cual se puede quemar (reaccionar con O_2) para generar H_2O y CO_2 .

Problema 2.2. **a)** Escribe la ecuación química balanceada para la combustión de una fórmula empírica de celulosa. Indica los estados de agregación de cada reactivo: (s) para sólidos, (l) para líquidos, y (g) para gases. **b)** Calcula la entalpía de combustión (en kJ/mol) de una fórmula empírica de la celulosa usando los valores de las entalpías de formación presentes en el formulario. **c)** Se queman 5 g de celulosa para calentar 10g de agua a 25°C, indica la temperatura final que tendrá el agua.

El azúcar invertido es un producto líquido viscoso producto de la hidrólisis del azúcar de mesa. Uno hace una mezcla de azúcar y agua y lleva la mezcla a reflujo (ebullición sin pérdida de agua) por cierta duración de tiempo. La razón por la cual se le llama así se debe a la rotación óptica de luz polarizada de los productos y de los reactivos, la cual se invierte. A continuación puedes observar el esquema de la reacción de hidrólisis.



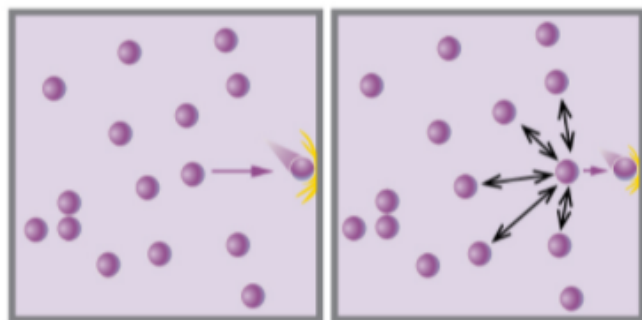
Dependiendo de la cantidad de azúcar en la mezcla, el punto de ebullición de la misma cambia debido al fenómeno conocido como aumento ebulloscópico, el cual es consecuencia de una propiedad coligativa de las disoluciones. El aumento en la temperatura de ebullición depende de la concentración **molal (no confundirse con concentración molar)** de la mezcla, a mayores concentraciones, mayor será el punto de ebullición de la mezcla.

Problema 2.3. **a)** Calcula la concentración **molal** de una disolución de 30 g de azúcar (sacarosa, 342.3 g/mol) en 100 g de agua. **b)** Calcula el punto de ebullición de una mezcla 2 molal de azúcar. **c)** Calcula el punto de ebullición de una mezcla de azúcar 2 molal cuyo proceso de inversión haya sido completado, desprecie el cambio en la masa del agua.

Para disminuir el costo energético, una planta industrial quiere emplear la enzima invertasa, la cual cataliza la reacción a temperatura ambiente. En un primer experimento para determinar la factibilidad del uso de esta enzima se toma en cuenta la rotación de la luz polarizada, a través de la cual uno puede conocer el progreso de la reacción. A continuación se muestra una tabla con el progreso de la reacción (100% sería la reacción terminada) y el tiempo en el que se midió el progreso de la reacción.

Tiempo	0 horas	1.4 horas	3.8 horas	7.3 horas	16.0 horas
Progreso de la reacción	0%	4%	9%	19%	42%

Problema 2.4. a) Realiza un bosquejo rápido de los puntos en una gráfica, toma en cuenta el tiempo como el eje X, y el progreso de la reacción como el eje Y. b) Indica el orden de la reacción. c) Mediante una regresión lineal en tu calculadora, calcula el tiempo que tomará terminar la reacción.



Gas Ideal

Gas Real

El azúcar es la materia prima más importante para la elaboración de refrescos después del agua. El diseño de las botellas de refrescos es muy importante ya que deben soportar presiones manométricas de al menos 10 atm. Si el diseño de la botella falla, los productos se podrían dañar durante el transporte o podrían lastimar a un consumidor. La presión de las botellas proviene principalmente del dióxido de

carbono (CO_2), el cual es el agente carbonatante en los refrescos. La manera de calcular la presión absoluta ejercida por un gas se debe de escoger dependiendo de las condiciones del mismo, a bajas presiones y altas temperaturas se suele usar la ley de los gases ideales, sin embargo al ser la presión tan alta se requiere usar la aproximación de los gases reales de Van der Waals.

Problema 2.5. En la playa (donde la presión atmosférica es de 1 atm y la temperatura es de 34°C) hay una botella de plástico PET de 600 mL que contiene de 0.8 mol de CO_2 a) Calcula la temperatura absoluta del gas dentro de la botella. b) Calcula la presión absoluta del CO_2 en la botella usando la ecuación de Van der Waals. c) Calcula la presión manométrica de la botella.

El dióxido de carbono es una sustancia que se comporta de manera curiosa al enfriarse, en lugar de condensarse para formar un líquido, se forma un sólido, a este sólido se le llama hielo seco. La temperatura de sublimación depende de las condiciones en las que se encuentra el CO_2 , a presión estándar, este se sublima a -78.5°C . El equilibrio sólido-gas se favorece en un sentido dependiendo de las condiciones de acuerdo a la ecuación de Clausius-Clapeyron.



Hielo Seco

Problema 2.6. a) Utilizando cambios en unidades y la masa molar del dióxido de carbono (44.01 g/mol), calcula el calor latente **molar** de sublimación del CO_2 en J/mol. b) Utilizando cambios en unidades, calcula la constante de los gases ideales en J/mol·K. c) Calcula a qué temperatura en $^\circ\text{C}$ sublima el CO_2 en una presión de 2.3 atm.

ANALÍTICA, PROBLEMA 3: CALIDAD DEL AGUA (20 puntos)



Pipa de distribución de agua en localidades marginadas

Tegucigalpa como ciudad tiene varios problemas relacionados con la gestión del agua pública, debido a la urbanización desorganizada cada vez se ha vuelto más difícil saciar la necesidad del acceso al agua de la población y de las industrias. La ciudad se surte de agua mediante lluvias, las cuales varían en intensidad dependiendo de la temporada. Las precipitaciones durante la temporada de lluvias abastecen el sistema de agua durante este periodo de tiempo, pero durante la temporada seca es frecuente que se limite el acceso al agua.

El ácido carbónico (H_2CO_3) es un producto del equilibrio de reacción del agua con el dióxido de carbono (CO_2), este se puede disociar con la pérdida de un protón (H^+) para formar el anión bicarbonato (HCO_3^-) y subsecuentemente en anión carbonato (CO_3^{2-}). La concentración de estas especies tiene un impacto directo sobre el pH del agua que las contiene; para que el agua sea potable el pH debe estar en un valor de entre 6.5 y 8.5. Cuando existen mezclas entre ácidos y bases conjugadas se forma una disolución *buffer*, estas resisten cambios en la acidez, en el caso de la sangre el *buffer* está formado por iones bicarbonato y ácido carbónico, los cuales mantienen el pH sanguíneo estable. El pH de una disolución *buffer* depende de la relación entre las concentraciones de base conjugada y ácido conjugado, de acuerdo a la ecuación de Henderson-Hasselbalch. Los pK_a 's de los sistemas $\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-$ y $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$ son 6.35 y 10.33 respectivamente. Una muestra particular de agua embotellada comercial tiene un pH de 6.9, dentro del rango potable.

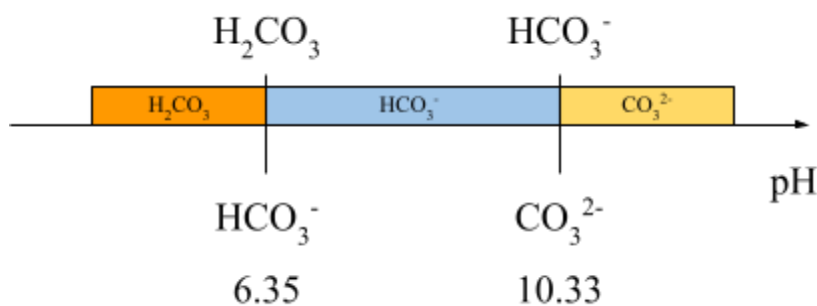
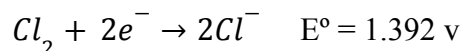


