

TRABAJO FINAL

CARRERA DE ESPECIALIZACIÓN EN APLICACIONES
TECNOLÓGICAS DE LA ENERGÍA NUCLEAR

Diciembre 2022

Implementación de modificaciones y cambios de diseño en la Máquina de Recambio de combustible

Martin Sainsard

Director: Ing. Gustavo Diaz
Nucleoeléctrica Argentina S.A.

Inventario 24686
08/02/2023
Biblioteca Leo Falicov

Agradecimientos

A los Ing. Carlos Costa y Ing. Ignacio Figueroa por su dedicación y por el conocimiento compartido.

A mi director el Ing. Gustavo Diaz y al Ing. Pablo Luna por guiarme y aconsejarme en el desarrollo de este trabajo.

Al Ing. Adrián Grassano por su tiempo y por las recorridas de la central. Al Ing. Marcos Rodeyro por sus consejos.

A todo el equipo del departamento de Manejo de Combustible de la Central Nuclear de Embalse.

Al Dr. Carlos Gho, el Dr. Ing. Mauricio Chocron y la Sra. Marcela Margutti por acompañarme en el trayecto de la carrera.

A los docentes de la CEATEN por su dedicación y la formación brindada.

Al Ing. Lemozy y al Ing. Podesta por las visitas y el tiempo dedicado.

Al Instituto Balseiro, a la Universidad Nacional de Cuyo, a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, a la Comisión Nacional de Energía Atómica y a Nucleoeléctrica Argentina S.A.

Un gran agradecimiento a mis compañeros de la CEATEN que sin su apoyo no hubiera sido posible.

IMPLEMENTACIÓN DE MODIFICACIONES Y CAMBIOS DE DISEÑO EN LA MÁQUINA DE RECAMBIO DE COMBUSTIBLE

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. METODOLOGÍA	3
3. FUNCIONAMIENTO DE REACTORES CANDU Y SUS MÁQUINAS DE RECAMBIO DE COMBUSTIBLES	3
4. CAMBIOS DE DISEÑO ASOCIADOS A LA MÁQUINA DE RECAMBIO	6
5. CONCLUSIÓN	13
6. REFERENCIAS	14
<hr/>	
Gráfico 1 – Central CANDU	15
Gráfico 2 – Sistemas principales	16
Gráfico 3 – Calandria	17
Gráfico 4 – Conjunto cabezal carro puente columna	18
Gráfico 5 – Cabezal	19
Gráfico 6 – Ciclo de la MR	20
Gráfico 7 – Limite de presión	22
Anexo 1 – Cambios de diseño hechos y previstos	23
Anexo 2 – Cambio de diseño de Latch RAM	30
Anexo 3 – Cambio de diseño de las válvulas MAROTTA	33
Anexo 4 – Cambio de diseño del controlador de nivel del tanque de recolección TK3	36
Anexo 5 – Cambio de diseño del programa en las secuencias del magazine	39
Anexo 6 – Cambio de diseño de la traba de emergencia	42
Anexo 7 – Cambio de diseño en el canal de descarga	45
Anexo 8 – Cambio de diseño del carro de la catenaria	48
Anexo 9 – Cambio de diseño del Tape drive	50
Anexo 10 – Cambio de diseño de las bombas AJAX	53
Anexo 11 – Cambio de diseño de la válvula MV-34	56
Anexo 12 – Cambio de diseño del tapón de drenaje	59
Anexo 13 – Cambio de diseño de las mangueras	61
Anexo 14 – Cambios de diseño no aplicables	63

1. Introducción

El presente trabajo forma parte del proyecto final de la Carrera de Especialización en Aplicaciones Tecnológicas de la Energía Nuclear (CEATEN).

El informe detalla los cambios de diseño hechos, previstos y no desarrollados de la máquina de recambio (MR) de la Central Nuclear de Embalse.

El proyecto se desarrolló con los objetivos siguientes:

- Describir el funcionamiento de las centrales CANDU y sus máquinas de recambio (MR),
- Compilar y clasificar los cambios hechos y previstos de la MR,
- Identificar, ponderar y clasificar los cambios no implementados de la MR.

