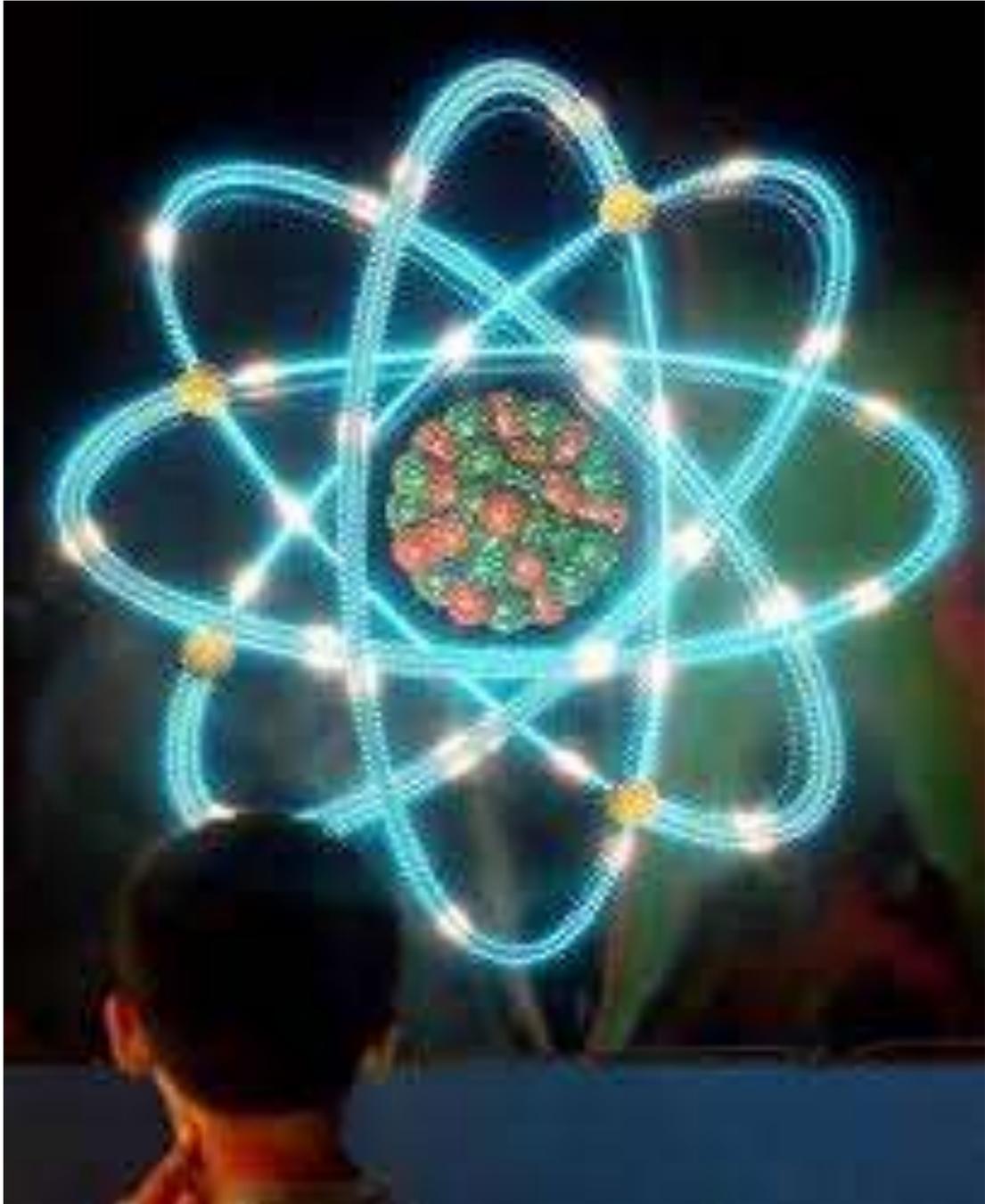


# Energía Nuclear



Antes de iniciar el tema de energía atómica, es conveniente tener presentes algunas definiciones que nos ayudaran a comprender mejor el tema.

### Átomo

La partícula más pequeña en que un elemento puede ser dividido sin perder sus propiedades químicas.

### Barras de control

En energía nuclear las barras de control son unos tubos cilíndricos que absorben neutrones, con los que es posible controlar la potencia de un reactor nuclear.

### Central nuclear

Una central de energía nuclear es una central térmica en la que la fuente de calor proviene de uno o más reactores nucleares.

### Electrón

Un electrón es una partícula elemental estable, cargada negativamente, que constituye uno de los componentes fundamentales del átomo. Forma parte del grupo de los leptones.

### Energía

La energía es la capacidad de un sistema físico para producir un trabajo. O lo que, al producirse un trabajo, disminuye en una cantidad igual al trabajo producido.

### Energía calorífica

La energía calorífica es la manifestación de la energía en forma de calor. Puede transmitirse por radiación, conducción y convección.

### Isótopo

Son átomos de un mismo elemento que tienen igual número de protones y electrones (igual número atómico) pero diferente número de neutrones (difieren en su masa atómica).

### Masa atómica A

Es la suma de protones y neutrones. También se llama número másico, considerando N al número de neutrones de un átomo, tenemos que  $A = Z + N$ .

