

Metales

Contenidos

Introducción.

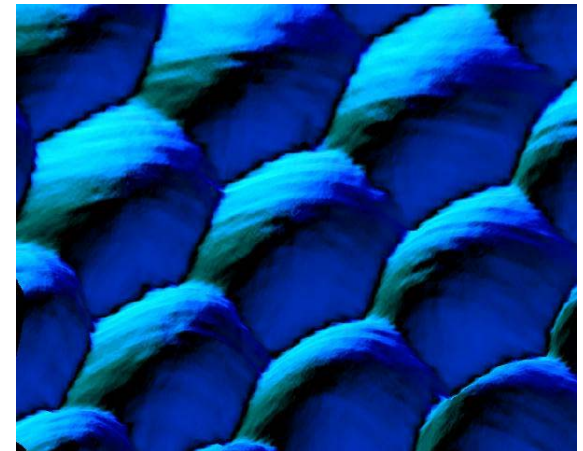
Propiedades de los metales.

Metales alcalinos.

Propiedades Físicas.

Propiedades Químicas: estabilidad de estados de oxidación.

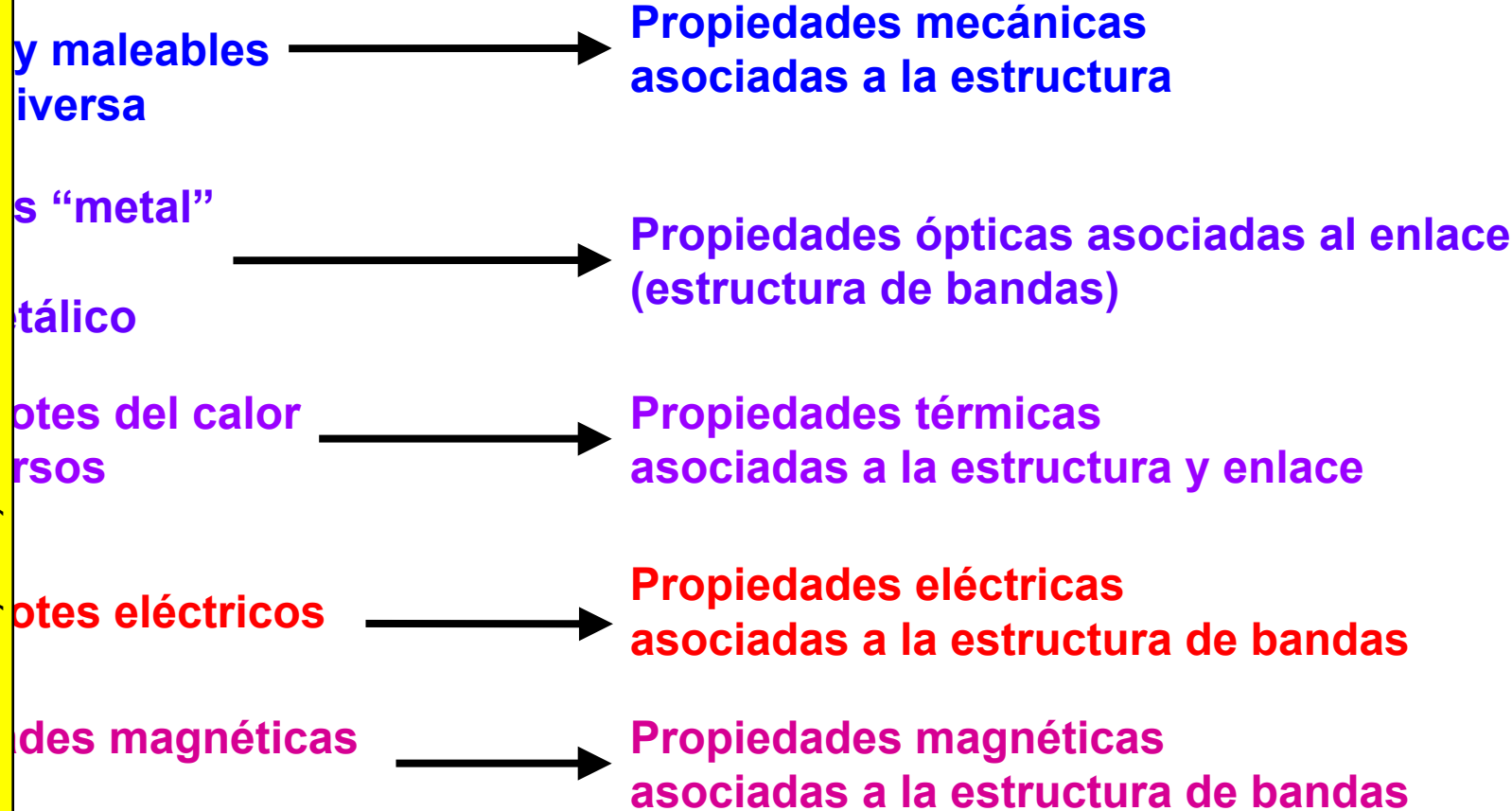
Procesos de obtención de metales.



ción.

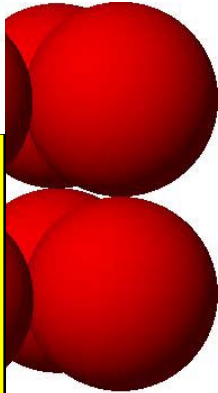
elementos claramente NO metales, el resto son metaloides o **METALES**

Los se caracterizan por una serie de **propiedades físicas y químicas comunes a todos** ellos.

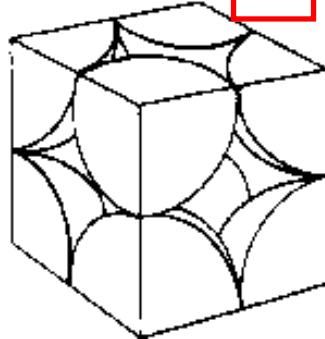


ras de los metales.

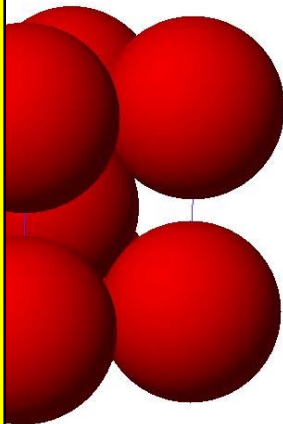
simple



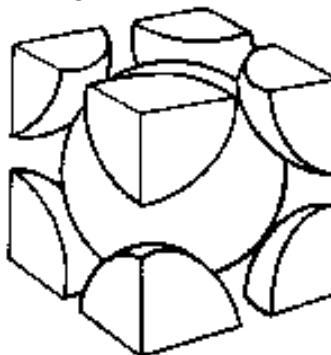
Type of Packing	Packing Efficiency	Coordination Number
Simple cubic (sc)	52%	6



centrada en el cuerpo (CCC)



Type of Packing	Packing Efficiency	Coordination Number
Body-centered cubic (bcc)	68%	8

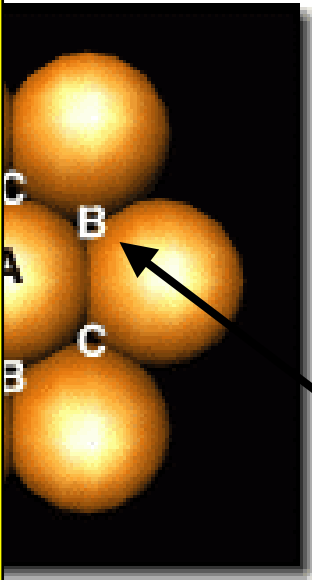


Redes compactas (cúbica y hexagonal)

Compacto

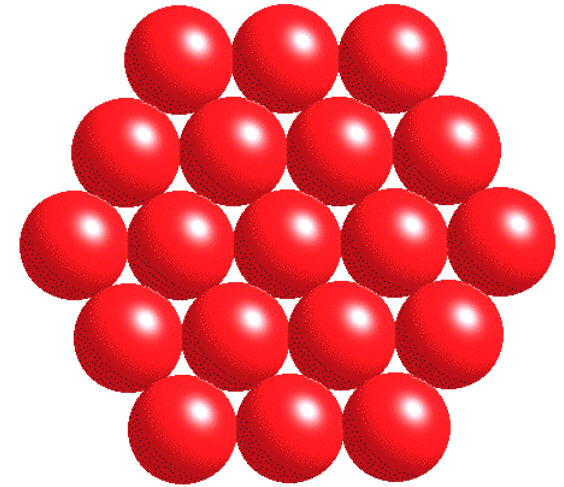
El átomo está coordinado a 6 átomos

Red compacta de un plano

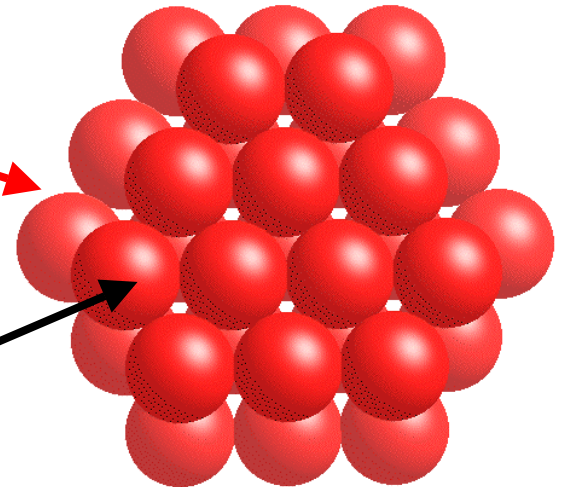


Apilamiento de planos compactos

Plano tipo A



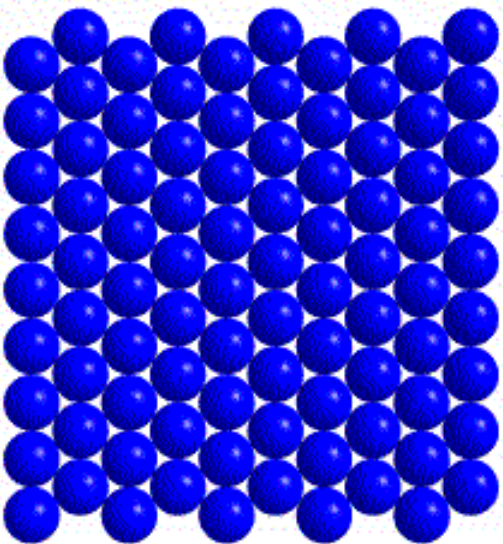
Plano tipo A



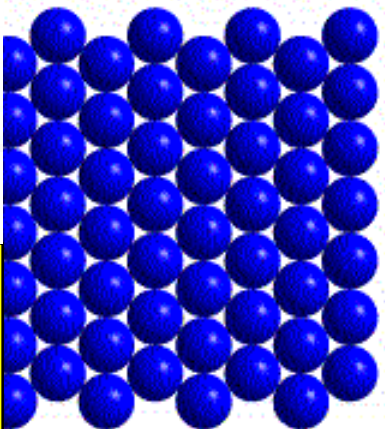
Plano tipo B

La posición relativa del tercer plano apilado determina que se forme la estructura cúbica o hexagonal compacta.

