

# **SERIE DE ARTICULOS SOBRE ENERGIA ALTERNATIVA: LA NUCLEAR**

## **ENTREGA N° 1**

### **LA ELECTRICIDAD Y LA ENERGIA NUCLEAR**

**ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA, DIRIGIDO A PERSONAS  
CURIOSAS Y NO ESPECIALISTAS**

**Septiembre 2009**

**Autor: Ing. Jorge Bertoni**

#### **INDICE**

1. Introducción
2. Energía y Potencia
3. La Generación de Electricidad
4. Las Centrales Eléctricas
5. Las Centrales Nucleares
6. El Uranio como Combustible
7. El Reactor Atómico
8. Desechos
9. Riesgos y Seguridad en una Central Nuclear
10. Criterio de Diseño
11. Los accidentes de Chernóbil y Three Mile Island
12. Comparación entre Centrales
13. Costo de Producción del KWh
14. La Energía Nuclear en el Mundo
15. Conclusiones

#### **LA ELECTRICIDAD Y LA ENERGIA NUCLEAR**

**1.- Introducción:** Este es un artículo de divulgación científica, dirigido a personas curiosas y no especialistas, que trata de explicar una serie de conceptos sobre la energía y en particular la energía eléctrica de origen nuclear, sin que se requieran conocimientos previos.

El propósito, un tanto ambicioso, es el de disipar en los lectores las dudas e incertidumbres que todavía provoca la sola mención de la energía nuclear, de forma objetiva y amena.

Hablaremos sobre la forma de producir la electricidad, sobre las centrales eléctricas llamadas térmicas que queman combustibles fósiles y de las centrales nucleares que usan uranio como combustible.

Describiremos de manera simple, en que forma la fisión del uranio produce energía, y del proceso que se sigue hasta utilizarlo en un reactor nuclear para generar electricidad. Luego se mencionarán las partes principales de una central nuclear.

También se describirán los riesgos que presenta el funcionamiento de estas centrales, los conceptos de seguridad que se aplican para contrarrestarlos, y las normas con las que se diseñan las centrales en el mundo occidental.

Haremos una rápida comparación entre las centrales de combustibles fósiles y las nucleares, principalmente en cuanto a los desechos se refiere y a la importancia para la conservación del medio ambiente de la no producción de gases de efecto invernadero de las centrales nucleares.

Haremos mención al tema del almacenamiento de los desechos radiactivos de alta y prolongada radiactividad, provenientes de las centrales nucleares.

En forma resumida se mencionará la importancia de la energía nuclear en el mundo, y se hará mención al costo de producción de la electricidad (kilovatiohora) y la influencia del costo del combustible en el mismo.

**2.- Energía y Potencia:** La energía, según la definición más simple, es lo que permite realizar un trabajo. Y la energía que se gasta por unidad de tiempo, se le llama potencia, que es la capacidad de realizar un trabajo.

Pero en cuanto al concepto físico, la energía es simplemente nuestro universo, o sea lo que se originó con el big-bang. Desde entonces su cantidad ha permanecido constante y solo ha sufrido una metamorfosis. Es decir se ha transformado, y lo sigue haciendo hoy en día, pero manteniéndose constante.

La energía se manifiesta de distintas formas, y así hablamos de energía cinética, potencial, hidráulica, eólica, mecánica, eléctrica, calórica, geotérmica, mareomotriz, etc. Aquí hablaremos solo de la electricidad y cómo se produce.

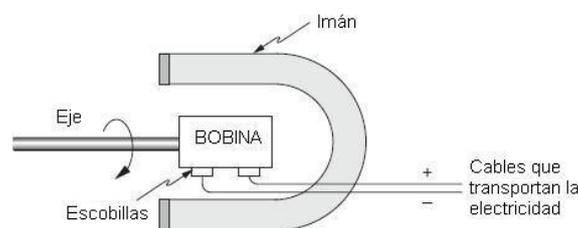
Tenemos que hablar obligadamente, de la forma en que se miden la potencia y la energía eléctrica. Solo mencionaremos las unidades utilizadas comunmente, con las que estamos familiarizadas. La potencia se mide en vatios o sus múltiplos, el kilovatio (1 kw = 1000 vatios), y el megavatio (1 Mw = 1000 Kw). La energía que es la potencia multiplicada por el tiempo de uso, se mide en kilovatiohora (potencia x tiempo = Kwh).

Las facturas de la luz precisamente nos indican la "energía eléctrica" que consumimos en Kwh. La factura también nos indica la "potencia instalada" en casa, en kilovatios (Kw).