Diagrama unidimensional de predominio de especies

Problema 3.1. a) Escribir las dos ecuaciones químicas para la disociación de ácido carbónico y del ión bicarbonato. **b)** Indique cuál de las tres especies químicas (ácido carbónico, bicarbonato, o carbonato) predominan en la muestra de agua con pH de 6.9. **c)** Usando la ecuación de Henderson-Hasselbalch, calcule el pH de una disolución *buffer* que contiene una concentración 0.2M de ión bicarbonato y 0.08M de ión carbonato.

El agua de fuentes naturales contiene microorganismos perjudiciales, por lo cual es necesario desinfectarla usando agentes oxidantes como el cloro. El cloro (Cl_2) se involucra en varios equilibrios óxido-reducción, en los cuales se forman algunas especies como el ión cloruro (Cl^-), el hipoclorito (ClO^-), entre otras. La ecuación de semireacción de reducción del cloro al cloruro es la siguiente:



A continuación se muestran los potenciales de reducción en medio básico de varios pares de especies químicas del cloro en diversos estados de oxidación:

Par Redox	$\text{ClO}_4^-/\text{ClO}_3^-$	$\text{ClO}_3^-/\text{ClO}_2^-$	$\text{ClO}_2^-/\text{ClO}^-$	ClO^-/Cl_2	Cl_2/Cl^-
Potencial estándar de reducción	0.17 v	0.35 v	0.59 v	0.421 v	1.392 v

Problema 3.2. a) Indique cuál especie química del par cloro/cloruro actúa como oxidante y cual como reductora en la semireacción. b) Coloca los pares redox en un diagrama unidimensional de predominio de especies en función del potencial de reducción, indica la especie oxidante arriba y la especie reductora abajo. c) A partir del diagrama anterior, indica que anfótero (especie con características de oxidante y reductor) es estable.

Otro parámetro de la calidad del agua es la concentración de iones cloruro, la cual usualmente se mide en partes por millón (ppm), equivalentes a miligramos de ión cloruro (masa molar: 35.453 g/mol) por cada litro de disolución.



Cambios de color en el método de Mohr

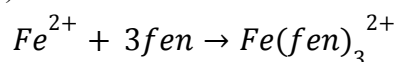
Una técnica de análisis clásico volumétrico para medir la cantidad de cloruro en una mezcla es el llamado método de Mohr. Este consiste en agregar un poco de cromato de potasio a la mezcla, éste aporta iones cromato (CrO_4^{2-}) a la disolución. Una vez agregado el cromato, se procede a titular una muestra con una disolución estándar de nitrato de plata, la cual agrega iones de plata (Ag^+) a la disolución. El ión cloruro reacciona con cada ion de plata para formar un precipitado de cloruro de plata, el cual se ve blanco. Se agrega disolución de plata hasta observar un color rojizo o rosado en la mezcla, esto indica que se han agotado los iones cloruro y los iones de plata empezaron a reaccionar con iones cromato para formar otro precipitado rojo. Las constantes del producto de solubilidad para los precipitados de cloro y cromato son $1.8 \cdot 10^{-10}$ y $1.1 \cdot 10^{-12}$ respectivamente.

Problema 3.3. a) Escribe la ecuación química balanceada para la formación del precipitado de cromato de plata a partir de sus iones. b) Expresa la constante del producto de solubilidad del cromato de plata. c) Calcula la solubilidad (en mol/L) del cromato de plata.

Un laboratorio local realizó un análisis de concentración de ión cloruro (Cl^-) de una muestra de agua de la llave proveniente de Comayagüela. Para el análisis se usó una disolución estándar de nitrato de plata con una concentración de iones de plata (Ag^+) de 0.010 M, tomando alícuotas de 50 mL de agua de la llave. Se llevaron a cabo tres titulaciones las cuales usaron un volumen promedio de 28.60 mL de la disolución estándar de nitrato de plata.

