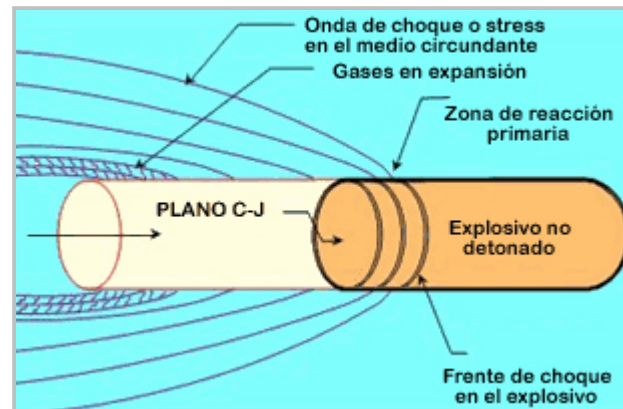


Extracción ▶ Profundización

Funcionamiento de los explosivos

Los explosivos químicos son materiales que tienen reacciones químicas muy rápidas en las que se liberan productos gaseosos y energía.



Básicamente, los explosivos son la mezcla de elementos combustibles y oxidantes. Por lo general, para estos últimos se utiliza el oxígeno.

El poder del explosivo queda determinado por reacciones químicas muy rápidas que liberan productos gaseosos y energía. Los gases liberados en estas reacciones, en condiciones de alta presión, liberan fuerzas sobre las paredes de la zona de perforación, lo que provoca la fractura y el desplazamiento de la roca.

Los componentes de los explosivos que generan estos gases se llaman elementos básicos o ingredientes. Existen diferentes **tipos de ingredientes** con funciones específicas.

Los elementos básicos o ingredientes que producen trabajo directamente en las tronaduras son aquellos que al reaccionar generan gases tales como el carbono, el hidrógeno, el oxígeno y el nitrógeno.

Para obtener el máximo de energía en una reacción explosiva es necesario que los elementos se **oxiden** completamente y se formen los siguientes productos:

- El carbono (C) debe reaccionar para formar bióxido de carbono (CO₂).
- El hidrógeno (H) debe reaccionar para formar agua (H₂O).
- El nitrógeno, sólido o líquido (N), debe reaccionar para formar nitrógeno gaseoso (NO₂).

La energía que se libera en una reacción se mide en función de las calorías que se generan a partir de la reacción del compuesto químico.

Calores producidos por diferentes compuestos químicos

Compuesto	Fórmula	Peso Molecular	Qp o Qr (kcal/mol)
Diésel	CH ₂	14,0	-7
Nitrometano	CH ₃ O ₂ N	61,0	-21,3
Nitroglicerina	C ₃ H ₅ O ₉ N ₃	22,1	-82,7
PETN	C ₅ H ₈ O ₁₂ N ₄	316,1	-123,0
TNT	C ₇ H ₅ O ₆ N ₃	227,1	-13,0
Monóxido de carbono	CO	28,0	-26,4
Bióxido de carbono	CO ₂	44,0	-94,1
Agua	H ₂ O	18,0	-57,8
Nitrato de amonio	NH ₄ NO ₃	80,1	-87,3

Aluminio	Al	27,0	0,0
Carbono	C	12,0	0,0
Nitrógeno	N	14,0	0,0
Monóxido de nitrógeno	NO	30,0	+ 21,6
Bióxido de nitrógeno	NO ₂	46,0	+ 8,1

El signo (-) indica una reacción exotérmica o liberación de energía

El signo (+) indica que es una reacción endergónica o que absorbe energía del ambiente o requiere que se entregue energía para que la reacción tenga lugar.

Es importante destacar que los compuestos químicos utilizados en la fabricación de explosivos son aquellos que generan reacciones exotérmicas, es decir, liberan energía cuando reaccionan.

Si sólo ocurren las reacciones ideales de los componentes de un explosivo (carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno), se utilizarán los átomos de oxígeno que sean necesarios, es decir, no sobra ni falta ningún átomo de oxígeno en la reacción. Así, la temperatura generada en una tronadura es mayor si al combinarse el carbono con el oxígeno se genera bióxido de carbono que si se genera monóxido de carbono, pues el bióxido es la forma en que el explosivo tiene balance de oxígeno y produce la máxima cantidad de energía. Cabe destacar que el hecho de balancear oxígeno significa que todo el oxígeno presente en los productos se consume y, por consecuencia, libera la mayor cantidad de energía.

Ejemplo:

En el siguiente ejemplo veremos el caso de una mezcla de ingredientes explosivos cuya reacción da como resultado diferentes balances de oxígeno. Tomemos un explosivo con dos ingredientes: **nitrato de amonio (NH₄NO₃)** y **diésel (CH₂)**.

Balance de O₂ negativo

Si agregamos diésel en exceso a la mezcla, la reacción explosiva tendrá balance de oxígeno negativo. Esto significa que faltarán moléculas de oxígeno para combinarse totalmente con el carbono y el hidrógeno y formar los productos finales deseados, que para el caso del Anfo serían: **3N₂ + 7H₂O + CO₂**

En cambio, quedará carbono libre que se liberará en forma de monóxido de carbono.

Balance de O₂ positivo

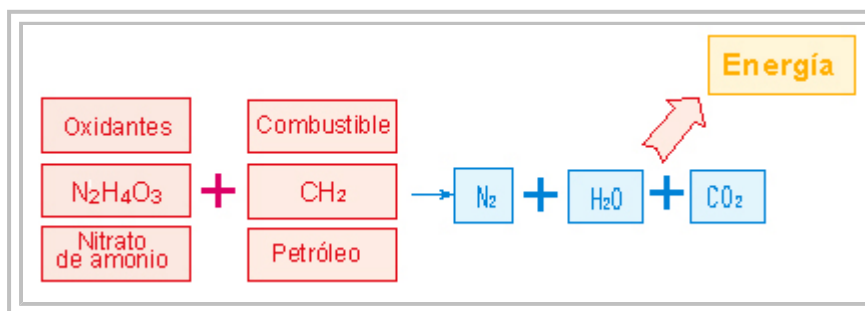
Si agregamos poco combustible o diésel a la mezcla, habrá oxígeno en exceso, el que puede reaccionar con el carbono y el hidrógeno. A esto se le llama reacción con balance de oxígeno positivo. En este caso, el nitrógeno reacciona formando óxidos de nitrógeno, lo que reduce la energía de la reacción.

Balance de O₂ en equilibrio

Para el caso de balance de oxígeno, veamos la reacción ideal del compuesto de nitrate de amonio y petróleo diésel (ANFO), que es el explosivo de mayor uso en minería. Sus características nos permiten entender la reacción química entre elementos oxidantes (NH₄NO₃) y combustibles (CH₂).

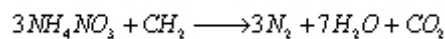
Actividad

De acuerdo con la reacción química del ANFO, balancear la ecuación y calcular la energía liberada por 1 kg de ANFO.



Utilizando conocimientos básicos de balance de ecuaciones y la tabla de calores de formación, podemos hacer lo siguiente:

■ Ecuación balanceada:



■ Calor de formación de reactivos:

$$Q_r = 3 \times (-87,3 \text{ kcal}) + (-7 \text{ kcal}) = -268,9 \text{ kcal}$$

■ Calor de formación de productos

$$Q_p = (-94,1) + 7 \times (-57,8 \text{ kcal}) + 3 \times (0 \text{ kcal}) = -498,7 \text{ kcal}$$

■ Calor de explosión

$$Q_e = Q_p - Q_r = -498,7 \text{ kcal} - (-268,9 \text{ kcal}) = -229,8 \text{ kcal}$$

■ Peso Molecular del ANFO

$$PM = 3 \text{ mol} \times (80,1 \text{ g/mol}) + 1 \text{ mol} + (14 \text{ g/mol}) = 254,3 \text{ g}$$

■ Energía liberada por kilo de ANFO

$$\frac{Q_e}{PM} = \left(\frac{-229,8 \text{ kcal}}{254,3 \text{ g}} \right) \times \left(\frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \right) = -907,3 \text{ kcal/kg}$$

En síntesis, el ANFO libera 907,3 kcal de energía por kilo de explosivo. Con esta energía liberada es posible cumplir los objetivos de tronadura, es decir, poder fragmentar la roca.



 IMPRIMIR | << VOLVER