Cúbica Compacta (CC o FCC)



Hexagonal Compacta (HC)



Cartagena99

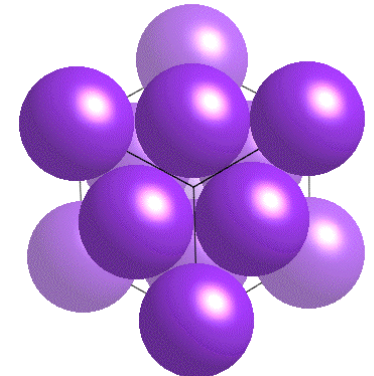
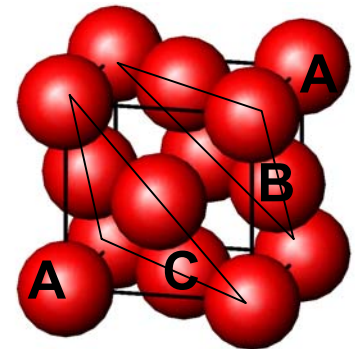
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

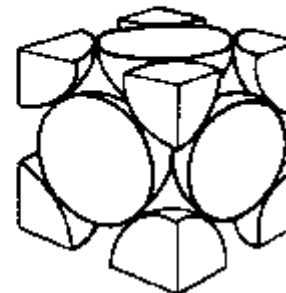
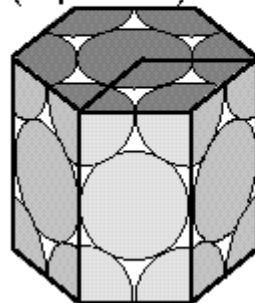
al Compacta (HCP) Cúbica Compacta (CCP o FCC)



Cubic closest packed structure



Type of Packing	Packing Efficiency	Coordination Number
Hexagonal close-packed (hcp)	74%	12
Cubic close-packed (ccp or fcc)	74%	12



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

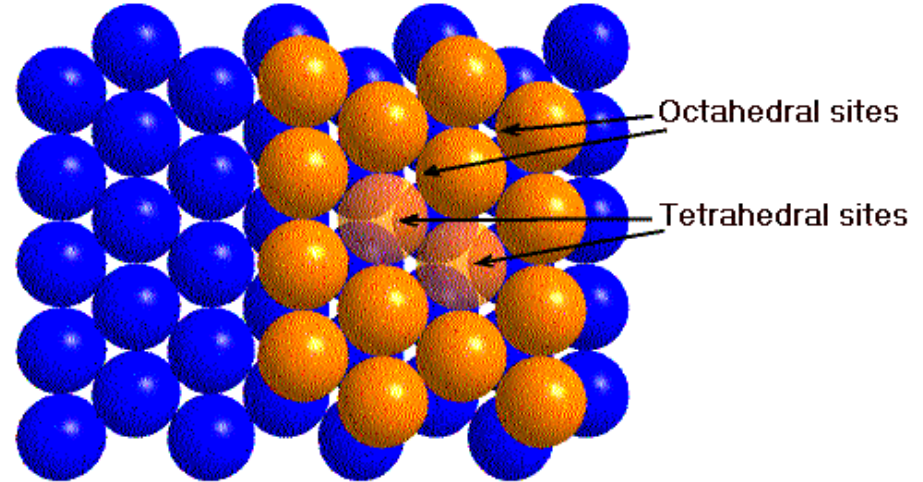
en estructuras compactas (cúbica y hexagonal)

Las compactas son muy densas pero quedan huecos (26% volumen):

con N átomos

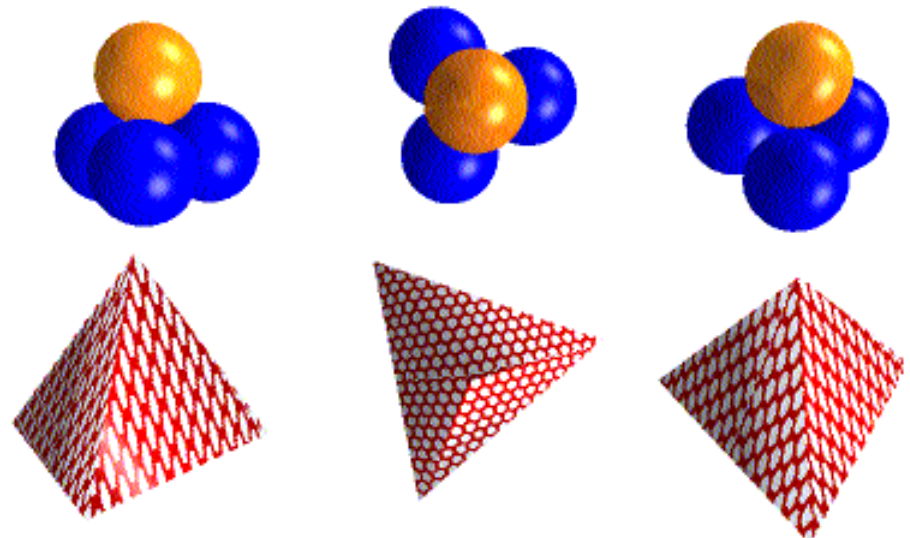
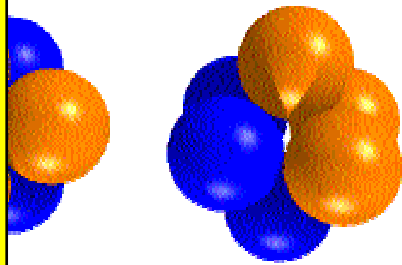
N huecos octaédricos

Los tetraédricos son más que los octaédricos



Huecos tetraédricos (Td)

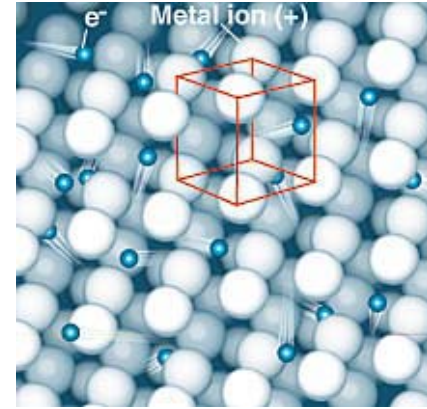
octaédricos (Oh)



metálico.

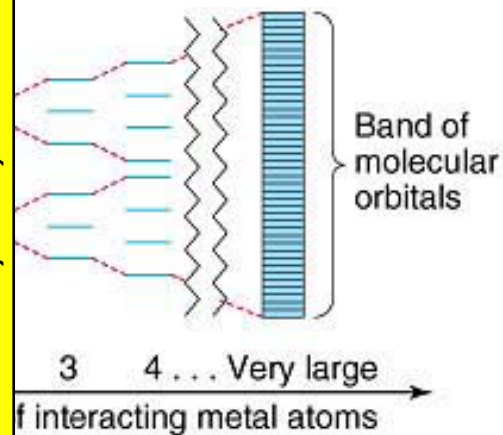
de mar de electrones

Los iones positivos se encuentran embebidos en un mar de electrones moviéndose libremente.



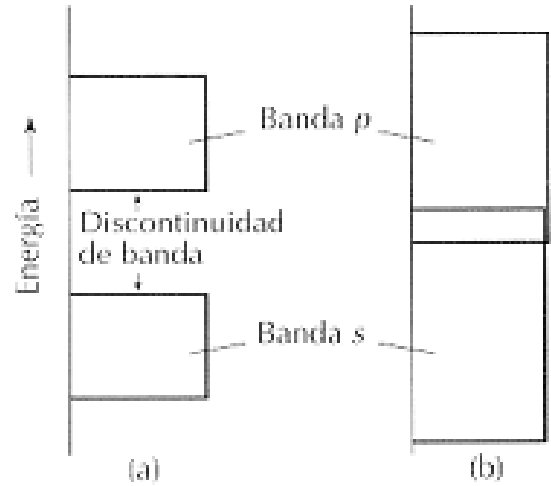
de bandas

De la teoría de los OM: N átomos dan N orbitales que tienen una separación extremadamente pequeña entre cada par de niveles de energía sucesivos. A efectos prácticos forman un continuo: **BANDA**



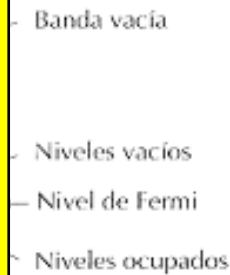
Características enlace metálico

- 1.- Enlace **NO direccional**.
- 2.- Los **electrones pertenecen al conjunto** de átomos.
- 3.- **Todos los electrones** compartidos contribuyen al **enlace**.

