

COMISION NACIONAL DE SEGURIDAD NUCLEAR Y SALVAGUARDIAS

Ing. Bruno De Vecchi Appendini
Asesor de la Dirección General de la C.N.S.N.S.

Importancia de la Nucleoelectricidad en el Mundo Actual

Desde que Einstein a principios del siglo había planteado la equivalencia entre materia y energía, se había vislumbrado la posibilidad de disponer en el futuro de una fuente de energía basada en la transformación de materia en energía, sin embargo, el planteamiento era puramente teórico pues no se contemplaba ninguna forma práctica de lograrlo.

El descubrimiento del proceso de fisión del uranio abrió esa posibilidad, aún cuando en forma muy limitada, ya que, en este caso, de la materia inicial sólo cerca de una milésima parte se transforma en energía.

La reacción de fisión del uranio fue descubierta en 1938, hace ya más de 50 años, por Otto Hahn y Fritz Strassmann, estos investigadores estaban tratando de separar químicamente el elemento transuránico que supuestamente se debía de haber formado al bombardear uranio con neutrones, para su sorpresa encontraron, en cambio, elementos mucho más ligeros que el uranio, pensaron en que esto podría deberse a la fisión del uranio, pero el resultado era tan sorprendente que dudaban de tener la interpretación correcta, fue Lise Meitner quien proporcionó la base teórica que explicaba el fenómeno y además llegó a la conclusión de que en el proceso se debía liberar una cantidad considerable de energía, hecho que fue confirmado a principios de 1939 por R. Frisch.

También a principios de 1939, este descubrimiento fue dado a conocer en los círculos científicos, muchos físicos comprendieron inmediatamente la importancia y las implicaciones posibles que se derivaban de la fisión del uranio.

La cercanía de la segunda guerra mundial hizo que los desarrollos subsiguientes se mantuvieran en secreto ya que la fisión podía tener aplicaciones bélicas muy importantes tanto en la propulsión de submarinos, como en la producción de bombas.

Para la propulsión de submarinos y para las aplicaciones pacíficas de la fisión era necesario poder controlar a voluntad la reacción, esto se logró el 2 de diciembre de 1942 por un grupo de científicos encabezado por Enrico Fermi. Este año de 1992 marca por lo tanto el cincuenta aniversario de la primera reacción nuclear en cadena, uno de los logros científicos más importantes de la humanidad.

Fue hasta mediados de los años cincuenta en que la investigación sobre fisión nuclear fue puesta a disposición del público en general, con esto se iniciaba el desarrollo de los usos pacíficos de la energía nuclear que tanta trascendencia ha tenido en todos los campos de la ciencia y la tecnología.

En diferentes países a partir de los años cincuenta se empezaron a dar los primeros pasos que llevarían al desarrollo de la NUCLEOELECTRICIDAD, algunos reactores de esos primeros tiempos están aún en operación con más de 30 años de servicio, otros en cambio, sirvieron únicamente de prototipo y después de servir a los fines para los cuales habían sido construidos fueron retirados de servicio. Los primeros reactores comerciales datan de los años sesenta. Inicialmente el desarrollo fue lento, acelerándose a fines de los sesenta y principios de los setenta. La crisis del petróleo de 1973, que en un principio se pensó que favorecería al desarrollo de la energía nuclear, tuvo el efecto contrario, pues trajo consigo una grave recesión mundial que afectó sensiblemente al crecimiento global de la demanda de energía eléctrica, la cual bajó de valores cercanos al 7% anual antes de la crisis, a valores inferiores al 3%, después de la misma.

Esta circunstancia desaceleró el crecimiento de la energía nuclear, pues muchos de los planes de expansión resultaron muy sobrados, necesitándose menos adiciones de capacidad eléctrica de las que se tenían programadas. Pero a pesar de ello la energía nuclear no ha dejado de crecer como se observa en la Tabla no. 1, por el contrario, su importancia ha ido aumentando paulatinamente sin descanso.