La víspera de Año Nuevo de 1879, el inventor norteamericano Thomas Edison logró iluminar las calles del pueblo donde vivía, con lámparas eléctricas de su invención, alimentadas con la energía eléctrica que él mismo había generado y distribuyó. Fue un acontecimiento que impactó al mundo y se esparció rápidamente. Edison encontró la forma de convertir la energía mecánica en energía eléctrica, lo que significó la transmisión de energía a distancia. Hoy es impensable la vida cotidiana, sin la disponibilidad de electricidad.

**3.- La Generación de Electricidad:** El método para generar la electricidad que llega a nuestros domicilios, es el mismo tanto en las instalaciones de producción industrial, como en los generadores que se usan en los automóviles y hasta en las dínamos de las bicicletas.

Cuando se arrolla un alambre de cobre en forma de círculo o "bobina", y a ésta se la hace girar entre los polos de un imán en forma de "U", (campo magnético), el alambre de cobre es recorrido por una corriente eléctrica.



La generación de electricidad

Unos cepillos fijos frotarán la bobina y se llevarán la electricidad al exterior. Esta es la simple descripción de una máquina que se inventó hace ya 150 años. El generador eléctrico.

Para hacer rotar la bobina dentro del campo magnético, hace falta una fuerza mecánica exterior. Esto se logra mediante otra máquina llamada turbina.

Esta es como uno de esos molinos que se ven en el campo, básicamente una rueda con paletas o alabes en su periferia, con un eje fijo en el centro, que gira cuando un fluido, aire en el caso de los molinos de viento o vapor en el caso de una turbina de vapor, choca con los alabes en la rueda.

El eje de esta turbina está acoplado al eje del rotor del generador eléctrico, y la electricidad así generada en las bobinas que rotan, es extraída mediante cepillos conectados con líneas exteriores que llevan la electricidad a fábricas y hogares.

Para accionar la turbina hay que producir vapor y esto se logra solamente si se tiene una fuente que produzca calor. Con el calor se calienta agua, y ésta se transforma en vapor, como ocurre en una pava con agua que se calienta para cebar mate.

En los aerogeneradores, el trabajo que hace el vapor en una turbina lo hace el viento, al hacer girar las grandes palas que caracterizan a los generadores eólicos.

Para que la turbina gire a la velocidad adecuada, el vapor que la mueve debe tener suficiente velocidad, y para ello habrá que aumentarle la presión.

Volviendo al ejemplo de la pava, cuando el agua llega a la ebullición y se convierte en vapor aumenta unas 1000 veces su volumen original, y es por eso que en ese punto el vapor hace saltar la tapa, y sale por el pico de la pava con fuerza.

En una caldera, el tubo de salida del vapor se posiciona para que éste incida sobre los alabes de la turbina, y ésta haga girar el rotor del generador eléctrico. Ambos ejes, el de la turbina y el del generador están acoplados.

La forma más común de generar calor, es quemar en una caldera un combustible fósil, carbón, gas o petróleo y sus derivados. Al quemarse el combustible produce calor, y también desechos, gases y cenizas.

Otra forma de producir calor, es hacer uso de la energía nuclear, proceso que se desarrolla en un reactor atómico, y que veremos seguidamente.

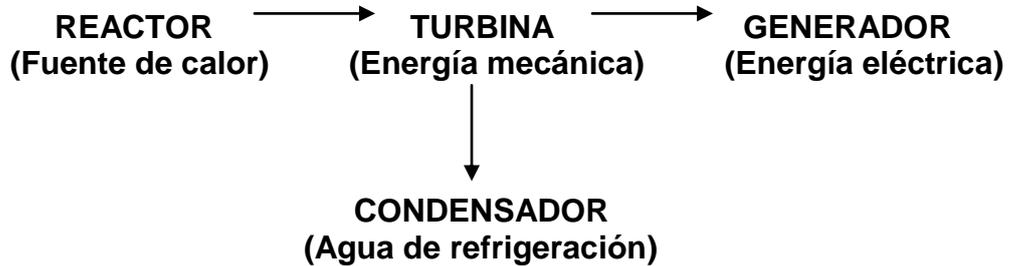
**4.- Las centrales Eléctricas:** Después de estos conceptos básicos, se pueden describir los componentes principales de una central para generar electricidad que son:

- 1.- Un sistema para generar calor y vapor: Caldera o reactor nuclear.
- 2.- Una turbina que convierte la energía del vapor en energía mecánica.
- 3.- Un generador eléctrico que produce electricidad.

Hay un componente adicional que debe ser mencionado. Después de entregar su energía en la turbina, el vapor debe ser convertido nuevamente en agua líquida para completar el ciclo y ser otra vez vaporizada.

