

ÍNDICE

1	Introducción general. 7
1.1	<i>El diseño conceptual de reactores. 7</i>
1.2	<i>Trabajo desarrollado. 8</i>
2	Evolución de los reactores comerciales y reproductores. 10
2.1	<i>Orígenes de la generación nucleoelectrónica. 10</i>
2.1.1	De la fisión hasta la segunda guerra mundial. 10
2.1.2	La primera central PWR. 11
2.2	<i>Evolución de los reactores comerciales. 14</i>
2.2.1	Consolidación de las primeras alternativas nucleoelectrificadas. 14
2.2.2	Los reactores BWR y CANDU. 15
2.2.3	La consolidación de los LWR y el CANDU en Occidente. 16
2.2.4	La situación de la Ex – Unión Soviética y sus países relacionados. 17
2.3	<i>Presente y futuro próximo de la nucleoelectricidad. 18</i>
2.4	<i>Origen del concepto de los reactores reproductores. 20</i>
2.5	<i>Evolución de los reactores rápidos hasta los años 80. 21</i>
2.6	<i>Situación actual de los reactores reproductores y rápidos. 22</i>
2.7	<i>Perspectivas futuras de los reactores reproductores. 23</i>
3	Los conceptos de alta conversión y los ciclos avanzados. 25
3.1	<i>Los ciclos avanzados. 25</i>
3.1.1	Criterios Generales. 25
3.1.2	Los reactores de nexo entre conversión y reproducción. 26
3.2	<i>La situación en los años 80. 26</i>
3.2.1	Situación general. 26
3.2.2	La alternativa de los reactores de alta conversión. 27
3.2.3	Características generales de los HCPWR. 29
3.2.4	Esfuerzos en el desarrollo de las centrales HCLWR. 32
3.3	<i>La situación presente. 33</i>
3.3.1	Los ciclos de baja conversión. 33
3.3.2	Los ciclos de partición y transmutación. 33
3.4	<i>La situación futura esperable en el largo plazo. 34</i>
3.4.1	La perspectiva energética en largo plazo. 34
3.4.2	La perspectiva futura del ciclo nuclear. 36
4	Análisis de los diseños HCR. 38
4.1	<i>Criterios neutrónicos básicos. 38</i>
4.1.1	Reactividad y quemado. 38
4.1.2	El coeficiente de vacío. 42
4.1.3	Relación entre k_{∞} y CR. 44
4.2	<i>Alternativas neutrónicas. 46</i>
4.2.1	Alternativas de diseño. 46
4.2.2	Alternativa semi – compacta. 47

4.2.3	Alternativa de cambio de espectro.	47
4.2.4	Seed & blanket.	48
4.2.5	BWR y bajo quemado.	49
5	Alternativa CANDU HCR.	50
5.1	<i>Modelado neutrónico empleado.</i>	50
5.1.1	Criterios generales.	50
5.1.2	Autoblandaje.	54
5.1.3	Red de energías y espectro de peso.	56
5.1.4	Cálculo de transporte y modelado espacial.	58
5.1.5	Validación global de la cadena de cálculo.	60
5.2	<i>HCR de Recambio continuo (CANDU).</i>	62
5.2.1	El uso de la tecnología CANDU.	62
5.2.2	Cambio en la composición del refrigerante.	62
5.2.3	REACTOR HOMOGENEO DE AGUA LIVIANA.	66
5.2.4	REACTOR DE ALTAS FUGAS.	68
5.2.5	TECNOLOGIA CANDU CON ALTAS FUGAS.	69
5.3	<i>DISEÑO de un HCR de altas fugas CANDU.</i>	75
5.3.1	Longitud y composición de manojos.	75
5.3.2	Geometría de barras combustibles.	80
5.3.3	Geometría del seed.	81
5.3.4	Geometría del blanket.	81
5.3.5	Canal de refrigeración.	82
5.3.6	Case base: CANDU.	84
5.3.7	CANAL DE UN CANDU HCR SEED & BLANKET.	88
5.3.8	COSTO DE CAPITAL DE UN CANDU HCR SEED & BLANKET.	91
5.4	<i>Competitividad de un CANDU HCR.</i>	94
6	Diseño DUCOM.	95
6.1	<i>El problema económico de nucleoelectricidad.</i>	95
6.2	<i>El concepto DUCOM.</i>	97
6.3	<i>Análisis económico.</i>	102
6.3.1	Marco de competitividad.	102
6.3.2	Ciclo combinado Nuclear Gas.	103
6.3.3	Análisis de los costos de la combinación nuclear gas.	105
6.4	<i>Central dual con PWR integrado.</i>	109
6.4.1	Elección de un reactor integrado.	109
6.4.2	Evaluación económica.	111
6.4.3	Análisis de sensibilidad.	118
6.5	<i>Conclusiones del DUCOM con un reactor Integrado.</i>	124
7	Reactor CANDU HCR y DUCOM.	126
7.1	<i>Diseño DUCOM cambiando el diseño del reactor.</i>	126
7.2	<i>Diseño DUCOM CANDU.</i>	126
7.2.1	Comparación entre el CANDU y una TGCC.	126
7.2.2	Diseño DUCOM CANDU ULEI.	129
7.2.3	Criterios de diseño DUCOM CANDU ULEI.	133
7.3	<i>Diseño DUCOM CANDU HCR.</i>	134

