

## TASACION DE LA CENTRAL NUCLEAR EMBALSE Y DE AGUA PESADA

Ingeniero Daniel Eduardo MARTÍN  
Presidente del Tribunal de Tasaciones de la Nación



### TASACION DE LA CENTRAL NUCLEAR EMBALSE

#### INTRODUCCIÓN

La Central Nuclear de Embalse, es la segunda planta generadora de energía eléctrica que funciona en el país a partir de la fisión nuclear, su construcción comenzó en el año 1974, fue inaugurada el 3 de mayo de 1983 y entró en servicio el 20 de enero de 1984.

Construida por un consorcio italo-canadiense, integrado por las empresas Atomic Energy of Canada Ltd. (AECL) e Italmimpiante S.P.A. (IT). En la obra participaron la Comisión Nacional de Energía Atómica (Argentina) y empresas argentinas del sector privado.

El reactor corresponde al modelo **PHWR** (**P**ressurized **H**avy **W**ater **R**eactor, Reactor de Agua Pesada Presurizado). El concepto general del reactor se basa en el uso de agua pesada D<sub>2</sub>O, dióxido de Deuterio como moderador y también como refrigerante. El modelo es CANDU 6 (**CAN**ada **D**euterium **U**ranium) y el número 6 corresponde a su capacidad de generación eléctrica 600 Mwe, además produce radioisótopos (cobalto 60), para uso en aplicaciones medicinales e industriales.

El Reactor CANDU utiliza tubos a presión para contener el refrigerante primario, a diferencia del recipiente de presión que usa la Central Nuclear de Atucha.

El U-235 empleado en el reactor de Embalse se encuentra como uranio natural en forma de pastillas de dióxido de uranio (UO<sub>2</sub>). El elemento combustible esta formado por un manojo de 37 tubos que se colocan dentro de



El agua pesada refrigerante del sistema primario pasa hacia el Generador de Vapor o intercambiador de calor, donde a través de paredes metálicas transmite la energía calórica al Circuito Secundario. El agua pesada así enfriada es reciclada al reactor por la bomba principal, completándose el Circuito Primario.

El Generador de Vapor extrae el calor del sistema primario y lo transfiere al Circuito Secundario produciendo vapor de agua liviana. El vapor generado es enviado a una turbina de alta presión y tres de baja presión

Por último el eje de turbina, interconectado con el generador eléctrico, produce la energía eléctrica con una potencia bruta de 648 MW, con una tensión de 22 KV, que son entregados a la red de distribución por tres transformadores de salida que elevan la tensión a 500 KV con una potencia neta de 600 MW.

### LA OBRA CIVIL

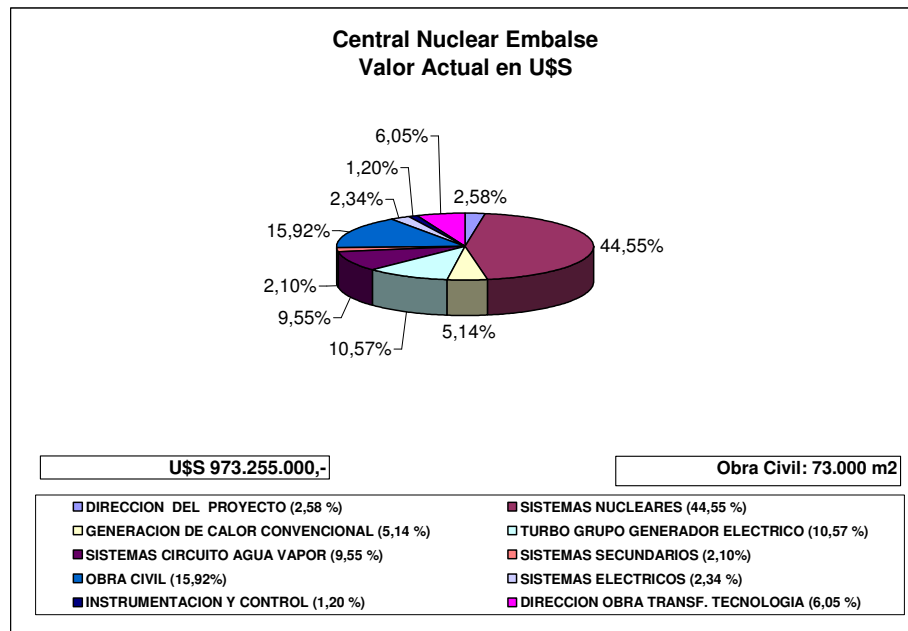
Fueron valuados dentro de la obra civil, los siguientes edificios:

Edificio de turbina, Edificio de servicio, Edificio del Reactor con un espesor promedio perimetral: 1,05 m de Hormigón Armado y un diámetro de 43,50 m., Edificio de oficinas, Planta potabilizadora de agua, Edificio Casa de bombas.

### INSTALACIONES NUCLEARES, DE GENERACIÓN Y AUXILIARES:

Se determino el valor de las instalaciones, su depreciación y en el equipamiento electrónico, su valor se determinó por obsolescencia tecnológica.

Es de destacar que todo el suministro, tanto importado como el nacional, no es equipamiento estándar en el mercado. Dichos materiales, equipos, máquinas, instalaciones, son rigurosamente certificados por normas de calidad internacionales de orden Nuclear, y éstas hacen elevar los costos de los productos por las horas hombre que insume cada proceso de certificación de las distintas etapas de fabricación de los elementos de la Central.



Obtenido el valor de reposición de la Central, luego fue depreciado a la fecha de tasación y según las características de la Obra, se consideraron los siguientes plazos de depreciación, en años:

DIRECCION DEL PROYECTO	42
SISTEMAS NUCLEARES	42
GENERACION DEL CALOR CONVENCIONAL	50
TURBO GRUPO Y GENERADOR ELECTRICICO	50
SISTEMAS Y COMPONENTES CIRCUITO AGUA VAPOR	50
SISTEMAS SECUNDARIOS	50
OBRA CIVIL (Nuclear)	150
SISTEMAS ELECTRICOS	50
INSTRUMENTACION Y CONTROL	35
DIRECCION DE OBRA Y TRANSFERENCIA TECNOLOGICA	42

### **TASACIÓN DEL AGUA PESADA**

La Central Atómica de Embalse necesita para su operación y funcionamiento Agua Pesada ( $D_2O$ ), que tiene una doble función, la de refrigeración de los elementos combustibles y la de moderación de los neutrones provenientes de la fisión nuclear.

El agua pesada no es radioactiva, pero se convierte en radioactiva al someterla al bombardeo de neutrones ya que algunos núcleos de Deuterio (D) transmutan en Tritio (T), con lo cual se obtiene agua tritiada, en realidad agua pesada con contaminación de moléculas de agua con tritio.

El mercado de agua tritiada es mas que limitado, no tiene valor comercial mas que el de oportunidad, por tratarse de un agente que puede metabolizarse fácilmente en forma acuosa y ser el tritio un elemento de uso actualmente exclusivamente militar.

No existe en la Argentina una planta de destritiado y el costo de destritiar el agua tiene un valor elevado por dos razones: a) porque implica el empleo de técnicas de separación isotópica que son procesos físico químicos de energía intensiva y b) por su riesgo de transporte. Esto implica una gran inversión, ya que dicha planta debe estar junto a cada central con una tecnología que permita su montaje y desmontaje para ubicarla en otra central, y así evitar complicaciones ocasionadas por el transporte del agua pesada tritiada.

La CNE posee una columna de enriquecimiento cuya función es disminuir la contaminación de agua liviana en el agua pesada, pero no disminuye la cantidad de tritio en el agua pesada, sino que concentra el tritio aún más. El objetivo de esta columna es mantener los niveles de Deuterio necesarios para la fisión nuclear, aumentar el rendimiento de los combustibles o su quemado, reducir los tiempos de parada de las centrales y disminuir la cantidad de residuo a procesar al final de la vida útil de éstas.

Estas consideraciones, no invalidan que el agua pesada con tritio no tenga un valor para la CNE, ya que sin ella no puede operar y la no existencia de un mercado no es sinónimo de falta de valor.

El agua pesada tiene el valor de un material necesario para la fisión nuclear y existen reglas de ingeniería para determinar este valor y no se debe restringir el análisis a lo estrictamente económico o de mercado.

El agua pesada tiene su depreciación de valor en función de la concentración de tritio.

Hasta 19,51 Ci/kg (Curie/kg) de Tritio se considera que es material de Baja Actividad Específica (BAE II), que requiere un transporte y almacenamiento de menor costo.

La CNEA, en el año 1993, estudió la posibilidad de adquirir agua pesada a 16 Ci/l (14,54 Ci/kg), ya que las Centrales Argentinas operan con una actividad de tritio superior a 20 Ci/l.

Hasta aquí podemos estimar que el agua pesada tritiada de las Centrales Argentinas tiene un valor técnico o de utilización necesaria.