### Neutrón

Es una partícula subatómica contenida en el núcleo atómico. No tiene carga eléctrica neta, a diferencia de carga eléctrica positiva del protón. El número de neutrones en un núcleo atómico determina el isótopo de ese elemento.

### Núcleo atómico

El núcleo atómico es la pequeña parte central del átomo, con carga eléctrica positiva y en la que se concentra la mayor parte de la masa del átomo.

### Número atómico Z

Es el número de protones que componen el núcleo del átomo.

### Peso atómico

Es el peso del átomo, tomando como una unidad la duodécima parte del peso del átomo de Carbono (C). Así el Hidrógeno pesa aproximadamente 1 y el Carbono 12.

### Protón

Un protón es una partícula cargada positivamente que se encuentra dentro del núcleo atómico.

### Radioactividad

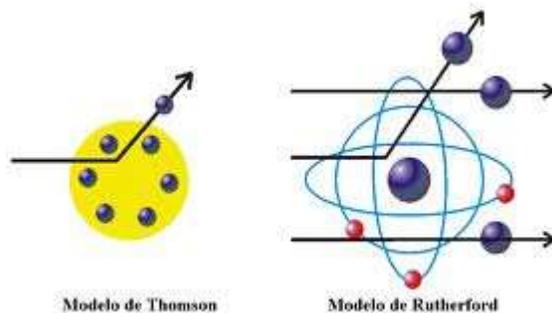
La definición de radioactividad consiste en la emisión espontánea de partículas (alfa, beta, neutrón) o radiaciones (gamma, captura K), o de ambas a la vez, procedentes de la desintegración de determinados nucleídos que las forman, por causa de un arreglo de su estructura interna.

En física y química, la **teoría atómica** es una teoría de la naturaleza de la materia, que afirma que está compuesta por pequeñas partículas llamadas átomos.

### Introducción histórica.

En 1896 se realiza el descubrimiento de la radiactividad por Antoine Henri Becquerel. Éste observó que las sales de Uranio emitían unas radiaciones que eran capaces de velar placas fotográficas en la oscuridad e incluso atravesar placas de aluminio y cobre. Los esposos Curie descubren otros elementos que también son emisores radiactivos, aún más activos que el Uranio, como son el Polonio y el Radio.

En 1900 Ernest Rutherford y Paul U. Villard identifican en las radiaciones emitidas tres componentes distintos: unas partículas positivas **a**, unas negativas **b** o electrones, ya descubiertos anteriormente por J. J. Thomson y una radiación electromagnética sin carga eléctrica, con una corta longitud de onda.



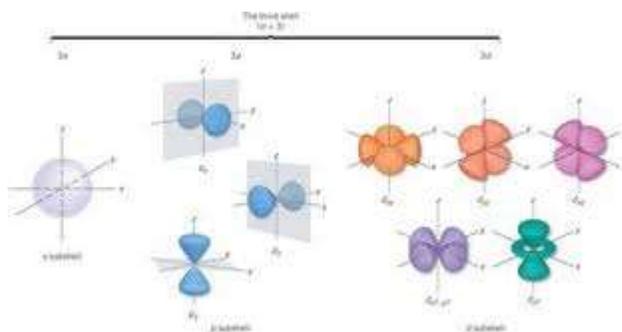
En 1903 todos estos hechos llevan a Marie Curie a fortalecer la idea de un átomo divisible, y por lo tanto compuesto de distintos " subátomos ", distintas partes dentro del átomo.

En 1908 Rutherford, que con la ayuda de Frederick Soddy esboza las familias radiactivas, y establece la existencia del **núcleo** del átomo.

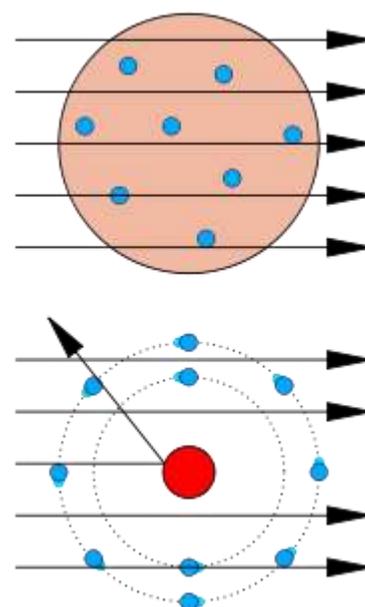
En 1911 sus dos colaboradores, Hans Geiger y Ernst Marsden, bombardean una fina lámina de oro con partículas  $\alpha$ , observando que algunas partículas sufrían grandes desviaciones angulares, mientras que la mayoría de ellas atravesaban la lámina sin desviarse. Estas desviaciones se atribuyen a campos repulsivos, muy intensos existentes en el átomo.

Ernest Rutherford propone un átomo que tenga un núcleo, donde esté concentrada la mayor parte de la masa del átomo y se encuentre la carga positiva, rodeado de electrones. El tamaño de este núcleo sería el de una diezmilésima parte del tamaño del átomo.

En 1913 Henry Moseley, ayudante de Rutherford, demostró experimentalmente que el número de electrones atómicos y el número de cargas positivas que existen en el núcleo son iguales al número atómico ( $Z$ ) del elemento en la tabla periódica.