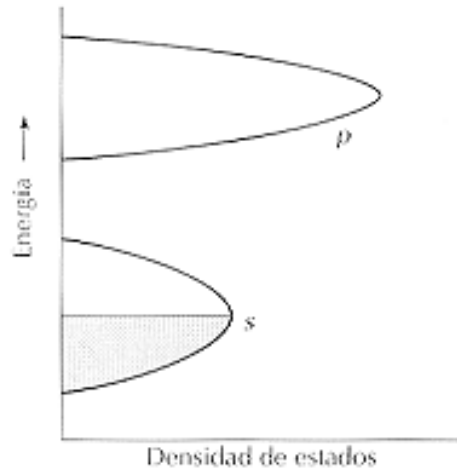


electrónica ("O.M.") de
 presenta **bandas** de orbitales
 por **discontinuidades** de
 en las que no hay

Bandas s y p de sólido (a). El que exista o no
GAP entre ellas depende de la separación de
 los orbitales s y p de los átomos y del grado de
 interacción. Si la interacción es fuerte las
 bandas se ensanchan y pueden solaparse (b)



Fermi es el último nivel

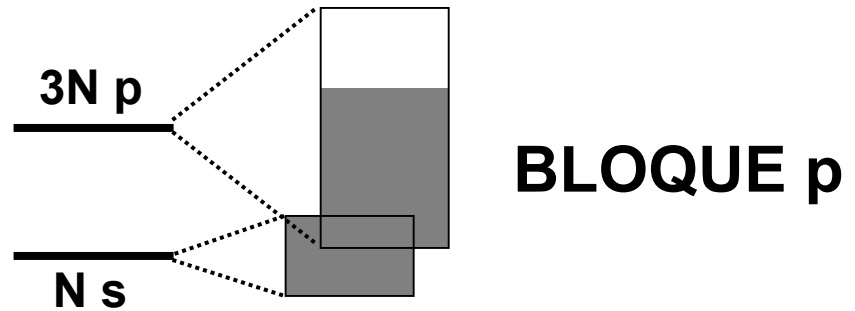
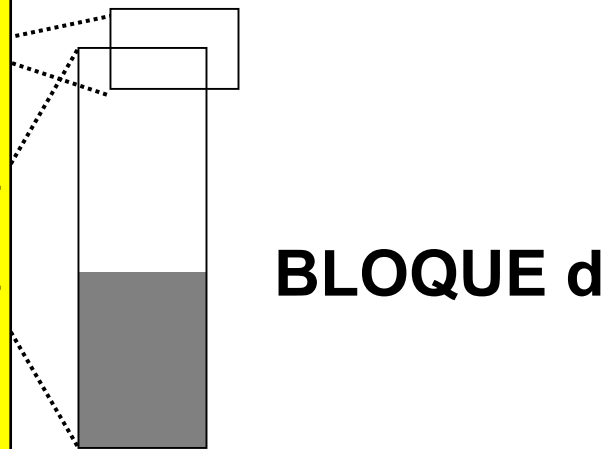
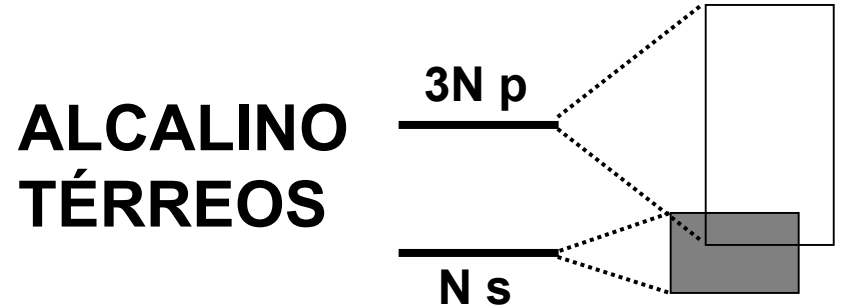
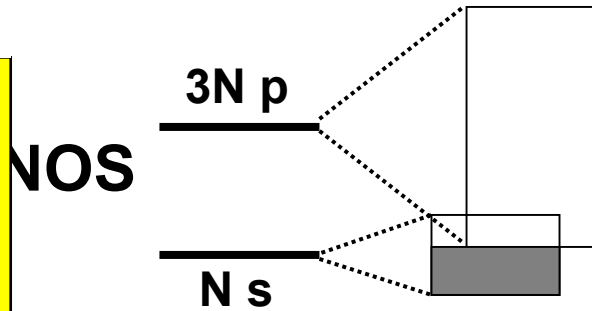


**El número de estados
 electrónicos posibles
 para cada energía no
 tiene que ser idéntico. Se
 mide con la **densidad de
 estados** (DOS).**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

La estructura de bandas de los metales

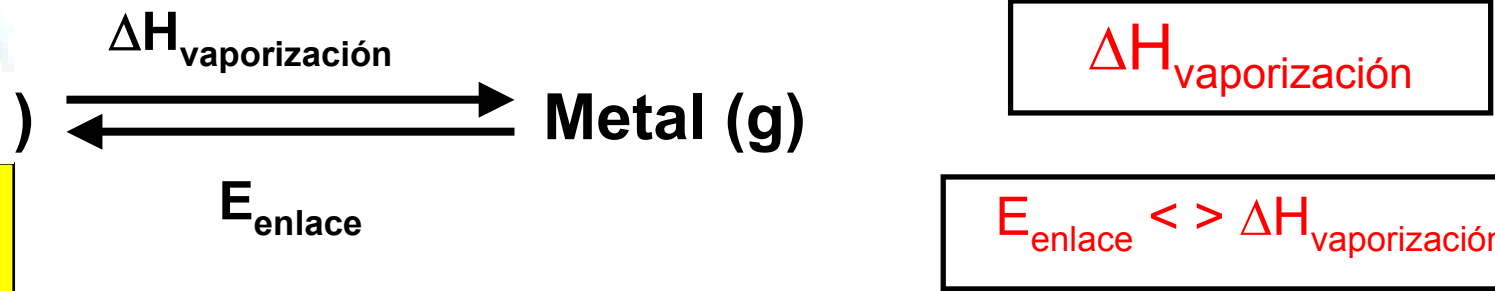
La estructura de bandas de un metal depende de: la **Energía** de los átomos que la forman y de la **Estructura Cristalina** del metal.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

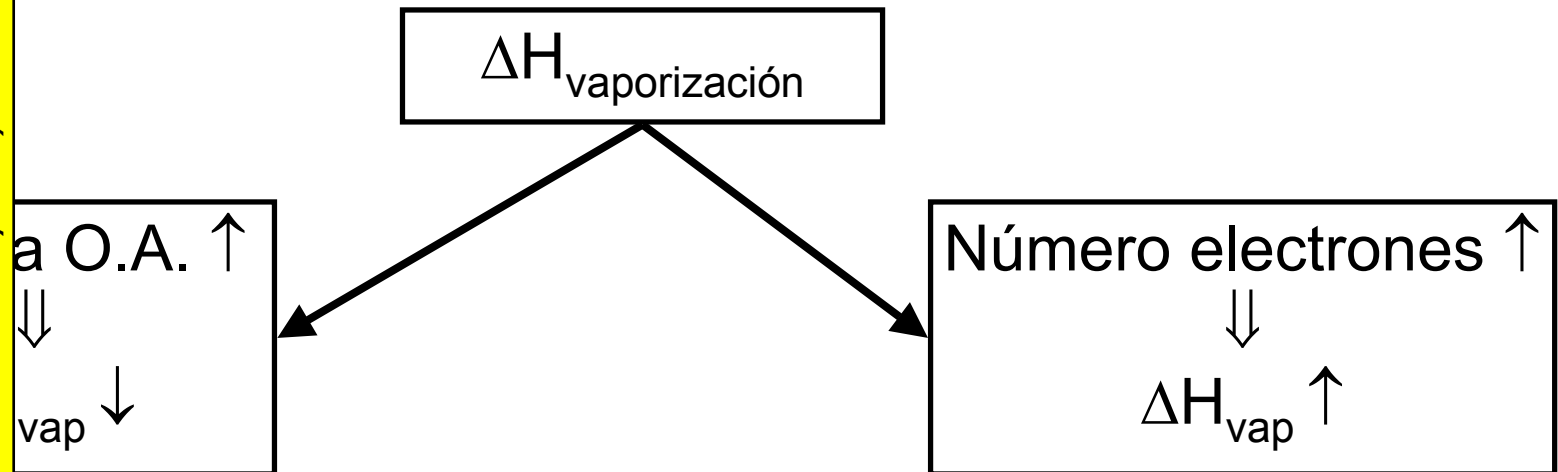
el enlace metálico

se relaciona experimentalmente con la energía de vaporización



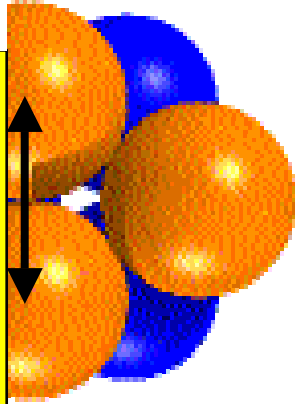
La **energía del enlace metálico** depende de:

Energía de los Orbitales Atómicos que forman las bandas y
Número de Electrones cedidos a las bandas.



el enlace metálico y radio metálico:

$\frac{1}{2} d_{\text{Me-Me}}$



El radio metálico depende de:

a) el radio atómico

y de la

b) energía de enlace metálico

radio atómico aumenta el radio metálico aumenta

energía de enlace metálico aumenta el

radio metálico disminuye

ques s y p: En general ΔH_{vap} disminuye al descender en el Grupo

alcalinos

	Li	Na	K	Rb
ΔH_{vap} (KJmol ⁻¹)	163	108	83	79

número de electrones transferidos a las bandas es constante (uno en este caso) que al descender en el grupo la E_{OA} aumenta: luego disminuye ΔH_{vap}

ques d:

a 10: En general ΔH_{vap} aumenta al descender en el Grupo

	Grupo 4	Grupo 5
n=3	Ti 473 KJmol ⁻¹	V 515 KJmol ⁻¹
n=4	Zr 611 “	Nb 774 “
n=5	Hf 611 “	Ta 781 “

transición (n=3) a la 2ª serie transición (n=4) se produce un **aumento brusco** orbitales **4d** tienen mayor energía y están mucho más “extendidos” que los **3d** por lo que tienen **mayor tendencia a ceder electrones a las bandas**.

transición (n=4) a la 3ª serie transición (n=5) se produce un **ligero aumento** de la **energía** de los orbitales **5d** es **similar** a la de los orbitales **4d** (efecto de la **lantanida**) luego los orbitales **5d** tienen una **tendencia a ceder electrones** a las **bandas** **mayor** que los **4d**.

Figura 12: En general ΔH_{vap} **disminuye** al **descender** en el **Grupo**

los **metales de transición** **son** **similares** a los **metales** **bloque s** debido a la **similitud** **configuración** **electrónica** $(n-1)d^{10}ns^1$ y $(n-1)d^{10}ns^2$

de $\Delta H_{\text{vaporización}}$ en Períodos

orto: ΔH_{vap} aumenta al avanzar en el Período

el Período **aumenta el número de electrones cedidos** a las bandas (1 a 3);
 ita la carga nuclear efectiva **disminuyendo de la energía de los OA.**

argo:

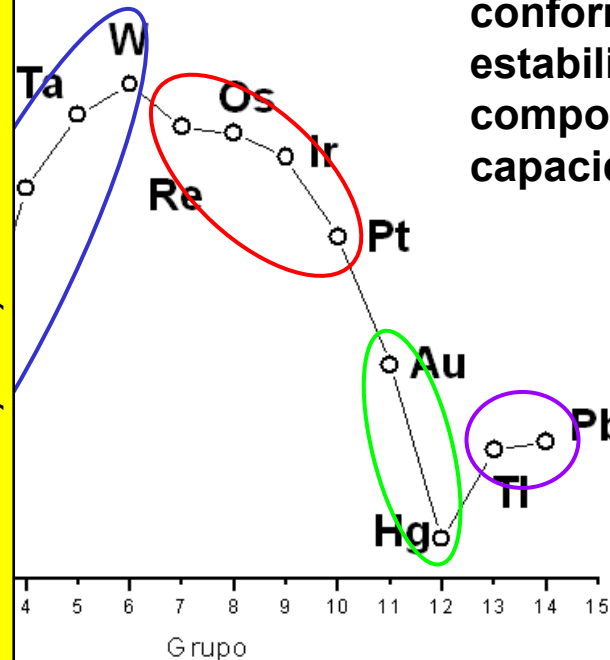
n=6

1) ΔH_{vap} aumenta gradualmente hasta W: número de electrones en las bandas aumenta y la energía OA 5d disminuye.