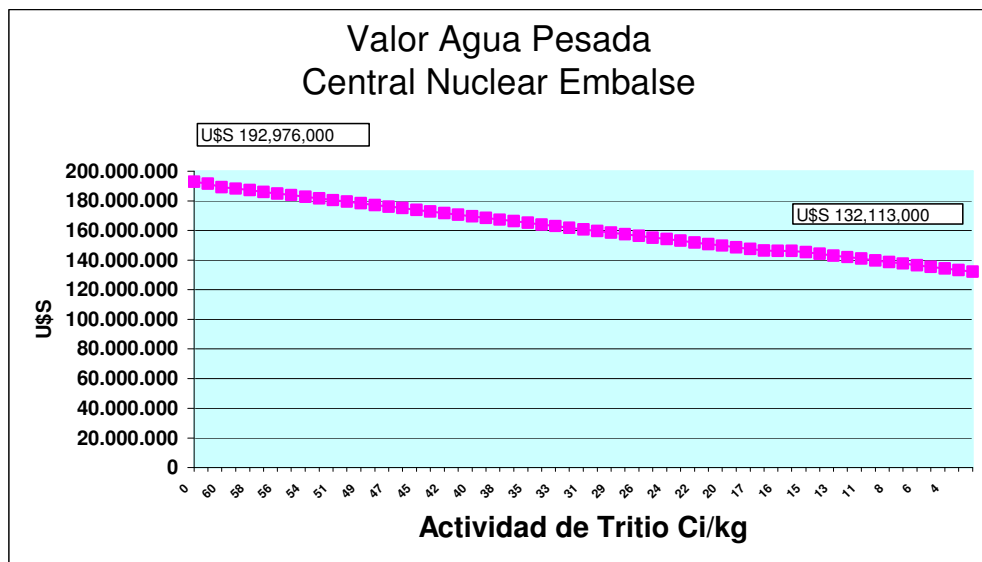
En particular el agua pesada del moderador de la Central de Embalse, con niveles de actividad de tritio superior a los 60 Ci/kg. Esta debe depreciarse para obtener su valor actual por medio de destritiado.

El valor de reposición actual y total de las 482,44 Tn de Agua Pesada de la Central Nuclear de Embalse es de U\$S 192.976.000,-, considerando los informes recabados de ENSI, CNEA y NASA.

El valor de mercado del agua pesada en la Argentina ronda los U\$S 400, - a U\$S 450, -.

El valor internacional actual de destritiado de agua pesada es de U\$S/Kg 220,-, según fuentes de Canadá. Y en el caso de CNE el agua pesada a destritiar es de 276.650 Kg., del moderador.

Su costo es de U\$S 60.863.000,-, por lo tanto, el valor del agua pesada que se encuentra en operación en la Central Nuclear Embalse sobre un total de las 482,44 Tn, es de U\$S 132.113.000, - , a 274 U\$S/kg.-.



Esta agua pesada tendría un valor mayor si se considera que desde 1998, se está desarrollando el proceso de destritiado en la Argentina, con tecnología láser de INVAP, con un costo menor de destritiado, de 130 U\$S/kg. de agua pesada. A hoy, la factibilidad de una planta económicamente competitiva está demostrada, e INVAP tiene un concepto de planta modular láser transportable entre una central y otra.

El análisis anterior no ha tenido en cuenta los ahorros en gestión de residuos radiactivos que el destriado del agua pesada aparejaría y que es otra forma de analizar y agregar valor al agua pesada en uso.

#### **TASACION:**

El valor de reposición de la Central Nuclear de Embalse es de U\$S 1.593.538.000,-, con un valor unitario de potencia instalada de U\$S/KW 2.656,-, que se ajustaría a los valores internacionales de costo / potencia, para Centrales Nucleares del tipo CANDU, que tienen en costo inferior a las centrales del tipo de Atucha II, que superan los U\$S/KW 3.000,-.

El valor de las construcciones e instalaciones de la Central Nuclear Embalse Río Tercero a fecha de tasación es de U\$S 973.255.000,-, valor unitario de U\$S/KW 1.622,-.

Además, no incluidos en el valor antes señalado, se han valuado 3.757 bienes muebles de oficina, administrativos y de hotelería.

#### **ANALISIS ECONOMICO:**

Se acompaña el análisis de la Central Nuclear Embalse por métodos de flujo de fondos.

El Tribunal de Tasaciones de la Nación considera que ningún bien físico puede ser valuado por el método de flujo de fondos.

Este método es apropiado para la determinación de la actividad económica de una empresa, de un negocio, de una locación o de una inversión, pero no puede este criterio trasladarse a bienes o activos físicos, porque el bien tiene un costo de construcción o fabricación y por ende un precio de obtención, que no puede deprimirse o estimarse por medio de una tasa de rentabilidad financiera.