Niels Bohr en ese mismo año ya sitúa la radiactividad en el núcleo del átomo, mientras que responsabiliza a los electrones de las reacciones químicas. Thomson canalizó una corriente de iones de neón a través de campos magnéticos y eléctricos, hasta chocar con una placa fotográfica que había colocado al otro lado. Observó dos zonas incandescentes en la placa, que revelaban dos trayectorias de desviación diferentes. Thomson concluyó que esto era porque algunos de los iones de neón tenían diferentes masas; así fue como descubrió la existencia de los **isótopos**.

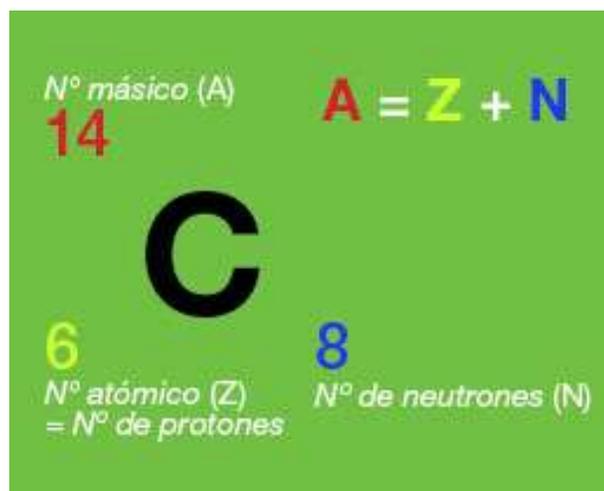


**Experimento de la lámina de oro**  
*Arriba:* Resultados esperados: las partículas alfa pasan sin problemas por el modelo atómico de Thomson.  
*Abajo:* Resultados observados: una pequeña parte de las partículas se desvía, lo que revela la existencia de un lugar en el átomo donde se concentra la carga

En 1919 fue de nuevo Rutherford quien, propuso que en los núcleos había protones (o lo que él llamaba partículas primeras) identificándolos con núcleos de Hidrógeno. De esta forma fue como Rutherford llevó a cabo en 1919 las primeras reacciones nucleares o transmutaciones de un núcleo en otro, utilizando partículas alfa naturales. Bombardeando con éstas, núcleos de Nitrógeno, obtuvo un nuevo núcleo, que identificó como un isótopo del Oxígeno, a la vez que en la reacción se desprendían protones.

En 1932 también bombardeos con partículas alfa, en este caso sobre átomos de Berilio, fueron los que condujeron al descubrimiento del neutrón por James Chadwick. La construcción de los primeros aceleradores de partículas, a partir de 1931, permitió disponer de partículas aceleradas a altas velocidades. Fue así, como Frédéric e Irene Joliot Curie descubren la radiactividad artificial, pues bombardeando con partículas alfa núcleos de aluminio encontraron que se producía un nuevo elemento, que además era radiactivo, y por lo tanto, *se llega por primera vez así al descubrimiento de nuevos elementos obtenidos de forma artificial.*

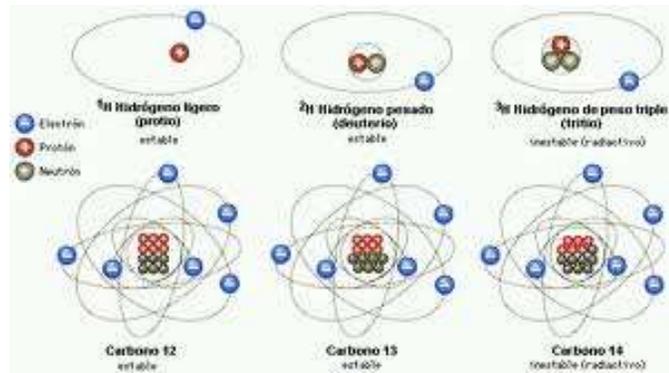
Heisenberg, propone que el núcleo está formado por dos tipos de partículas: los protones y los neutrones (llamados colectivamente nucleones). Los protones tienen carga positiva  $e$ , igual y opuesta a la del electrón, y los neutrones son neutros eléctricamente. Si  $Z$  es el número atómico de un elemento, hay  $Z$  electrones en la parte externa de su átomo y su núcleo tiene  $N$  neutrones, siendo  $A = Z + N$  el número de nucleones, también llamado **número másico**. A partir de allí, ya están sentadas las bases para todos los descubrimientos posteriores.



## Características de los núcleos atómicos.

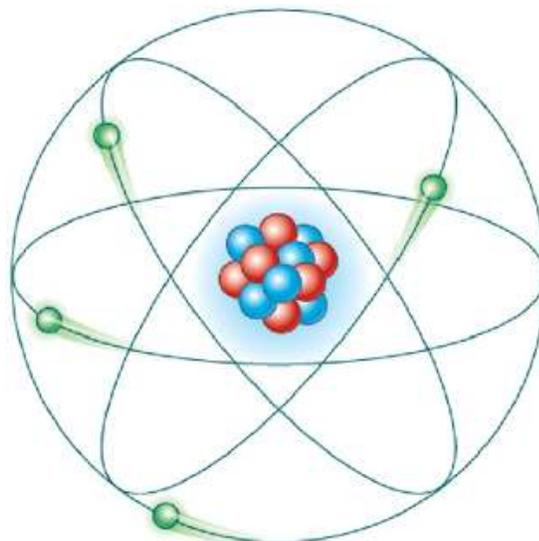
Los núcleos atómicos tienen distintas formas geométricas, con tamaños del orden de varios fermis ( $10^{-15}\text{m}$ ). Al ser de tan pequeño tamaño, la materia está muy concentrada en los núcleos, con densidades muy altas (del orden de  $10^{18}\text{ kg/m}^3$ ). Esta densidad no depende del número másico  $A$ , su volumen es proporcional a  $A$ .