La última etapa nos permitió con un Análisis Costo Beneficio clasificar los cambios no desarrollados de la MR en fin de ayudar a la toma de decisión para los futuros cambios.

2. Metodología

Desde el inicio de la central, la confiabilidad de la MR se ha ido mejorando con la implementación de varios cambios de diseño.

Hoy en día, hay cambios de diseño que se han previsto y otros que podrían ser implementados, pero no están desarrollados.

El análisis trató de recopilar los cambios de diseño hechos y previstos de la máquina de recambio y analizar con un análisis costo beneficio los cambios no desarrollados. El proyecto se desarrolló con los objetivos siguientes y las herramientas para alcanzarlos.

- **Describir el funcionamiento de las centrales CANDU y sus máquinas de recambio (MR)**
 - Análisis de los planos, diagrama de flujos,
 - Manuales de diseño y entrenamiento.
- **Compilar y clasificar los cambios de diseño hechos y previstos de la MR**
 - Base de datos de CNE,
 - Entrevistas con el sector Manejo de Combustible CNE,
 - Clasificación: causas de los cambios y listado.
- **Identificar los cambios de diseño no implementados**
 - Base de datos interna y externa (COG),
 - Entrevistas con el sector Manejo de Combustible CNE y Manejo de Combustible Point Lepreau Canadá,
 - Documentaciones, reglamentaciones y recomendaciones.
- **Ponderar y clasificar los cambios de diseño no implementados**
 - Análisis Costo Beneficio contemplando:
 - Beneficio que traería la implementación,
 - Probabilidad de un evento,
 - Consecuencia de un dado evento: confiabilidad del equipo.
 - Costo de implementación.

3. Funcionamiento de reactores CANDU y sus máquinas de recambio de combustibles

El reactor de tecnología CANDU es un reactor funcionando con uranio natural y agua pesada D₂O. Un porcentaje bajo de los reactores actualmente en funcionamiento en el mundo son de esta tecnología (alrededor de 10%) y tienen la particularidad al respecto de otros reactores de poder recargar combustible en potencia.

3.1. Generalidades

Un reactor CANDU como todas centrales tiene una parte nuclear y una parte convencional, como se presenta Gráfico 1.

Las características generales de la central de Embalse se presentan en la tabla abajo.

Características generales	
Potencia neta	653 MW
Refrigerante y moderador	Agua pesada D ₂ O
Presión de operación	110 atm
Combustible	Uranio natural

3.2. Componentes claves

Los sistemas principales de un reactor CANDU se presentan en el Gráfico 2. Se compone de:

- Calandria (ver Gráfico 3),
- Sistema Primario de Transporte de Calor (SPTC), circuito primario,
- Sistema del moderador,
- Sistema de vapor, circuito secundario.

La calandria (o recipiente de calandria) contiene 380 canales combustibles (núcleo del reactor) en los cuales están alojados los elementos combustibles (cada tubo almacena 12 elementos combustibles). El SPTC fluye a dentro de los canales calentándose al contacto con los elementos combustibles y transporta dicho calor hacia los generadores de vapor. Cada canal de combustible está formado por un tubo de presión, dos accesorios extremos, dos tapones de blindaje y dos tapones de cierre de canal que forman parte del límite de presión del primario.

Por fuera del tubo de presión de manera concéntrica se encuentra el tubo de calandria cuya finalidad es contener el agua pesada que tiene la función de moderador. El sistema del moderador permite disminuir la velocidad de los neutrones rápidos generados por fisión para que estos puedan a su vez generar nuevas fisiones y mantener la reacción en cadena. Además, el sistema moderador debe mantener el nivel de agua en la calandria y eliminar el calor generado en el proceso de moderación de neutrones.

En los generadores de vapor, el SPTC calienta el agua liviana del sistema secundario generándose el vapor que va hacia las turbinas.

3.3. Máquina de Recambio

La MR permite el recambio de combustible a plena potencia. Tiene la particularidad de que al acoplarse con el reactor pasa a formar parte del límite de presión del SPTC. A continuación, se detalla sus principales características, su funcionamiento y sus límites de presión.