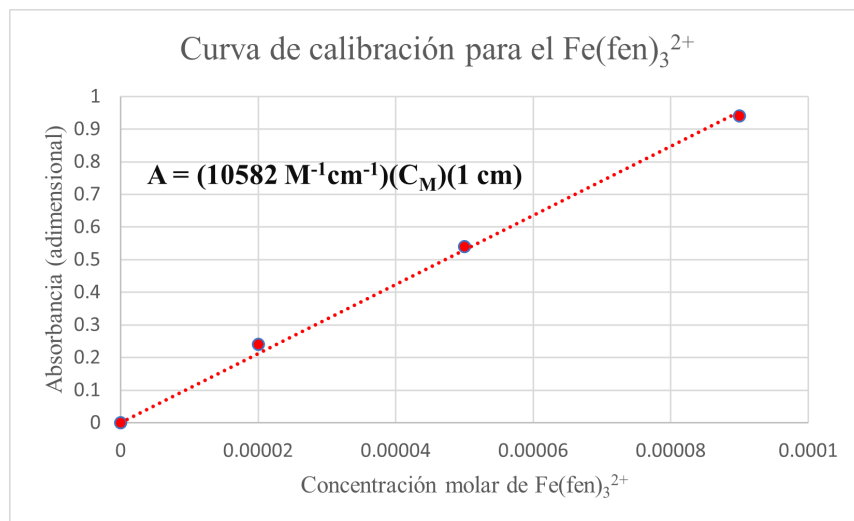
Problema 3.4. a) Escribe la reacción química que ocurre entre el ión cloruro y el ión plata. b) Calcula la concentración molar de cloruro en la muestra de agua. c) Calcula la concentración en partes por millón (ppm) de iones cloruro en la muestra.

Los residentes de una localidad cercana a una zona industrial en San Pedro Sula se han quejado recientemente sobre sabores metálicos presentes en el agua de la llave. Un químico analítico local sospecha que esto se puede deber a la presencia de iones de hierro II (Fe^{2+}) en el agua, por lo que decidió hacer algunas pruebas para medir su concentración en el agua. Para medir la concentración de hierro II el químico decidió emplear un método espectrofotométrico. Este método se basa en formar un compuesto altamente colorido de hierro II, lo cual se logra con fenantrolina (abreviada como fen):



Se preparan disoluciones de concentración de $\text{Fe}(\text{fen})_3^{2+}$ conocida y se mide una propiedad llamada absorbancia. La absorbancia está relacionada con la cantidad de luz de una longitud de onda específica que es absorbida por un material o disolución. De acuerdo a la ley de Lambert-Beer, la absorbancia depende de la concentración molar de

analito, en este caso $\text{Fe}(\text{fen})_3^{2+}$. Se preparan disoluciones de diferentes concentraciones y se mide la absorbancia a una longitud de onda de 512 nm manteniendo la longitud de paso óptico constante a 1 cm.



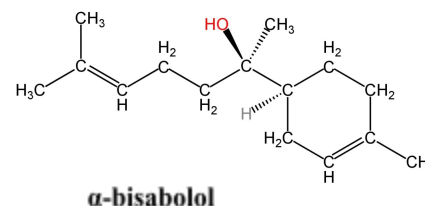
Problema 3.5. a) Basandote en la ecuación de la recta proporcionada en la curva de calibración, indica el valor de la constante de absortividad molar con unidades. b) Calcula la concentración molar de hierro II en una disolución que presentó una absorbancia de 0.42 con un paso óptico de 1 cm. c) Calcula la absorbancia de una disolución de hierro II con una concentración de 3 ppm.

