

Planeamiento de la instalación de una Central Nucleoeléctrica

Planning the installation of nuclear power plant

Luis Milla Lostaunau¹, Luis Ponce Martínez²

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Resumen—Este artículo expone en forma general el proceso de instalación de una central nucleoelectrica con el fin de informar a nivel explorativo, una central nuclear en el Sistema Interconectado Nacional.

Para lo cual se ha recopilado cierta información general para identificar los más importantes temas que involucra el proyecto nuclear. Su posibilidad de introducción dentro del sistema interconectado nacional como una alternativa técnica, el mercado de combustible, las necesidades de ubicación, el impacto ambiental a nivel global y los costos técnicos económicos.

Se puede afirmar que los reactores nucleares son instalaciones industriales seguras tanto para eventos sísmicos como para eventuales ataques terroristas. Un reactor nuclear no tiene emisiones de dióxido de carbono, solo su costo de manejo desechos nucleares.

Su instalación es competitiva con otras centrales térmicas, es posible profundizar mucho más en un estudio de factibilidad, siempre que el sector energía decida apoyar el proyecto.

Abstract— This article say the general from to process of installation of nuclear power plant with goal to repast level exploratory. The nuclear power in the system interconnecting national.

For to get recolect some information general for to identify the most important issue that to refer of the Project power nuclear. His possibility the introduction inside system interconeccting national as alternative technical, fuel market, the need of the site impact environmental, level global and technical cost economics.

Its posible say that nuclear reactors are installations industies sure in front event sismic as eventual attack terrorist.

The nuclear power no have emisions of dioxide of carbonic only your cast manage of nuclear raniduum.

The installation is competitive with other power

plant thermic its posibilidad to make deep much more in the study of feasibility, always the sector energy and mine give support the proyect.

Palabras claves— Central nuclear, reactor, fisión, reacción en cadena, combustible.

Keywords— Nuclear power, reactor, fisión, reaction, chain, fuel.

I. INTRODUCCIÓN

El principal uso que tiene la energía nuclear es el de generación de energía eléctrica por medio de las centrales nucleares. Las plantas nucleoelectricas utilizan combustible nuclear fisionable, se diferencian de las típicas centrales térmicas por el reactor utilizado.

Nuestro país es de una economía emergente por lo tanto es dependiente del petróleo, y en el futuro podría tener problemas energéticos con racionamiento de energía.

Además, el sistema interconectado nacional este condicionado a los riesgos hidrológicos debido al cambio climático y gran porcentaje de nuestras plantas son hidroeléctricas. Lo cual, puede traer problemas para el desarrollo del país, por tal motivo debe buscarse otras fuentes de energía que puedan suplir estas deficiencias.

Estos últimos años ha habido resurgimiento de esta industria tanto como alternativa energética, así como también por ser un indicador del conocimiento de alta tecnología, además porque no produce emisiones de gases efecto invernadero.

El presente trabajo busca responder algunas interrogantes asociadas a la energía nuclear, los costos, las ventajas y desventajas de implementar una central [1].

¹ Luis Milla Lostaunau, Email: lmillal@yahoo.es

² Luis Ponce Martínez, Email: lponcem@unmsm.edu.pe

En Latinoamérica hay estudios que se han implementado y forma parte de su oferta de centrales eléctricas, por ejemplo Argentina tiene dos centrales nucleares en funcionamiento y forma parte de su sistema eléctrico nacional ellos son: la central nucleoelectrica de Atucha muy antigua de 300 Mw y la central Embalse de 600 Mw en Córdova.

Igualmente Brasil y México cuentan con centrales nucleares. En el Perú se tenía planeado instalar una central nuclear en la década de los años setenta con apoyo y cooperación de Argentina, pero solo se logró instalar el centro experimental de Huarangal en Puente Piedra que produce radio isotopos para medicina.

El estudio se justifica porque ya existe una intención no concluida de instalar una central atómica, debido a la tecnología acumulada con algunos cuadros de profesionales es por lo tanto necesario retomar los avances realizados en este estudio.

El objetivo que se persigue es estudiar la factibilidad a nivel exploratorio de instalar una central nuclear en el sistema interconectado nacional. Además dar a conocer las condiciones que se deben tener en cuenta para la construcción de una central nucleoelectrica.