La condensación del vapor se hace extrayendo calor, y eso se logra en un condensador de tubos ubicado debajo de la turbina. En éste, el vapor fluye por el exterior de los tubos, y en su interior circula agua de enfriamiento que se toma de una fuente de agua: mar, río o lago, o también de torres de enfriamiento si fuera necesario.

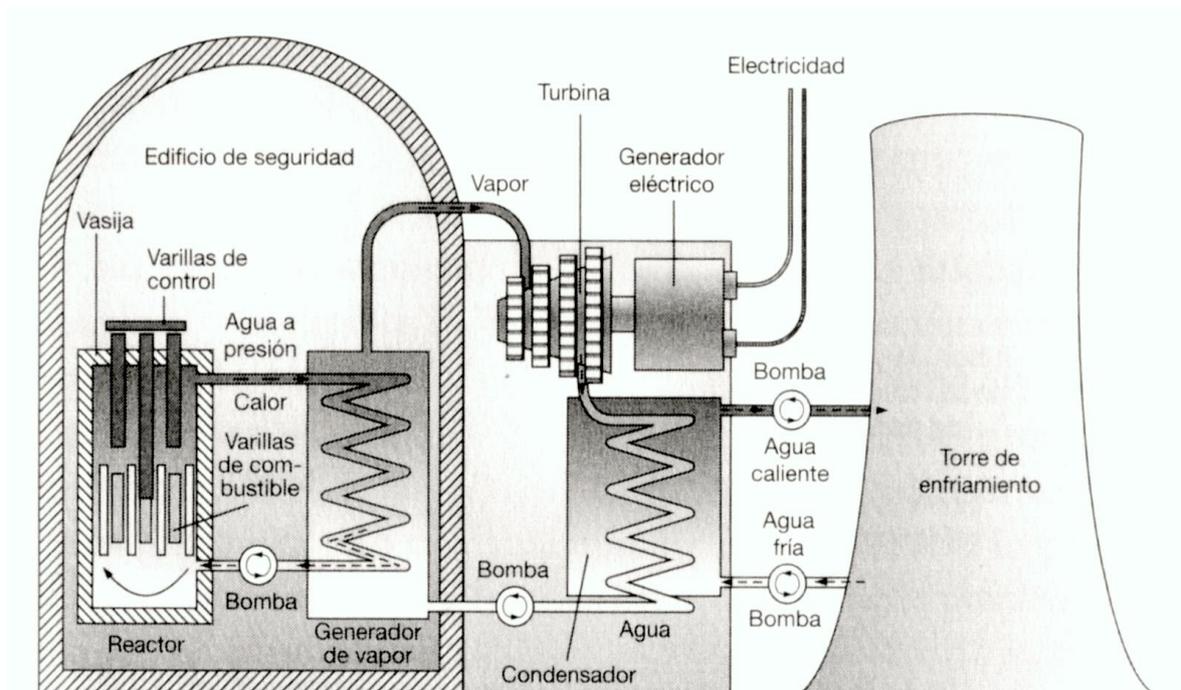
**5.- Las centrales nucleares:** De manera similar también se puede definir una central nuclear que está formada por:



Una central nuclear es una central térmica en la que se usa un reactor atómico como fuente de calor para producir vapor, en lugar de una caldera que quema combustibles fósiles.

Vista desde el exterior, a vuelo de pájaro, en una central nuclear se verían dos edificios principales, uno para la turbina y el generador eléctrico, y otro para el reactor y el sistema de producción de vapor.

Se vería también un canal desde el mar o desde el río por donde ingresa y se descarga el agua de refrigeración del condensador, en el edificio de la turbina, . Cuando se usan torres de enfriamiento, éstas se destacan por su altura.

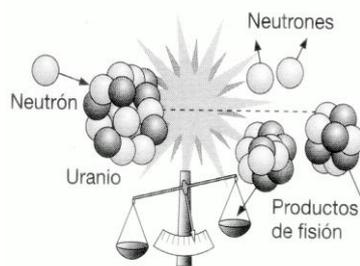


Esquema de una central nuclear tipo PWR. Edificio de contención con el reactor, edificio de la turbina, el generador eléctrico y el condensador, y las torres de enfriamiento. "Nucleares, ¿Por que no?" de Manuel Lozano Leyva

**6.- El uranio como combustible:** El uranio, elemento N° 92 de la tabla periódica de elementos, es un mineral abundante en la corteza terrestre. El núcleo de sus átomos está formado por 238 partículas de las cuales 92 son protones y 146 neutrones <sup>(1)</sup>. La generación de calor por el uranio se debe a lo siguiente:

Experiencias físicas realizadas en la primera mitad del siglo XX, demostraron que al ser bombardeados átomos de uranio con neutrones de baja energía, se rompen o fisionan, convirtiéndose en dos nuevos elementos o productos de la fisión.