ORGÁNICA, PROBLEMA 4: TRADICIONES GARÍFUNAS (20 puntos)

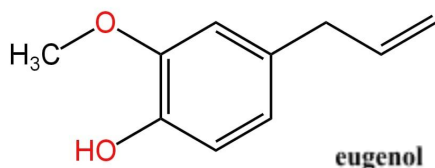


El guifity es una bebida alcohólica tradicional y artesanal de la comunidad garífuna, la cual se prepara usando como base un licor como ron o aguardiente, los cuales son disoluciones acuosas de etanol (C_2H_6O) con una concentración de entre 30 y 70% volumen-volumen. A este licor base se le agregan hierbas y especias como lo son, el clavo de olor, pimienta gorda, canela, romero, manzanilla, cuculmeca, anís estrella, y eucalipto, las cuales se reposan durante 2 o 3 días dentro del licor. En el folklore garífuna se le adjudican propiedades terapéuticas como el alivio del dolor, tos, gripe, y de problemas estomacales. Gran parte del sabor del guifity es aportado por sustancias químicas presentes en los condimentos que se utilizan para fabricarlo. Existen métodos instrumentales para conocer la identidad de las sustancias químicas presentes en las especias, como lo son la cromatografía de gases, espectrometría de masas, resonancia magnética nuclear, y espectroscopía del infrarrojo. Estas técnicas se pueden aplicar a los aceites esenciales o extractos de estos mismos para desvelar qué sustancias están presentes en las especias.

Como se mencionó, una de las hierbas presentes en el guifity es la manzanilla, un componente de la manzanilla es el α -bisabolol (en concentraciones de hasta 44.2% en su aceite esencial). El α -bisabolol es una sustancia ópticamente activa, es decir, si se hace pasar un haz de luz polarizada a través de sus disoluciones, la luz transmitida es rotada en cierto sentido (horario o antihorario). Las sustancias ópticamente activas son asimétricas (también llamadas quirales), en la naturaleza abundan muchas sustancias con esta característica. Ejemplos de sustancias quirales son la mayoría de los aminoácidos y la mayoría de los sacáridos (azúcares).



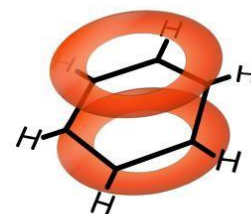
Problema 4.1. a) Indica la fórmula molecular del α -bisabolol. **b)** Indica cuántos carbonos estereogénicos (quirales) hay presentes en la molécula. **c)** Indica la configuración R o S del carbono estereogénico presente en el ciclo.



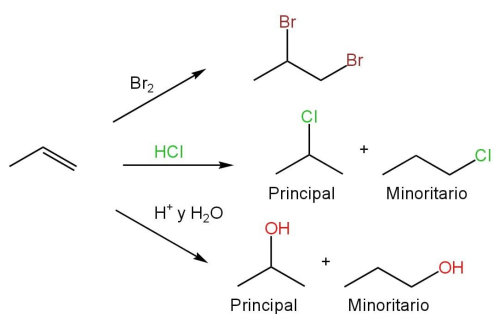
El aceite esencial del clavo de olor tiene un componente llamado eugenol (en concentraciones mayores al 50%), que también está presente en muchas otras especias. La estructura presenta tres grupos funcionales, los cuales son un alqueno, un alcohol (particularmente un alcohol fenílico), y un éter, adicionalmente también se presenta un benceno en su estructura.

Problema 4.2. a) Dibuja la estructura del eugenol y circula la posición de los tres grupos funcionales, indicando cuál es cada uno. b) Dibuja sobre la misma estructura del eugenol del inciso anterior un cuadrado sobre todos los átomos de carbono con hibridación sp^2 . c) Indica si el alcohol fenílico es un grupo funcional ácido o básico.

Los alquenos tienen propiedades reactivas y estructurales muy distintas a la del benceno. Esto confundió por mucho tiempo a los científicos que trataron de identificar la estructura molecular del benceno. La razón por la cual el benceno no reacciona de la misma manera que los alquenos es debido a la naturaleza de sus dobles enlaces, mientras que en los alquenos los electrones provenientes del enlace pi están localizados, en el benceno estos se encuentran distribuidos equitativamente a lo largo del anillo. Por este motivo es más adecuado representar a los bencenos con un círculo en lugar de con tres dobles enlaces.