3.3.1. Características

La MR opera en potencia y carga y descarga alrededor de 110 combustibles por semana, a razón de 2 canales por día. Está formando por dos MR, en ambos lados de la calandria y cargan y descargan en simultaneo.

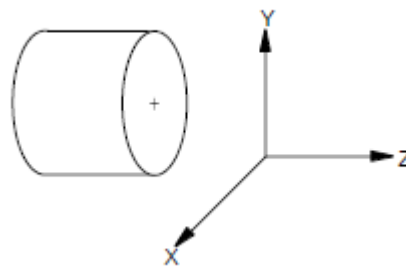
La MR opera gracias a varios sistemas.

- Cabezal de la MR <1>,
- Puente, carro y sistema de catenaria <2>,

- Sistema de control de D₂O <3>,
- Sistema hidráulico de aceite <4>,
- Sistema de suministro de D₂O <5>,
- Puerto Nuevo y Puerto Quemado <6> y <7>.

La MR está formada por un cabezal, un carro de soporte y un conjunto puente/columna de traslado, ver Gráfico 4. El cabezal está suspendido del carro y el conjunto puente/columna sostienen el conjunto carro cabezal.

El puente permite el traslado sobre eje X, la columna sobre el eje Y y el carro sobre el eje Z como se puede apreciar esquemáticamente abajo. Adicionalmente el carro provee un movimiento fino en Y y un ajuste en X.



La MR propiamente dicha es el cabezal que almacena los elementos combustibles nuevos y gastados. Puede almacenar en su magazine hasta 4 pares en potencia de elementos combustibles. El cabezal está compuesto de tres partes (ver Gráfico 5):

- La trompa que permite el acople al canal,
- El cuerpo: compuesto de los separadores y magazine:
 - El separador permite separar los pares de elementos de combustibles y luego empujarlos dentro del magazine,
 - El magazine almacena los elementos nuevos o gastados (dependiendo de qué lado del proceso se ubique), las herramientas y los tapones.
- un conjunto de arietes para cargar y descargar elementos, sacar e instalar los tapones de cierres y blindajes.
 - Ariete B,
 - Ariete Latch,
 - Ariete C.

Los sistemas de control y suministro de D₂O permiten regular la presión, temperatura y flujo de D₂O que va y vuelve de la MR. El D₂O es utilizado principalmente para accionar el ariete C que permite cargar los combustibles, proveer enfriamiento de los combustibles gastados durante su transferencia, proveer agua a los diferentes sellos del cabezal de la MR, proveer un medio de controlar pérdidas del acoplamiento de la MR al canal de combustible y las del tapón de cierre del canal, suministrar presión para los actuadores de los separadores.

El sistema hidráulico de aceite permite manejar los actuadores del carro y del cabezal de la MR: manejar el movimiento del carro y de los arietes B y Latch del cabezal de la MR.

3.3.2. Funcionamiento

El ciclo de la MR se detalla de la siguiente manera (ver Gráfico 6).

- **Transferencia de combustible nuevo:**
 - Los combustibles nuevos se inspeccionan y se cargan en el cabezal de la MR vía un mecanismo de transferencia.
- **Cambio de combustible:**
 - Una vez el cabezal cargado, la MR se traslada vía el puente y las columnas hasta el canal definido. El carro acerca la MR del canal y comienza el acople.
 - La trompa de la MR se acopla vía un mecanismo de mordazas que aprietan ambas partes (canal y MR). Luego, una vez acoplada y herméticamente cerrado, los arietes de la MR sacan los tapones de cierre y el tapón de blindaje. El canal está abierto y la MR forma parte del límite de presión del reactor.
 - El ariete C va a empujar los combustibles nuevos en el canal para realizar la recarga.
 - Al mismo tiempo, del otro lado del reactor, la segunda MR realiza las mismas operaciones y está recibiendo los combustibles gastados.
 - Una vez completada las operaciones de carga y descarga, las dos MR se desacoplan del canal.
- **Transferencia de combustible usado:**
 - La MR con los elementos combustibles gastados se traslada hacia el puerto de combustible gastado y realiza la descarga.
 - Los combustibles gastados se transfieren a la pileta de almacenamiento vía el equipo de descarga, ver Gráfico 6. Ese equipo está equipado de cucharas que permiten bajar el combustible gastado hasta las piletas.

3.3.3. Límite de presión

La MR de recambio al acoplarse con los canales del reactor forma parte del canal combustible y de hecho forma parte del reactor y del límite de presión del SPTC. Se detalla en Gráfico 7 los límites de presión de la máquina de recambio.

4. Cambios de diseño asociados a la máquina de recambio

La MR desde el inicio de operación de la planta se ha ido mejorando con la implementación de varios cambios de diseño.

Del otro lado, varios cambios de diseño para centrales futuras o para la Central Nuclear de Embalse han sido propuestos. Mediante un Análisis Costo Beneficio (ACB) se evaluó si los cambios de diseño podrían ser útiles y realistas para la Central Nuclear de Embalse.

4.1. Cambios de diseño implementados y previstos

Los cambios más relevantes hechos y previstos se han sido compilados y clasificados en diferentes categorías.

Se detalla en los siguientes párrafos las distintas categorías y el listado de los cambios implementados y previstos.

4.1.1. Clasificación

Las causas de los cambios pueden dividirse en cinco categorías.



- **Obsolescencia:**

El equipo y sus repuestos no se fabrican más por el proveedor original. Para evitar el riesgo de no tener más repuestos disponibles se toma la decisión de cambiar de proveedor y cambiar el equipo por uno cumpliendo la misma función.

- **Performance:**

Para mejorar la seguridad de la planta y de los operadores y la fiabilidad de la MR.

- **Contaminación por Tritio:**

Con el fin de reducir la dosis al personal y la contaminación por tritio (también se incluyen acá las emisiones radiactivas).

- **Eventos:**

Cambios hechos debidos a eventos internos o externos recurrentes.

- **Requisitos:**

Cambios impuestos debido a la evolución de la reglamentación vigente.

4.1.2. Listado

Los cambios hechos y previstos de la MR de recambio están listados en Anexo 1 a la fecha del 13/12/2022.

4.2. Cambios de diseño no implementados

Los cambios de diseño no implementados identificados como realistas para la Central Nuclear de Embalse han sido analizados mediante un análisis costo beneficio. Esto permitió ponderar cada cambio y clasificar lo según su importancia y los beneficios que traerían a la planta.

Del otro lado, los cambios considerados como no aplicables para la Central de Embalse están resumidos en Anexo 14.

Los criterios utilizados para el análisis costo beneficio y los resultados se han desarrollado a continuación.

4.2.1. Criterios

Se detalla abajo los distintos criterios de evaluación del análisis costo beneficio.

4.2.1.1. Beneficio

El beneficio se define en función del riesgo de no desarrollar el cambio de diseño y este a su vez como el producto de la probabilidad por la consecuencia del riesgo que se estaría evitando.

Probabilidad:

La probabilidad puede definirse como:

- La probabilidad de ocurrencia de un evento: falla de un componente o sistema <8>,
- La posibilidad de obsolescencia del equipo y de sus repuestos <9>,

Definimos tres niveles de probabilidad de un dado evento

Probabilidad
Alta
Media
Baja

Consecuencia:

La consecuencia de un determinado evento se define según el grado de confiabilidad de los equipos (ver <10>).

Consecuencia	Grado del componente	Descripción
Alta	SPV – C1 – C2	SPV: provoca directamente un disparo de reactor o turbo-grupo. C1-C2: produce un disparo, transitorio significativo de Planta o pérdida de una función importante de Planta.
Media	NC – RTM	NC: no reúne el criterio de componente crítico pero que al mismo tiempo no puede correr a falla. RTM: la falla puede ser asumida desde un punto de vista funcional y económico.
Baja	NULO	Nulo: la criticidad no es analizada.

Beneficio:

El beneficio se define inversamente proporcional al riesgo que se evita detallado en la matriz abajo.