2) ΔH_{vap} disminuye gradualmente hasta Pt: conforme se van llenando los orbitales d se van estabilizando, llega un momento en que se comportan como “internos” y disminuye su capacidad de ceder electrones a las bandas.

c) ΔH_{vap} disminuye bruscamente para Au y Hg: configuración $5d^{10}6s^1$ y $5d^{10}6s^2$
 Los electrones “ $5d^{10}$ ” son “internos”; disminuye bruscamente el número de electrones cedidos a las bandas.

d) ΔH_{vap} aumenta gradualmente a partir del Tl (metales p): los OA 6p participan en las bandas aportando sus electrones.



des Físicas.

s térmicas

(PF) y de ebullición (PE): varían de manera **similar a ΔH_{vap}**

mayor ΔH_{vap} mayores PF y PE

on bajos

reos son mayores que los PF de los alcalinos

e transición mayores en el centro de los períodos: metales centro de la

rie de transición son **REFRACTARIOS** (PF $\uparrow\uparrow$)

ico: en general el calor específico de los metales es pequeño; son
ctores del calor

e dilatación térmica: metales con **altos valores de ΔH_{vap}** presentan
e dilatación térmica bajos

Propiedades mecánicas

La **alta coordinación** (8 o 12) característica de los metales determina su **ductilidad**. Depende de **masa atómica** y **r_{met}**

resistencia mecánica (tracción y compresión): directamente proporcional con la **fortaleza del enlace Me-Me**. A mayor ΔH_{vap} mayor dureza.

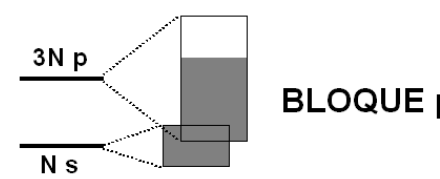
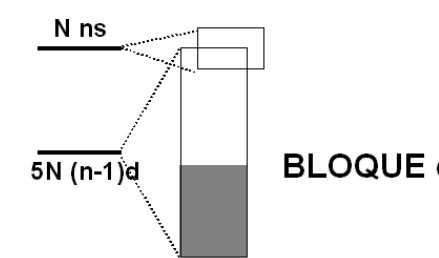
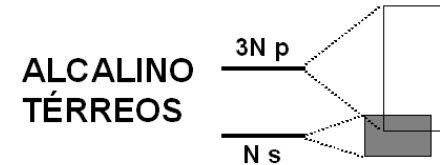
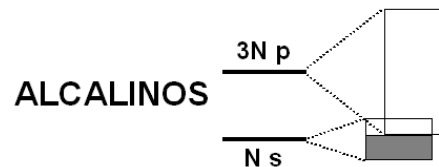
Maleables: los metales son **“deformables”** sin que se rompa el enlace. Depende de la **estructura cristalina** y a la **naturaleza no direccional** del enlace

Propiedades eléctricas y ópticas

Propiedad eléctrica: los metales son **conductores de la electricidad** ya que poseen **estados (niveles) energéticos** muy cercanos para los electrones.

Esto se debe a las **bandas llenas y/o solapamiento de bandas**.

Propiedad óptica: Color, opacidad y reflectividad. **Bandas semillenas y/o solapamiento de bandas.**



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

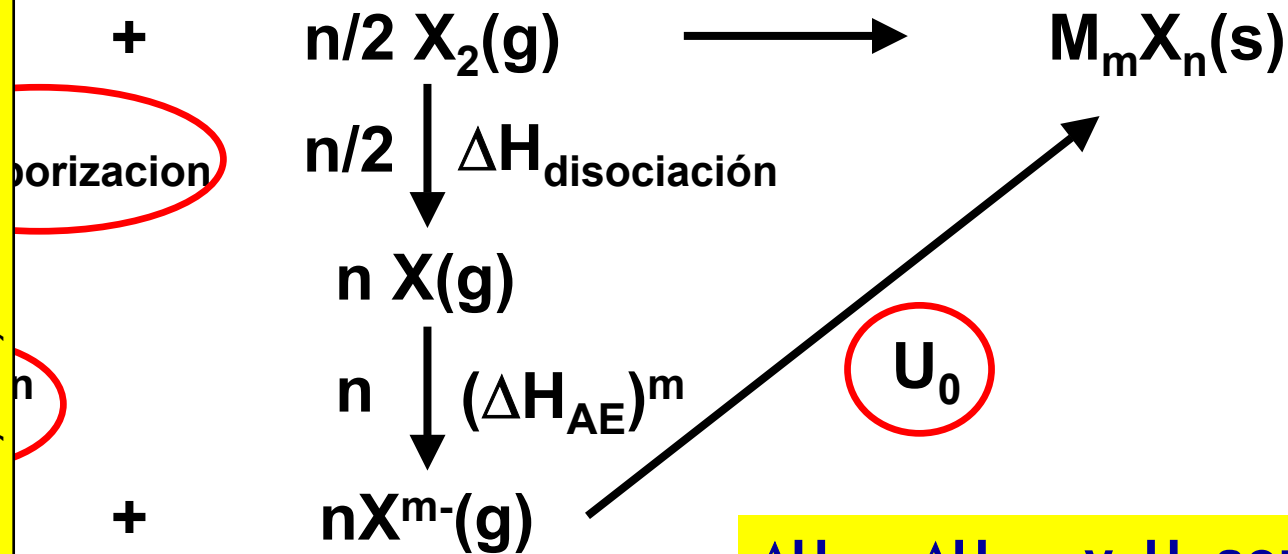
les Químicas: estabilidad de estados de oxidación.

La estabilidad química de los metales está relacionada con la **estabilidad de los estados de oxidación.**

Se utilizan **criterios termodinámicos** diferentes para reacciones en **estado sólido** y **ión:**

Estado $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$

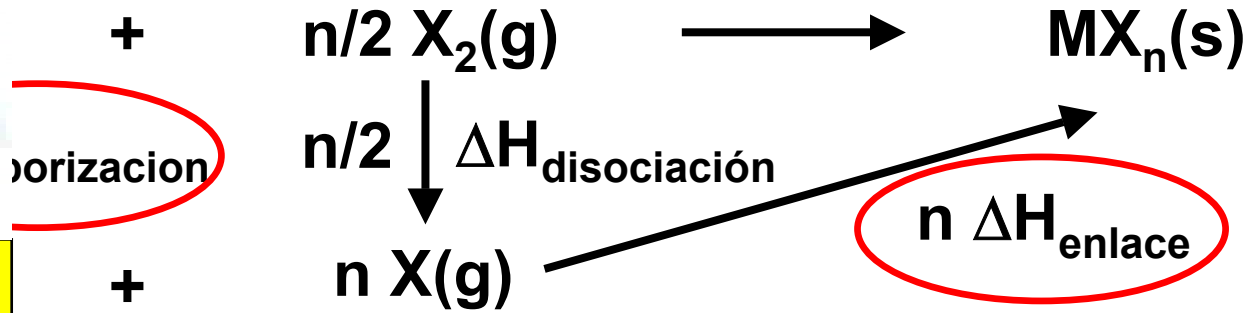
Compuestos iónicos: Ciclo de Born-Haber



ΔH_{vap} , ΔH_{ioniz} y U_0 son los parámetros más importantes

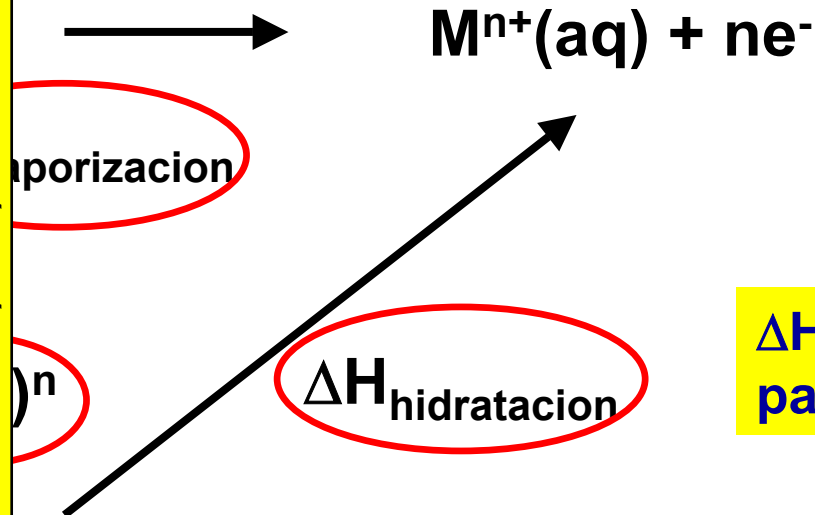
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

mpuestos covalentes:



ΔH_{vap} y ΔH_{enlace} son los parámetros más importantes

en Disolución Acuosa: $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ = -n F E^\circ$



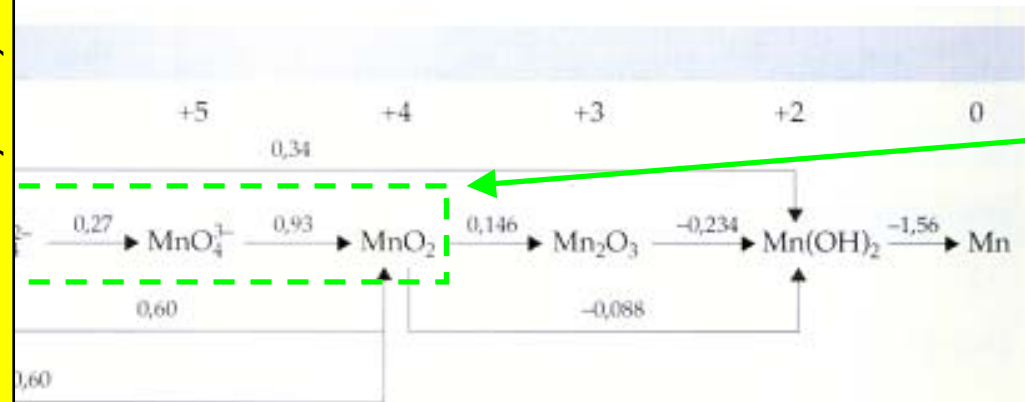
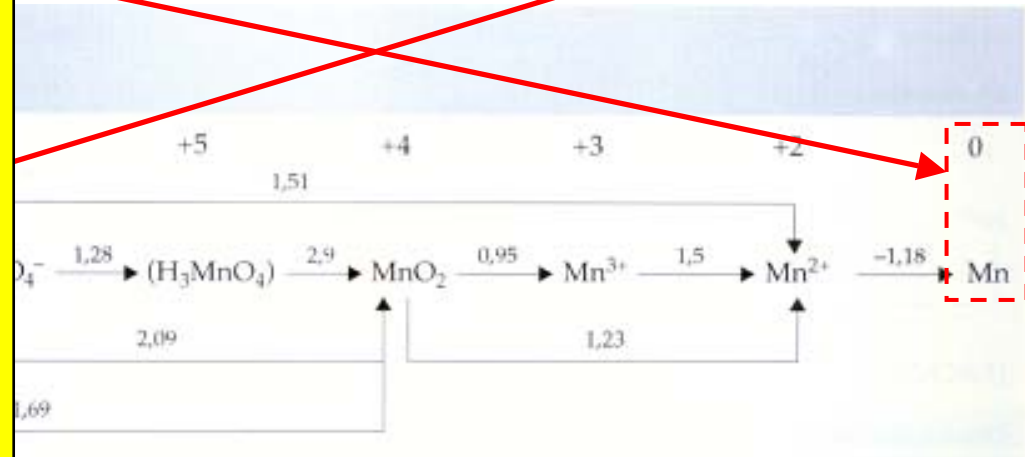
ΔH_{vap} y ΔH_{enlace} son los parámetros más importantes

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Diagramas de Latimer, Frost y Pourbaix

Diagramas de Latimer

El diagrama de Latimer de un elemento se representa en línea horizontal los potenciales normales de reducción (en voltios) conectando las especies en los diferentes estados de oxidación. La forma más oxidada se coloca a la izquierda y la forma más reducida a la derecha.



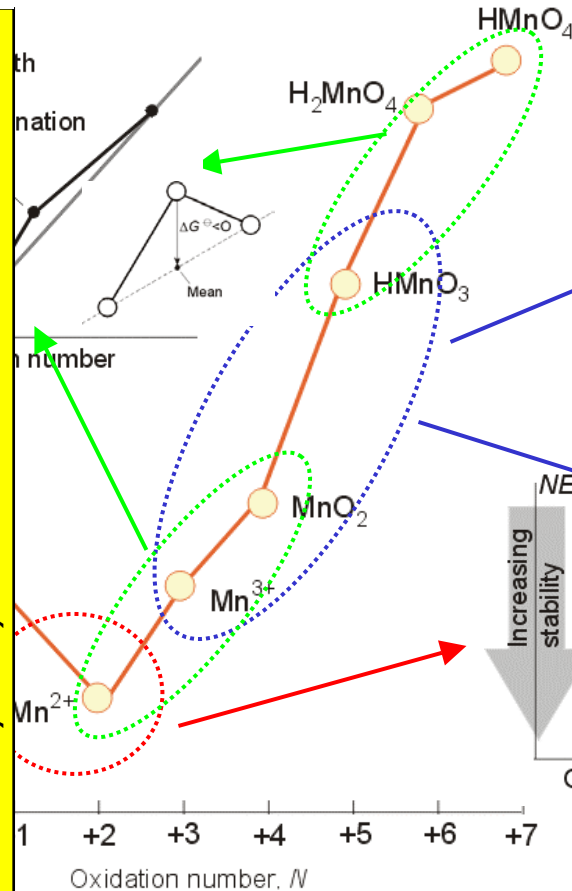
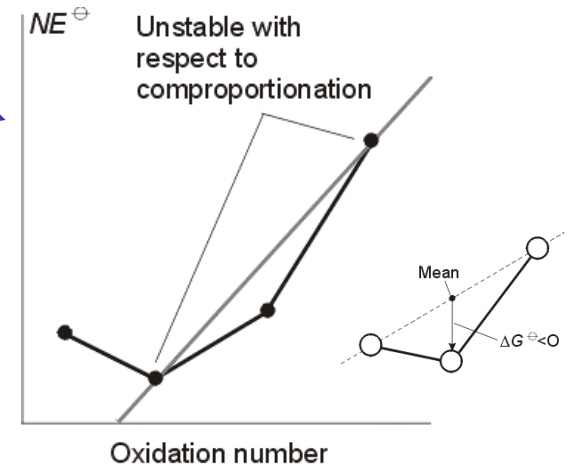
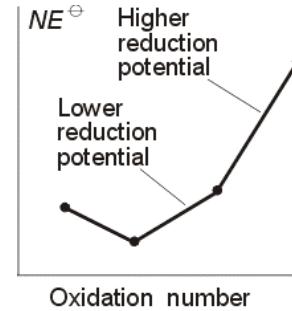
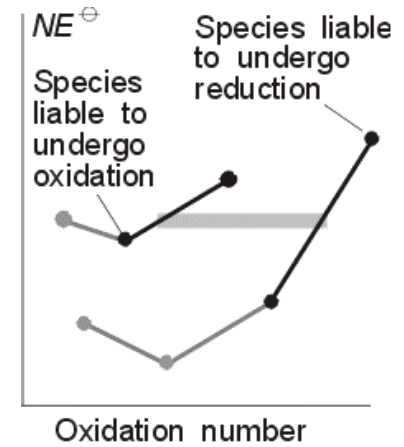
Una especie se dismutará cuando el potencial a la derecha es mayor que a la izquierda.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Diagramas de Frost

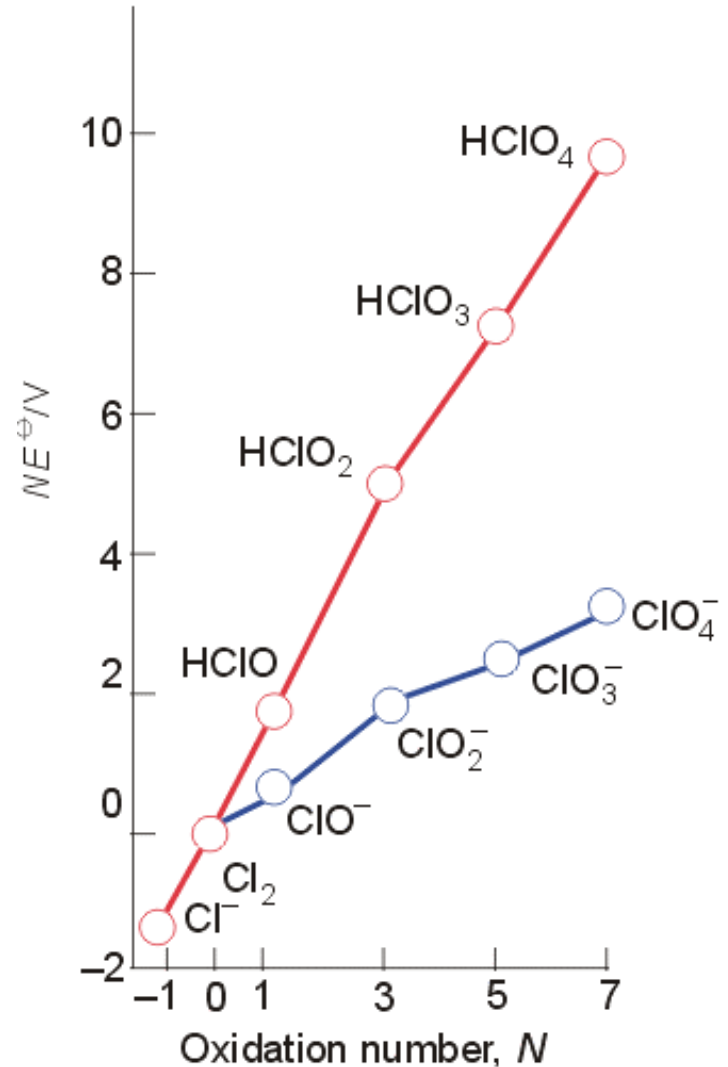
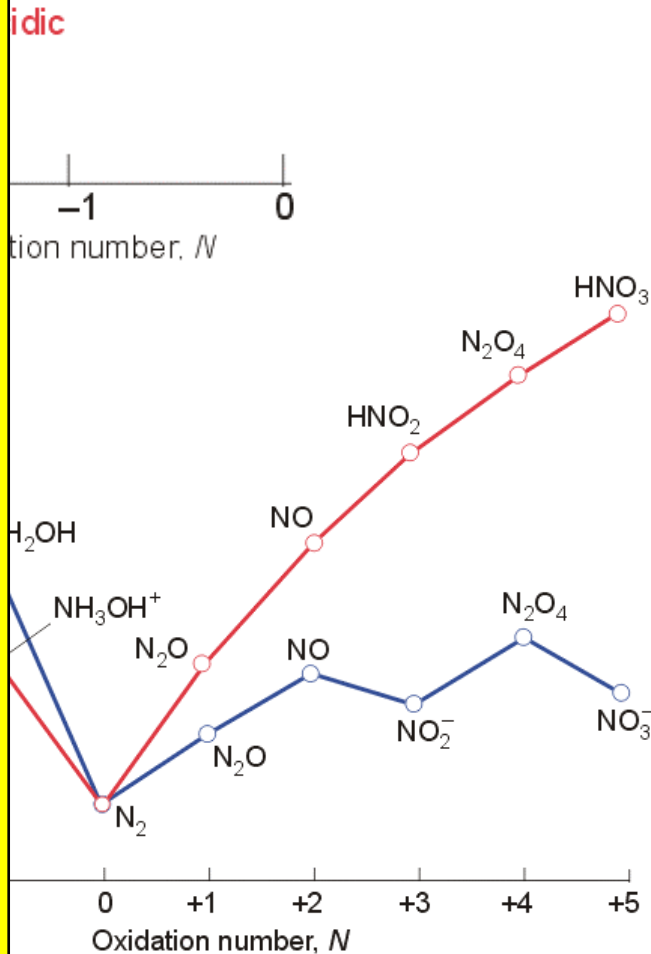
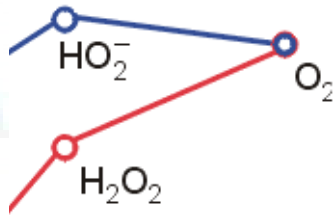
El diagrama de Frost para un elemento X es la representación de nE^0 para el par $X(N)/X(0)$ en función del número de oxidación, N, del elemento.

Previsión de reacción favorable



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

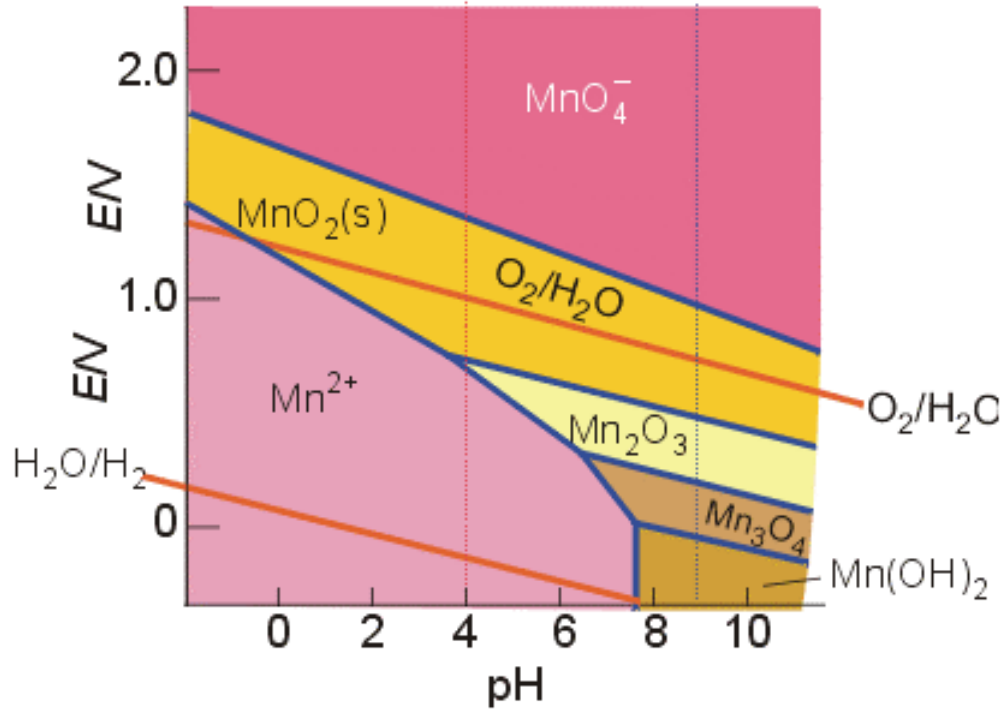
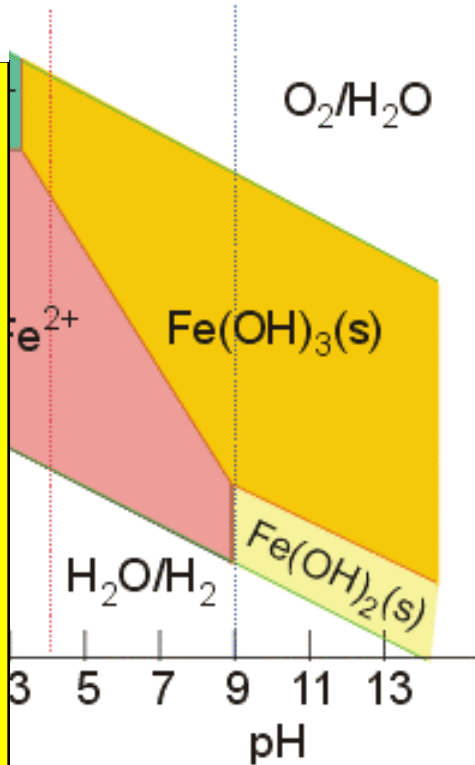
Los diagramas de Frost se construyen para cualquier tipo de elementos y tanto para medio **ácido** como **básico**.



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

As de Pourbaix

Los diagramas de Pourbaix se representan las regiones de potencial/pH en las que se establecen cada una de las especies de un sistema.



Se añaden las líneas de estabilidad del agua para hacerlos más útiles.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

ad de estados de oxidación.

ad de un determinado **estado de oxidación** depende de si el catión se **en disolución, en estado sólido o complejado** (en estado sólido o en **estabilizan estados de oxidación inusuales**).

7H₂O Sólido el Fe⁺² es estable al disolver la sal el Fe⁺² se oxida a Fe⁺³ que es el estado estable en disolución.

de oxidación más estables de los metales **en disolución:**

ado de oxidación **único:**

ALCALINOS I: Li⁺¹, Na⁺¹, K⁺¹, Rb⁺¹, Cs⁺¹

ALCALINOTERREOS II: Be⁺², Mg⁺², Ca⁺², Sr⁺², Ba⁺²

es **incolores y diamagnéticos** (configuraciones de gas noble)

Varios estados de oxidación.
 Más estable, en general, el más bajo.

	s^2p^1		s^2p^2			s^2p^3		
	Al							
III								
	Ga	III						
I								
	In	III	II	Sn	IV			
I								
	Tl	III	II	Pb	IV	III	Bi	V
I								

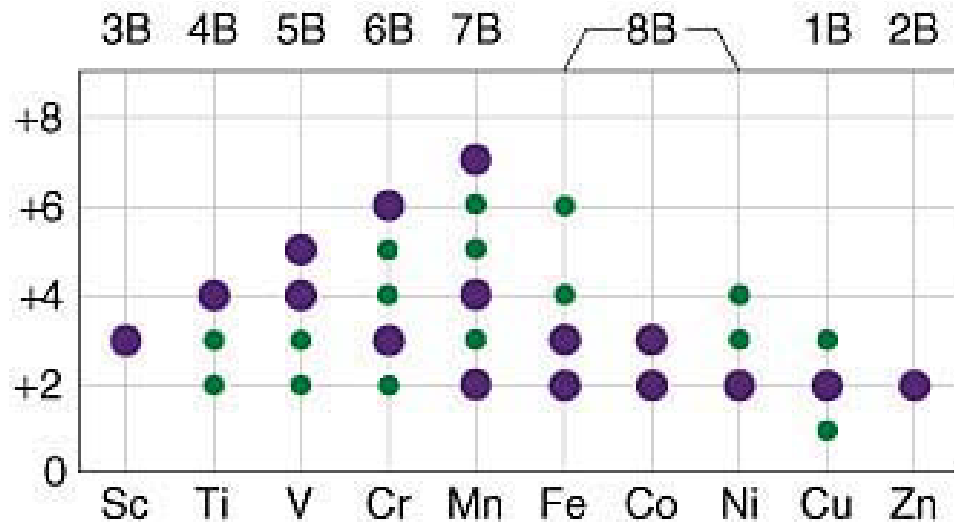
incoloros y diamagnéticos (configuraciones nd^{10} y $nd^{10}(n+1)s^2$)

Estados de oxidación **variables**.

transición

5	6	7	8	9	10	11	12
d^3s^2	d^5s^1	d^5s^2	d^6s^2	d^7s^2	d^8s^2	$d^{10}s^1$	$d^{10}s^2$
V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
						$d^{10} I$	
$d^3 II$	$d^4 II$	$d^5 II$	$d^6 II$	$d^7 II$	$d^8 II$	$d^9 II$	$d^{10} II$
$d^2 III$	$d^3 III$	$d^4 III$	$d^5 III$	$d^6 III$	$d^7 III$	$d^8 III$	
$d^1 IV$	$d^2 IV$	$d^3 IV$	$d^4 IV$	$d^5 IV$	$d^6 IV$		
$d^0 V$	$d^1 V$	$d^2 V$	$d^3 V$				
	$d^0 VI$	$d^1 VI$	$d^2 VI$				
		$d^0 VII$					

en **coloreados** (tránsitos
colores) y **paramagnéticos**
(electrones desapareados)
momento magnético $\mu = \sqrt{n(n+2)}$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

es de transición

Al descender en los Grupos las $\Delta H_{\text{ionización}}$ disminuyen y se estabilizan estados de oxidación más altos

	V	II	III	IV	V		
Nb	II	III	IV	V			
Ta	II	III	IV	V			
...							
Fe	II	III	IV	V	VI		
Ru	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Os	II	III	IV	V	VI	VII	VIII

son **coloreados** (tránsitos electrónicos) y **paramagnéticos** (con n electrones desapareados) con momento magnético $\mu = \sqrt{n(n+2)}$

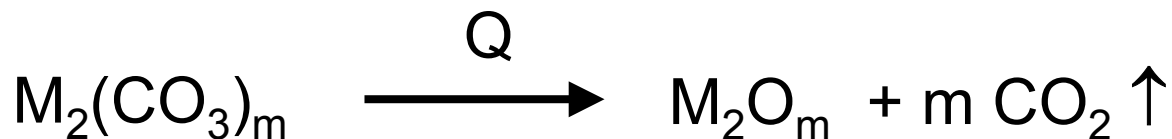
Métodos de obtención de metales.

La obtención de un metal depende de cómo se encuentra en la Naturaleza:

Elementos puros): muy pocos, los más **nobles** en algunas circunstancias

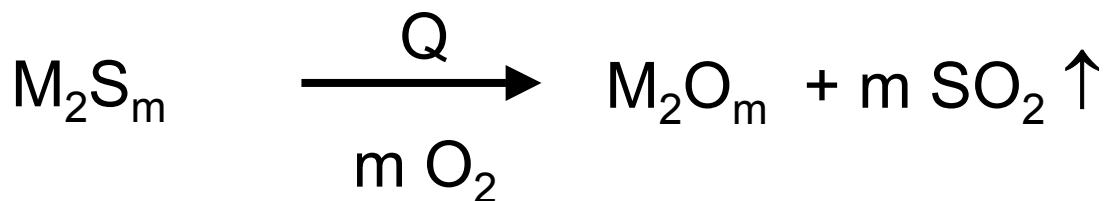
bastante frecuente

bastante frecuente. Se convierten en óxido por **calentamiento**:



bastante frecuente (piritas).

Se convierten en óxido por **tostación** (calentamiento en presencia de oxígeno):



quier metal se puede obtener por reducción de sus óxidos

reducción térmica (calentamiento): muy pocos, óxidos de metales **seminobles**.

con otro elemento: método general. El elemento reductor tiene que ser más estable que el que se quiere reducir.

electroquímica: óxidos de metales muy electropositivos o muy estables se reducen aplicando corriente eléctrica.

La menor facilidad de reducción de un óxido metálico depende de su $\Delta G^\circ_{\text{form}}$ de formación:

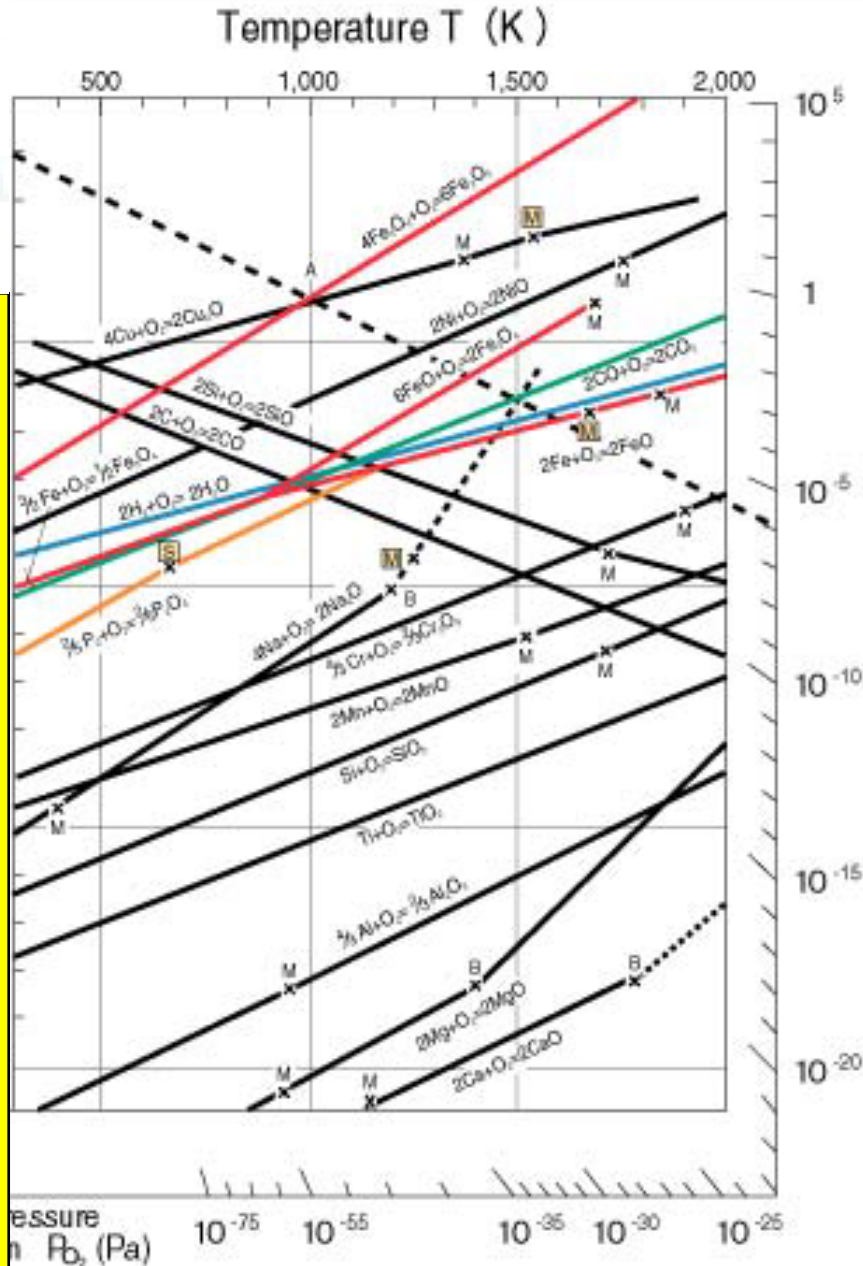
$$\Delta G^\circ_{\text{form}} = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$$

El más negativa más estable es el óxido y más difícil obtener el metal puro.

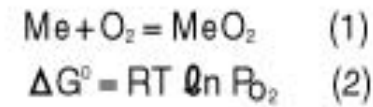
La **relación de $\Delta G^\circ_{\text{form}}$ con T para óxidos metálicos se denomina Diagrama de Ellingham** y aporta una visión “gráfica” de las distintas posibilidades de obtener un metal a partir de su óxido. Los **valores** representados están **normalizados para 1 mol de oxígeno**:



Diagrama de Ellingham



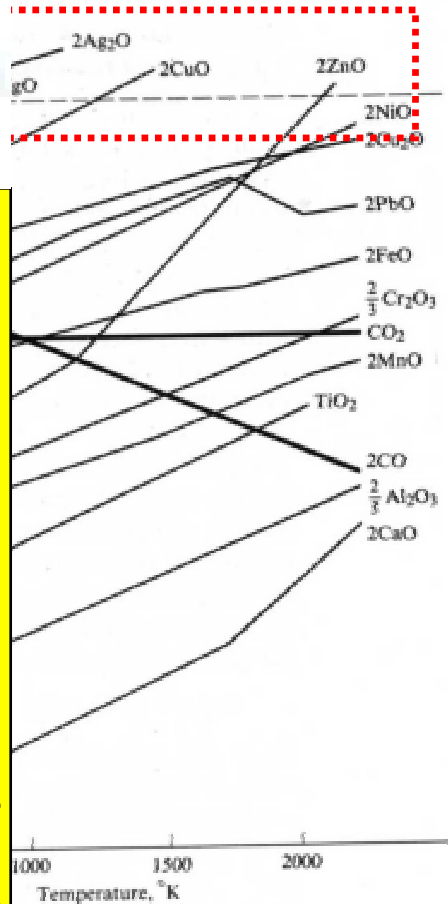
	Element	Oxide
Melting point	M	M
Boiling point	B	
Sublimation point	S	S



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

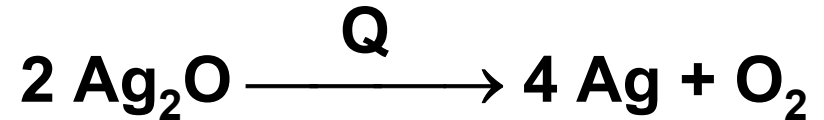


Reducción térmica



Sólo los **metales seminobles o nobles** pueden obtenerse por descomposición térmica de sus óxidos.

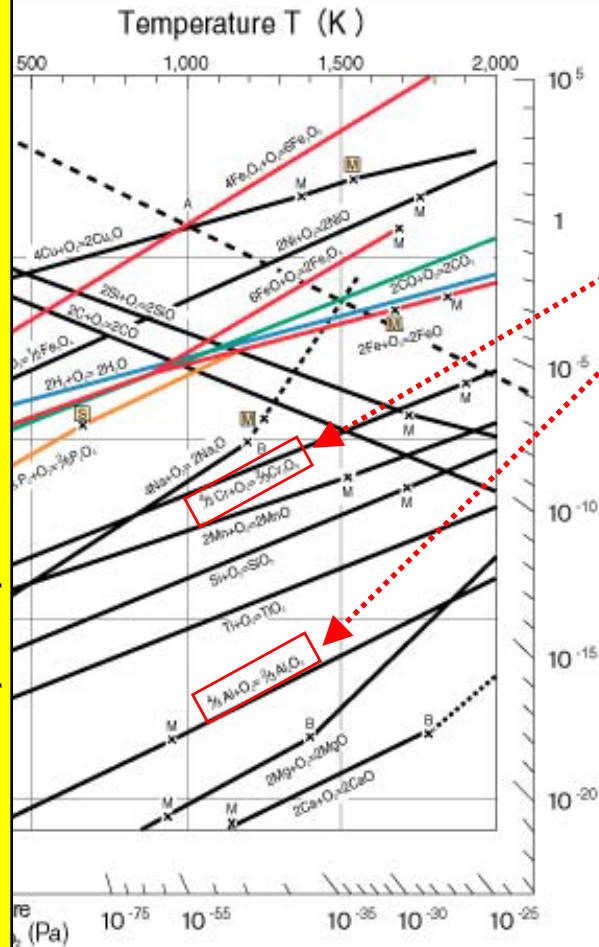
Ej:



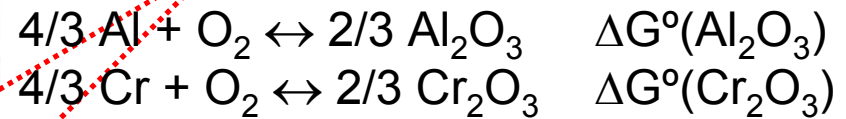
La mayoría de los óxidos metálicos funden o se volatilizan antes de descomponer. Sería necesario alcanzar temperaturas extremadamente altas para conseguir su descomposición térmica.

con otro elemento

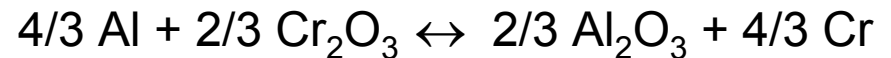
uede obtenerse por reducción de su óxido utilizando como agente cualquier elemento cuya línea $\Delta G^{\circ}_{\text{form}} = f(T)$ en el diagrama de esté por debajo (de modo que el óxido del elemento reductor sea más el del metal que queremos obtener).