Puede observarse que en 1960 su participación era marginal, pues sólo representaba el 0.12% de la generación mundial, a pesar de ello, en ese año era ya superior a la geotermia que tenía más de 50 años de desarrollo. En 1970 su participación era aún muy modesta, pues había subido a 1.6%, pero con eso sobrepasaba con creces a la geotermia, cuya participación mundial seguía siendo de 0.1%.

TABLA N° 1
PARTICIPACION PORCENTUAL DE DIVERSAS FUENTES DE ENERGIA
EN LA PRODUCCION MUNDIAL DE ELECTRICIDAD

| AÑO | TERMICA | HIDRAULICA | NUCLEAR | GEOTERMIA |
|------|---------|------------|---------|-----------|
| 1950 | 64.24 | 35.63 | 0.0 | 0.13 |
| 1960 | 70.22 | 29.56 | 0.12 | 0.11 |
| 1970 | 74.84 | 23.48 | 1.59 | 0.09 |
| 1971 | 74.49 | 23.37 | 2.06 | 0.09 |
| 1972 | 74.64 | 22.66 | 2.60 | 0.10 |
| 1973 | 75.27 | 21.40 | 3.23 | 0.10 |
| 1974 | 73.08 | 22.77 | 4.05 | 0.11 |
| 1975 | 72.14 | 22.35 | 5.39 | 0.12 |
| 1976 | 73.06 | 20.94 | 5.87 | 0.12 |
| 1977 | 72.15 | 20.75 | 6.97 | 0.12 |
| 1978 | 70.67 | 21.46 | 7.76 | 0.11 |
| 1979 | 70.70 | 21.61 | 7.57 | 0.13 |
| 1980 | 70.22 | 21.33 | 8.28 | 0.16 |
| 1981 | 68.90 | 21.34 | 9.57 | 0.18 |
| 1982 | 68.02 | 21.51 | 10.27 | 0.20 |
| 1983 | 66.74 | 21.62 | 11.41 | 0.23 |
| 1984 | 65.53 | 21.11 | 13.10 | 0.26 |
| 1985 | 64.28 | 20.56 | 14.87 | 0.29 |
| 1986 | 64.14 | 20.12 | 15.42 | 0.32 |
| 1987 | 64.25 | 19.31 | 16.10 | 0.34 |
| 1988 | 63.89 | 19.13 | 16.65 | 0.33 |
| 1989 | 64.84 | 18.33 | 16.49 | 0.34 |

FUENTE: "Energy Statistics Yearbook", 1979, 1982, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, de la ONU.

En 1980 su participación era ya considerable, pues había alcanzado el 8.3%. En 1989, último año en que se dispone de datos completos sobre generación total mundial, la energía nuclear contribuye con 16.5%, valor, como puede apreciarse, muy cercano al de la energía eléctrica de origen hidráulico.

En 1991 se estima que la generación eléctrica de origen nuclear se ubicará entre el 17.5 y el 18% de la generación eléctrica mundial y habrá alcanzado y quizá sobrepasado a la generación de origen hidráulico, pese a que ésta forma de generación tiene un desarrollo que lleva más de 100 años.

En la misma tabla puede observarse que tanto la energía eléctrica de origen térmico como la de origen hidráulico han ido paulatinamente disminuyendo en sus valores de participación, indudablemente cediendo terreno a la energía nuclear.

A lo anterior hay que agregar que actualmente hay en el mundo más de 80 reactores en construcción, lo que garantiza que la energía nuclear continuará contribuyendo a la solución de los problemas provocados por el continuo incremento mundial de la demanda de energía eléctrica.

Los párrafos anteriores muestran la evolución que ha tenido la energía nuclear en el pasado, conviene ahora mostrar cuál es el estado actual de la misma.

TABLA N° 2
REACTORES NUCLEARES DE POTENCIA EN OPERACION A FINES DE 1990

En la Tabla no. 2 se presenta, por países, tanto el número de reactores que se tienen en operación al 31 de diciembre de 1990, como la producción de electricidad obtenida durante 1990 en centrales nucleoelectricas y el porcentaje que dicha producción representa de la generación total de cada país.

A fines de 1990 había 25 países con centrales nucleoelectricas en operación, con un total de 423 reactores, una capacidad instalada de 326 mil megawatts y con los cuales durante ese año se generaron 1901 Twh.

Vemos además, que la energía nuclear es sumamente importante para muchos países, habiendo 13 en que la proporción nuclear supera el 25%, destaca en primer lugar Francia en donde el 74.5%

| PAIS | NUMERO DE REACTORES | CAPACIDAD INSTALADA MW | GENERACION ANUAL TWH | PORCIENTO DE TOTAL |
|----------------|---------------------|------------------------|----------------------|--------------------|
| AFRICA DEL SUR | 2 | 1842 | 8.4 | 5.6 |
| ALEMANIA | 26 | 24430 | 139.1 | 33.1 |
| ARGENTINA | 2 | 935 | 6.6 | 19.8 |
| BELGICA | 7 | 5500 | 40.4 | 60.1 |
| BRASIL | 1 | 626 | 2.1 | 1.0 |
| BULGARIA | 5 | 2585 | 13.5 | 35.7 |
| CANADA | 20 | 13993 | 68.8 | 14.8 |
| COREA DEL SUR | 9 | 7220 | 50.2 | 49.1 |
| CHECOSLOVAQUIA | 8 | 3264 | 23.0 | 28.4 |
| ESPAÑA | 9 | 7067 | 51.9 | 35.9 |
| ESTADOS UNIDOS | 112 | 100630 | 576.8 | 20.6 |
| FINLANDIA | 4 | 2310 | 18.1 | 35.0 |
| FRANCIA | 55 | 55778 | 297.7 | 74.5 |
| HOLANDA | 2 | 508 | 3.3 | 4.9 |
| HUNGRIA | 4 | 1645 | 12.9 | 51.4 |
| INDIA | 7 | 1374 | 5.1 | 2.2 |
| JAPON | 41 | 30917 | 186.4 | 27.1 |
| MEXICO | 1 | 654 | 2.9 | 2.6 |
| PAQUISTAN | 1 | 125 | 0.4 | 1.1 |
| REINO UNIDO | 37 | 11506 | 58.6 | 19.7 |
| SUECIA | 12 | 9817 | 65.3 | 45.9 |
| SUIZA | 5 | 2952 | 22.3 | 42.6 |
| TAIWAN | 6 | 4890 | 31.6 | 35.2 |
| URSS | 45 | 34673 | 211.5 | 12.2 |
| YUGOSLAVIA | 1 | 632 | 4.4 | 5.3 |
| TOTAL | 423 | 325873 | 1901.2 | 17 |

FUENTE: NUCLEAR POWER REACTORS IN THE WORLD, Edición de 1991

de la electricidad generada proviene de reactores nucleares, le sigue Bélgica con 60.1%, Hungría con 51.4%, Corea del Sur con 49.1%, Suecia con 45.9%, Suiza con 42.6%, España con 35.9%, Bulgaria con 35.7%, Taiwan con 35.2%, Finlandia con 35.0%, Alemania 33.1%, Checoslovaquia 28.4% y Japón 27.1%.

De los reactores actualmente en servicio, siete son reactores de "Cria", que si bien no están disponibles en este momento en forma comercial, tienen la importancia de demostrar que tanto el Uranio 238 como el Torio, que no son combustibles nucleares, podrán ser usados en el futuro para producir material fisionable, ya que los reactores de "Cria" a la vez que queman Uranio 235, pueden, mediante una reacción nuclear transformar el Uranio 238 y el Torio en combustibles nucleares. Lo anterior es muy importante, pues permite multiplicar por 60 veces o más la energía disponible y que las reservas nucleares sobrepasen ampliamente a las reservas de carbón e hidrocarburos, con lo que el futuro energético del mundo se podría garantizar por muchos años.

En resumen, la energía nuclear es un fuente primaria de energía con más 30 años de experiencia que ha logrado capturar un porcentaje considerable del mercado de electricidad y cuya importancia es ya igual a la de la energía hidráulica, a diferencia de esta última, cuya importancia relativa ha ido declinado paulatinamente con el tiempo, la energía nuclear ha seguido un ritmo siempre ascendente, ganando una participación cada vez mayor en el mercado eléctrico mundial, esto pese a que la demanda mundial de energía eléctrica no ha crecido como se esperaba

Cada vez más países fincan su desarrollo eléctrico futuro en la energía nuclear, esto se debe en gran medida a que la NUCLEOELECTRICIDAD ha demostrado ser una forma económica de generación que contamina menos y es más segura que las fuentes convencionales disponibles para generación masiva de electricidad.

Es indudable que la NUCLEOELECTRICIDAD continuará aplicándose en el futuro, lo que no es fácil predecir es a qué ritmo lo hará ni cuál o cuáles serán los tipos de reactores que prevalecerán en el futuro, esto obedece a varias causas, empezaremos por ver la que se refiere al tipo de reactor, en este caso, para el futuro hay dos tendencias, una que podemos llamar evolutiva y otra de nuevos diseños.

La tendencia evolutiva parte de los diseños actuales y aprovechando la experiencia adquirida, hace pequeñas modificaciones que permiten obtener reactores aún más seguros que los presentes, más sencillos y también más económicos. Los nuevos tipos de reactores, en cambio, parten de un cambio en la filosofía de seguridad, en los reactores actuales la seguridad se basa en parte en factores pasivos, como son diferentes coeficientes negativos, pero sobre todo se basa en dispositivos activos que deben entrar en operación cuando se presenta algún problema, en los nuevos diseños se pretende que a base de factores pasivos se garantice la seguridad, por ejemplo que baste el enfriamiento natural del reactor para garantizar la seguridad y no depender de dispositivos activos que podrían fallar en el momento en que se requiera su operación.

Entre las dos tendencias hay diferencias en tiempo y en garantía de éxito; los reactores de tipo evolutivo ya están disponibles, hay diseños avanzados tanto de PWR como de BWR y de hecho en Japón ya están construyendo dos reactores avanzados del tipo BWR, por otra parte, hay en este caso poca incertidumbre acerca de tiempos de construcción y costos.

En cambio, los reactores de nuevo tipo no están aún disponibles ya que en general requieren de la construcción de prototipos que permitan experimentar y garantizar que van a trabajar como se espera, esto significa que pasará algún tiempo antes de que estén disponibles comercialmente y que en la actualidad exista incertidumbre acerca de cuál va a ser su costo.

Por lo tanto, a corto plazo dominarán los reactores de tipo evolutivo, pero si los reactores de nuevo tipo responden a las esperanzas que se han depositado en ellos, es muy probable que a largo plazo desplacen a los primeros. Sin embargo, si los reactores de nuevo tipo no resultan satisfactorios, especialmente en el aspecto económico, el campo será de los de tipo evolutivo.

Otra causa de incertidumbre sobre el ritmo en que se desarrollará la energía nuclear es la actitud de diversos países ante la misma, hay algunos con programas activos y muy ambiciosos, hay otros, en cambio, en que existe moratoria nuclear; veremos algunos ejemplos:

Austria.- Este país tenía un reactor terminado y listo para entrar en operación, sin embargo, se hizo un plebiscito público y por una pequeña mayoría se decidió no ponerlo en operación y eliminar a la energía nuclear como opción en ese país.

Italia.- Este país tenía tres pequeños reactores en operación y había iniciado la construcción de nuevas unidades, también por plebiscito, se decidió suspender el programa nuclear y retirar a los reactores en operación, en este caso la moratoria es de carácter temporal y podrá ser revisado posteriormente.

Suiza.- La dependencia de este país de la energía nuclear es considerable ya que en 1990 el 42.6% de su electricidad provino de estas fuentes. Mediante un plebiscito se decidió continuar con la operación de los reactores que tienen en servicio, pero imponer una moratoria de 10 años a la construcción de nuevos reactores.

Es interesante observar que estos tres países; Austria, Italia y Suiza, han hecho frente al incremento de la demanda de energía eléctrica, no mediante la construcción de centrales de otro tipo, como sería lo más lógico, sino importando electricidad de sus vecinos, en particular de Francia, cuya electricidad es fundamentalmente de origen nuclear. Italia importa de Francia el 15% de su demanda.

Francia.- Este país ha tenido un programa nuclear muy ambicioso que le ha dado excelentes resultados. Actualmente su mercado interno de electricidad está prácticamente saturado pero, para su fortuna, las moratorias de Suiza e Italia le han permitido continuar con un programa nuclear reducido dedicado principalmente a la exportación de electricidad, con lo que ha logrado mantener activa su capacidad de producción de reactores.

Suecia.- El caso de Suecia es sumamente interesante y su desarrollo reciente muy ilustrativo. En 1980 cuando Suecia tenía seis reactores en servicio y seis en construcción, se decidió hacer un plebiscito para determinar el futuro de esta fuente de energía, el resultado del mismo tuvo aspectos contradictorios ya que en primer lugar se decidió continuar operando los reactores que estaban en servicio y no sólo eso, continuar con la construcción de los seis restantes. Indudablemente era un voto de confianza a la energía nuclear, pero además, se decidió que posteriormente estos reactores se retirarían de servicio y se substituirían por otras fuentes de energía eléctrica; esta segunda parte era en sí un voto de desconfianza a la energía nuclear, inicialmente se fijó la fecha de 2100 para el retiro total de los reactores en servicio, más adelante, en 1986 se decidió adelantar el retiro de los reactores fijándose como fecha de inicio del retiro 1993, a medida que la fecha se fue acercando el retiro del primer reactor se fue posponiendo, primero a 94 y después a 95-96 y finalmente en 1991 se decidió posponer el retiro indefinidamente, la razón en pocas palabras, es que no encontraron ninguna solución mejor que la energía nuclear, la energía hidráulica, que podría haber sustituido a parte de los reactores, se descartó por sus efectos ecológicos indeseables. El petróleo y el carbón, también se descartaron por sus emisiones contaminantes, que Suecia se ha comprometido a reducir y finalmente no pueden recurrir, como Italia y Suiza, a la importación de electricidad ya que sus vecinos no disponen de excedentes exportables.

Suecia, que en algún momento fue tomada como ejemplo por quienes se oponen a los usos pacíficos de la energía nuclear, está resultando el mejor ejemplo de las bondades de la energía nuclear, Suecia, por más que ha buscado no ha encontrado, entre las fuentes disponibles para producir electricidad, ninguna mejor y las encuestas de opinión efectuadas a última fecha indican que el público sueco cada vez en mayor número favorece a la energía nuclear y no cree que los reactores, que actualmente le proporcionan del orden de 45% de sus necesidades de electricidad, vayan a ser retirados de servicio.

Japón.- Así como hay países en donde existe una moratoria, hay también algunos que tienen programas nucleares amplios, entre estos destaca Japón que tiene en servicio 41 reactores con los que cubre el 27% de sus necesidades de electricidad, pero que sigue instalando reactores y piensa llegar al año 2000 con más de 50 reactores con los que cubrirá el 40% de sus necesidades y antes del 2010 tiene planeado cubrir con energía nuclear el 50% de sus necesidades de electricidad.

Corea.- Actualmente cuenta con 9 reactores en operación con los que satisface el 50% de sus necesidades de electricidad, pero además, tiene un amplio programa para el futuro ya que tiene cinco reactores en construcción, dos de los cuales fueron ordenados en la segunda mitad de 1991.

China.- Este es uno de los pocos países con demanda considerable de energía eléctrica que no tenía reactores nucleares de servicio, sin embargo, tiene tres reactores en construcción (uno de los cuales es posible que ya esté en operación) y ha manifestado que en el futuro seguirá un amplio plan de instalación de reactores, algunos construidos con tecnología china y otros adquiridos en el extranjero.

Estos pocos ejemplos permiten ver que es difícil predecir el ritmo de crecimiento futuro de la energía nuclear, sin embargo, no hay duda de que esta fuente continuará desarrollándose en los años venideros, existe además, una circunstancia favorable a la ampliación del empleo de la

nucleoeléctricidad y es el hecho de que, de las fuentes comercialmente disponibles para producir electricidad, la nuclear es la que menos impacto ecológico tiene ya que prácticamente no se emite ningún contaminante, a diferencia de los combustibles fósiles que son responsables de la lluvia ácida y que además presentan un impacto inevitable por la emisión de bióxido de carbono, el principal responsable del efecto invernadero.

Pensando en el futuro, podemos decir que los países cuya demanda de energía eléctrica no crece muy rápidamente y que además, pueden satisfacer su incremento mediante importaciones, han decidido por el momento poner sus esperanzas en el desarrollo de nuevos tipos de reactores. En cambio, los países en donde la demanda crece rápidamente y que por su situación no pueden importar energía eléctrica, están resolviendo su problema de demanda en base a los reactores de tipo avanzado.

Para finalizar quiero poner énfasis en la importancia de la NUCLEOELETRICIDAD en el mundo actual. Ya mencionamos que la energía nuclear contribuye actualmente con una cantidad de electricidad o casi igual a la que proporciona la energía hidráulica, pero además conviene destacar que la NUCLEOELETRICIDAD está ya colaborando en forma importante a aliviar el problema de la contaminación y el efecto invernadero. De no existir la energía nuclear, sería necesario en este momento quemar adicionalmente alrededor de ocho millones de barriles diarios de petróleo en plantas convencionales, es decir el equivalente al 13 a 14% de la producción mundial de petróleo, este efecto ha sido sobre todo notable en Francia donde por ejemplo, de 1980 a 1986 se aumentó la generación eléctrica en 40% y sin embargo la emisión de bióxido de azufre en el mismo lapso se vio reducida a la mitad, esto se logró principalmente subsistuyendo centrales a base de combustible fósil por centrales nucleares.

Otro efecto muy importante, del cual poco se habla, es la estabilización de los precios de petróleo. Cuando en 1973 se subieron de golpe los precios del petróleo, se tuvo como consecuencia una recesión mundial, que hubiera continuado indefinidamente si los precios del petróleo hubieran continuado subiendo sin parar, recuérdese que hubo momentos en que se pensó que el petróleo subiría a 60 u 80 dólares el barril, sin embargo, esto no sucedió, lo cual se debe por lo menos en gran parte, a que la energía nuclear ha hecho que se reduzca la demanda de petróleo y carbón en el equivalente de cerca de 8 millones de barriles.

Finalmente no quiero dejar de mencionar que la ciudad de México, en este invierno, también se ha visto favorecida por la energía nuclear, es muy probable que ustedes sepan que la central de Laguna Verde estuvo parada, para recarga de combustible y mantenimiento, durante los meses de septiembre y octubre del año pasado y que reinició su operación el 6 de noviembre, esta reanudación permitió que a mediados de noviembre se retirará de servicio una de las unidades de la central Valle de México para reducir la contaminación que tanto daño le causa a la capital.