		Grado del beneficio		
		Alta	Media	Alta
Probabilidad	Alta			Alto
	Media	Medio		
	Baja	Bajo		
		Baja	Media	Alta
		Consecuencia		

4.2.1.2. Costo

El costo se define en función de los parámetros siguientes

- Ingeniería: emisión de planos, documentación,
- Inversión: compras de equipos,
- Calificación del equipo (calificación ASME, <11>)
- Mano de obra: horas hombre,
- Repuesto.

En la mayoría de los casos de cambios propuestos, no se tiene mayores precisiones respecto del costo. Sin embargo, es importante hacer una estimación para poder clasificar los mismos.

De manera conservativa definimos tres rangos y sus valores asociadas:

Costo	Valor limite (US\$)
Alto	$\geq 1\ 000\ 000$
Medio	$500\ 000 \leq \leq 1\ 000\ 000$
Bajo	$\leq 500\ 000$

4.2.2. Metodología para el análisis costo beneficio

Se puede bajo los criterios definidos arriba relacionar el costo y el beneficio del cambio de diseño según la siguiente clasificación y definir su grado de importancia.

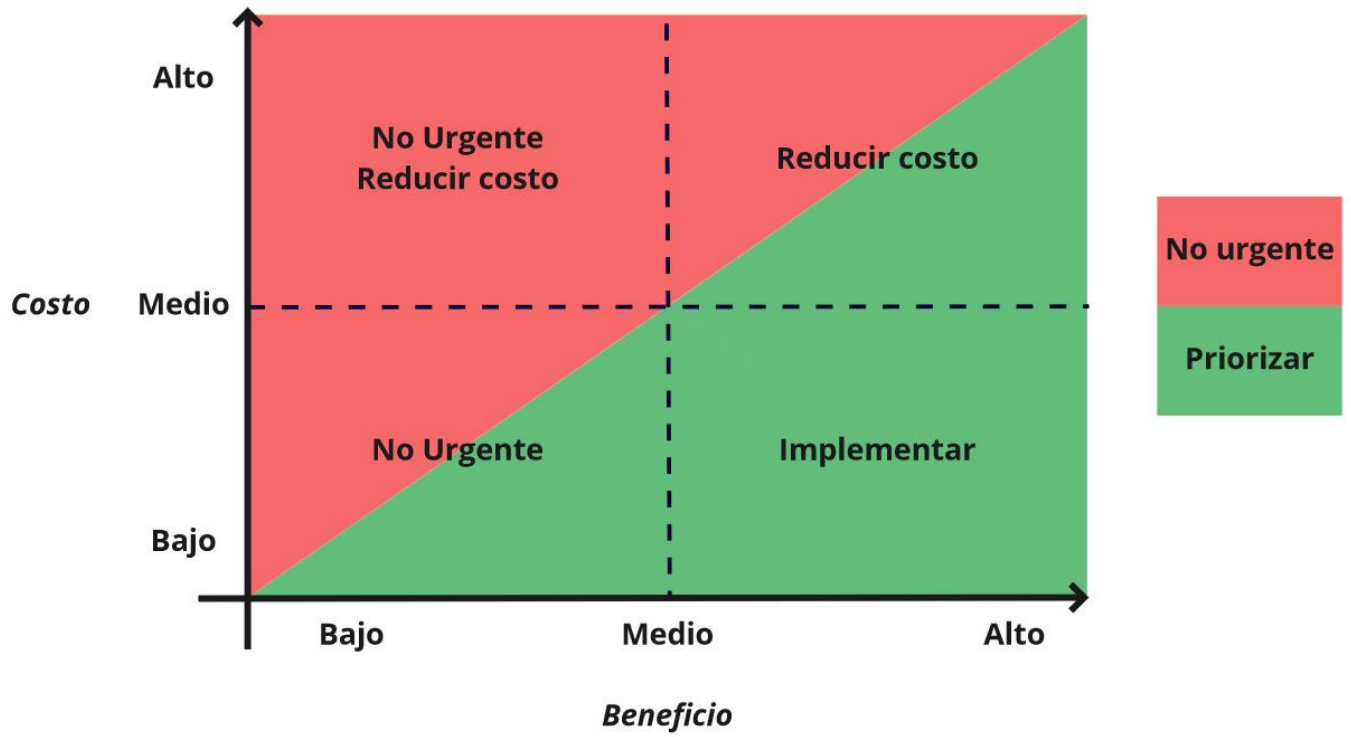
Costo Beneficio del cambio de diseño

Costo	Alto	No Urgente		
	Medio		A Evaluar	
	Bajo			Priorizar
		Bajo	Medio	Alto
		Beneficio		

Se define ahora la zona "A Evaluar" de la siguiente manera.