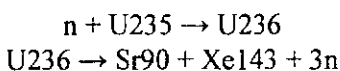
A. Energía Nuclear

Es la energía que proviene de la fisión del núcleo atómico.

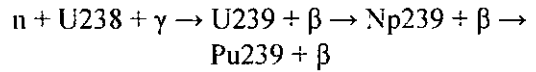
Existen en la naturaleza distintos elementos, unos más inestables que otros en su estructura interna del átomo. Pudiendo tener reacciones que su núcleo se modifique al chocar con distintas partículas alfa, gamma, neutrones, protones y otros.

B. Fisión Nuclear

Es una reacción nuclear que se produce cuando el núcleo de un átomo pesado como el uranio o plutonio es impactado por un neutrón, haciéndolo inestable, fragmentando otras partículas sueltas. Además liberando tres neutrones. La energía producida está dada por $E = mc^2$.



La secuencia siguiente muestra como se forma plutonio a partir del uranio (con su isotopo 238) El isotopo 239 de plutonio presenta una vida media de 24 mil años.



C. Reactor Nuclear

Es una instalación industrial en la que se toma la energía térmica liberada en la fisión del uranio o plutonio en forma controlada. La abundante energía térmica producida es usada para generar vapor y accionar una turbina con alabes que acoplada o unida a un generador eléctrico produce electricidad. Los componentes básicos de un reactor son:

D. Combustible

Los reactores comerciales utilizan uranio enriquecido en U235 entre 2% y 5% para aumentar la eficiencia de la fisión de los reactores refrigerados con agua liviana. [2]

E. Moderador

Se usa para mejorar el rendimiento de las reacciones de fisión mediante la reducción de la velocidad de los neutrones con materiales livianos que no los capturen. Los materiales pueden ser grafitos, agua liviana o pesada. (Deuterio)

F. Refrigerante

La reacción nuclear hace liberar gran cantidad de calor. El refrigerante remueve el calor liberado en la fisión para mantener el reactor a una temperatura aceptable de operación. El refrigerante es el agua, también utilizan gas o helio.

G. Barras De Control

Son elementos dispuestos en el núcleo del reactor que absorben neutrones formando su cantidad para controlar la reacción en cadena y la potencia del reactor.

H. Elementos De Seguridad

Se colocan muchos sistemas automáticos para proteger a las personas y el medio ambiente de fugas o exposiciones de radiación, es usa hormigón, acero y plomo.

I. Tipos De Reactores

Hay diversos tipos de reactores los más utilizados son los de agua liviana (LWR) dentro de los cuales están los de agua presurizada PWR (Pressurised Water Reactor) y los de agua en ebullición BWR

(Boiling Water Reactor). Luego los de agua pesada, se les llama CANDU (Canadian Deuterium Uranium Reactor). Otro de alta temperatura con refrigerante a base de agua HTGR (High Temperature Gas – Cooled Reactor) [3]

J. Ciclo De Combustible

Es la cadena de procesos que se inicia desde la minería del uranio, el combustible es producido y administrado para su uso en un reactor. Se diferencian en como el combustible nuclear gaseado se recicla.

El uranio es muy conocido en el mundo, contiene 0,711% del isótopo U235, luego el mineral se purifica y se trata químicamente para producir U3O8, el concentrado se llama yellow cake, luego este se convierte en hexafluoruro de uranio UF6, que es producido en plantas industriales y transportado en cilindros.

Para el enriquecimiento del uranio, el U235 es más liviano que el U238 propiedad utilizada para aumentar la cantidad U235.

En la fabricación de combustible (UOX) el UF6 se transforma en polvo de dióxido de uranio UO2 al que se presiona y calienta a 1400°C para producir pellets cilíndricos, los que son cargados en tubos metálicos llamados barras de combustible.

Después que el reactor utiliza todo su combustible enriquecido para ser combustible gastado, los que se almacenan en el mismo reactor en piscina hasta que baje su radioactividad media y calor.

K. Reservas De Uranio

El yellow cake en enero del 2006 costaba US\$ 94/Kg, actualmente hay tendencia al alza, esto se debe al resurgimiento de la industria nuclear que ha estado estancada durante 20 años productor del desastre de Chernóbil.

Con reservas identificadas y de ciclo actual sin reciclaje con reactores de agua liviana se tiene disponibilidad de uranio para 80 años, con reservas totales 270 años. Ciclo de combustible de reactores rápidos con reciclaje y reservas identificadas se tiene para 4800 – 5600 años y con reservas totales 16,000 – 19,000 años. [4]

L. Impacto Ambiental

El principal problema de este tipo de energía es que produce desechos radioactivos peligrosos de vida media larga como producto de la fisión nuclear.

M. Desechos Nucleares

Se considera todos los productos generados después de las reacciones en cadena dentro de un reactor y se clasifican:

- Desechos de nivel bajo (Low Levels Waste LLW)
- Desechos de nivel intermedio (Intermediate Level Waste ILW)
- Desechos de nivel alto (High Level Waste HLW)

Mientras mayor sea la actividad de los desechos mayor es su peligrosidad, especialmente los elementos transuránicos cuyas vidas medias son altas. La cantidad y tipo de desechos dependerá de tipo de ciclo de combustible que se escoja para el funcionamiento de la central, así como del tipo de reactor que se entrega.

Pese a la toxicidad de estos desechos los del tipo nuclear comparado con otro tipo de residuos industriales como las de una central de carbón tienen menor volumen, lo que se puede administrar mejor y controlar. [5] [6]

II. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del trabajo se llevó a cabo:

- Recolección y ubicación bibliográfica sobre energía nuclear y su uso en generación eléctrica.
- Elaboración de una metodología.
- La primera etapa consistió en obtener información nucleoelectrica en distintos espacios bibliográficos como: papers, estudios en universidades, consultores institutos, organismos internacionales (International Atomic Energy Agency IAEA, Organization of Economic Cooperation and Development OECD).
- Se seleccionó el material en especial los de mayor actualidad y confiabilidad. Luego se clasificó la información identificando temas como entorno, necesidades de planta, evaluación de proyecto.
- Los capítulos se ordenaron en mercado eléctrico, energía nuclear, ciclo de combustible, regulación, impacto ambiental, ubicación, evaluación térmica.

III. RESULTADOS

Los costos de capital de una central nuclear son comparativamente mayores que los de una central térmica.

Central Nuclear	1000 – 2600	\$/KW
Central Carbón	700 – 27400	\$/KW
Gas Natural	500 – 1300	\$/KW

Los reactores PWR son los más difundidos en el mundo, modelo con menor riesgo y han sido probados ampliamente.

Los reactores BWR tienen los costos de capital más bajos del mercado, cuentan con menos ciclos de circulación de agua que un PWR lo que significa menor cantidad de bombas y materiales.

Los reactores CANDU tienen característica de cargar sus elementos combustibles, mientras están en funcionamiento.

A. Evaluación Económica

El costo variable de combustible en base a proyecciones del IAEA de largo plazo se toma un costo de 130 US\$/Kg, la conversión UF₆ cuesta 8 \$/Kg U; el enriquecimiento 100 \$/Kg; fabricación del combustible 250 \$/W; administración de desechos 40 \$/W. Todos estos precios son para los reactores LWR.

Los de CANDU compra de uranio concentrado 130 \$/Kg; fabricación de combustible 65 \$/Kw, administración de desechos 1,09 \$/Kg.

La inversión en un reactor LWR se considera a un costo de 1900 \$/Kw y la de CANDU es de 1800 \$/Kw.

B. Costos Fijos

Los reactores LWR los costos fijos se estiman en 37 millones de dólares, más gastos administrativos, impuestos y seguros, gastos de personal, 28 millones de dólares en los de CANDU los costos fijos son mayores, por la mayor cantidad de personal que se necesita para la carga de combustible y el mantenimiento y operación necesarias.

C. Costo Variable

Costos de operación, mantenimiento, no fijos y se relacionan con piezas, repuestos, aceites, etc. se estiman en 15 millones de dólares.

D. Vida Útil

Se estima una vida útil de 40 a 50 años y son los horizontes de evaluación.

E. Elección del Sitio

La mejor forma de evaluación para instalaciones nucleares en función de la seguridad es proteger a la población y al medio ambiente de un posible accidente radiológico.

Se debe considerar lo siguiente:

- Efectos externos que ocurren en una zona o región donde se va ubicar el emplazamiento, tales como terremotos, ciclones, tsunamis, etc.
- Características del sitio por transferencia de material radioactivo liberado a personas y el entorno.
- La densidad de población y su distribución.

F. Requerimientos de una Central

Una central nuclear tiene grandes requerimientos de agua de refrigeración para el condensador de vapor. Se necesita un volumen de 15 a 30 m³/Kg de agua.

En las zonas costeras tenemos necesidad del agua de mar, sectores más alejados de aguas superficiales o subterráneos.

No se puede elegir la región andina, tienen que ser terrenos de fácil acceso.

De acuerdo a lo estudiado se ha podido determinar varios asuntos de interés para la implementación de un proyecto nucleoelectrico, estos pueden estar dirigidos en aspectos de medio ambiente, economía, tecnología y seguridad.

Uno de los factores principales de un proyecto nuclear es asegurar el suministro de combustible por el paso de una serie de procesos y transformaciones industriales para ser utilizado en el reactor.

El abastecimiento de uranio está asegurado hasta para un periodo de 240 años a precios de 130 \$ / Kg.

El problema principal ambiental en una central nuclear es el tratamiento de residuos nucleares, pero no presenta emisiones de gases efecto invernadero.

La cantidad de combustible para una central LWR y una CANDU es del orden de 19 a 88 toneladas respectivamente. El volumen de residuos es de aproximadamente 1,9 m³ por tonelada de combustible gastado.

La seguridad de los reactores actuales distan mucho de los nuevos que son más seguros. Se debe atender el aspecto regulatorio. Se requiere gran cantidad de personal calificado para una central.

La elección del sitio el principal requerimiento es el sísmico.

Una central nuclear LWR su costo es de 1900 \$ / Kw y una CANDU de 1800 \$ / Kw siendo rentable a una tasa de 9%.

La opción nuclear es competitiva frente a otras alternativas. En el Perú la alternativa nuclear puede ser atractiva. [7]

IV. CONCLUSIONES

De todo lo expuesto se puede observar que realizan un estudio más profundo con relación a la instalación de una central nucleoelectrica es de vital necesidad para cubrir la demanda de energía eléctrica dentro del sistema interconectado, la ventaja que se tiene es que tenemos una zona de costa y el mar que es muy necesario en este tipo de centrales por la gran cantidad de calor que se desprende.

La idea sería que el Perú retome los proyectos que ya se estaban realizando en la década del 70 al 80 del siglo pasado y pasemos a pertenecer al club de los países que dominan la energía atómica. [8]

Las partes que más se debe considerar en el planeamiento de la instalación de una central nucleoelectrica es el conocimiento a fondo de lo que es un reactor nuclear, lugar donde se realiza la fisión de los átomos por acción de los neutrones rápidos. El manejo del combustible que es todo un proceso bastante complicado de realizar.

La selección de los tipos de reactores, la seguridad del personal y el entorno donde se ubique, la preparación de normas de regulación nuclear. Se requiere además de mucho personal especializado, por lo que es necesario preparar cuadros, aquí en el Perú y en el extranjero de cualquier forma ya

tenemos algunos grupos de personas preparadas para este fin.

Los costos pro KW son competitivos, tenemos suficiente cantidad de agua por estar cerca al mar. El otro asunto importante es el manejo de desechos nucleares, su manejo debe ser muy cuidadoso por ser altamente radioactivos y de muy larga duración.

En cuanto a reservas de uranio nuestro país posee algunos yacimientos importantes que nos pueden ayudar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Tesis de un postulante a optar el título de Ingeniero Civil Industrial de la Universidad de Chile.
- [2] International Atomic Energy Agency, country nuclear fuel cycle profiles 2005 Segunda Edición.
- [3] International Atomic Energy Agency, Advanced Nuclear Plant design options to cope with external event: Febrero 2006.
- [4] International Atomic Energy Agency, (IAEA) Analysis Uranium Supply to nuclear power 2001 – 2050.
- [5] International Atomic Energy Agency, (IAEA) Nuclear Power and Sustainable Development, 2006.
- [6] Uranium Information Centre LTD The Economics of Nuclear Power, 2006.
- [7] International Atomic Energy Agency, (IAEA) Seguridad en las centrales nucleares. Exploration 20047. IAEA Viena.
- [8] Masachussets Institute of Technology (MIT) The future of Nuclear Power 2003