El Al puede reducir al Cr_2O_3



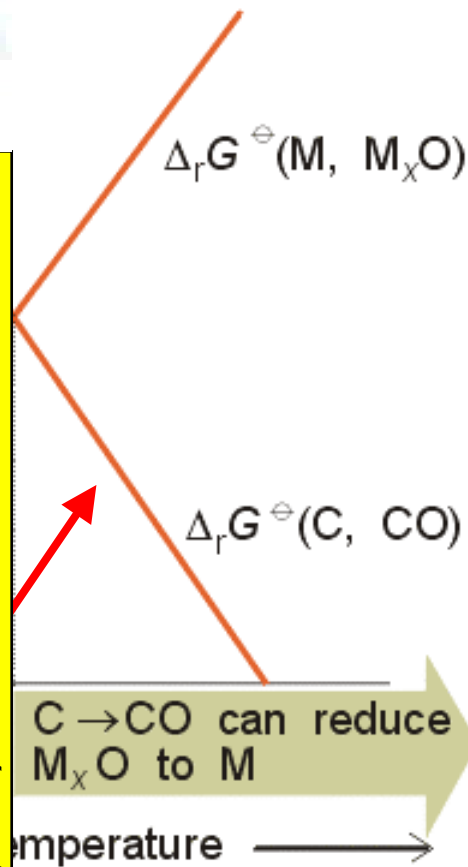
$$|\Delta G^{\circ}_f(\text{Al}_2\text{O}_3)| > |\Delta G^{\circ}_f(\text{Cr}_2\text{O}_3)|$$



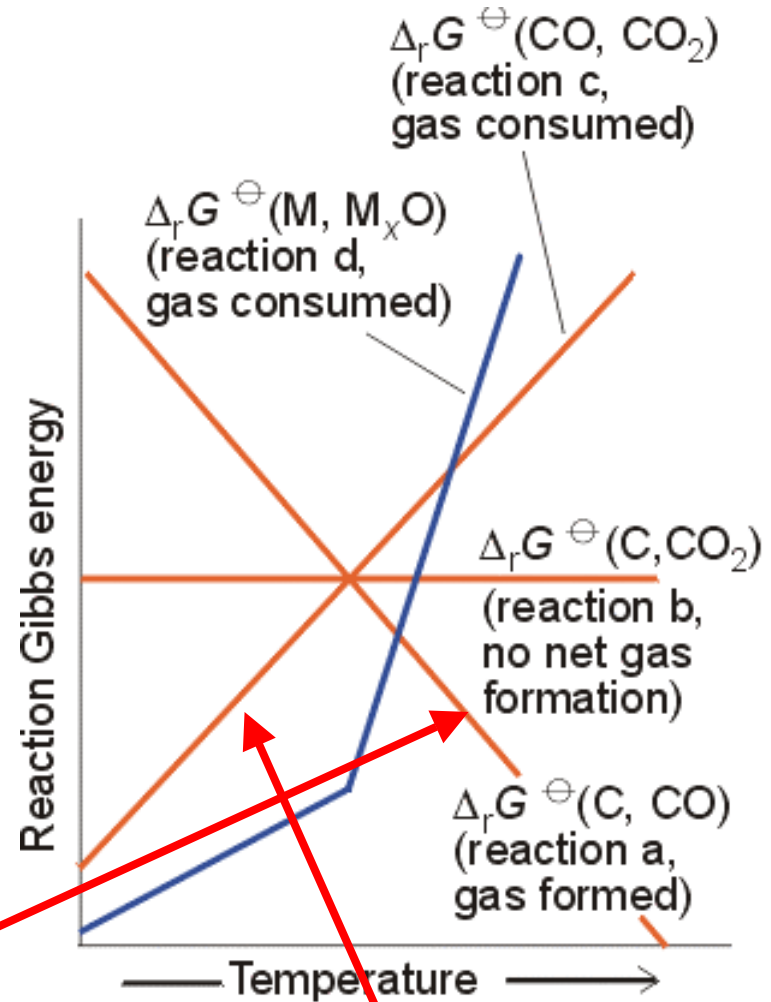
$$\Delta G^{\circ} = \Delta G^{\circ}_f(\text{Al}_2\text{O}_3) - \Delta G^{\circ}_f(\text{Cr}_2\text{O}_3) < 0$$

En carbón: funcionamiento de un alto horno

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ...
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

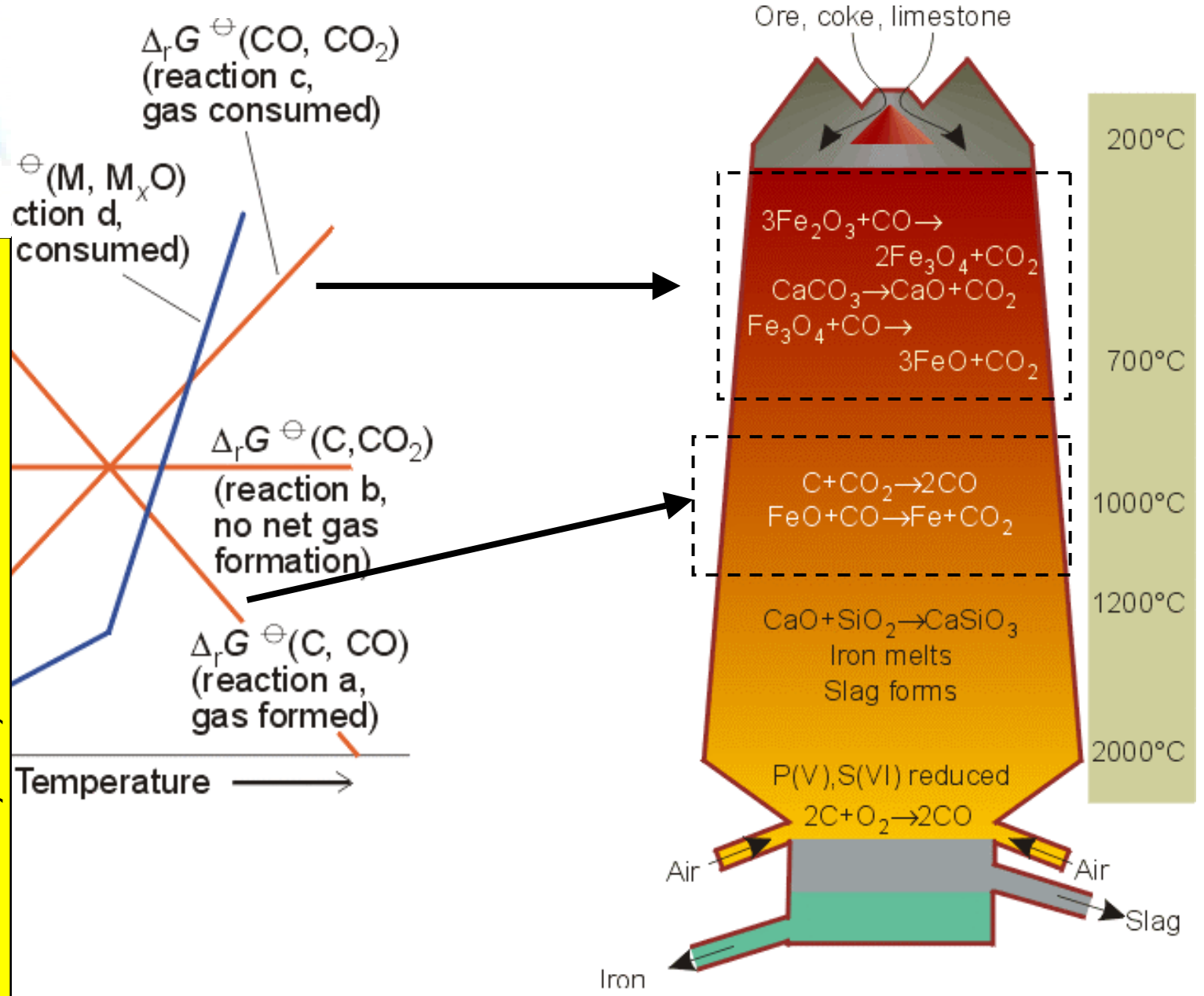


**A alta temperatura el C forma CO:
 reducir a la mayoría de
 metálicos**



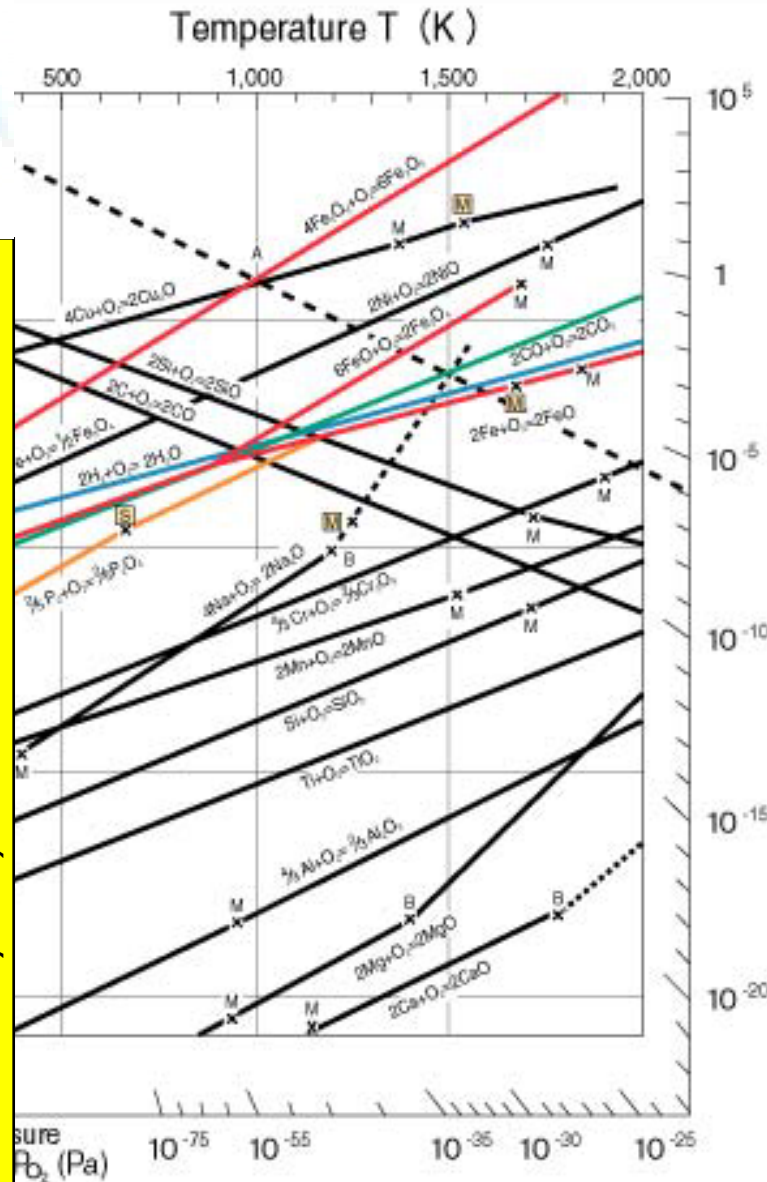
A baja temperatura el CO se oxida a CO_2

En carbón: funcionamiento de un alto horno



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

En hidrógeno: obtención de metal ultrafino para catálisis



Según el diagrama de Ellingham sólo unos pocos metales se podrían obtener reduciendo el óxido con hidrógeno.

El margen se amplia **hasta el Mn** si el H_2O que se forma se retira con la corriente de hidrógeno.

Se obtiene el metal en forma de polvo muy fino, útil como catalizador.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70