Un cambio ubicado en la zona "A Evaluar" que permite una reducción de dosis sería categorizado como "A Priorizar". De otro modo, el cambio sería considerado como "No Urgente".

De hecho, podemos clasificar los distintos cambios de diseño en cuatro zonas según su costo y el beneficio que trae.

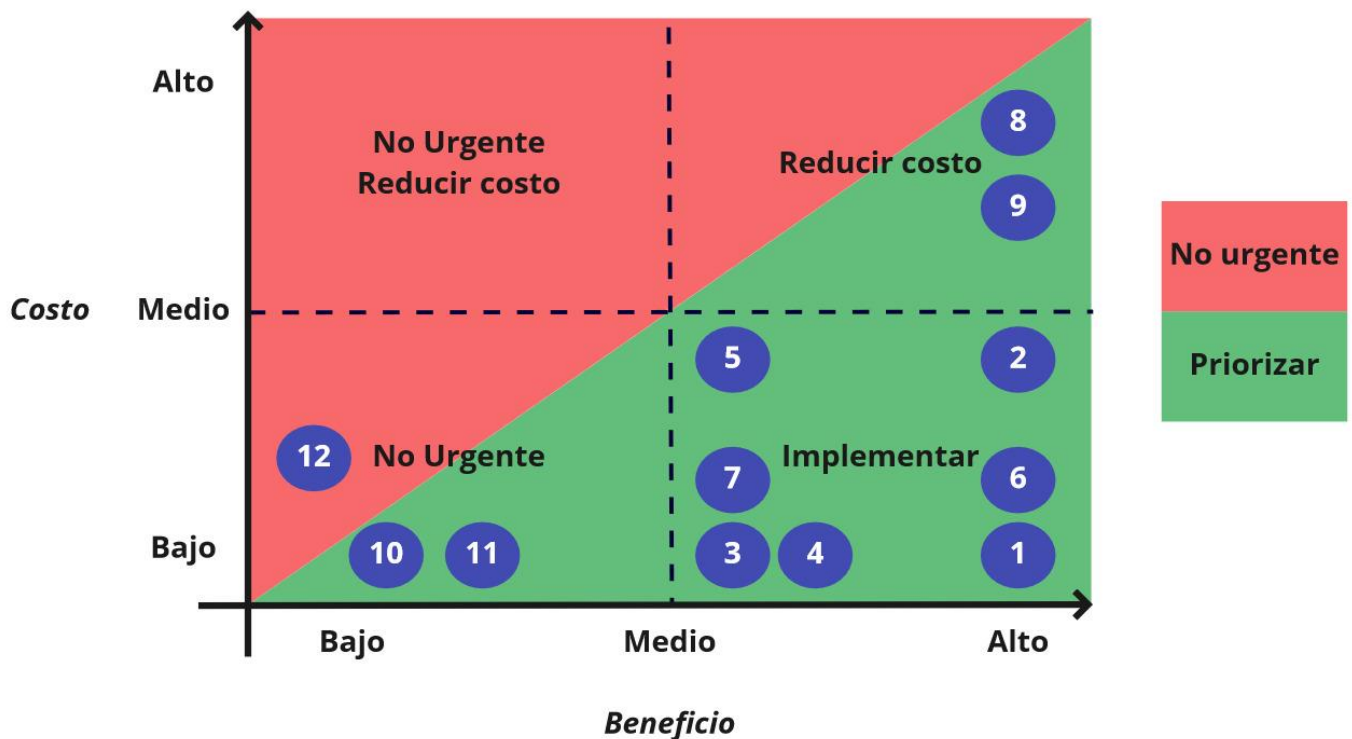


4.2.3. Resultados del análisis costo beneficio

Los cambios analizados, numerados de 1 a 12, se encuentran clasificados en el grafico abajo.

Se puede sugerir el siguiente orden:

- Los cambios de diseño numerados de 1 a 7 son los más relevantes con un beneficio alto y un costo bajo,
- Los cambios de diseño n°8 y n°9 traen un beneficio alto pero el costo de implementación es alto. Una inversión grande es necesaria o una reducción del costo: compras juntas con otras centrales, solución técnica más sencilla o cambio de diseño alternativo.
- Los cambios n°10, n°11 y n°12 no son urgentes, pero tienen la ventaja de tener un costo bajo de implementación.



La tabla de abajo lista los cambios analizados y se aclara:

- El número correspondiente de cada cambio de diseño del grafico arriba,
- El BSI y el sistema correspondiente,
- El cambio de diseño propuesto,
- La cantidad de eventos ocurridos,
- Si el cambio propuesto permite una reducción de dosis,
- La conclusión del Análisis Costo Beneficio.

El listado de los cambios y su análisis están especificados del Anexo 2 hasta el Anexo 13.

N°	Ref.	BSI	Sistema	Cambio	N° Eventos	Reducción dosis	ACB
1	Anexo 2	35240	Sistema hidráulico de aceite	Circuito ByPass del Latch RAM	6	No	Implementar
2	Anexo 3	35230	Sistema Control D ₂ O	Válvula Marotta SV#	2	Si	Implementar
3	Anexo 4	35230	Sistema Control D ₂ O	Controlador de nivel TK3	-	Si	Implementar
4	Anexo 5	63500	Instrumentación	Secuencia del magazine	-	No	Implementar
5	Anexo 6	35210	Cabezal de la MR	Traba de emergencia	-	No	Implementar
6	Anexo 7	-	Canal de descarga	Compuerta del canal de desviación	-	No	Implementar
7	Anexo 8	35220	Catenaria de la MR	Lógica de enclavamiento	1	No	Implementar
8	Anexo 9	35210	Cabezal de la MR	Tape drive RAM C	20	Si	Reducir costo
9	Anexo 10	35260	Sistema Suministro de D ₂ O	Bombas AJAX P1 – P2	1	Si	Reducir costo
10	Anexo 11	35230	Sistema Control D ₂ O	Válvula MV-34	1	Si	No Urgente
11	Anexo 12	35300	Puerto Gastado	Tapón de drenaje	-	Si	No Urgente
12	Anexo 13	35230	Sistema Control D ₂ O	Mangueras de la catenaria	-	No	No Urgente

5. Conclusión

Este presente informe detalló los cambios de diseño hechos y previstos de la MR en la Central Nuclear de Embalse y el análisis costo beneficio de los cambios de diseño no desarrollados.

Se especificó primero los componentes claves de un reactor de tecnología CANDU y sus máquinas de recambio de combustibles: el funcionamiento de la MR y el ciclo del combustible durante una operación de recarga.

En una segunda fase, los cambios de diseño de la MR hechos y previstos relevantes han sido compilados y clasificados según distintas categorías.

Por último, se identificó y analizó los cambios de diseño no implementados con un análisis costo beneficio. Nos permitió definir un orden de prioridad para la implementación de los numerosos cambios de diseño según su costo y su beneficio. También se presentó los cambios de diseño no aplicables para la Central Nuclear de Embalse pero que podría ser implementados en una nueva central.

Como pasos a seguir del presente trabajo, se propone:

- Comprobar el método de clasificación y corroborar los resultados del análisis, el costo de no implementar el cambio podría ser introducido,
- Implementar un cambio relevante,
- Realizar una retroalimentación del método y del costo real del cambio de diseño realizado.