Existen lineamientos económicos que proponen para las centrales de generación eléctrica un valor por su capacidad de generación, que comúnmente se denomina valor de utilización económica.

**Si existió ingeniería en la construcción del bien, también existen soluciones dentro del ámbito de la ingeniería para obtener su valor en el estado en que se encuentre.**

El valor de la Central Nuclear Embalse, no puede valorarse por flujo de fondos por lo siguiente:

1. La decisión estratégica de su construcción no es solamente por una rentabilidad económica del negocio de venta de energía.
2. La consolidación y ampliación del dominio de la Tecnología Nuclear deberían ser políticas de Estado no mensurables económicamente.
3. La consolidación de dominio de la construcción y operación, tecnología que se mide en términos de recursos humanos.
4. La necesidad de energía en el país está relacionada al crecimiento económico y con el beneficio social para el suministro de energía que no puede mensurarse por medio de una tasa de interés.
5. La inversión original fue del Estado Nacional (CNEA) y los futuros costos de cierre de la central también serán del Estado Nacional.
6. El tiempo de desmantelamiento de la Central insume aproximadamente 20 años, desarme de componentes, tiempo de decaimiento de la actividad y retiro de materiales, cuyo costo será absorbido por el Estado Nacional.

7. El futuro costo de tratamiento y disposición de los residuos radioactivos será afrontado por el Estado Nacional y por lo tanto un estudio financiero actual no lo contemplaría.
8. Las transferencias de las tecnologías, son beneficios impositivos que absorbe el Estado Nacional.
9. Los valores de las tarifas eléctricas no se obtienen por reglas de mercado, sino que se encuentran reguladas por el Estado. Una variación menor en dicha tarifa hace variar el resultado del cálculo.
10. Las variaciones coyunturales de los combustibles y las condiciones climáticas, pueden incidir directamente en las tarifas eléctricas, salvo decisión en contrario de las autoridades regulatorias. Evidentemente no se puede partir de una tarifa eléctrica para calcular el valor de una central nuclear.
11. La comparación de tarifas de electricidad con otros países o valores internacionales, pueden arrojar resultados erróneos, ya que cada país tiene una política energética que puede ser de mayor o menor dependencia del recurso petrolero, haciendo variar los valores de la tarifa sustancialmente.
12. La extensión de la vida útil de la Central Nuclear Embalse, provocará una inversión del Estado Nacional y esta cambia la ecuación de cálculo del posible flujo de fondos.
13. Dado el monto de la inversión en juego (del orden de los U\$S 1.900.000.000,-) para una central tipo CANDU nueva de 700 Mwe, es improbable que un inversor privado asuma este costo para construirla, siendo el Estado Nacional el único con interés en la generación de energía, que políticamente justifique esta inversión, y que además, es el único con facultades para determinar la tarifa.
14. Calcular el valor de la Central Nuclear Embalse por medio del flujo de fondos es desconocer la inversión realizada por el Estado Nacional, e independientemente que actualmente NASA S.A. sea por Ley su administradora, no realizó la inversión original.

## **CONCLUSIÓN:**

El valor de la Central Nuclear Embalse, calculado por el supuesto valor de utilización económica, resulta un 28 % del valor a nuevo y un 50 % de su valor actual. Es evidente que el método de flujo de fondos no garantiza valores razonables.

Valor a nuevo:	U\$S 1.600.000.000,-	U\$S/Kw 2.656,-
Valor Actual (TTN):	U\$S 973.255.000,-	U\$S/Kw 1.622,-
Valor Utilización Económica:	U\$S 455.000.000,-	U\$S/Kw 758,-

## **SALA A:**

Presidente de Sala: Arq. Carlos Alberto MARTIN

Director de Sala: Arq. Elba Elena DOMINIGUEZ

## **EQUIPO DE TRABAJO:**

Coordinación: Ingeniero Daniel Eduardo MARTÍN

Instalaciones Nucleares y Electromecánicas: Ingeniero Oscar Enrique SARAVIA,

Ingeniero Francisco Alfredo ARIAS, Ingeniero Pablo Víctor DI GREGORIO.

Obras Civiles: Ingeniero Angel Mauro MARTIN, Arquitecto Andrés CIGLIANO,  
Arquitecto Abraham ZAIDEL, Ingeniero Daniel Luis HERNANDEZ.  
Informática: Licenciado Claudio Antonio MICHALINA, Señor Carlos FOSATTI,  
Señor Diego Fernando PENNA  
Análisis Económico: Lic. Daniel Fernando MARTINEZ

[www.ttn.gov.ar](http://www.ttn.gov.ar)