La suma de las masas de estos nuevos elementos surgidos de la fisión, es menor que la masa del átomo original de uranio. En este proceso se ha perdido materia. También surgen de la fisión, dos o más neutrones, los que a su vez producen nuevas fisiones en átomos circundantes.



La fisión del uranio

Otras experiencias comprobaron que la masa que desaparece en el proceso de fisión, se convierte directamente en energía, de acuerdo con la ecuación llamada de equivalencia entre masa y energía.  $E = mc^2$  establecida por Einstein, en la que "c" es la velocidad de la luz. (300.000 Km/seg).

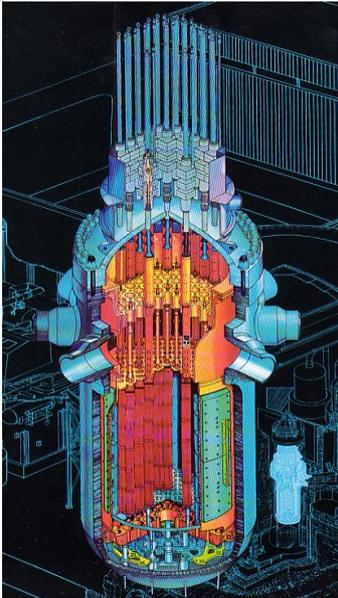


La gran importancia de este hallazgo, es que hizo posible un nuevo método para obtener enormes cantidades de energía con poco volumen de combustible y no mediante el proceso tradicional de la combustión de combustibles fósiles. En este nuevo proceso, no hace falta el oxígeno.

La diferencia de volúmenes de combustible para generar la misma cantidad de energía, queda cuantificada con la siguiente equivalencia: el calor producido por la fisión de 1 Kg de uranio, es el mismo que se obtiene con la combustión de 10.000 Kg de antracita.

Por primera vez en la historia, la humanidad podría valerse de otra forma de generar energía mediante un nuevo y abundante combustible. El uranio.

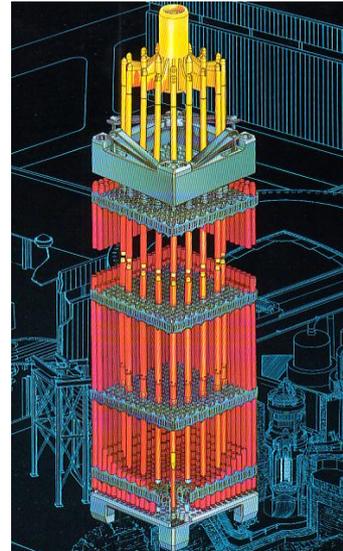
**7.- El Reactor Atómico:** El reactor atómico, es como una olla a presión para cocinar, un recipiente de gran tamaño, que contiene en su interior el combustible uranio. El recipiente está lleno de agua que al calentarse con el calor generado por la fisión del uranio, produce a su vez vapor para accionar la turbina.



Vista del interior de la vasija de un reactor PWR con el núcleo en rojo. En la parte superior las varillas de control de la potencia.



Oxido de uranio compactado en forma de pastillas que llenan los tubos de los elementos combustibles



Elemento combustible de un reactor PWR. Los tubos rojos contienen el uranio. Los amarillos son las varillas de control que se insertan y se extraen del elemento.

Autor: Descripción del SNGV Westinghouse"

El uranio contenido en el mineral que se extrae de las minas, se separa mediante procesos físicos, y luego se lo transforma químicamente en óxido de uranio, que es un polvo negro. Este polvo es compactado en pastillas, como los comprimidos de aspirina, y muchas de estas pastillas son apiladas dentro de tubos metálicos de unos 10 mm de diámetro y más de 3 metros de longitud, con paredes muy finas, y con tapones en ambos extremos, que los hacen estancos.

Varios de estos tubos son agrupados en forma de manojo según una retícula cuadrada, y cada uno de estos manojos, conforman un elemento combustible. Varios de estos elementos a su vez están dispuestos en forma vertical, apoyados sobre una placa en el fondo del recipiente de presión, y este conjunto es el núcleo del reactor atómico, que ocupa todo el espacio cilíndrico del recipiente que lo contiene.