1 Introducción general.

1.1 El diseño conceptual de reactores.

El proceso de diseño es extenso y tiene diversas fases bien conocidas, pero la primera de ellas, el diseño conceptual puede variar significativamente en tipo y forma de trabajo. Mientras que para reactores que van sufriendo un proceso de evolución gradual el diseño es un proceso inherentemente deductivo, desarrollo y especificación de sistemas y componentes sobre la base de un conjunto de especificaciones más o menos semejantes respecto de diseños previos, el proceso de diseño de reactores innovativos es un proceso inherentemente inductivo.

Una primera orientación del proceso inductivo de diseño es aquella que se centra en intentar plasmar una alternativa original en un producto particular, mediante la introducción de alguna idea innovativa o alternativa de diseño, para pasar luego a una etapa de implementación es decir seguida de una fase deductiva. Esta podría llamarse un proceso inductivo orientado a la mejora del producto, donde el afán de mejorar se centra en la voluntad de realizar la propia innovación, y donde claramente luego de producido el hecho original (o inductivo en este caso) se pasa a una tarea eminentemente deductiva.

La segunda orientación de un proceso inductivo de diseño, es aquella que está orientada a un determinado objetivo (que hace las veces de un cliente), y donde se carece de una alternativa creativa central única, y se van generando entonces diferentes alternativas innovadoras que se van examinando en forma sucesiva e iterativa hasta lograr la emergencia de un concepto que satisfic el objetivo buscado. Mientras que durante el proceso de evaluación se siguen procesos inherentes deductivos (cálculo, evaluación y dimensionamiento), el proceso global de generación de nuevas alternativas y reevaluación es netamente inductivo, ya que se basa en principios de hecho muy generales e innovadores que se pueden desarrollar inicialmente en diversas direcciones.

Para el diseño de reactores nucleares, al contarse con un conjunto muy pequeño de conceptos ya establecidos comercialmente y/o tecnológicamente, la bibliografía y familiarización técnica poseen una tendencia exagerada hacia procesos deductivos o diseños evolutivos, o a lo sumo diseños innovativos orientados al producto.

Es bien claro que desde el punto de vista neutrónico los reactores se pueden dividir en lentos, rápidos, y de espectro intermedio ó epitermicos. Usualmente los reactores lentos son asociados a los ciclos convertidores (a menos que utilicen torio, en cuyo caso pueden ser reproducibles), los intermedios a los ciclos de "alta conversión", y los rápidos a los conceptos reproductores (el quemado de actínidos es otra forma de evaluación que se escapa en algo a esta forma de evaluación).

Asimismo resulta claro que desde el punto de vista termodinámico los reactores se pueden dividir en aquellos refrigerados por agua, gas ó metales y/o sales líquidas (algunos reactores refrigerados por conducción han sido muy marginalmente estudiados, conversión directa aún menos), cada uno asociado, cuando se requiere energía eléctrica, a una forma de conversión de energía en función de las temperaturas alcanzadas.

A todo diseño avanzado de un reactor se le piden diversos criterios finales de éxito tales como: