Enlace iónico y enlace metálico

Test de 10 preguntas y flashcards de este tema en **farmeandopau.com** ›

Última revisión: 15 de noviembre de 2026.

Escanea y haz el test del tema

LA IDEA EN 30 SEGUNDOS

El **enlace iónico** une, en una **red cristalina**, los iones que se forman cuando un metal cede electrones a un no metal; su fuerza se mide con la **energía reticular**, que crece con la **carga** de los iones y al disminuir su **tamaño**, y que se calcula con el **ciclo de Born-Haber**. El **enlace metálico** se explica con la **nube electrónica** y la **teoría de bandas** (conductores, semiconductores, aislantes). El tema sale en 40 de las 68 convocatorias, en 16 comunidades; casi siempre como apartado razonado (tipo de enlace, propiedades, comparar energías de red) y, en cinco comunidades, con un Born-Haber numérico.

1 Cómo se forma el enlace iónico

El **enlace iónico** es la atracción electrostática entre iones de signo contrario. Se forma cuando un **metal** con energía de ionización baja (grupos 1 y 2) cede electrones a un **no metal** con afinidad electrónica alta (grupos 16 y 17): los dos quedan con configuración de gas noble y los iones se ordenan en una **red cristalina**. No hay moléculas: hay millones de iones atrayéndose en todas las direcciones.

- **Qué ion forma cada elemento:** el que le da la configuración del gas noble más cercano. Grupo 1 → M^+ (Na^+, K^+); grupo 2 → M^{2+} (Mg^{2+}, Ca^{2+}); Al^{3+}; grupo 17 → X^- (F^-, Cl^-); grupo 16 → O^{2-}, S^{2-}; N^{3-}.
- **La fórmula sale de la neutralidad eléctrica:** las cargas positivas tienen que igualar a las negativas. Ca^{2+} y Cl^- → $CaCl_2$; Al^{3+} y O^{2-} → Al_2O_3; Mg^{2+} y N^{3-} → Mg_3N_2. La fórmula es la **proporción** de iones (fórmula empírica o «unidad fórmula»), no una molécula.
- **Criterio de electronegatividad:** si la diferencia $\Delta\chi$ entre los dos átomos es grande (en la escala de Pauling, **más de 1,7** suele tomarse como más de un 50 % de carácter iónico), el enlace es predominantemente iónico; si es pequeña, covalente. Cataluña lo dio en el propio enunciado en 2025 (lo resuelves en el último ejercicio).
- **El enlace iónico no es 100 % iónico:** todo enlace real tiene algo de carácter covalente. El modelo iónico es una aproximación que funciona muy bien con metales muy electropositivos y no metales muy electronegativos ($NaCl$, KF, CaO).
- **Formar los iones aislados cuesta energía.** Para el $NaCl$: $Na(g) \longrightarrow Na^+(g) + e^-$ necesita $+496$ kJ/mol y $Cl(g) + e^- \longrightarrow Cl^-(g)$ libera 349 kJ/mol. El balance es $+147$ kJ/mol: **desfavorable**. Lo que hace estable al cristal es la **energía reticular**, que se libera al juntarse los iones en la red (787 kJ/mol para el $NaCl$).

CUESTIÓN TÍPICA RAZONADA

Si la energía de ionización del sodio (496 kJ/mol) es mayor, en valor absoluto, que la afinidad electrónica del cloro (-349 kJ/mol), ¿por qué el NaCl es un compuesto tan estable?

Respuesta modelo

Pasar de átomos gaseosos a iones gaseosos cuesta $496 - 349 = +147$ kJ/mol. Pero los iones $\mathrm{Na^+}$ y $\mathrm{Cl^-}$ no se quedan sueltos: se atraen y forman la red cristalina, y en ese paso se libera la **energía reticular** ($U \approx -787$ kJ/mol). El balance global, que es la entalpía de formación, sale negativo (-411 kJ/mol): el sólido iónico es mucho más estable que los elementos.

Por qué puntúa. La palabra clave es «energía reticular». Sin ella la respuesta no explica nada.

El 1,7 es una orientación, no una ley

El HF tiene $\Delta\chi \approx 1{,}8$ (escala de Pauling) y es una molécula covalente polar; el $\mathrm{BeCl_2}$ tiene $\Delta\chi \approx 1{,}6$ (1,5 con los valores que dio Cataluña) y, aunque el Be es un metal, se comporta como covalente. Úsalo cuando el enunciado dé electronegatividades o lo pida; si no, razona con «metal de los grupos 1-2 + no metal de los grupos 16-17 → iónico».

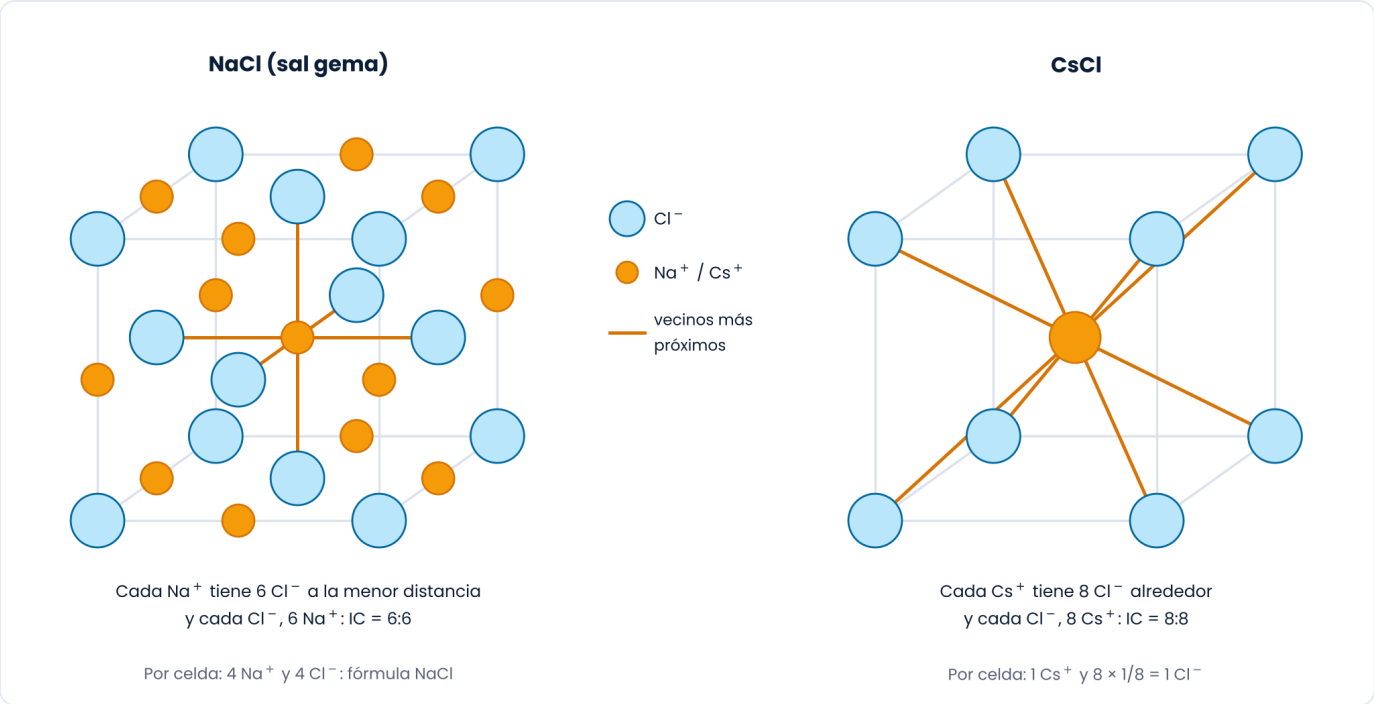
2 Red cristalina e índice de coordinación

En un sólido iónico cada ion se rodea del mayor número posible de iones de signo contrario, a la menor distancia que permiten sus tamaños, y lo más lejos posible de los de su mismo signo. Así se forma una **red cristalina**: la repetición en las tres direcciones de una **celda unidad**.

- **Índice de coordinación (IC):** número de iones de signo contrario que rodean a un ion a la menor distancia. En el NaCl cada $\mathrm{Na^+}$ tiene 6 $\mathrm{Cl^-}$ y cada $\mathrm{Cl^-}$ tiene 6 $\mathrm{Na^+}$: **IC = 6:6**. En el CsCl, **8:8**.
- **De qué depende el IC:** sobre todo de la **relación de radios** r^+/r^-. Cuanto más grande es el catión respecto al anión, más aniones caben a su alrededor: NaCl, $102/181 \approx 0{,}56$ → IC 6; CsCl, $174/181 \approx 0{,}96$ → IC 8 (radios iónicos de Shannon en pm; el del $\mathrm{Cs^+}$, con IC 8).
- **Y de la estequiometría:** en la fluorita, $\mathrm{CaF_2}$, hay el doble de aniones que de cationes, así que los IC son distintos: cada $\mathrm{Ca^{2+}}$ tiene 8 $\mathrm{F^-}$ y cada $\mathrm{F^-}$, 4 $\mathrm{Ca^{2+}}$ (**8:4**).
- **Contar iones en la celda del NaCl:** los $\mathrm{Cl^-}$ de los 8 vértices cuentan $1/8$ cada uno y los de las 6 caras, $1/2$: $8 \cdot \frac{1}{8} + 6 \cdot \frac{1}{2} = 4$. Los $\mathrm{Na^+}$ de las 12 aristas cuentan $1/4$ y el del centro, entero: $12 \cdot \frac{1}{4} + 1 = 4$. Proporción $4 : 4 = 1 : 1$, fórmula NaCl.
- **Por qué importa en la PAU:** la red explica casi todas las propiedades de los compuestos iónicos (sólidos duros, puntos de fusión altos, frágiles). Cataluña dibujó la red del LiCl en 2025 y la Comunitat Valenciana cita en sus matizaciones las estructuras del NaCl y del CsCl.

Estructura	Ejemplos	IC (catión:anión)	Cómo es
Sal gema	NaCl, LiF, KCl, MgO, CaO	6:6	Cada ion en el centro de un octaedro de iones contrarios
Cloruro de cesio	CsCl, CsBr	8:8	Cada ion en el centro de un cubo de iones contrarios
Fluorita	$\mathrm{CaF_2}$, $\mathrm{BaF_2}$	8:4	Doble de aniones que de cationes
Blenda	ZnS	4:4	Cada ion en el centro de un tetraedro

Con la relación de radios se predice el IC solo de forma aproximada: hay excepciones. En la PAU basta con saber definir el IC y leerlo en un dibujo.



Redes del NaCl (IC 6:6) y del CsCl (IC 8:8). En naranja, los iones contrarios más cercanos al catión del centro. En el NaCl, los $\mathrm{Cl^-}$ ocupan los vértices y los centros de las caras y los $\mathrm{Na^+}$, las aristas y el centro.

3 Energía reticular: de qué depende

La **energía reticular** (o **de red**, U) es la energía que se libera cuando se forma un mol de cristal iónico a partir de sus iones en estado gaseoso: $\mathrm{Na^+\,(g)} + \mathrm{Cl^-\,(g)} \longrightarrow \mathrm{NaCl\,(s)}$, $U = -787$ kJ/mol. Mide la fuerza del enlace iónico: cuanto mayor es en valor absoluto, más estable es la red.

- **Ecuación de Born-Landé** (solo para razonar):

$$U = -\frac{N_A\, M\, z^+ z^-\, e^2}{4\pi\varepsilon_0\, d_0}\left(1 - \frac{1}{n}\right)$$

  donde z^+ y z^- son las cargas de los iones (en valor absoluto), $d_0 = r^+ + r^-$ la distancia entre ellos, M la **constante de Madelung** (depende de la geometría de la red: 1,748 en la sal gema; 1,763 en el CsCl) y n el **exponente de Born** (la repulsión a corta distancia, entre 5 y 12).

- **Lo que tienes que sacar de ella:** $|U| \propto \dfrac{z^+ z^-}{r^+ + r^-}$. A **más carga** y a **menor tamaño** de los iones, mayor energía reticular.
- **La carga pesa más que el tamaño.** El NaF (cargas $1 \cdot 1$) y el MgO (cargas $2 \cdot 2$) tienen distancias parecidas (235 y 212 pm), pero la energía reticular del MgO (3791 kJ/mol) es unas **cuatro veces** la del NaF (923 kJ/mol): el producto de cargas pasa de 1 a 4.
- **Con las mismas cargas, manda el tamaño:** NaF (923) > NaCl (787) > NaBr (747) > NaI (704 kJ/mol), porque el anión crece de $\mathrm{F^-}$ a $\mathrm{I^-}$ al bajar en el grupo (más capas).
- **Consecuencias que se preguntan:** a mayor $|U|$, mayor **punto de fusión** y mayor **dureza** (NaCl funde a 801 °C; el MgO, a unos 2800 °C), y en general **menor solubilidad** en agua (la solubilidad depende también de la energía de hidratación: lo ves en el Tema 12).
- **Orden de magnitud:** aplicada al NaCl ($M = 1{,}748$; $d_0 = 282$ pm; $n = 8$) la ecuación de Born-Landé da unos 750 kJ/mol, cerca de los 787 kJ/mol del ciclo de Born-Haber. El modelo iónico funciona bien en este compuesto.

PREGUNTA RESUELTA (CASTILLA Y LEÓN · PAU 2025 EXTRAORDINARIA · APARTADO 1 A, 0,5 PUNTOS)

«Justifique razonadamente por qué el fluoruro de calcio ($\mathrm{CaF_2}$) tiene mayor punto de fusión que el bromuro de calcio ($\mathrm{CaBr_2}$).»

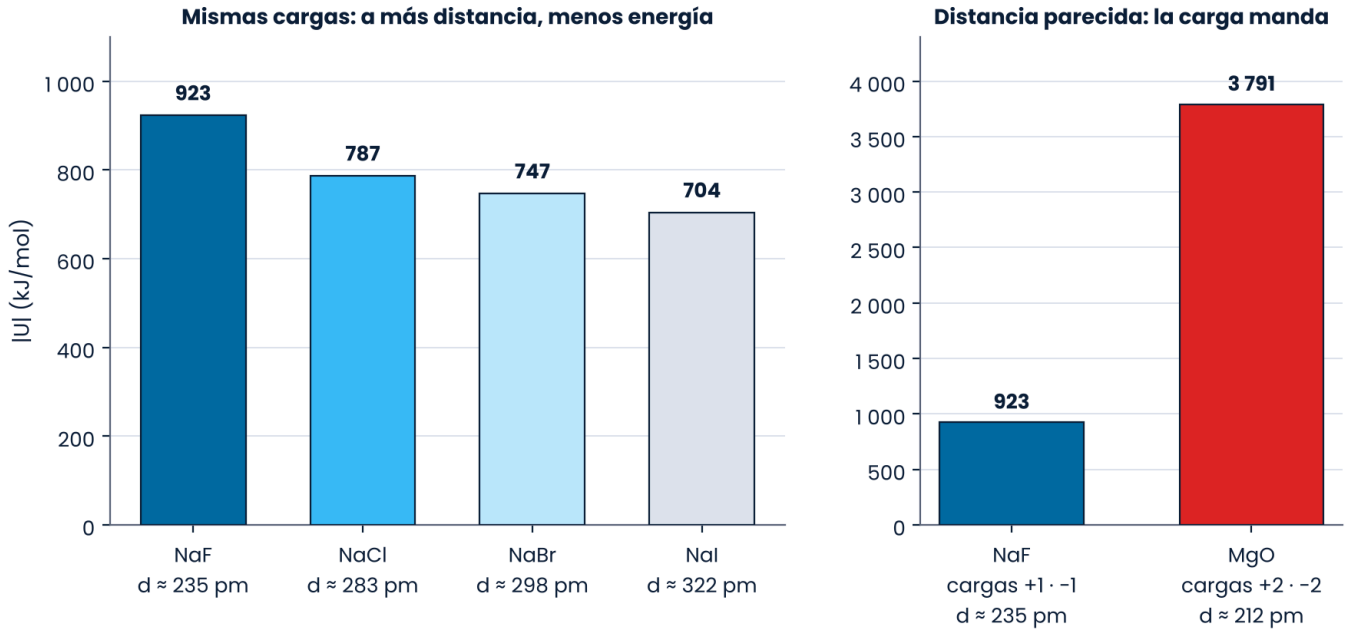
Respuesta modelo

Los dos son compuestos iónicos: para fundirlos hay que romper la red, y eso cuesta más cuanto mayor es la **energía reticular**. Según Born-Landé, $|U|$ es proporcional a $z^+z^-/(r^+ + r^-)$. Las cargas son las mismas en los dos ($\mathrm{Ca^{2+}}$ con $\mathrm{F^-}$ o con $\mathrm{Br^-}$) y el catión es el mismo, pero el $\mathrm{F^-}$ es mucho más pequeño que el $\mathrm{Br^-}$ (tiene dos capas menos), así que la distancia entre iones es menor en el $\mathrm{CaF_2}$. Su energía reticular es mayor y, por tanto, también su punto de fusión.

Por qué puntúa. Estructura que puntúa en todas las comunidades: tipo de sustancia → qué hay que romper → factor que cambia (aquí solo el tamaño del anión) → conclusión.

Born-Landé: solo para comparar

Murcia (Orientación sobre los contenidos, PAU 2027): «Energía reticular: factores de los que depende (comparaciones cualitativas con la Ec. de Born-Landé) y cálculos energéticos mediante el ciclo de Born-Haber». **Asturias** (ficha de Química 2025/2026, saber A.12): «Compara, de forma cualitativa, la fortaleza del enlace en distintos compuestos iónicos aplicando la fórmula de Born-Landé». Los números se calculan con el ciclo de Born-Haber, no con esta ecuación.



d = r(catión) + r(anión), radios iónicos de Shannon (IC 6). |U|: CRC Handbook (H. D. B. Jenkins); NaCl, 787 (ciclo de Born-Haber; el CRC da 786).

Energía reticular frente al tamaño y a la carga de los iones. Izquierda: con las mismas cargas, $|U|$ baja al crecer el anión. Derecha: con una distancia parecida, pasar de cargas $1 \cdot 1$ (NaF) a $2 \cdot 2$ (MgO) multiplica $|U|$ por unas cuatro.

4 El ciclo de Born-Haber, paso a paso

La energía reticular no se puede medir directamente. Se calcula con un **ciclo de Born-Haber**: la formación del sólido desde sus elementos se descompone en etapas cuya energía sí se conoce. Es la **ley de Hess** (Tema 8): la entalpía de formación es igual a la suma de las energías de todas las etapas, porque no depende del camino.

- **La ecuación del ciclo:**

$$\Delta H_f^\circ = \Delta H_{sub} + \tfrac{1}{2}D + EI + AE + U$$

Con $\Delta H_f^\circ(\mathrm{NaCl}) = -411$ kJ/mol: $-411 = 107 + 121{,}5 + 496 - 349 + U$, de donde $U = -786{,}5 \approx -787$ kJ/mol.

- **La reacción de formación** es la de un mol de compuesto a partir de sus elementos en su estado estándar: $\mathrm{Na\,(s)} + \tfrac{1}{2}\,\mathrm{Cl_2\,(g)} \longrightarrow \mathrm{NaCl\,(s)}$. Por eso el sodio parte **sólido** y el cloro como **molécula gaseosa**.
- **Despeja antes de sustituir:** escribe la ecuación general con símbolos, despeja la incógnita (puede ser U, ΔH_f°, ΔH_{sub}, D o AE) y después pon los números con su signo. Así lo hacen las soluciones oficiales de Murcia, Aragón y Asturias.
- **Cuidado con los nombres de los datos:** Asturias da la sublimación como «$\Delta_f H(\mathrm{K\,(g)})$» (entalpía de formación del átomo gaseoso) y la disociación como «$\Delta_f H(\mathrm{Cl\,(g)})$», que ya es la **mitad** de D; Extremadura llama «potencial de ionización» a la energía de ionización.
- **Rigor (no te lo van a pedir):** las EI y AE tabuladas son energías a 0 K y el resto son entalpías a 25 °C. La diferencia es de pocos kJ/mol y en la PAU se ignora.

1 Sublimación del metal

$\mathrm{Na\,(s)} \longrightarrow \mathrm{Na\,(g)}$, $\Delta H_{sub} = +107$ kJ/mol. Siempre positiva: hay que separar los átomos del metal.

2 Disociación del no metal

$\tfrac{1}{2}\,\mathrm{Cl_2\,(g)} \longrightarrow \mathrm{Cl\,(g)}$, $\tfrac{1}{2}D = \tfrac{1}{2} \cdot 243 = +121{,}5$ kJ/mol. Positiva: se rompe un enlace. Ojo al $\tfrac{1}{2}$: se necesita **un** átomo de Cl.

3 Ionización del metal

$\mathrm{Na\,(g)} \longrightarrow \mathrm{Na^+\,(g)} + \mathrm{e^-}$, $EI = +496$ kJ/mol. Siempre positiva (proceso endotérmico).

4 Afinidad electrónica del no metal

$\mathrm{Cl\,(g)} + \mathrm{e^-} \longrightarrow \mathrm{Cl^-\,(g)}$, $AE = -349$ kJ/mol. Negativa en los halógenos: se libera energía.

5 Formación de la red

$\mathrm{Na^+\,(g)} + \mathrm{Cl^-\,(g)} \longrightarrow \mathrm{NaCl\,(s)}$, energía reticular U, negativa: es la incógnita habitual.

PREGUNTA RESUELTA (ASTURIAS · PAU 2026 ORDINARIA · PREGUNTA 2, OPCIÓN A, 2,5 PUNTOS)

«Utilice un ciclo de Born-Haber para calcular la entalpía estándar de red, $\Delta_{red}H^\circ$, del $\mathrm{KCl\,(s)}$. Datos: $E_i(\mathrm{K}) = 418$ kJ mol⁻¹ (primera energía de ionización), $E_{ea}(\mathrm{Cl}) = -349$ kJ mol⁻¹ (primera afinidad electrónica), $\Delta_f H^\circ(\mathrm{KCl\,(s)}) = -437$ kJ mol⁻¹, $\Delta_f H^\circ(\mathrm{K\,(g)}) = 89$ kJ mol⁻¹ y $\Delta_f H^\circ(\mathrm{Cl\,(g)}) = 122$ kJ mol⁻¹.»

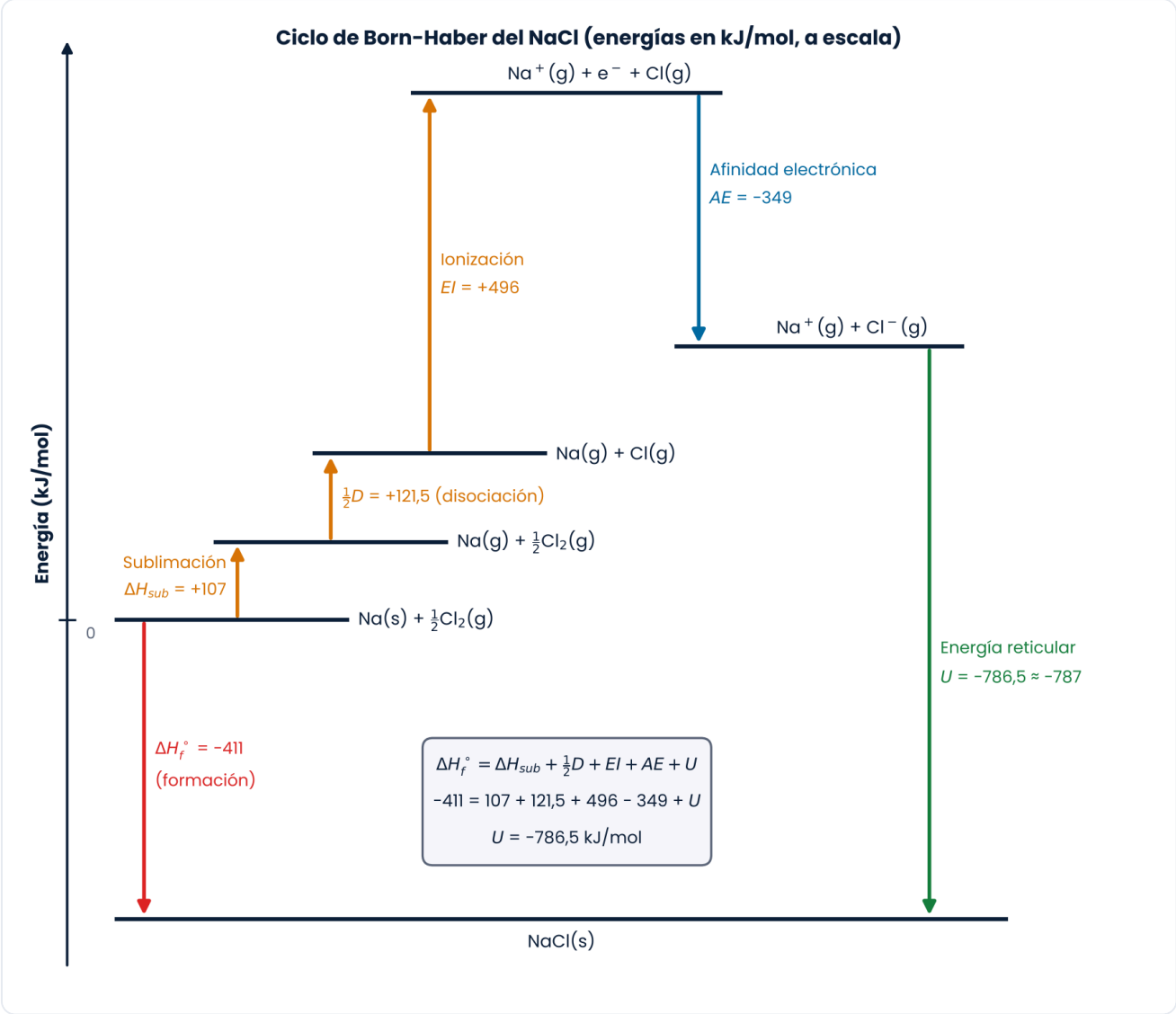
Respuesta modelo

Asturias define la entalpía de red como la de **romper** la red, $\mathrm{KCl\,(s)} \longrightarrow \mathrm{K^+\,(g)} + \mathrm{Cl^-\,(g)}$, así que sale positiva. Recorriendo el ciclo desde el sólido y volviendo a él, la suma es cero: $-\Delta_f H^\circ(\mathrm{KCl}) + \Delta_f H^\circ(\mathrm{K\,(g)}) + \Delta_f H^\circ(\mathrm{Cl\,(g)}) + E_i + E_{ea} - \Delta_{red}H^\circ = 0$. Sustituyendo: $437 + 89 + 122 + 418 - 349 - \Delta_{red}H^\circ = 0$, y $\Delta_{red}H^\circ(\mathrm{KCl}) = 717$ kJ/mol.

Por qué puntúa. La solución oficial da 717 kJ mol⁻¹, pero en su última línea escribe por error «$\Delta_{red}H(\mathrm{NaCl\,(s)})$»: el compuesto es el KCl. Puntuación oficial: 0,25 por cada una de las seis etapas y 1,00 por el resultado; se restan 0,25 si las unidades del resultado no son correctas.

El signo de la energía reticular depende de cómo la definas

Si U es la energía de **formar** la red desde los iones gaseosos (lo habitual en Murcia, Aragón, Extremadura o La Rioja), es **negativa**: $U(\mathrm{NaCl}) = -787$ kJ/mol. Si es la de **romperla** (la «entalpía de red» de muchos manuales, como el Atkins, y la que usa Asturias), es **positiva**: $+787$ kJ/mol. El valor absoluto es el mismo. Asturias lo dice en el acta de 13-11-2025: «no es relevante el signo que le adjudiquen, siempre que muestren claramente si la energía se desprende o si se absorbe, y que haya coherencia en el planteamiento y resolución».



Ciclo de Born-Haber del NaCl, a escala. Las tres primeras etapas suben (cuestan energía); la afinidad electrónica y, sobre todo, la energía reticular bajan. Como el ciclo se cierra, la flecha roja (ΔH_f°) es la suma de todas las demás.

5 Born-Haber con iones de carga 2 y con elementos líquidos

Los ciclos de examen casi nunca son el del NaCl: caen $\mathrm{MgCl_2}$ (Murcia 2026), CaO (Aragón 2025), $\mathrm{CaBr_2}$ (Castilla y León 2025) o KBr (Extremadura 2025). La regla es la misma: **escribe la reacción de formación ajustada** y cada coeficiente te dice cuántas veces entra cada etapa.

- **La segunda energía de ionización es siempre mayor que la primera** (se arranca un electrón de un ion ya positivo): en el Mg, $EI_1 = 738$ y $EI_2 = 1451$ kJ/mol. Aun así se forma $\mathrm{Mg^{2+}}$ y no $\mathrm{Mg^{+}}$, porque la energía reticular de una red con iones de carga 2 es mucho mayor y lo compensa con creces.
- **La segunda afinidad electrónica del oxígeno es positiva:** $\mathrm{O^-(g) + e^- \longrightarrow O^{2-}(g)}$ cuesta energía, porque hay que meter un electrón en un ion que ya es negativo y lo repele. Aragón la dio en 2025 como $AE_2 = 744$ kJ/mol. Si te la dan con signo positivo, súmala con ese signo.

- **Dibujo del ciclo:** en el examen se dibuja como un esquema de flechas (no hace falta escala), con cada especie con su estado de agregación y **el nombre de cada energía**. Es lo que puntúa: 1 punto de 2,5 en Madrid (2026), 1,25 de 2,5 en Extremadura (2025) y 1,5 de 2 en Aragón (2025).
- **Unidades y signos:** todo en kJ/mol. Antes de dar el resultado, comprueba el signo con química: la energía reticular de formación es negativa; sublimación, disociación, vaporización e ionización, positivas; la entalpía de formación de un sólido iónico estable, negativa.

Compuesto y formación	Qué cambia en el ciclo	Ecuación
$\mathrm{Mg(s) + Cl_2(g) \longrightarrow MgCl_2(s)}$	Dos ionizaciones; el $\mathrm{Cl_2}$ se disocia **entero**; dos afinidades	$\Delta H_f^\circ = \Delta H_{sub} + D + EI_1 + EI_2 + 2AE + U$
$\mathrm{Ca(s) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow CaO(s)}$	Dos ionizaciones; $\frac{1}{2}D$; primera y **segunda** afinidad del O	$\Delta H_f^\circ = \Delta H_{sub} + \frac{1}{2}D + EI_1 + EI_2 + AE_1 + AE_2 + U$
$\mathrm{K(s) + \frac{1}{2}Br_2(l) \longrightarrow KBr(s)}$	El bromo es **líquido**: antes de disociarlo hay que vaporizarlo	$\Delta H_f^\circ = \Delta H_{sub} + \frac{1}{2}\Delta H_{vap} + \frac{1}{2}D + EI + AE + U$
$\mathrm{Ca(s) + Br_2(l) \longrightarrow CaBr_2(s)}$	Vaporización y disociación del $\mathrm{Br_2}$ enteras; dos ionizaciones; dos afinidades	$\Delta H_f^\circ = \Delta H_{sub} + \Delta H_{vap} + D + EI_1 + EI_2 + 2AE + U$

Con el yodo, que es sólido, la etapa extra es la sublimación del $\mathrm{I_2}$. Con un óxido de un metal del grupo 1 ($\mathrm{Na_2O}$) se duplican la sublimación y la ionización del metal.

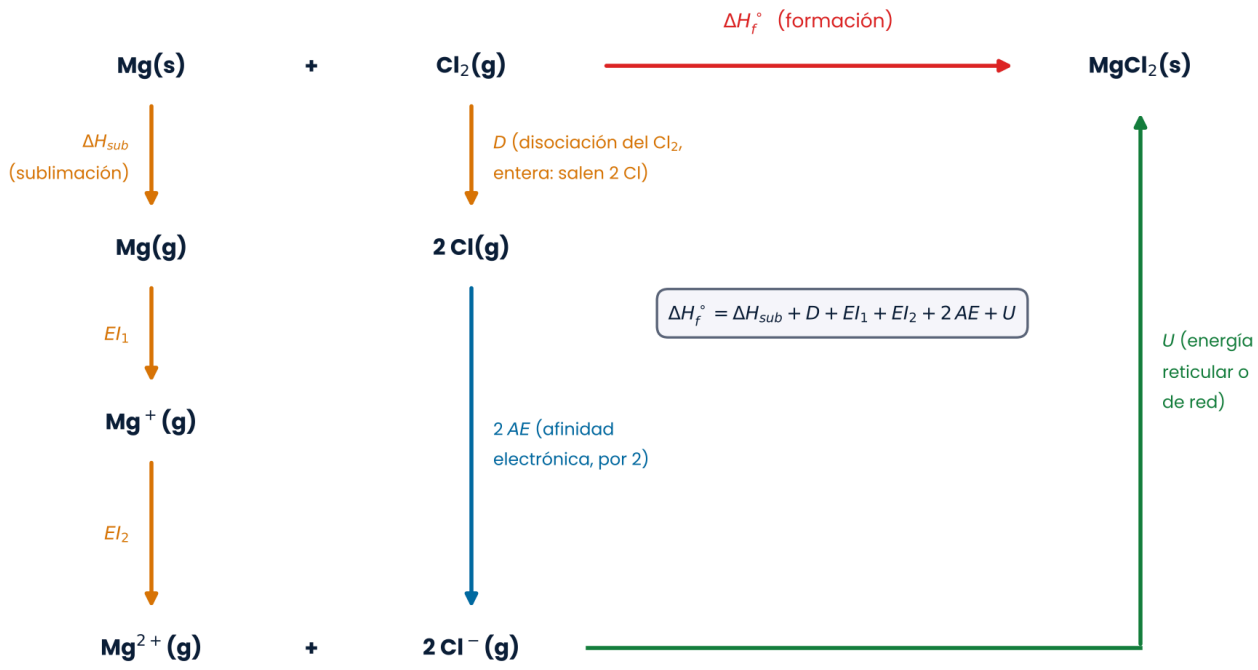
PREGUNTA RESUELTA (ARAGÓN · PAU 2025 EXTRAORDINARIA · PREGUNTA 5A B, 0,5 PUNTOS)

«Determine la entalpía de disociación del $\mathrm{O_2(g)}$ a partir de los siguientes datos: Energía de red del $\mathrm{CaO(s)}$: $\Delta H_{red} = -3411$ kJ·mol⁻¹; Entalpía estándar de formación del $\mathrm{CaO(s)}$: $\Delta H_f^o = -635$ kJ·mol⁻¹; Entalpía de sublimación del $\mathrm{Ca(s)}$: $\Delta H_{sub}(\mathrm{Ca}) = 178$ kJ·mol⁻¹; 1ª energía de ionización del $\mathrm{Ca(g)}$: $EI_1 = 596$ kJ·mol⁻¹; 2ª energía de ionización del $\mathrm{Ca(g)}$: $EI_2 = 1152$ kJ·mol⁻¹; 1ª Afinidad electrónica del $\mathrm{O(g)}$: $AE_1 = -141$ kJ·mol⁻¹; 2ª Afinidad electrónica del $\mathrm{O(g)}$: $AE_2 = 744$ kJ·mol⁻¹.»

Respuesta modelo

Formación: $\mathrm{Ca(s) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow CaO(s)}$, así que entra $\frac{1}{2}D$. Ciclo: $\Delta H_f^\circ = \Delta H_{sub} + \frac{1}{2}D + EI_1 + EI_2 + AE_1 + AE_2 + \Delta H_{red}$. Despejando: $D = 2\,(\Delta H_f^\circ - \Delta H_{sub} - EI_1 - EI_2 - AE_1 - AE_2 - \Delta H_{red}) = 2\,(-635 - 178 - 596 - 1152 + 141 - 744 + 3411) = 2 \cdot 247 = 494$ kJ/mol.

Por qué puntúa. Coincide con la solución oficial (494 kJ·mol⁻¹): 0,25 por la ecuación del ciclo y 0,25 por el resultado. El error típico es olvidar multiplicar por 2 y dar 247.



Cada flecha con su nombre: es lo que puntúa el dibujo (no hace falta escala).

Cómo se dibuja el ciclo de un MX_2 (aquí $MgCl_2$). Una columna para el metal (sublimación y dos ionizaciones) y otra para el no metal (disociación entera y dos afinidades); los iones gaseosos se unen en la red (U) y el ciclo se cierra con la formación (ΔH_f°).

6 Propiedades de los compuestos iónicos

Todas salen de lo mismo: una **red de iones** unidos por fuerzas electrostáticas intensas en todas las direcciones. Cuando te pidan justificar una propiedad, nombra la red y di qué hay que romper o mover.

- **Para deducir que una sustancia es iónica** busca la combinación: punto de fusión alto + no conduce en sólido + conduce fundida o en disolución. Es el tipo de dato que dan Galicia (848 °C frente a 76 °C, 2026) o Navarra ($NaCl$ y MgO fundidos, 2026). La tabla de los cuatro tipos de sustancias la tienes en el Tema 7.
- **Iónico frente a metal:** los dos tienen puntos de fusión altos, pero el metal conduce **también en estado sólido** (electrones libres) y es **dúctil y maleable**; el compuesto iónico es **frágil** y no conduce en estado sólido.
- **Compara con energías reticulares:** de dos compuestos iónicos, tiene mayor punto de fusión y dureza el de mayor $|U|$: $MgO > NaF$ (carga), $NaF > NaCl$ (tamaño), $CaO > KI$ (las dos cosas, Castilla y León 2026).

Propiedad	Por qué
Sólidos a temperatura ambiente, con puntos de fusión y ebullición altos (NaCl, 801 °C)	Para fundir hay que vencer la atracción entre iones en toda la red: hace falta mucha energía (energía reticular alta)
Duros (se rayan con dificultad)	Para rayar hay que romper muchas uniones entre iones de la superficie
Frágiles (se rompen al golpearlos)	Un golpe desplaza un plano de iones: quedan enfrentados iones del mismo signo, se repelen y el cristal se parte
No conducen en estado sólido	Los iones están fijos en la red y no hay electrones libres

Propiedad	Por qué
Conducen fundidos o disueltos	Los iones quedan libres y se mueven hacia los electrodos (conductores iónicos)
Muchos son solubles en agua (no en disolventes apolares)	Los dipolos del agua rodean a los iones (hidratación) y compensan la energía reticular; si no la compensan, la sal es poco soluble ($CaCO_3$, AgCl: Tema 12)

PREGUNTA RESUELTA (COMUNIDAD DE MADRID · MODELO 2025 · PREGUNTA 2B A, 0,75 PUNTOS)

«A temperatura ambiente, la sal común, $NaCl$, es un sólido cristalino y el $COCl_2$ es un gas. a) Explique el tipo de enlace intramolecular para cada una de las sustancias.»

Respuesta modelo

NaCl: enlace iónico. El Na (grupo 1, metal) cede su electrón 3s al Cl (grupo 17, no metal) y los dos alcanzan configuración de gas noble; los iones Na^+ y Cl^- se atraen electrostáticamente y forman una red cristalina (IC 6:6), de ahí que sea un sólido. **$COCl_2$: enlace covalente.** C, O y Cl son no metales con electronegatividades parecidas: comparten pares de electrones y forman moléculas independientes, unidas entre sí por fuerzas intermoleculares débiles, de ahí que sea un gas.

Por qué puntúa. La solución oficial dice exactamente esto: «NaCl: enlace iónico formado por cationes Na^+ y aniones Cl^-. $COCl_2$: C, O y Cl se unen compartiendo sus electrones a través de enlaces covalentes». Relacionar el enlace con el estado físico es lo que hace la respuesta completa.

7 Enlace metálico: el modelo de la nube electrónica

En un metal, los átomos ceden sus electrones de valencia a un «fondo común». Queda una red de **cationes** ordenados sumergida en una **nube (o gas) de electrones deslocalizados**, que se mueven libremente por todo el cristal y mantienen unidos a los cationes. No hay pares de electrones entre dos átomos concretos ni iones de signo contrario.

- **Redes muy empaquetadas:** los cationes se colocan lo más juntos posible. IC 12 (empaquetamiento compacto) en el cobre, el aluminio o el magnesio; IC 8 (cúbica centrada en el cuerpo, algo menos compacta) en el hierro (a temperatura ambiente) o el sodio.
- **Conductividad eléctrica y térmica altas**, también en estado sólido: con una diferencia de potencial, los electrones libres se desplazan; y transmiten la energía de vibración de un punto a otro. La conductividad de un metal **baja al subir la temperatura**, porque los cationes vibran más y estorban el paso de los electrones.
- **Dúctiles y maleables:** al golpear, un plano de cationes se desliza sobre otro y la nube electrónica se reajusta; no aparecen repulsiones como en un cristal iónico. Por eso se hacen hilos y láminas.
- **Brillo metálico:** los electrones libres absorben y reemiten la luz de casi todas las frecuencias.
- **Puntos de fusión muy variados:** desde el mercurio (−39 °C, líquido) o el galio (unos 30 °C) hasta el wolframio (3422 °C). El enlace es más fuerte cuantos **más electrones de valencia** aporta cada átomo y **más pequeño** es el catión: Na (98 °C) < Mg (650 °C); y en el grupo 1 baja al descender: Li (181 °C) > Na > K (63,5 °C).
- **No se disuelven en agua** ni en disolventes comunes (los alcalinos y algunos alcalinotérreos no se disuelven: **reaccionan** con el agua y desprenden hidrógeno); sí se mezclan entre ellos fundidos (**aleaciones**: bronce, latón, acero).

Castilla y León y Cataluña: solo la nube electrónica

La guía de calificación de **Castilla y León** (PAU 2027, igual que la de 2026) recoge «Modelo de la nube electrónica para explicar las propiedades características de los cristales metálicos» y «Conductividad eléctrica y térmica según el modelo del gas electrónico», sin la teoría de bandas del Real Decreto. El currículo de **Cataluña** (Decret 171/2022) tampoco menciona la teoría de bandas. En las dos es una omisión, no una exclusión: la teoría de bandas no ha caído en 2025-2026, pero no la des por imposible. En el resto de comunidades entran las dos.

8 Teoría de bandas: conductores, semiconductores y aislantes

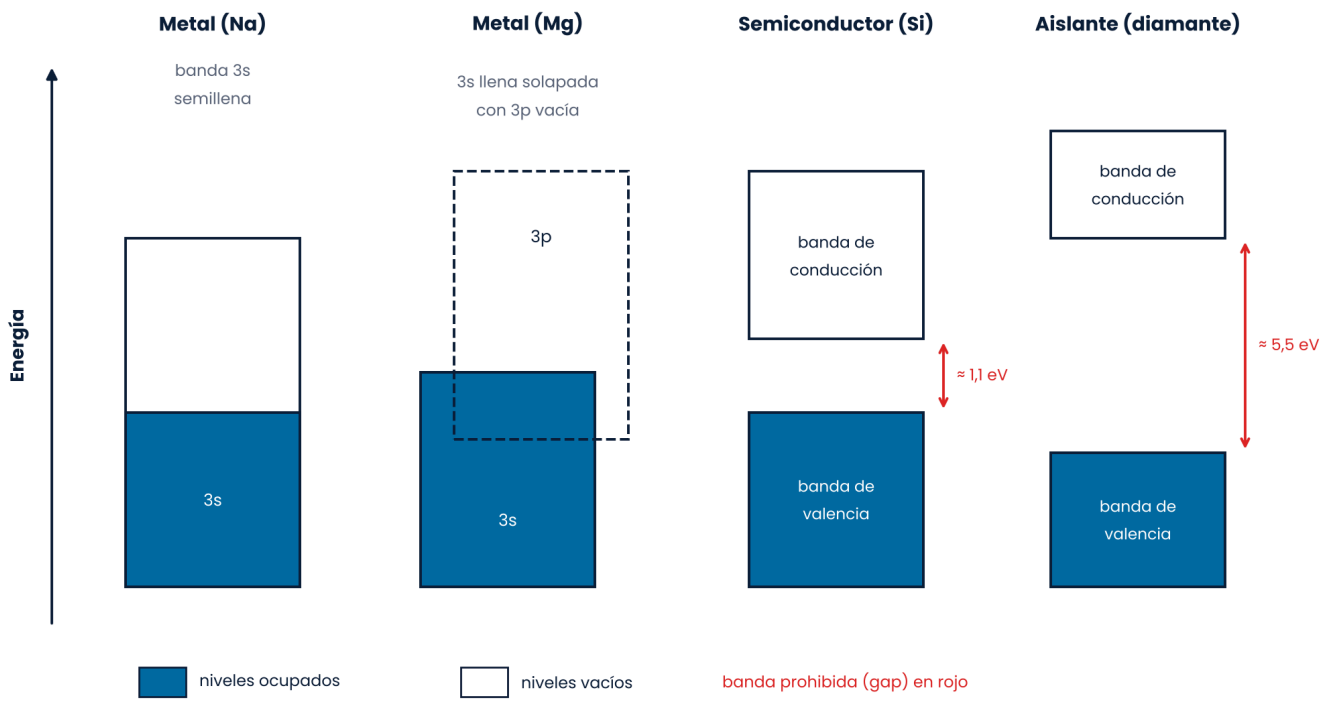
Cuando se unen N átomos, sus orbitales atómicos se combinan en N niveles de energía tan próximos que forman una **banda** casi continua. La **banda de valencia** es la de los electrones de valencia; la **banda de conducción**, la siguiente, vacía o parcialmente ocupada. Entre ellas puede haber una **banda prohibida** (*gap*): energías que ningún electrón puede tener. Un electrón solo conduce si tiene a su alcance niveles vacíos a los que pasar.

- **Conductor (metal):** la banda de valencia está **semillena** (Na: cada átomo aporta un electrón 3s a una banda que admite dos) o **solapada** con una banda vacía (Mg: la 3s, llena, se solapa con la 3p, vacía). Hay niveles libres justo encima de los ocupados: los electrones se mueven con una energía mínima.
- **Aislante:** banda de valencia llena y **banda prohibida grande** (diamante, unos 5,5 eV): a temperatura ambiente casi ningún electrón la salta.
- **Semiconductor:** banda de valencia llena y **banda prohibida pequeña** (silicio, unos 1,1 eV; germanio, unos 0,7 eV). Con energía térmica o luz, algunos electrones pasan a la banda de conducción y dejan **huecos** en la de valencia: conducen los dos. Su conductividad **aumenta al subir la temperatura**, al revés que en un metal.
- **Dopado:** se añade al silicio un poco de un elemento del grupo 15 (P, As), que aporta electrones a la banda de conducción (**tipo n**), o del grupo 13 (B, Ga), que crea huecos en la banda de valencia (**tipo p**). Así se controla la conductividad: diodos, transistores, células solares, LED.
- **Cómo se lee un diagrama de bandas en el examen** (Asturias 2025): banda parcialmente ocupada → conductor; banda llena y la siguiente vacía y lejana → aislante; banda llena y la siguiente cerca (con algunos electrones arriba o algunos huecos abajo) → semiconductor.

Material	Bandas	Al subir la temperatura
Conductor (metal)	Banda semillena o bandas solapadas	Conduce algo peor (la red vibra más)
Semiconductor	Banda prohibida pequeña (≈ 1 eV)	Conduce mejor (más electrones saltan)
Aislante	Banda prohibida grande (más de unos 3–4 eV)	Sigue sin conducir

Asturias y La Rioja añaden aplicaciones

Asturias (ficha 2025/2026, saber A.13): «Conoce y explica las siguientes aplicaciones de los semiconductores: la iluminación con LED y el análisis de los gases de combustión de los motores térmicos. Conoce y explica las siguientes aplicaciones de los superconductores: el diagnóstico clínico mediante imágenes de resonancia magnética y la levitación magnética». **La Rioja** (guía de calificación 2025-2026, rúbrica): «describe el comportamiento de un elemento como aislante, conductor o semiconductor eléctrico mediante la teoría de bandas [...] sobre algunas aplicaciones de los semiconductores y superconductores». Lo básico: en un **LED**, electrones y huecos se recombinan y emiten luz con una energía parecida a la de la banda prohibida; los **sensores de gases** usan óxidos semiconductores (como el SnO_2) cuya conductividad cambia al adsorber gases; un **superconductor** tiene resistencia nula por debajo de una temperatura crítica y expulsa el campo magnético (levitación); las bobinas superconductoras, enfriadas con helio líquido, crean el campo de las resonancias magnéticas.



Teoría de bandas. En azul, niveles ocupados. El sodio tiene la banda 3s a medio llenar; en el magnesio la 3s, llena, se solapa con la 3p, vacía: los dos conducen. El silicio (banda prohibida de unos 1,1 eV) es semiconductor y el diamante (unos 5,5 eV), aislante.

9 Qué te piden en tu comunidad

El tema sale en **40 de las 68 convocatorias** ordinarias y extraordinarias de 2025 y 2026, en 16 comunidades, casi siempre como apartado de una pregunta de estructura atómica y enlace. Lo que cambia de una comunidad a otra (en «Qué ha caído», solo ordinarias y extraordinarias salvo que se diga):

Comunidad	Qué ha caído (2025–2026)	Qué dicen los documentos oficiales
Andalucía	En ordinarias y extraordinarias no ha caído; sí, cualitativo, en la P1B de alguna reserva (2026: CaO frente a KBr)	Orientaciones 2026-27: «Aplicar el ciclo de Born-Haber para el cálculo de la energía reticular»
Aragón	Born-Haber del CaO, dibujo y cálculo (2025 extraordinaria, repetido en el modelo 2026); fórmula y enlace iónico, y si conducen el KI y el K sólidos (2026 ordinaria); temperaturas de fusión de Na, NH_3, Ne y $MgBr_2$ y cuál conduce (2026 extraordinaria)	Datos de Born-Haber dentro de la pregunta
Asturias	Born-Haber del KCl (2026 ordinaria, 2,5 puntos); diagramas de bandas (2025 extraordinaria); reconocer un sólido iónico por sus propiedades (2025 ordinaria)	Ficha 2025/2026: Born-Landé «de forma cualitativa»; aplicaciones de semiconductores y superconductores; el signo de la energía de red es libre si eres coherente
Illes Balears	Tipo de enlace, fórmula y propiedades de compuestos iónicos y de metales en las cuatro convocatorias	Decret 43/2025 (traducido del catalán): «Cálculo de la energía intercambiada en la formación de cristales iónicos. Relación con solubilidad, puntos de fusión, dureza». Born-Haber con cálculo no ha caído en 2024–2026
Canarias	Tipo de enlace iónico y fórmula (2026 ordinaria y extraordinaria)	Acta de 30-09-2026 sobre Born-Haber: «está en el currículo» […] «no tenemos que sistematizar el examen». No ha caído
Cantabria	Punto de ebullición y solubilidad del KCl frente al CCl_4 (2025 ordinaria); tipo de enlace y conductividad, punto de fusión del LiF (2025 extraordinaria)	Concreción: «Explica la conductividad eléctrica y térmica mediante el modelo del gas electrónico»
Castilla-La Mancha	Tipo de enlace iónico y metálico y propiedades (2026 ordinaria: I_2, Cu y CaO; 2026 extraordinaria: un metal y su compuesto iónico)	Orientación Crue 2025-26: «Teoría del enlace químico. Propiedades de las sustancias». Born-Haber y bandas no han caído
Castilla y León	Apartado 1, obligatorio: Born-Haber del $CaBr_2$ con cálculo (2025 extraordinaria; el enunciado da +315 kJ/mol para la vaporización del Br_2, cuando es de unos +31: errata); KI frente a CaO (2026 ordinaria)	Guía 2026: «Ciclo de Born-Haber en el cálculo de la energía reticular de cristales iónicos»; metales, solo la nube electrónica (la teoría de bandas no ha caído)
Cataluña	Enlace iónico cualitativo (2025 ordinaria y extraordinaria: red del LiCl)	Orientacions PAU-2027 (traducido del catalán): «no incluye hacer diagramas de Born-Haber, pero sí saber interpretarlos, extraer datos y hacer cálculos a partir de ellos». Sin teoría de bandas
Comunitat Valenciana	Fórmula por la regla del octeto y tipo de enlace (Ejercicio 3, optativo: 2025 extraordinaria, 2026 ordinaria)	Decreto 108/2022: «Modelo iónico. Explicación propiedades sólidos iónicos»; no recoge el ciclo de Born-Haber, que no ha caído. Matizaciones: estructuras del NaCl y del CsCl; «Modelo del gas electrónico y teoría de bandas»
Extremadura	Born-Haber del KBr con cálculo (2025 extraordinaria; modelo 2025, NaF); tipo de enlace iónico (2025, 2026); conductividad (2026)	En los datos de sus exámenes, la energía reticular y la afinidad electrónica van con signo negativo
Galicia	Enlace iónico (KCl, 2025; LiF y su punto de fusión, 2026); ¿conduce el estaño? (2026)	Orientacións 2026/2027: el bloque de enlace se pregunta solo con «CUESTIÓNS» razonadas, entre ellas «Tipo de enlace e enerxía de rede dos compostos iónicos»
La Rioja	Definir enlace iónico (2025 ordinaria); comparar energías reticulares de NaCl y $MgCl_2$ (2026 extraordinaria)	Rúbrica: teoría de bandas con aplicaciones de semiconductores y superconductores

Comunidad	Qué ha caído (2025–2026)	Qué dicen los documentos oficiales
Comunidad de Madrid	Energía de red comparada, tipo de sólido y propiedades; «Represente el ciclo de Born–Haber», sin cálculo (coincidente 2026, modelo 2025)	El ámbito de contenidos 2026-27 no lo limita; los cálculos de Born-Haber no han caído
Región de Murcia	Born-Haber del $MgCl_2$ con cálculo y comparación de energías de red (2026 extraordinaria)	Orientación 2027: Born-Haber con cálculos; Born-Landé, solo «comparaciones cualitativas»
Navarra	«Iónico o covalente» (2025, 2026); conductividad de NaCl y MgO fundidos (2026 ordinaria)	La guía pone el diagrama del ciclo de Born-Haber como ejemplo de justificación gráfica
País Vasco	Enlace iónico y metálico cualitativo (tipo de enlace, conductividad, solubilidad) en las cuatro convocatorias	Born-Haber no ha caído en 2024–2026

«No ha caído» describe lo que pasó en 2025–2026, no quiere decir que no pueda caer: solo está fuera lo que un documento oficial excluye.

10 Ejercicio resuelto: ciclo de Born-Haber del $MgCl_2$ y comparación de energías de red (Murcia 2026)

PAU REGIÓN DE MURCIA 2026 · CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA (JULIO) · BLOQUE 1, CUESTIÓN 1B (A ELEGIR ENTRE 1A Y 1B; 2 PUNTOS)

I) Dibuje el ciclo de Born-Haber para la formación del $\mathrm{MgCl_2\,(s)}$ a partir de $\mathrm{Mg\,(s)}$ y $\mathrm{Cl_2\,(g)}$, y determine su entalpía de formación ($\Delta H_f^\circ(\mathrm{MgCl_2\,(s)})$) a partir de los siguientes datos: (1,5 puntos) Entalpía de red del $\mathrm{MgCl_2\,(s)}$: $\Delta H_{red} = -2526$ kJ·mol⁻¹; Entalpía de sublimación del $\mathrm{Mg\,(s)}$: $\Delta H_{sub} = 148$ kJ·mol⁻¹; Entalpía de disociación del $\mathrm{Cl_2\,(g)}$: $\Delta H_{disoc} = 243$ kJ·mol⁻¹; Primera energía de ionización del $\mathrm{Mg\,(g)}$: $EI1 = 738$ kJ·mol⁻¹; Segunda energía de ionización del $\mathrm{Mg\,(g)}$: $EI2 = 1451$ kJ·mol⁻¹; Afinidad electrónica del $\mathrm{Cl\,(g)}$: $AE = -348$ kJ·mol⁻¹. II) Justifique si la energía de red del $\mathrm{MgCl_2\,(s)}$ será mayor o menor (en valor absoluto) que la del $\mathrm{CaBr_2\,(s)}$ (0,5 puntos)

I) Dibuje el ciclo de Born-Haber para la formación del $\mathrm{MgCl_2\,(s)}$ a partir de $\mathrm{Mg\,(s)}$ y $\mathrm{Cl_2\,(g)}$, y determine su entalpía de formación ($\Delta H_f^\circ(\mathrm{MgCl_2\,(s)})$) a partir de los siguientes datos. (1,5 puntos)

II) Justifique si la energía de red del $\mathrm{MgCl_2\,(s)}$ será mayor o menor (en valor absoluto) que la del $\mathrm{CaBr_2\,(s)}$. (0,5 puntos)

Apartado I)

1. **La idea:** te dan todas las etapas del ciclo menos la formación. Por la ley de Hess, la entalpía de formación es la suma de todas las demás. Lo primero, la reacción de formación ajustada, que dice cuántas veces entra cada etapa: $\mathrm{Mg\,(s) + \ Cl_2\,(g) \longrightarrow MgCl_2\,(s)}$.
2. **Etapas del ciclo** (el dibujo es el de la figura de la sección «Born-Haber con iones de carga 2…»): sublimación $\mathrm{Mg\,(s) \longrightarrow Mg\,(g)}$ (ΔH_{sub}); disociación $\mathrm{Cl_2\,(g) \longrightarrow 2\,Cl\,(g)}$ (ΔH_{disoc}, **entera**, porque hacen falta dos Cl); primera ionización $\mathrm{Mg\,(g) \longrightarrow Mg^+\,(g) + e^-}$ (EI_1); segunda ionización $\mathrm{Mg^+\,(g) \longrightarrow Mg^{2+}\,(g) + \ e^-}$ (EI_2); afinidad electrónica $\mathrm{2\,Cl\,(g) + \ 2\,e^- \longrightarrow 2\,Cl^-\,(g)}$ ($2\,AE$); formación de la red $\mathrm{Mg^{2+}\,(g) + \ 2\,Cl^-\,(g) \longrightarrow MgCl_2\,(s)}$ (ΔH_{red}).
3. **Ecuación del ciclo:**

$$\Delta H_f^\circ = \Delta H_{sub} + \Delta H_{disoc} + EI_1 + EI_2 + 2\,AE + \Delta H_{red}$$

4. **Sustituye con su signo:** $\Delta H_f^\circ = 148 + 243 + 738 + 1451 + 2 \cdot (-348) + (-2526)$. Las etapas que cuestan energía suman $148 + 243 + 738 + 1451 = 2580$ kJ/mol; las que la liberan, $-696 - 2526 = -3222$ kJ/mol.

5. $\Delta H_f^\circ = 2580 - 3222 = -642$ kJ/mol.

SOLUCIÓN $\Delta H_f^\circ(\mathrm{MgCl_2\,(s)}) = -642$ kJ/mol: la formación del cloruro de magnesio desde sus elementos es exotérmica. Lo que la hace posible es la enorme energía de red, que compensa las dos ionizaciones del magnesio (2189 kJ/mol entre las dos).

Apartado II)

1. **La idea:** comparar energías de red sin números es aplicar Born-Landé de forma cualitativa: $|U| \propto z^+z^-/(r^+ + r^-)$.
2. **Cargas:** iguales en los dos compuestos ($\mathrm{Mg^{2+}}$ y $\mathrm{Ca^{2+}}$; $\mathrm{Cl^-}$ y $\mathrm{Br^-}$). No deciden.
3. **Tamaños:** el $\mathrm{Mg^{2+}}$ (periodo 3) es más pequeño que el $\mathrm{Ca^{2+}}$ (periodo 4, una capa más), y el $\mathrm{Cl^-}$ (periodo 3) más pequeño que el $\mathrm{Br^-}$ (periodo 4). En el $\mathrm{MgCl_2}$ la distancia entre iones es menor.

SOLUCIÓN La energía de red del $\mathrm{MgCl_2}$ es **mayor en valor absoluto** que la del $\mathrm{CaBr_2}$: mismas cargas, pero iones más pequeños y más próximos.

Lo que puntúa. La solución oficial da el ciclo dibujado con flechas y el nombre de cada etapa, la ecuación «$\Delta H_f^\circ = \Delta H_{sub} + \Delta H_{disoc} + EI1 + EI2 + 2\,AE1 + \Delta H_{red}$» y «$\Delta H_f^\circ = -642$ kJ·mol⁻¹»; para II: «Será mayor la energía de red de $\mathrm{MgCl_2}$, porque las cargas de los iones son iguales en ambos compuestos, pero el tamaño de los iones es menor, tanto para anión como para catión, en $\mathrm{MgCl_2}$, por lo que la distancia entre los iones será menor y, por tanto, la energía reticular será mayor (según la ecuación de Born-Landé)». No hay reparto de la puntuación dentro del apartado; los criterios generales avisan: «un resultado expresado sin las unidades adecuadas no puntuará en su totalidad» y «deben aparecer todos los cálculos y pasos seguidos».

Error típico que te quita puntos. Poner $\frac{1}{2}\Delta H_{disoc}$ y una sola afinidad electrónica, como en el NaCl: sale $\Delta H_f^\circ = -415{,}5$ kJ/mol, mal. En un $\mathrm{MX_2}$ el $\mathrm{Cl_2}$ se disocia entero y hay **dos** afinidades. Otro error frecuente: olvidar la segunda energía de ionización.

11 Ejercicio resuelto: diagramas de bandas y fuerzas intermoleculares (Asturias 2025)

PAU PRINCIPADO DE ASTURIAS 2025 · CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA · PREGUNTA 2, OPCIÓN A (A ELEGIR ENTRE A Y B; 2,5 PUNTOS)

Pregunta 2. Opción A. (2,5 puntos) [El examen dibuja, sobre un eje de energía, cinco diagramas: **1**, banda inferior llena y banda superior vacía muy separadas; **2**, banda inferior llena y superior vacía, separadas por un hueco pequeño; **3**, igual que el 2 pero con una franja ocupada en el fondo de la banda superior; **4**, una sola banda ocupada solo en su mitad inferior; **5**, igual que el 2 pero con la parte alta de la banda inferior vacía. Para el apartado b dibuja las fórmulas desarrolladas de las vitaminas A (retinol: un anillo y una larga cadena de carbonos con un solo $-\mathrm{OH}$ al final) y C (ácido ascórbico: una molécula pequeña con cuatro $-\mathrm{OH}$).]

a) Se muestran, a continuación, los diagramas de bandas de cinco materiales diferentes (las zonas sombreadas representan niveles ocupados). Clasifique, razonadamente, cada uno de los materiales como un conductor, un aislante o un semiconductor eléctrico. (1,25 puntos)

b) Se muestran, a continuación, las fórmulas estructurales desarrolladas de las vitaminas A y C. Justifique cuál de las dos es más soluble en agua. (0,50 puntos)

c) Ordene razonadamente, de menor a mayor punto de ebullición, los siguientes hidrocarburos: metano, etano y propano. ¿Qué tipo de fuerza existe entre las moléculas de dichos hidrocarburos? (0,75 puntos)

Apartado a)

1. **La idea:** un material conduce si sus electrones tienen niveles vacíos **muy cerca** de los ocupados. Hay que mirar dos cosas en cada diagrama: si alguna banda está a medio llenar y cómo de grande es el hueco (banda prohibida) entre la banda llena y la vacía.
2. **Material 1: aislante.** Banda de valencia llena y banda de conducción vacía, separadas por una **banda prohibida grande**: los electrones no pueden saltarla, no hay niveles vacíos accesibles.
3. **Material 2: semiconductor.** Banda de valencia llena y de conducción vacía, pero con una **banda prohibida pequeña**: con un poco de energía (temperatura, luz) los electrones pasan a la banda de conducción.
4. **Material 3: semiconductor.** Mismo hueco pequeño que el 2, y ya hay algunos electrones en el fondo de la banda de conducción (excitados térmicamente o aportados por un dopante tipo n): conducen esos electrones.
5. **Material 4: conductor.** Una banda **parcialmente ocupada**: justo encima de los niveles llenos hay niveles vacíos de la misma banda, y los electrones se mueven con una energía mínima. Es el caso de un metal como el sodio.
6. **Material 5: semiconductor.** Hueco pequeño entre bandas, y la parte alta de la banda de valencia está vacía: hay **huecos** (como en un semiconductor tipo p), que permiten conducir.

SOLUCIÓN 1, aislante; 2, 3 y 5, semiconductores; 4, conductor. Coincide con la solución oficial.

Apartado b)

1. **La idea:** «lo semejante disuelve a lo semejante». El agua es polar y forma enlaces (puentes) de hidrógeno; una molécula se disuelve bien en agua si puede formar muchos puentes de hidrógeno con ella. Es materia del Tema 7.
2. **Vitamina A:** tiene un solo grupo $-\mathrm{OH}$ y una cadena hidrocarbonada muy larga, apolar (hidrófoba), que solo da fuerzas de London.
3. **Vitamina C:** molécula pequeña con cuatro grupos $-\mathrm{OH}$ (y otros oxígenos), que forman muchos puentes de hidrógeno con el agua.

SOLUCIÓN La vitamina C es mucho más soluble en agua que la A (la A es liposoluble: se disuelve en grasas).

Apartado c)

1. **La idea:** los tres son hidrocarburos **apolares**: entre sus moléculas solo hay **fuerzas de dispersión (de London)**, que crecen con el número de electrones y el tamaño de la molécula (más polarizable).
2. Número de electrones: $\mathrm{CH_4}$, 10; $\mathrm{C_2H_6}$, 18; $\mathrm{C_3H_8}$, 26. Cuanto mayor la molécula, más intensas las fuerzas de London y más energía hace falta para separar las moléculas al hervir.

SOLUCIÓN Punto de ebullición: metano < etano < propano. Las fuerzas entre sus moléculas son fuerzas de dispersión o de London.

Lo que puntúa. Desglose oficial: a) «1 Aislante (argumentado) 0,25», «2 Semiconductor (argumentado) 0,25», «3 Semiconductor (argumentado) 0,25», «4 Conductor (argumentado) 0,25» y «5 Semiconductor (argumentado) 0,25», con la idea de que «La separación entre las bandas de valencia y de conducción, junto con sus diferentes ocupaciones, permite clasificar los materiales»; b) «Cadena hidrofóbica en la vitamina A 0,25» y «Número de grupos OH → Puentes de hidrógeno 0,25»; c) «Orden (argumentado) 0,50» y «Fuerzas de dispersión (o de London) 0,25». La palabra «argumentado» se repite en las casillas de a) y c): una clasificación sin razonar no puntúa.

Error típico que te quita puntos. Llamar «aislante» al material 2 porque su banda de conducción está vacía: lo que distingue un aislante de un semiconductor no es si la banda de arriba tiene electrones, sino **el tamaño de la banda prohibida**. Y en el 4, decir que es semiconductor porque «tiene una banda vacía»: hay una sola banda a medio llenar, y eso es un conductor.

12 Ejercicio resuelto: enlace iónico o covalente según la electronegatividad (Cataluña 2025)

PAU CATALUÑA 2025 · CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA · EJERCICIO 2 (OBLIGATORIO; 2,5 PUNTOS)

La determinación de propiedades atómicas y la modelización de las estructuras formadas por interacción entre átomos han sido esenciales en la construcción del conocimiento de la química. El desarrollo de nuevas sustancias y materiales y el análisis estructural continúan siendo foco de atención en proyectos de investigación e innovación. El enlace covalente y el enlace iónico son modelos muy útiles para interpretar las propiedades de las sustancias, pero los enlaces reales tienen un porcentaje de enlace covalente e iónico que se basa sobre todo en la diferencia de electronegatividad. En general, si la diferencia de electronegatividad entre los átomos es superior a 1,7, el enlace tendrá más de un 50 % de carácter iónico, mientras que si es menor de 1,7, el porcentaje de carácter iónico será inferior al 50 %. [Imágenes: A) Molécula de cloruro de berilio ($BeCl_2$), tres esferas en línea, Cl–Be–Cl; B) Red tridimensional del cloruro de litio ($LiCl$), iones Li^+ pequeños y Cl^- grandes alternados en un cubo.] Datos: H (Z = 1), electronegatividad 2,1; Li (Z = 3), 1,0; Be (Z = 4), 1,5; O (Z = 8), 3,5; Cl (Z = 17), 3,0.

a) Explique a qué tipo de enlace corresponden estas imágenes (A y B) y justifique la geometría o estructura de estos compuestos y qué tipo de enlace predomina, utilizando los datos de electronegatividad de la tabla adjunta. Represente las estructuras de Lewis del $BeCl_2$ y del H_2O. Justifique, mediante la teoría de repulsión de pares de electrones de la capa de valencia (RPECV), las geometrías de las moléculas de cloruro de berilio (imagen A) y del agua, y razone si se trata de moléculas polares o apolares. (1,25 puntos)

b) Los valores de las primeras energías de ionización del litio y del berilio son, respectivamente, 520,3 y 899,5 kJ mol^{-1}. Razone por qué las energías de ionización tienen signo positivo. Indique a qué grupo y periodo pertenece cada uno de los elementos. Explique, a partir de su configuración electrónica y el modelo atómico de cargas eléctricas, por qué es mayor la energía de ionización del berilio que la del litio. (1,25 puntos)

Apartado a)

1. **La idea:** el texto te da el criterio ($\Delta\chi$ frente a 1,7) y la tabla, los valores. Calcula $\Delta\chi$ para cada pareja y relaciónalo con lo que muestra cada imagen: una molécula aislada (covalente) o una red de iones (iónico).
2. **Imagen A, $BeCl_2$:** $\Delta\chi = 3{,}0 - 1{,}5 = 1{,}5 < 1{,}7$, menos de un 50 % de carácter iónico: **predomina el enlace covalente**. Por eso se representa como una molécula (en estado gaseoso), con el Be como átomo central y geometría lineal.
3. **Imagen B, LiCl:** $\Delta\chi = 3{,}0 - 1{,}0 = 2{,}0 > 1{,}7$, más de un 50 % de carácter iónico: **predomina el enlace iónico**. No hay moléculas, sino una **red cristalina tridimensional** de iones Li^+ y Cl^- alternados, en la que cada ion está rodeado a la menor distancia por iones de signo contrario (6, como en el NaCl), de modo que las atracciones superan a las repulsiones.
4. **Lewis del H_2O:** electrones de valencia $6 + 2 \cdot 1 = 8$ (4 pares). El O se une a cada H por un par compartido y conserva 2 pares solitarios. **Lewis del $BeCl_2$:** $2 + 2 \cdot 7 = 16$ electrones (8 pares): $Cl{-}Be{-}Cl$, cada Cl con 3 pares solitarios y el Be con solo 2 pares a su alrededor (excepción al octeto, la ves en el Tema 6).
5. **RPECV:** en el $BeCl_2$ el Be tiene 2 pares, los dos enlazantes: se colocan a 180°, **geometría lineal**. En el H_2O el O tiene 4 pares (forma básica tetraédrica), 2 enlazantes y 2 no enlazantes: **geometría angular** (unos 104,5°).
6. **Polaridad:** los dos enlaces Be–Cl son polares, pero en una molécula lineal sus momentos dipolares son iguales y opuestos y se anulan: $BeCl_2$ **apolar**. En el agua, angular, los momentos de los dos enlaces O–H no se anulan: H_2O **polar**.

SOLUCIÓN A: molécula covalente lineal y apolar ($\Delta\chi = 1{,}5$). B: red iónica tridimensional ($\Delta\chi = 2{,}0$). El agua es angular y polar.

Apartado b)

1. **Signo positivo:** la energía de ionización es la energía que hay que **aportar** para arrancar el electrón más externo de un átomo gaseoso: el electrón está atraído por el núcleo, así que el proceso es endotérmico. Es el mismo signo con el que entra en el ciclo de Born-Haber.
2. **Grupo y periodo:** Li ($Z = 3$): $1s^2\,2s^1$, periodo 2 ($n = 2$), grupo 1. Be ($Z = 4$): $1s^2\,2s^2$, periodo 2, grupo 2.
3. **Por qué $EI(\mathrm{Be}) > EI(\mathrm{Li})$:** los dos tienen el electrón más externo en la capa $n = 2$, pero el Be tiene un protón más en el núcleo (más carga positiva) y el electrón añadido está en la misma capa, así que apantalla poco: la carga nuclear efectiva es mayor y el radio del Be es menor. Por la ley de Coulomb, el electrón está más atraído y cuesta más arrancarlo. Lo ves con detalle en el Tema 4.

SOLUCIÓN Li: grupo 1, periodo 2; Be: grupo 2, periodo 2. $EI(\mathrm{Be}) = 899{,}5$ kJ/mol $> EI(\mathrm{Li}) = 520{,}3$ kJ/mol por la mayor carga nuclear efectiva y el menor radio del berilio.

Lo que puntúa. Criterios oficiales (traducidos del catalán): a) tipo de enlace de A y B con la diferencia de electronegatividad, «3,0 - 1,5 = 1,5 < 1,7 (menos del 50 % de carácter iónico)» y «3,0 - 1,0 = 2 > 1,7 (más del 50 % de carácter iónico)», 0,40; Lewis del H_2O, 0,20, y del $BeCl_2$, 0,20; geometría del $BeCl_2$, 0,15, y del agua, 0,15; polaridad de las dos, 0,15. b) signo de la EI («es un proceso endotérmico»), 0,25; configuraciones, 0,10; grupo y periodo, 0,20 cada elemento; radio del Be menor, 0,25; EI del Be mayor, 0,25. Norma general: «un error no se ha de penalizar dos veces» y un error de formulación resta 0,5 en el apartado.

Error típico que te quita puntos. Decir que el $BeCl_2$ es iónico «porque el Be es un metal»: el propio enunciado da el criterio y $\Delta\chi = 1{,}5$ es menor que 1,7. Y en b), explicar la mayor EI del berilio solo con «está más a la derecha»: hay que hablar de carga nuclear, radio y atracción.

Conceptos clave

Enlace iónico

Unión entre iones de signo contrario por atracción electrostática, después de que un metal ceda electrones a un no metal. Forma redes cristalinas, no moléculas.

Red cristalina

Disposición ordenada y repetida en las tres direcciones del espacio de las partículas de un sólido (iones, en un compuesto iónico; cationes y nube electrónica, en un metal).

Índice de coordinación (IC)

Número de iones de signo contrario que rodean a un ion a la menor distancia en la red. NaCl, 6:6; CsCl, 8:8; CaF_2, 8:4.

Energía reticular (energía de red)

Energía que se libera al formarse un mol de cristal iónico a partir de sus iones gaseosos (negativa); si se define para romper la red, es positiva y tiene el mismo valor absoluto. Crece con la carga de los iones y al disminuir su tamaño.

Ciclo de Born-Haber

Aplicación de la ley de Hess a la formación de un compuesto iónico: la entalpía de formación es la suma de sublimación, disociación, ionización, afinidad electrónica y energía reticular. Sirve para calcular la energía reticular.

Ecuación de Born-Landé

Expresión teórica de la energía reticular: proporcional al producto de las cargas de los iones e inversamente proporcional a la distancia entre ellos, con la constante de Madelung y el exponente de Born. En la PAU se usa para comparar.

Constante de Madelung

Número que recoge el efecto de la geometría de la red en la energía reticular (1,748 en la estructura del NaCl; 1,763 en la del CsCl).

Entalpía de sublimación

Energía necesaria para pasar un mol de sustancia de sólido a gas; en el ciclo, la del metal para obtener átomos gaseosos. Siempre positiva.

Energía de disociación

Energía necesaria para romper un mol de enlaces de una molécula diatómica gaseosa en sus átomos ($Cl_2 \rightarrow 2\ Cl$). Siempre positiva.

Afinidad electrónica

Energía intercambiada cuando un átomo gaseoso en estado fundamental capta un electrón. En los halógenos es negativa (se libera energía); la segunda afinidad del oxígeno es positiva.

Enlace metálico

Unión de los átomos de un metal: una red de cationes en una nube de electrones de valencia deslocalizados que se mueven por todo el cristal.

Modelo de la nube electrónica

Modelo del enlace metálico (también «gas» o «mar» de electrones) que explica la conductividad, el brillo, la ductilidad y la maleabilidad por la existencia de electrones libres.

Teoría de bandas

Modelo en el que los orbitales de los átomos de un sólido forman bandas de energía casi continuas. Explica por qué un material es conductor, semiconductor o aislante.

Banda prohibida (gap)

Intervalo de energías entre la banda de valencia y la de conducción que ningún electrón puede tener. Pequeño en un semiconductor (≈ 1 eV), grande en un aislante.

Semiconductor

Material con la banda de valencia llena y una banda prohibida pequeña (Si, Ge). Su conductividad aumenta con la temperatura y se controla con dopado (tipo n o tipo p).

Superconductor

Material que, por debajo de una temperatura crítica, conduce la corriente sin ninguna resistencia y expulsa el campo magnético (levitación).

MODO PAU

Siete claves que valen puntos

Fórmula ajustada primero

Escribe la reacción de formación ($\mathrm{Mg\,(s)} + \mathrm{Cl_2\,(g)} \longrightarrow \mathrm{MgCl_2\,(s)}$): sus coeficientes dicen si va D o $\frac{1}{2}D$, una o dos AE, una o dos EI.

Ciclo con nombres

En el dibujo, cada flecha con la especie, su estado de agregación y **el nombre de la energía**: es lo que puntúa (1–1,5 puntos en Madrid, Extremadura o Aragón).

Despeja con símbolos

Ecuación general → despeje → números con su signo → resultado en **kJ/mol**. Sin unidades, Murcia y Asturias restan.

Signo coherente

U de formación de la red, negativa; la de romperla, positiva. Elige una y sé coherente (Asturias lo dice en su acta).

Born-Landé con palabras

$|U| \propto z^+z^-/(r^+ + r^-)$: compara **primero las cargas** y, si son iguales, los tamaños. Di «según Born-Landé».

Propiedad → red

Cada propiedad de un compuesto iónico se justifica con la red de iones: qué hay que romper (fusión), qué se mueve (conductividad), qué se repele (fragilidad).

Bandas: mira el hueco

Banda a medio llenar → conductor; **hueco pequeño** → semiconductor; **hueco grande** → aislante. Razona cada material: «argumentado» es lo que puntúa.

Cómo te lo pueden preguntar

- Tipo de enlace entre dos elementos (dados por su posición o su configuración), fórmula del compuesto iónico, propiedades (punto de fusión, conductividad, solubilidad) o comparar energías reticulares: salió en 37 de las 68 convocatorias ordinarias y extraordinarias de 2025 y 2026, en 16 comunidades.
- Enlace metálico: reconocer el metal de una lista (tipo de enlace, punto de fusión), explicar la conductividad con la nube electrónica, por qué un metal conduce y un sólido iónico no, o clasificar materiales con diagramas de bandas: salió en 14 de las 68 convocatorias, en 8 comunidades.
- Ciclo de Born-Haber con cálculo (energía reticular, entalpía de formación, de sublimación o de disociación): salió en 5 de las 68 convocatorias, en 5 comunidades (Aragón, Asturias, Castilla y León, Extremadura y Murcia). Representarlo sin cálculo, además, en Madrid (coincidente de 2026).

No lo confundas

- **Energía reticular de formación** ($U < 0$, iones gaseosos → sólido) con **entalpía de red** (> 0, sólido → iones gaseosos): mismo valor absoluto, signo contrario. Mira cómo la define el enunciado.
- **Afinidad electrónica como se da en la PAU** (energía de $\mathrm{X\,(g)} + \mathrm{e^-} \longrightarrow \mathrm{X^-\,(g)}$, -349 kJ/mol para el Cl) con la definición de la IUPAC (energía para quitar el electrón al anión, $+349$). Usa el signo que te den.

- **Energía de disociación** (D, un mol de $\mathrm{Cl_2}$ → 2 mol de Cl) con lo que entra en el ciclo del NaCl ($\frac{1}{2}D$): solo en un $\mathrm{MX_2}$ va entera.
- **Fórmula de un compuesto iónico** (proporción de iones en la red) con **fórmula molecular**: en el NaCl no hay moléculas de NaCl.
- **Duro con tenaz:** un cristal iónico es duro (no se raya) pero frágil (se rompe al golpearlo).
- **Conductor iónico con conductor metálico:** el NaCl fundido conduce porque se mueven iones; un metal conduce en estado sólido porque se mueven electrones.
- **Semiconductor con aislante:** los dos tienen la banda de valencia llena; lo que cambia es el tamaño de la banda prohibida. Y al calentar, un semiconductor conduce mejor; un metal, peor.

Ponte a prueba

PAU Extremadura 2025 (extraordinaria), Apartado 1, Ejercicio 1.1 (a elegir entre 1.1 y 1.2; 2,5 puntos). Se sabe que el $\mathrm{K(s)}$ y el $\mathrm{Br_2(l)}$ reaccionan entre sí para dar bromuro de potasio, $\mathrm{KBr(s)}$. a) Construir el ciclo de Born-Haber e indicar cada una de sus etapas. b) Calcular la entalpía de sublimación del $\mathrm{K(s)}$. Datos (en kJ·mol⁻¹): entalpía de formación del $\mathrm{KBr(s)}$ = -391,80; energía reticular (U) del $\mathrm{KBr(s)}$ = -681,70; entalpía de vaporización del $\mathrm{Br_2(l)}$ = 30,70; entalpía de disociación del $\mathrm{Br_2(g)}$ = 193,50; potencial de ionización del $\mathrm{K(g)}$ = 418,40; afinidad electrónica del $\mathrm{Br(g)}$ = -321,86. Puntuación máxima por apartado: a) 1,25 puntos; b) 1,25 puntos.

Solución: a) Formación: $\mathrm{K(s) + \tfrac{1}{2}\,Br_2(l) \longrightarrow KBr(s)}$ (ΔH_f°). Etapas: sublimación del potasio, $\mathrm{K(s) \longrightarrow K(g)}$ (ΔH_{sub}); vaporización de medio mol de bromo, $\mathrm{\tfrac{1}{2}\,Br_2(l) \longrightarrow \tfrac{1}{2}\,Br_2(g)}$ ($\frac{1}{2}\Delta H_{vap}$); disociación, $\mathrm{\tfrac{1}{2}\,Br_2(g) \longrightarrow Br(g)}$ ($\frac{1}{2}D$); ionización, $\mathrm{K(g) \longrightarrow K^+(g) + e^-}$ (EI); afinidad electrónica, $\mathrm{Br(g) + e^- \longrightarrow Br^-(g)}$ (AE); formación de la red, $\mathrm{K^+(g) + Br^-(g) \longrightarrow KBr(s)}$ (U). **b)** $\Delta H_f^\circ = \Delta H_{sub} + \frac{1}{2}\Delta H_{vap} + \frac{1}{2}D + EI + AE + U$, de donde $\Delta H_{sub} = \Delta H_f^\circ - \frac{1}{2}\Delta H_{vap} - \frac{1}{2}D - EI - AE - U = -391{,}80 - 15{,}35 - 96{,}75 - 418{,}40 + 321{,}86 + 681{,}70 = +81{,}26$ kJ/mol, como la solución oficial. Positiva, como toda sublimación. Criterios: 0,50 por el ciclo y 0,75 por indicar las etapas; 1,25 por el resultado.

PAU Comunidad de Madrid 2026 (coincidente, extraordinaria), Pregunta 2A (a elegir entre 2A y 2B; 2,5 puntos). 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.

Solución: a) X: Na, grupo 1, $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^1$. Y: Cl (el único gas diatómico del periodo 3), grupo 17, $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^5$. Z: Ar, grupo 18, $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6$. **b)** Enlace **iónico**: el Na, metal de baja energía de ionización, cede su electrón 3s al Cl, no metal de alta afinidad electrónica; los dos quedan con configuración de gas noble ($\mathrm{Na^+}$ como el Ne, $\mathrm{Cl^-}$ como el Ar) y los iones se atraen formando una red cristalina. Fórmula: NaCl. **c)** $\mathrm{Na\,(s)} + \frac{1}{2}\,\mathrm{Cl_2\,(g)} \longrightarrow \mathrm{NaCl\,(s)}$, ΔH_f°, entalpía de formación estándar del $\mathrm{NaCl\,(s)}$. Etapas: $\mathrm{Na\,(s)} \longrightarrow \mathrm{Na\,(g)}$, entalpía de sublimación del Na; $\frac{1}{2}\,\mathrm{Cl_2\,(g)} \longrightarrow \mathrm{Cl\,(g)}$, la mitad de la entalpía de disociación del $\mathrm{Cl_2}$; $\mathrm{Na\,(g)} \longrightarrow \mathrm{Na^+\,(g)} + \mathrm{e^-}$, primera energía de ionización del Na; $\mathrm{Cl\,(g)} + \mathrm{e^-} \longrightarrow \mathrm{Cl^-\,(g)}$, primera afinidad electrónica del Cl; $\mathrm{Na^+\,(g)} + \mathrm{Cl^-\,(g)} \longrightarrow \mathrm{NaCl\,(s)}$, energía de red o reticular. Se cumple $\Delta H_f^\circ = \Delta H_{sub} + \frac{1}{2}D + EI_1 + AE_1 + U_R$. Es lo que da la solución oficial (es el ciclo de la figura de la sección «El ciclo de Born-Haber, paso a paso»).

PAU Galicia 2026 (extraordinaria), Pregunta 4, apartado 4.1 (a elegir entre 4.1 y 4.2; 2,5 puntos). Dados los elementos A, B y C de configuraciones electrónicas A = $1s^2\,2s^1$, B = $1s^2\,2s^2\,2p^2$ y C = $1s^2\,2s^2\,2p^5$: 4.1.1. Defina la afinidad electrónica y ordene los elementos A, B y C de menor a mayor afinidad electrónica razonando la respuesta. (1 punto) 4.1.2. Justifique qué tipo de enlace se formará entre los elementos A y C. (1 punto) 4.1.3. Asigne razonadamente una de las siguientes temperaturas de fusión a la especie formada en el apartado anterior 4.1.2.: 848 °C o 76 °C. (0,5 puntos)

Solución: 4.1.1 La afinidad electrónica es la energía intercambiada cuando un átomo neutro, en estado gaseoso y fundamental, capta un electrón y forma un anión: $\mathrm{X\,(g)} + \mathrm{e^-} \longrightarrow \mathrm{X^-\,(g)}$. A (Li, $Z = 3$), B (C, $Z = 6$) y C (F, $Z = 9$) están en el periodo 2; hacia la derecha aumenta la carga nuclear efectiva, el electrón que entra está más atraído y el átomo se acerca a la configuración de gas noble, así que se libera más energía. De menor a mayor afinidad electrónica: **A < B < C**. **4.1.2** A es el litio, metal que tiende a perder su electrón $2s^1$ ($\mathrm{Li^+}$, $1s^2$); C es el flúor, no metal que tiende a ganar uno ($\mathrm{F^-}$, $1s^2\,2s^2\,2p^6$). La transferencia da iones con configuración de gas noble que se atraen electrostáticamente: enlace **iónico**, compuesto LiF, formando una red cristalina. **4.1.3** El LiF es un sólido iónico: para fundirlo hay que vencer las atracciones entre los iones en toda la red, y además sus iones son pequeños, con una energía reticular muy alta. Le corresponde **848 °C** (76 °C sería propio de una sustancia molecular). Coincide con la solución oficial (en gallego).

Fuentes

1. Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato (Química: «Ciclo de Born-Haber. Energía intercambiada en la formación de cristales iónicos»; «Modelos de la nube electrónica y la teoría de bandas»)
2. PAU Región de Murcia 2026, extraordinaria (julio): examen y soluciones
3. PAU Asturias 2025, extraordinaria: examen resuelto y criterios de corrección

4. PAU Asturias 2026, ordinaria: examen resuelto y criterios de corrección
5. PAU Cataluña 2025, extraordinaria: examen (versión en castellano)
6. PAU Cataluña 2025, extraordinaria: criterios de corrección (en catalán)
7. PAU Aragón 2025, extraordinaria: examen y criterios
8. PAU Extremadura 2025, extraordinaria: examen
9. PAU Extremadura 2025, extraordinaria: criterios de corrección
10. PAU Comunidad de Madrid 2026, coincidente (extraordinaria): examen y soluciones
11. PAU Comunidad de Madrid, modelo 2025: examen y soluciones
12. PAU Galicia 2026, extraordinaria: examen (castellano)
13. PAU Galicia 2026, extraordinaria: criterios (gallego)
14. PAU Castilla y León 2025, extraordinaria: examen
15. Universidad de Murcia: Orientación sobre los contenidos del examen de Química (PAU 2027)
16. Universidad de Oviedo: Información sobre la PAU, curso 2025/2026, Química (ficha de la materia)
17. Universidad de Oviedo: Acta de la reunión de coordinación PAU 2025-2026, Química (13-11-2025)
18. Cataluña: Orientacions per a l'examen de la matèria Química de les PAU-2027 (versión de 12-11-2026)
19. Junta de Castilla y León: Guía de calificación de Química, PAU 2027 (23-10-2026; mismo contenido que la de 2026)
20. CiUG: Orientacións, curso 2026/2027
21. Decret 43/2025, currículum del batxillerat a les Illes Balears (BOIB núm. 103, 4-8-2025)
22. Decreto 108/2022, del Consell (Comunitat Valenciana), currículo de Bachillerato (DOGV núm. 9404)
23. Gobierno de Canarias: Acta de la 1.ª reunión de coordinación de Química PAU 2027 (30-09-2026)
24. CRC Handbook of Chemistry and Physics, tabla «Lattice energies» (H. D. B. Jenkins): NaF 923, NaCl 786, NaBr 747, NaI 704, MgO 3791, $MgCl_2$ 2526 kJ/mol
25. NIST Chemistry WebBook (entalpías de formación y energías de ionización)
26. IUPAC Gold Book: electron affinity
27. R. D. Shannon (1976), «Revised effective ionic radii», Acta Crystallographica A32, 751–767
28. Petrucci, Herring, Madura y Bissonnette, Química general, 11.ª ed., Pearson (enlace iónico, ciclo de Born-Haber, teoría de bandas)
29. Madrid: Modelo 2027 de Química con soluciones y «Ámbito de contenidos de la materia Química», curso 2026-2027 (Comisión de Materia; versión corregida publicada por la UAM, 6-11-2026)

Imágenes: Celdas del NaCl y del CsCl: Farmeando PAU, esquema de elaboración propia (Python y matplotlib). · Energía reticular, tamaño y carga: Farmeando PAU, gráfico de elaboración propia (Python y matplotlib) con energías reticulares del CRC Handbook of Chemistry and Physics (tabla «Lattice energies», H. D. B. Jenkins; para el NaCl da 786 kJ/mol y aquí se usa 787, el valor del ciclo de Born-Haber de la sección siguiente) y radios iónicos de Shannon. · Ciclo de Born-Haber del NaCl: Farmeando PAU, esquema de elaboración propia (Python y matplotlib). · Esquema de Born-Haber de un MX_2: Farmeando PAU, esquema de elaboración propia (Python y matplotlib). · Diagramas de bandas: Farmeando PAU, esquema de elaboración propia (Python y matplotlib).

Apuntes de Farmeando PAU · farmeandopau.com · Revisados frente a fuentes. Última revisión: 15 de noviembre de 2026. Licencia CC BY-NC-ND 4.0: puedes copiarlo y compartirlo citándonos, sin uso comercial ni cambios (las imágenes, con su propia licencia). ¿Un error? Avísanos desde la página del tema. Cómo los hacemos: farmeandopau.com/metodologia.