Dimensiones aproximadas; diámetro 3 m, altura 4 m y 150 elementos combustibles para un reactor PWR de una potencia aproximada de 1000 MWe. (1.000.000 kwe)

La fisión de los átomos de uranio genera energía, productos de fisión y dos o tres neutrones libres. Estos a su vez producen nuevas fisiones y así se origina una reacción en cadena auto sostenida y controlada. Para lograr este control, se utilizan materiales fuertemente absorbedores de neutrones. Estos materiales se colocan en tubos similares a los que contienen las pastillas de uranio, y se los hace deslizar entre los elementos combustibles, de tal manera de regular el flujo o población de neutrones dentro del núcleo del reactor, y de esa forma se controla la potencia que se genera, y se mantiene constante y estable.

**8.- Desechos:** En las centrales térmicas donde se usan combustibles fósiles se producen como desechos, gases de combustión que son emitidos por una chimenea, y cenizas, que deben ser retiradas regularmente del hogar de la caldera.

La fisión del uranio en un reactor atómico también produce desechos, son de otro tipo y de volumen muchísimo menor. Son los productos de la fisión, es decir los nuevos elementos que se forman, y que quedan encerrados dentro de los tubos de los elementos combustibles y son altamente radiactivos.

En el reactor de una central nuclear, un tercio de los elementos combustibles ya usado se reemplaza en el reactor cada 18 meses en promedio, durante cada parada de la central.

Los combustibles en el centro del reactor se queman en mayor grado que los de la periferia y por eso se los retira primero. Los de la periferia se reposicionan en reemplazo de los extraídos (en el centro) en cada parada . En esta forma se optimiza el aprovechamiento del uranio.

El reactor de una central nuclear puede generar energía sin parar durante todo ese tiempo.

Los combustibles gastados que se retiran del reactor, siguen generando calor debido a la radiactividad remanente en su interior y por eso se los dejan almacenados por un tiempo en piletas, bajo agua, dentro del edificio del reactor, hasta que su radiactividad disminuya y puedan ser llevados al exterior de la central.

**9.- Riesgos y Seguridad en una Central Nuclear:** Toda instalación industrial presenta distintos riesgos o probabilidades de fallos, anomalías o accidentes.

En el caso de una central nuclear, estos riesgos se circunscriben al edificio del reactor y lo que se aloja en su interior que en su conjunto se denomina Sistema Nuclear de Suministro de Vapor. La enumeración en orden decreciente de importancia de estos riesgos es la siguiente:

1.- Los productos de fisión almacenados en el interior del reactor, son una fuente radiactiva de gran magnitud y la radiación que emite nunca debe afectar al personal de operación, o a personas externas a la central. Los productos de fisión pueden ser sólidos o gaseosos y estos últimos podrían escapar al exterior en el caso de una falla en la vaina o tubo metálico que contiene el uranio y contaminar la superficie donde se depositen.

2.- El reactor y su circuito de refrigeración asociado contienen agua a muy alta presión (más de 100 atmósferas), y como las ollas a presión, cuenta con válvulas de seguridad para el caso en que la presión interior aumentase. Si se produjera una pérdida repentina del agua a presión, ésta se vaporizaría y aumentaría la presión dentro de la contención. Recordemos que el aire que respiramos está a una presión de 1 atm.

3.- Si se produjera alguna fuga de material o gas radioactivo, podría dispersarse en la atmósfera.

Es necesario negar en forma terminante, la creencia bastante generalizada entre la opinión pública no informada, que un reactor nuclear puede ocasionar una explosión atómica. Sus características físicas y mecánicas lo hacen imposible.

Para reducir estos riesgos a un nivel tan bajo como fuese posible, la industria nuclear en el mundo occidental ha aplicado desde su origen, el concepto de **defensa en profundidad**.

Esto consiste en colocar barreras sucesivas entre la fuente radiactiva que es el núcleo del reactor, y el ambiente exterior a la central. Se podría citar el símil de una cebolla, con cáscaras en capas sucesivas, de la siguiente forma:

1.- La primera barrera la constituye el combustible en sí, que tiene la forma de pastillas de óxido de uranio muy compactado, de alta densidad. La mayor parte de los productos de fisión quedan atrapados en su interior.