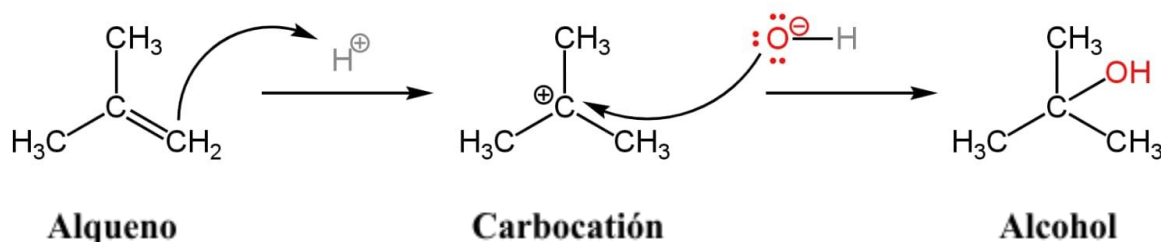
Enlaces pi deslocalizados



Algunas reacciones de alquenos

Una de las diferencias reactivas de los alquenos frente a los bencenos son las adiciones electrofílicas, en las cuales un electrófilo (ácido de Lewis), como puede ser el ion H^+ , forma un enlace electrófilo-carbono usando los electrones del enlace pi del alqueno. Los bencenos son más resistentes a este tipo de reacciones. El intermediario reactivo que se forma en un paso de algunas de estas reacciones se llama carbocatión.

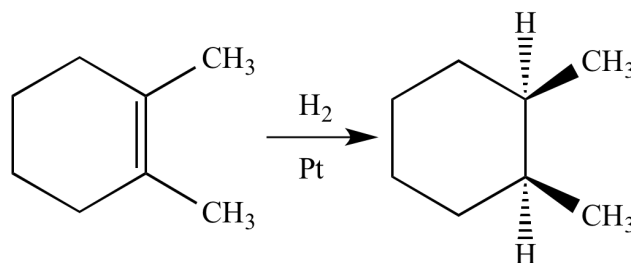
Los carbocationes son iones orgánicos inestables, que reaccionan rápidamente con nucleófilos (bases de Lewis). La estructura de los carbocationes está formada por un carbono con tres enlaces y una carga formal positiva en su estructura de Lewis. A continuación se muestra un ejemplo de la reacción de un electrófilo (en este caso H^+) con un alqueno para formar un carbocatión, siguiendo la regla de Markovnikov. Este carbocatión después reacciona con un nucleófilo (en este caso OH^-).



Las flechas indican el movimiento de pares de electrones (libres o enlazantes) de un lugar a otro, ya sea para formar, romper, o mover un enlace. El uso de estas flechas para describir una reacción representa una hipótesis del mecanismo físico por la cual ésta ocurre. La ruptura de enlaces representa un estado de energía potencial química más grande (debido a que los enlaces aportan estabilidad), mientras que la formación de nuevos enlaces implica la disminución en la energía potencial química. En total la energía potencial química de los productos debe ser menor que la de los reactivos para que la reacción sea posible termodinámicamente.

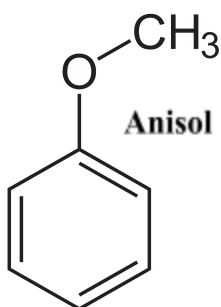
Problema 4.3. **a)** Indica cuál será el producto principal que se forma al hacer reaccionar ácido clorhídrico (HCl) con eugenol. **b)** Usando flechas para indicar el movimiento de pares de electrones para romper y formar nuevos enlaces químicos, dibuja el mecanismo de reacción del eugenol con el ión H^+ para formar un carbocatión y después la reacción del carbocatión con el ión Cl^- . **c)** Realiza un bosquejo rápido del perfil energético (gráfica de energía potencial química en eje Y, y avance de la reacción en eje X) de la reacción tomando en cuenta el mecanismo que dibujaste y sus intermediarios, no es necesario que indiques la energía de los estados de transición.