El **femtómetro**, también llamado **fermi**, es la unidad de longitud que equivale a una milbillonésima (1.000.000.000.000.000) parte del metro.

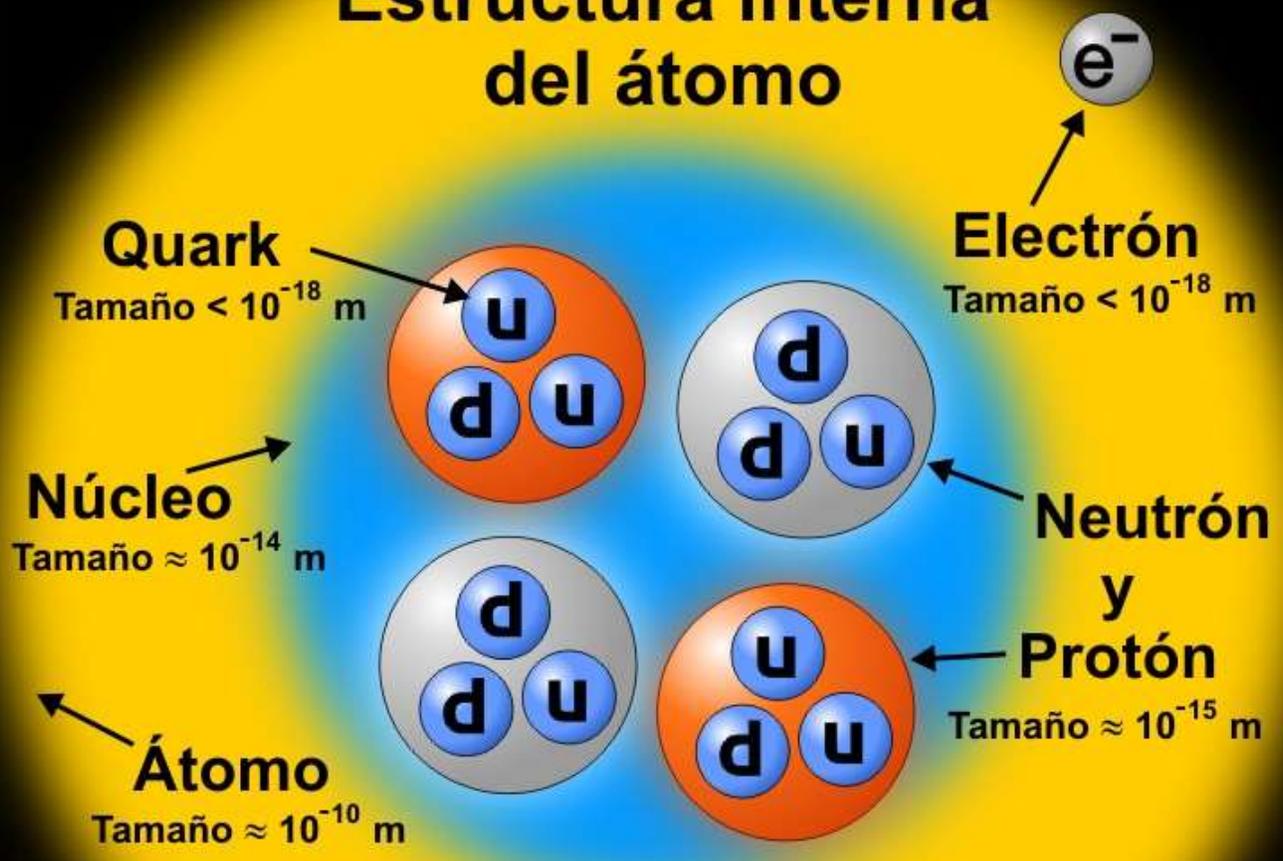


Hoy se sabe que los protones y neutrones no son partículas elementales al poder descomponerse en otras entidades más elementales, los denominados quarks. Estas partículas que tienen carga fraccionaria y spin  $\frac{1}{2}$  se combinan para dar lugar a los distintos protones y neutrones.

Casi todos los núcleos tienen un número mayor de neutrones que protones, salvo los más ligeros, donde suelen ser iguales el número de unos y otros. Esto se justifica debido al hecho de existir un mayor número de protones al crecer el número atómico y por lo tanto una mayor fuerza de repulsión que tiende a minimizarse con un mayor número de neutrones.



# Estructura interna del átomo



Si la imagen estuviera a escala y los protones y neutrones midieran 10 cm entonces los quarks y electrones medirían 0,1 mm y el átomo 10 km.