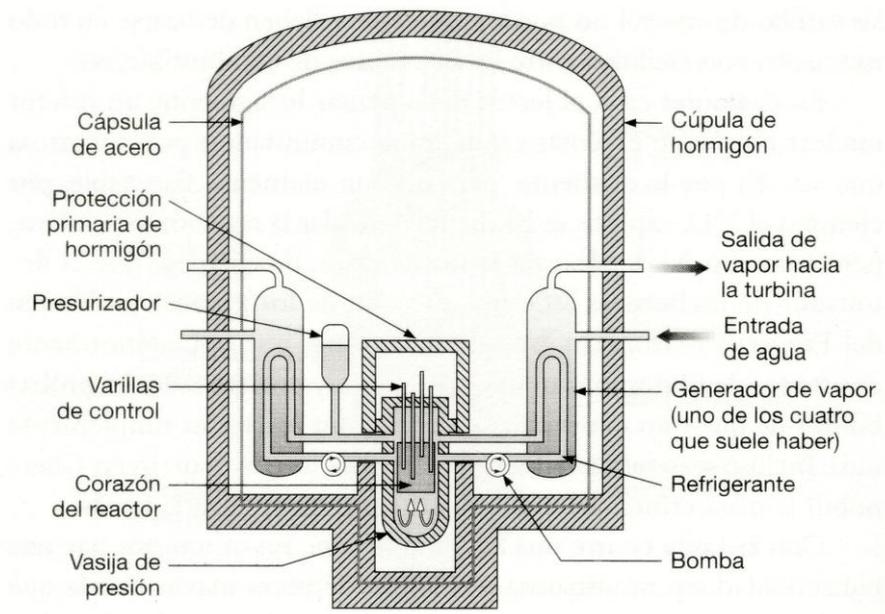
2.- La segunda barrera para los productos de fisión, es el tubo o vaina metálica que encierra las pastillas de uranio. Cada tubo que integra los elementos combustibles, es estanco.

3.- La tercera barrera es el recipiente de presión, dentro del cual se aloja el núcleo del reactor que contiene los elementos combustibles. Estos a su vez encierran los productos de fisión. La pared del recipiente de acero, es del orden de 200 mm de espesor.

4.- La cuarta barrera la conforma el recinto o edificio, (la contención), donde se aloja el reactor y el sistema primario de refrigeración. Se llama edificio de contención, porque se lo diseña para que sea estanco, para contener los gases en caso de alguna fuga. También es resistente a un aumento de presión en su interior en caso de una pérdida y vaporización del refrigerante.

En las centrales modernas, la contención, que puede ser cilíndrica o esférica, está diseñada también para resistir el impacto de un avión comercial.

La defensa en profundidad, implica que si las sucesivas barreras mencionadas, tienen algún fallo, siempre queda una posterior, con una alta probabilidad de quedar intacta, y en esta forma el riesgo resultante queda siempre acotado.



Diseño de un reactor tipo PWR con el sistema nuclear de suministro de vapor en la contención "Nucleares, ¿Por que no?" de Manuel Lozano Leyva

**10.- Criterio de diseño:** El criterio con el que siempre han sido diseñadas las centrales nucleares en el mundo occidental, se basa en la aceptación o postulación a priori de que durante la operación normal de la central, puede ocurrir el máximo accidente creíble, que se define como la rotura de un conducto principal de refrigeración del reactor.

Al analizar las consecuencias de ese hipotético accidente, los diseñadores agregan medios y sistemas suficientes como para mitigar sus consecuencias.

Con la evolución de la tecnología, han aumentado los sistemas automáticos que paran una central nuclear en el caso de que ocurriese una mínima anomalía. En tal caso, y con el fin de disminuir la posibilidad de un error humano, una central nuclear puede ser

llevada a una parada segura en forma automática, es decir sin la intervención de los operadores.

**11.- Los accidentes de Chernóbil y Three Mile Island:** El lector se preguntará en este punto, como es posible que siendo los criterios de diseño de las centrales nucleares tan severos, haya podido suceder el accidente de la central de Chernóbil en abril de 1986 (hace ya 23 años) La respuesta principal a esta pregunta es que casi todo lo mencionado anteriormente respecto a los criterios de seguridad y de diseño de las centrales nucleares, no es de aplicación al reactor de esa central rusa, del tipo RBMK que fue diseñada con otra tecnología distinta a los reactores occidentales. Además del diseño, en este caso el accidente se debió a errores humanos y falta de adecuada preparación en las pruebas que se estaban realizando en aquel momento, todo lo cual resultó en un brusco recalentamiento del combustible, una explosión por la súbita vaporización del agua de refrigeración, la fusión parcial del núcleo, y el escape a la atmósfera de grandes cantidades de productos de fisión gaseosos y radiactivos. Rusia abandonó esa línea de reactor y adoptó la occidental (PWR). Un accidente similar no podría volver a producirse.

En Estados Unidos en marzo de 1979 (hace ya 30 años) ocurrió un accidente similar, en la central de Three Mile Island (Harrisburg, con un reactor PWR) en la que también por error humano, se interrumpió la refrigeración del núcleo, y se fundió parte del combustible. En este caso quedó demostrado que el criterio de diseño aplicado en occidente, era correcto. En este caso, prácticamente no hubo escape de gases radiactivos fuera del edificio de contención, y no hubo ningún daño personal.

Esta experiencia ha servido además para diseñar nuevos sistemas con los cuales impedir, en el futuro, que ocurran accidentes de este tipo.

**12.- Comparación entre Centrales:** Para identificar mejor las respectivas características de los dos tipos de centrales térmicas, es decir las de combustibles fósiles y las nucleares, haremos una somera comparación entre ambas:

Abastecimiento de combustible: Los combustibles fósiles, carbón, petróleo o gas, deben ser provistos a la central que los utiliza, en forma permanente, ya que se consumen en forma continuada. Siempre debe haber en la central una reserva en sus depósitos para funcionar por lo menos durante un mes. Esto requiere disponer de un buen sistema de transporte y grandes superficies o volúmenes de almacenamientos de combustible.

En las centrales nucleares, un tercio de los elementos combustibles es reemplazado en el reactor cada 18 meses, lo que representa un volumen muchísimo menor que en el caso de los combustibles fósiles. Tanto en transporte como en almacenamiento.

Desechos: Con combustibles fósiles, los gases producto de la combustión en la caldera, son eliminados por una chimenea de forma continua. Son millones de toneladas de gases de efecto invernadero que se incorporan a la atmósfera a lo largo de un año de operación continua, principalmente CO<sub>2</sub>. (Anhídrido carbónico).

Las siguientes son cifras indicativas de las emisiones de gramos de CO<sub>2</sub> por cada KWh producido por los distintos combustibles: (el promedio es 540)

Gas: 386, Carbón: 755, Nuclear 31 (gr. CO<sub>2</sub>/ KWh)

Todas las centrales nucleares en operación actualmente en el mundo, ahorran una emisión a la atmósfera del orden de varios miles de millones de toneladas de CO<sub>2</sub> por año.

Con combustibles fósiles, es necesario eliminar en forma continua las cenizas remanentes de la combustión que son muy voluminosas y también pueden ser tóxicas. Se necesita para ello otro sistema de transporte adicional.

En el caso de las centrales nucleares, no hay desechos gaseosos. Los principales desechos de una central nuclear, son los productos de la fisión del uranio que están encerrados dentro de los elementos usados y retirados del reactor. Estos elementos combustibles quedan depositados en piletas con agua, dentro de la misma central, hasta que son retirados al exterior al cabo de algunos meses.

La comunidad nuclear internacional está de acuerdo en que el almacenamiento definitivo de los elementos combustibles gastados que contienen los productos de fisión radiactivos, habrá de hacerse en depósitos subterráneos, a gran profundidad, llamados repositorios. Estos ya están proyectados en varios países y listos para ser construidos.

En la actualidad, hasta que se disponga de tales repositorios, el combustible gastado de las centrales nucleares, puede seguir dos caminos: 1.- Quedar almacenado en piletas dentro de la misma central o 2.- Ser enviado a una planta de reprocesamiento químico, donde se recupera el uranio remanente y otros productos de valor como el plutonio<sub>(2)</sub>, para volver a utilizarlos en combustibles nuevos.

Otro desecho de menor cuantía en una central nuclear, es la ropa y guantes usados por los operadores que pueden quedar ligeramente contaminados con radiación. Todo

esto se almacena en bidones de 200 litros que se depositan en lugares previstos, llamados cementerios nucleares.

**13.- Costo de producción del Kilovatiohora:** El tema de la economía de las centrales nucleares será tratado en otro artículo. Solo mencionaremos ahora que el costo de producción del KWh en una central nuclear es competitivo con el de otras centrales térmicas

Un dato importante es saber cuál es la proporción del costo del combustible en el costo total del KWh eléctrico, con distintos tipos de combustible:

Nuclear 13%, Carbón 43%, Fueloil 50%, Gas 75%

Las centrales nucleares tienen el costo del combustible más barato, y por eso se les da preferencia para operar en forma continuada las 24 horas del día, durante los 365 días del año.

**14.- La energía nuclear en el mundo:** Para cuantificar la importancia de la energía nuclear en la producción de electricidad en todo el mundo, hay que mencionar que más de 400 centrales producen el 16% de la electricidad que se consume.