El α -bisabolol tiene dos grupos alqueno, los cuales pueden reaccionar con hidrógeno (H_2) en presencia de un catalizador de platino. Esta reacción rompe el enlace pi del alqueno y en su lugar cada carbono forma un nuevo enlace carbono-hidrógeno.



Hidrogenación del ciclohexeno

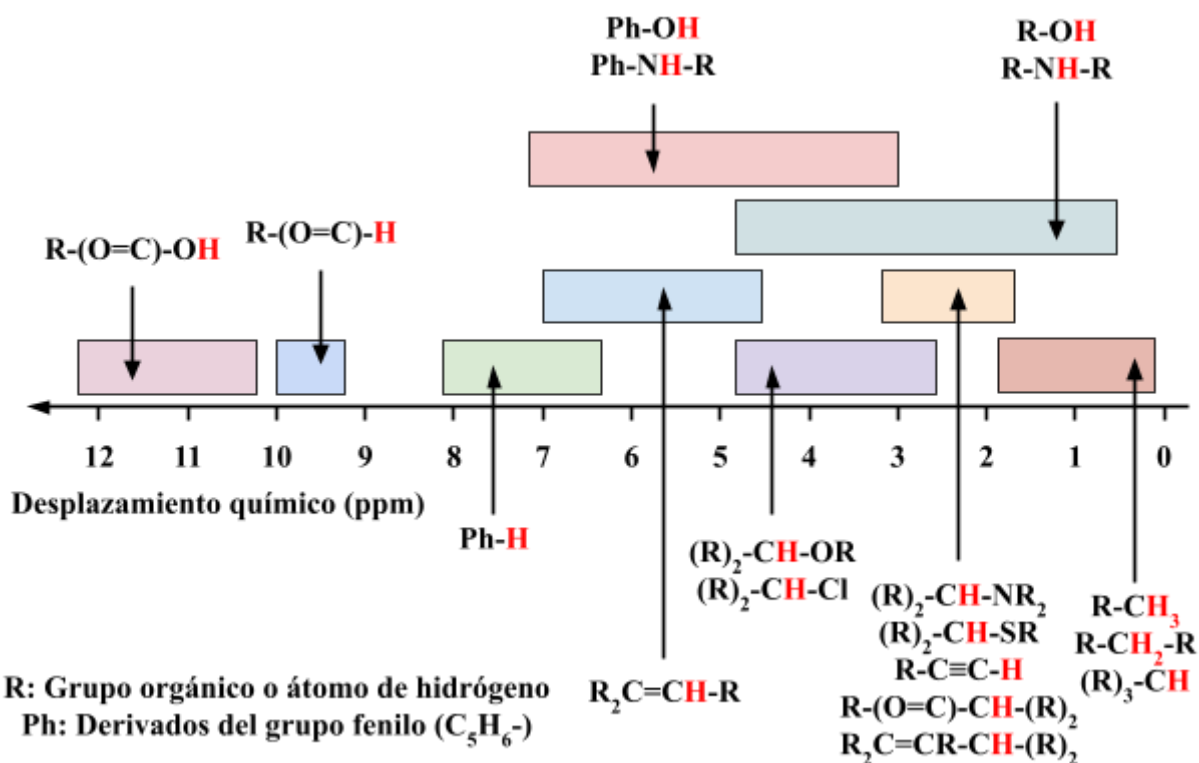
Problema 4.4. **a)** Indica el producto de la hidrogenación total del α -bisabolol. **b)** Una vez hidrogenado el α -bisabolol se hace otra reacción, en la cual un ión H^+ forma un enlace con el oxígeno de la molécula, lo que resulta en un alcohol protonado (grupo ROH_2^+). Este alcohol protonado es inestable y puede romper un enlace para irse de la molécula en forma de agua, resultando en la formación de un carbocatión. Dibuja la estructura del carbocatión. **c)** Si la acidificación (el agregar el H^+) del inciso anterior se llevó a cabo usando ácido bromhídrico (HBr), indica el producto final que se debe de formar.