## Fuerzas nucleares

Los protones y neutrones del núcleo se encuentran en un espacio muy reducido, a distancias muy cortas unos de otros. A estas distancias tan cortas es muy grande la repulsión electromagnética entre protones, que de acuerdo a la ley de Coulomb es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia y directamente proporcional a la magnitud de las cargas.



La fuerza que vence a esta repulsión electromagnética y es capaz de mantener el núcleo unido es otra de las 4 interacciones fundamentales conocidas, la fuerza nuclear fuerte, pero con un corto alcance.

Pese a la interacción fuerte, un núcleo puede ser inestable y desintegrarse por radiactividad, e incluso fisionándose, rompiéndose en fragmentos. Núcleos pesados, como por ejemplo el del Uranio, son capaces de hacerlo naturalmente.

## Estabilidad nuclear

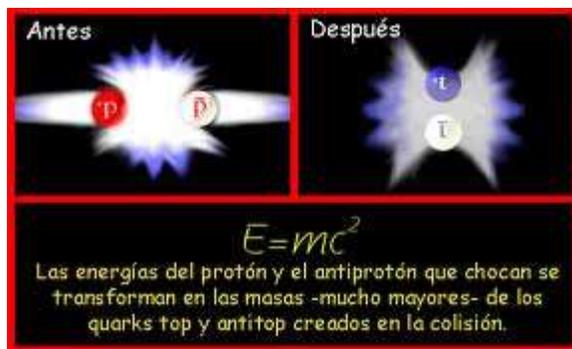
La radiactividad es un proceso estrictamente nuclear, es un proceso de desintegración espontánea del núcleo. La **estabilidad nuclear** es el equilibrio entre las fuerzas de repulsión eléctrica de los protones y la fuerza atractiva nuclear de corto alcance, que experimentan los protones y neutrones del núcleo. La relación entre el número de protones (**Z**) y neutrones (**N**) es por lo tanto clave para la estabilidad del núcleo.



### De masa a energía:

La energía ni se crea ni se destruye, sino que sólo se transforma. El gran "secreto" de la energía atómica es que se obtiene energía de la variación de la masa de los átomos. Esta obtención de energía se basa en la referida fórmula de Einstein  $E = mc^2$ .

Sustituyendo  $c$  por su valor tenemos:  $E = (2.99776 \times 10^{10})^2 = 8.9866 \times 10^{20}$  unidades de energía por cada gramo de masa, lo que equivale a 25 millones de kilowatios/hora (25 Megawatios/hora) de energía por cada gramo de masa transformada.



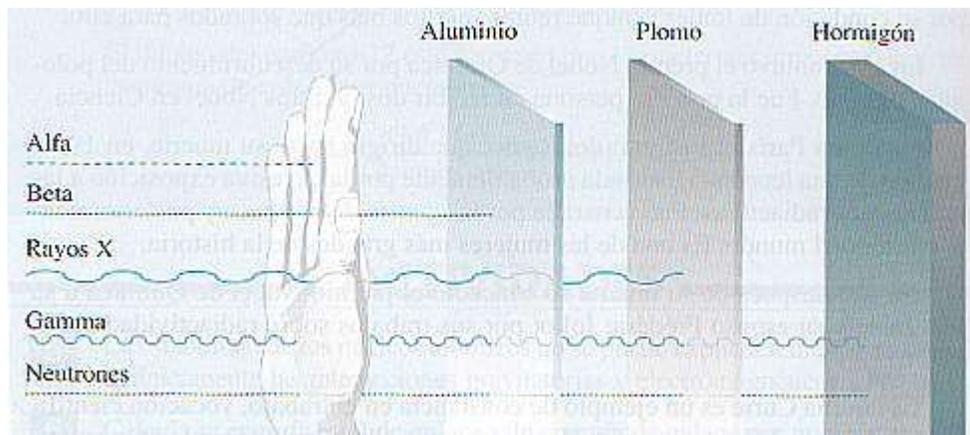
Sin embargo, no toda la masa se transforma en energía, por lo que siempre habrá cierta pérdida de ésta.

## El Mega-electrón-Volt:

En las reacciones nucleares se expresa la energía en términos de “eV” (electronVolt), unidad que corresponde a la energía susceptible de adquirir un electrón bajo el campo electrostático (carga del electrón =  $1.602 \times 10^{-19}$  Columbios)

## Tipos de radioactividad

Radiación alfa, beta más, beta menos y gamma. Son radiaciones emitidas por los núcleos de diferentes elementos. Difieren en la reacción de sus elementos y la intensidad de la energía que producen. Esta energía puede ser detenida por una simple hoja de papel o una plancha de plomo o un grueso muro de hormigón.



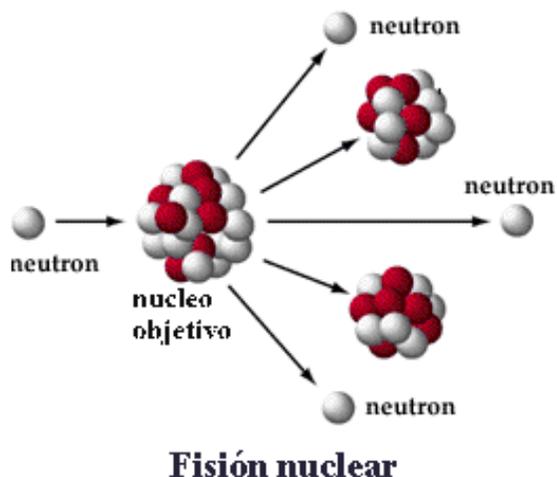
## Series Radiactivas

### FISIÓN:

Fue descubierta por O. Hahn y F. Strassmann en 1938. La primera reacción de fisión en cadena sostenida la consiguió Enrico Fermi en 1942, en la Universidad de Chicago. En una pequeña fracción de segundo, el número de núcleos que se han fisionado libera una energía un millón de veces mayor que la obtenida al quemar un bloque de carbón o explotar un bloque de dinamita de la misma masa.

La fisión nuclear es una reacción en la cual al hacer chocar neutrones sobre un núcleo pesado (uranio o plutonio), éste se divide en dos núcleos, liberando una gran cantidad de energía y emitiendo dos o tres neutrones. La suma de las masas de estos últimos átomos obtenidos, más la de los neutrones desprendidos, es menor que la masa del átomo original, y de acuerdo con la teoría de Albert Einstein, se desprende una cantidad de energía que se puede calcular mediante la expresión  $E = mc^2$ .

En energía nuclear llamamos **fisión nuclear** a la división del núcleo de un átomo. El núcleo se convierte en diversos fragmentos con una masa casi igual a la mitad de la masa original más dos o tres neutrones.



Como se puede comprobar, en cada reacción sucesiva, se rompen  $3^n$  átomos, donde  $n$  indica 1ª, 2ª, 3ª, ..., reacción.



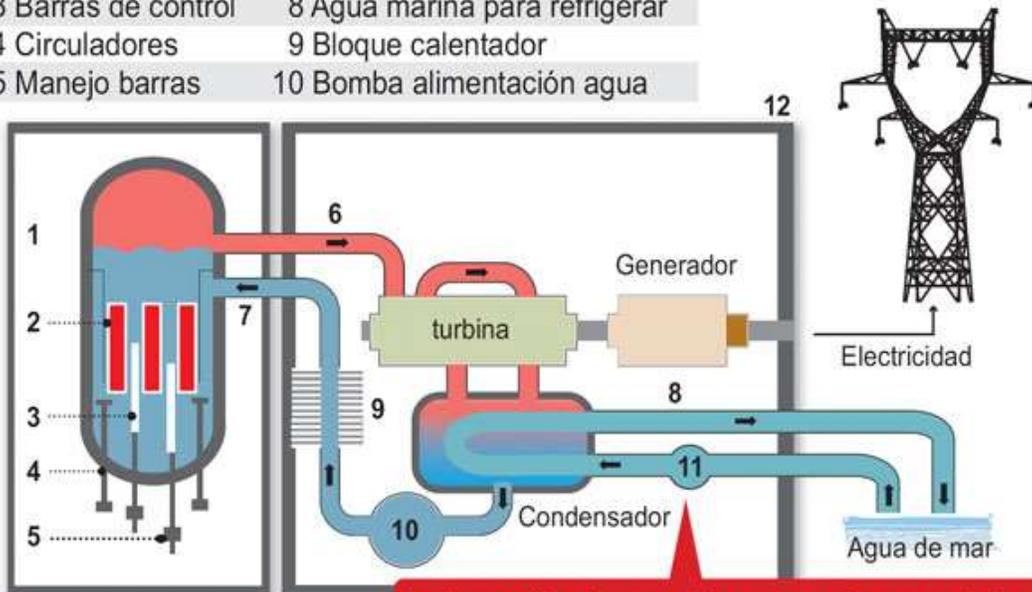
En las **centrales nucleares** el proceso se modera, evitando la reacción en cadena, para generar energía de forma lenta, pues de lo contrario el reactor se convertiría en una bomba atómica. Cuando se consigue que sólo un neutrón de los liberados produzca una fisión posterior, el número de fisiones que tienen lugar por segundo es constante y la reacción está controlada, evitando así que la reacción sea una gran explosión.

En este principio de fisión están basados los 436 reactores nucleares que funcionan en todo el mundo y que producen el 17% de la electricidad que se consume mundialmente.

El proceso básico es el siguiente:

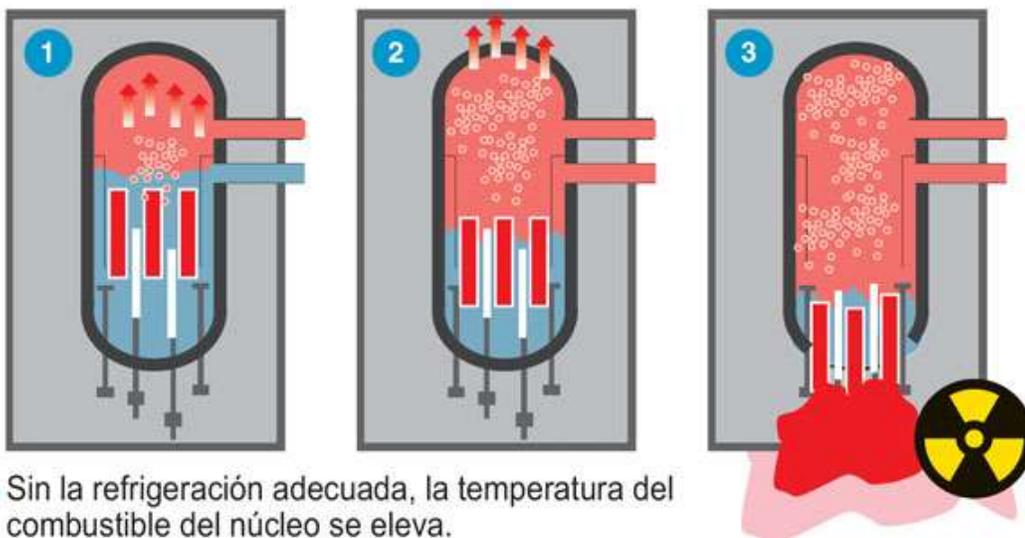
## FUSION DE REACTOR NUCLEAR

1 Reactor	6 Conducto de vapor a turbina	11 Bomba agua refrigerante
2 Combustible	7 Alimentación agua	12 Estructura de concreto
3 Barras de control	8 Agua marina para refrigerar	
4 Circuladores	9 Bloque calentador	
5 Manejo barras	10 Bomba alimentación agua	



### PROCESO DE FUSION

La inyección de agua de mar en el reactor de la planta de Fukushima intentará evitar la fusión.

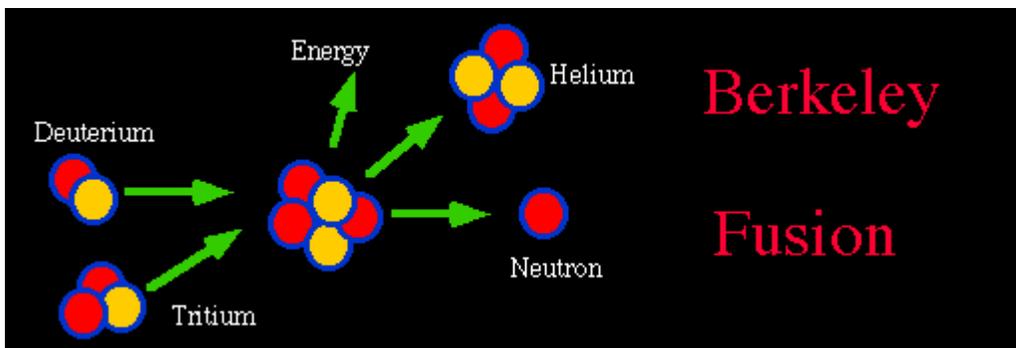


- 1 Sin la refrigeración adecuada, la temperatura del combustible del núcleo se eleva.
- 2 A 1.900°C la cubierta protectora de las barras de combustible se pierde y éstas comienzan a fundirse; el agua, sin circular, se puede evaporar en días.
- 3 Al aumentar más la temperatura se calienta el combustible en el fondo del recipiente de presión y puede continuar fundiendo la base del reactor.

## FUSIÓN:

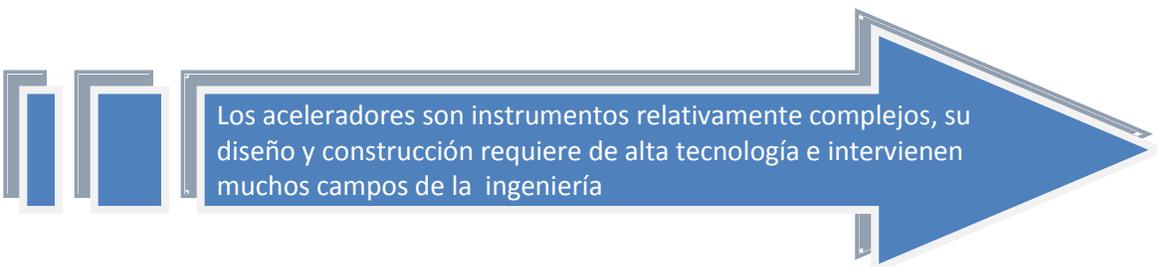
La fusión nuclear, está actualmente en líneas de investigación, debido a que todavía hoy no es un proceso viable, ya que se invierte más energía en el proceso para que se produzca la fusión, que la energía obtenida mediante este método. La fusión, es un proceso natural en las estrellas, produciéndose reacciones nucleares por fusión debido a su elevadísima temperatura interior.

La primera reacción de fusión artificial, tuvo origen en la investigación militar, fue una bomba termonuclear (o también llamada bomba-H o de Hidrógeno), para obtener la temperatura adecuada que inicia el proceso de fusión (unos 20 millones de grados centígrados) se utilizó una bomba atómica.

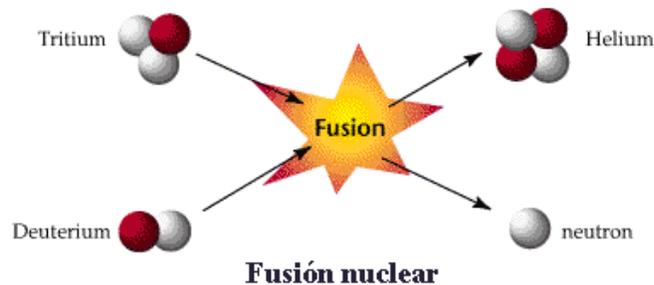


La fusión nuclear es la reacción en la que dos núcleos muy ligeros, en general el hidrógeno y sus isótopos, se unen para formar un núcleo más pesado y estable, con gran desprendimiento de energía. La energía producida por el sol tiene este origen.