Estas más de 400 centrales en unos 30 países, tienen reactores nucleares de distinto tipo. Las más numerosas son las que utilizan reactores del tipo de agua a presión (PWR), o agua en ebullición (BWR) y como combustible uranio enriquecido en su componente isótopo 235. Tema tratado en otro artículo. Estos reactores fueron desarrollados en USA para la propulsión de submarinos.

Hay tipos de reactor que utilizan uranio natural como combustible y agua pesada <sup>(3)</sup> como refrigerante. Tipos CANDU y ATUCHA I y II.

Las primeras centrales europeas, desarrolladas en Inglaterra y Francia, utilizaban grafito como moderador<sup>(4)</sup> y gas CO<sub>2</sub> como refrigerante. En la actualidad ya finalizaron su vida útil, son obsoletas, y están siendo desmanteladas.

**15.- Conclusiones:** Después de tantas centrales nucleares en operación, durante los últimos cincuenta años, la opinión pública ha comenzado a aceptarlas como una forma segura y económica de proveer electricidad.

Dos temas de actualidad, dan a la energía nuclear una especial importancia:

1.- La disminución en el mundo de las reservas comprobadas de combustibles fósiles, y su paulatino aumento de precio.

2.- El protocolo de Kioto, y el compromiso de todos los países de reducir la producción y emisión de gases de efecto invernadero para luchar contra el cambio climático. Recordemos que las centrales nucleares no producen desechos gaseosos.

El aumento de la demanda de energía eléctrica en el mundo, ha sido ya muy bien estudiada, y aún en el caso menos optimista, será necesaria la construcción de muchas centrales eléctricas en las próximas décadas. Las nucleares solo proveen actualmente el 16% de toda la electricidad en el mundo.

Estas son las razones por las cuales hoy se observa internacionalmente un renacer de la energía nuclear. Son varios los países que tienen programas de instalación de nuevas centrales nucleares, El caso más notable es el de China, cuya previsión es la de instalar decenas de centrales en las próximas décadas.

Muchas de las centrales que han completado su vida útil de diseño, 40 años, están recibiendo autorización para seguir funcionando por 20 años más.

Hay sin embargo, algunos obstáculos que atentan contra el renacer actual de la energía nuclear. El letargo en que había caído la industria nuclear, debido a su reciente inactividad. La falta de profesionales especialistas, por la misma razón.

Hay todavía una fuerte componente política que puede influir en la decisión de cada país para encarar un programa nuclear y también los grupos ecologistas.

Por último, queda todavía por lograr definitivamente, por parte de la opinión de la gente, la aceptación de la energía nuclear como una fuente segura y económica de suministro de electricidad, desterrando la instintiva asociación de esta forma de energía con su dramático origen bélico. Este ha sido el propósito del presente escrito.

Diremos para finalizar, que ya están muy avanzados los diseños de las centrales nucleares llamadas de cuarta generación, que serán más seguras si cabe, más económicas, y producirán menos desechos radiactivos.

(1) La estructura del átomo: Quedó identificada a principios del siglo XX. Se puede describir como un sistema planetario en miniatura. Con un núcleo donde se concentra todo su peso, y electrones que orbitan a su alrededor.

El núcleo está compuesto por dos tipos de partículas llamadas protones y neutrones. Ambas tienen igual masa, pero los protones tienen una carga eléctrica positiva. Los neutrones no tienen carga.

Para que el átomo sea eléctricamente neutro, los electrones tienen una carga eléctrica negativa, y hay tantos como protones hay en el núcleo, así se compensan. Los electrones tienen una masa 2000 veces inferior a los protones.

Las características químicas de cada elemento están definidas por el número de protones, que es único para cada elemento y se lo llama número atómico del elemento.

En el átomo predomina el vacío. Si el núcleo tuviese el tamaño de una arveja, los electrones girarían a 100 metros de distancia.

Existen elementos con igual número de protones pero con diferente número de neutrones. Se llaman isótopos del elemento.

- (2) Plutonio: este elemento se forma en el reactor, con el bombardeo del uranio con neutrones y es también fisionable. Se puede volver a usarlo como combustible.
- (3) Agua pesada: el agua normal o liviana tiene su molécula compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno ( $H_2O$ ). El agua pesada, tiene su molécula formada por dos átomos de deuterio y uno de oxígeno ( $D_2O$ ). El deuterio es un isótopo del hidrógeno y tiene en su núcleo un protón y un neutrón. El agua pesada se la usa con combustible de uranio natural, para hacer posible la reacción en cadena.
- (4) Moderador: Elemento que sirve para reducir o “moderar” la energía de los neutrones de la fisión, y suele ser agua común (reactores PWR) o agua pesada (CANDU) o grafito.