Otra de las especias usadas en el guifity es el anís, cuyo sabor característico e intenso se debe al compuesto químico llamado anisol. Una técnica instrumental que permite caracterizarlo es la llamada resonancia magnética nuclear de hidrógeno-1. Esta técnica consiste en exponer la sustancia a un campo magnético intenso el cual habilita que los núcleos de hidrógeno absorban luz. La frecuencia de la luz que absorbe un núcleo de hidrógeno específico depende de la intensidad del campo magnético que recibe. Los átomos con los que esté conectado el hidrógeno afectarán la densidad

electrónica (presencia de electrones) alrededor del núcleo de hidrógeno. Si el núcleo de hidrógeno tiene más densidad electrónica entonces estará más escudado del campo magnético impuesto, haciendo que cambie un poco la frecuencia de luz que absorbe el núcleo del hidrógeno.

Este pequeño cambio en la frecuencia es conocido como desplazamiento químico. Como los cambios son muy ligeros es frecuente medir su cambio con respecto a un estándar (llamado tetrametilsilano) en ppm. Sintetizando esta explicación: el desplazamiento químico (medido en ppm), depende de los grupos a los que esté conectado el hidrógeno. En un espectro aparecerán señales (que se ven como picos) en ciertos desplazamientos químicos, lo que nos permite conocer la estructura de una molécula desconocida, o reafirmar la estructura de una molécula conocida. Podrás encontrar los desplazamientos químicos del hidrógeno conectado a grupos comunes a continuación:



Problema 4.5. a) Basándote en los grupos del esquema indica qué tipo de átomos de hidrógeno están presentes en el anisol y en qué desplazamiento químico esperarías encontrarlos. b) Basándote en la conectividad de los átomos de hidrógeno, identifica cuáles son idénticos entre ellos y señalalos. c) Realiza un bosquejo del espectro de resonancia magnética nuclear que esperarías para el anisol.

FIN DEL EXÁMEN

**III OLIMPIADA HONDUREÑA DE QUÍMICA
EXAMEN TEÓRICO DE LA RONDA NACIONAL
CUADERNILLO DE RESPUESTAS
NIVEL MEDIO**

INORGÁNICA, PROBLEMA 1: LA QUÍMICA DE LA PLATA

P1.1.(4pts)	P1.2.(4pts)	P1.3.(3pts)	P1.4.(3pts)	P1.5.(3pts)	P1.6.(3pts)	Total P1

Problema 1.1.

Problema 1.2.

Código: _____

2

Problema 1.3.

Problema 1.4.

Problema 1.5.

Problema 1.6.

FISICOQUÍMICA, PROBLEMA 2: INDUSTRIA AZUCARERA

P2.1.(4pts)	P2.2.(4pts)	P2.3.(3pts)	P2.4.(3pts)	P2.5.(3pts)	P2.6.(3pts)	Total P2

Problema 2.1.**Problema 2.2.****Problema 2.3.**

Código: _____

4

Problema 2.4.

Problema 2.5.

Problema 2.6.

Código: _____

5

ANALÍTICA, PROBLEMA 3: CALIDAD DEL AGUA (20 puntos)

P3.1.(4pts)	P3.2.(4pts)	P3.3.(4pts)	P3.4.(4pts)	P3.5.(4pts)	Total P3

Problema 3.1.

Problema 3.2.

Código: _____

6

Problema 3.3.

Problema 3.4.

Problema 3.5.

Código: _____

7

ORGÁNICA, PROBLEMA 4: TRADICIONES GARÍFUNAS

P4.1.(4pts)	P4.2.(4pts)	P4.3.(4pts)	P4.4.(4pts)	P4.5.(4pts)	Total P4

Problema 4.1.

Problema 4.2.

Problema 4.3.

Código: _____

8

Problema 4.4.

Problema 4.5.

PUNTUACIÓN FINAL DEL EXÁMEN:

P1 (20 pts)	P2 (20 pts)	P3 (20 pts)	P4 (20 pts)	Total