Para que se produzca la fusión, es necesario que los núcleos cargados positivamente se aproximen venciendo las fuerzas electrostáticas de repulsión. En la Tierra, donde no se puede alcanzar la gran presión que existe en el interior del sol, la energía necesaria para que los núcleos que reaccionan venzan las interacciones se puede suministrar en forma de energía térmica o utilizando un acelerador de partículas.



La solución más viable es la fusión térmica. Estas reacciones de fusión térmica, llamadas reacciones termonucleares, se producen en los reactores de fusión y fundamentalmente con los isótopos de hidrógeno.



Actualmente hay reactores de investigación para lograr producir electricidad a través de este proceso. Cabe destacar el Reactor Experimental Termonuclear Internacional ITER en el que participan la Unión Europea, China, Japón, Rusia, India, Corea del Sur y Estados Unidos.

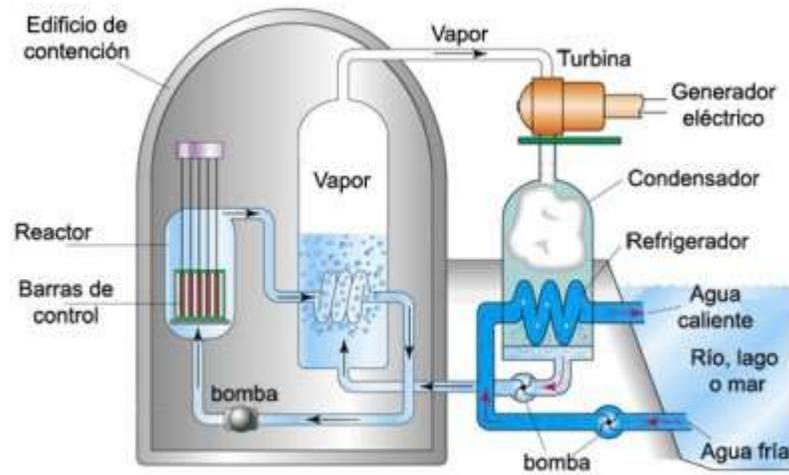
### **Diferencias entre fusión y fisión**

- a) Tanto los reactantes como los productos de la reacción de fusión no son tóxicos, químicos, ni radioactivos (a diferencia de la fisión).
- b) Una vez iniciada la reacción en cadena de fisión, es necesario moderarla para que no sea instantánea, en cambio producidas las condiciones para la reacción de fusión, es el proceso en el cual se desea invertir las divisiones atómicas.

### **Funcionamiento de una central de energía nuclear**

El principal uso que se le da actualmente a la energía nuclear es el de la generación de energía eléctrica. Las centrales nucleares son las instalaciones encargadas de este proceso. Prácticamente todas las centrales nucleares en producción utilizan la fisión nuclear ya que la fusión nuclear actualmente no se ha podido concretar, a pesar de estar en proceso de desarrollo.

El funcionamiento de una central nuclear es idéntico al de una central térmica que funcione con carbón, petróleo o gas, excepto en la forma de proporcionar calor al agua para convertirla en vapor. En el caso de los reactores nucleares, este calor se obtiene mediante las reacciones de fisión de los átomos del combustible.



## **Glosario:**

**Átomo:** La partícula más pequeña en que un elemento puede ser dividido sin perder sus propiedades químicas.

**Electrón:** Un electrón es una partícula elemental estable, cargada negativamente, que constituye uno de los componentes fundamentales del átomo. Forma parte del grupo de los leptones.

**Neutrón:** Es una partícula subatómica contenida en el núcleo atómico. No tiene carga eléctrica neta, a diferencia de carga eléctrica positiva del protón. El número de neutrones en un núcleo atómico determina el isótopo de ese elemento.

**Núcleo atómico:** El núcleo atómico es la pequeña parte central del átomo, con carga eléctrica positiva y en la que se concentra la mayor parte de la masa del átomo.

**Protón:** Un protón es una partícula cargada positivamente que se encuentra dentro del núcleo atómico.

**Radioactividad:** Consiste en la emisión espontánea de partículas (alfa, beta, neutrón) o radiaciones (gamma, captura K), o de ambas a la vez, procedentes de la desintegración de determinados nucleídos que las forman, por causa de un arreglo de su estructura interna.

**Subátomo:** Es una parte del átomo, ya que tiene la misma forma que el átomo.

**Referencias Bibliográficas:**

[http://web.educastur.princast.es/proyectos/jimena/pj\\_franciscga/fusionyfision.htm](http://web.educastur.princast.es/proyectos/jimena/pj_franciscga/fusionyfision.htm)

<http://www.sociedadelainformacion.com/departfqtobarra/nuclear/nucleo.htm>

[http://www.maloka.org/f2000/waves\\_particles/index.html](http://www.maloka.org/f2000/waves_particles/index.html)