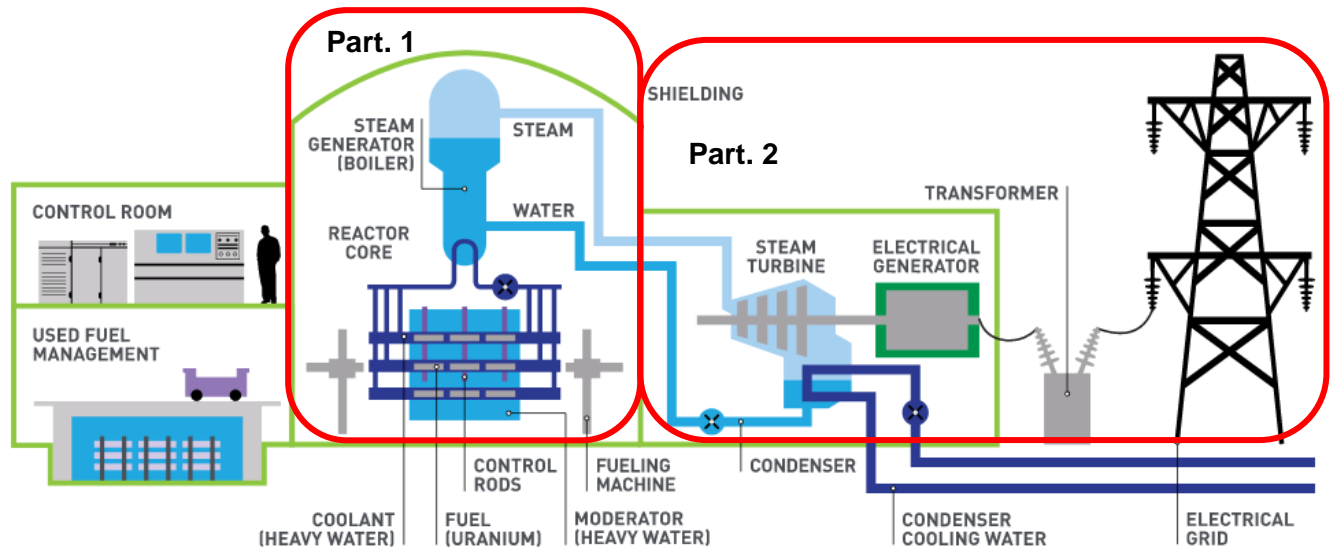
6. Referencias

- <1> Conjuntos de Boquilla, Tambor, Ariete y Accionamiento a Cinta del Cabezal de la Máquina de Recambio - TM 35210.
- <2> Puente, carro y Catenarios de la Máquina de Recambio de Combustible – TM 35220.
- <3> Sistema de D2O de la máquina de recambio - 18-35230-0001-001-OF Rev. N°6.
- <4> Controles cabezal M/R diagrama de flujo oleo hidráulica – 18-35240-0002-001-FS Rev. N°7.
- <5> Sistema de alimentación de D₂O de la máquina de recambio – 18-35260-0001-001-FS Rev.N°13
- <6> Sistema de Almacenaje y Transferencia de Combustible Nuevo – TM35100.
- <7> Sistema de Almacenamiento y Transferencia de Combustible Quemado – TM35300.
- <8> COG Operating Experience (OPEX) Database - <https://www.cogonline.org/>
- <9> Proactive Obsolescence Management System POMS - <https://poms.westinghouse.com>
- <10> Alcance y clasificación de componentes críticos para la confiabilidad de equipos en CNE – PI-1197 Rev. N°0.
- <11> ASME Boiler and Pressure Vessel Code Edición 2015.
- <12> Fueling Machine Latch Ram Oil Hydraulic Circuit Modification (2011 April) – 18-510008 Rev. N°0.
- <13> Marotta Valve Replacement Final Report - COG-JP-4366-003-R0.
- <14> Cabezal M/R y auxiliares suministros de D2O del cargador diagrama funcional – 18-63500-0417-006-ED-E Rev.N°14.
- <15> D2O Level probe assembly – 18-35218-00LP-103-TD Rev.N°0
- <16> Diagrama de operación Cabezal de control de la máquina de recambio 600MW Diagrama de secuencias – 18-63594-0001-001-OF Rev.N°0
- <17> Fueling machine head - Snout assembly - Snout emergency lock assembly - 18-35211-0052-001-GA.
- <18> Potential For Fueling Machine to Release from Channel (2001) – CANDU 6 Advisory Notice Bulletin Number AN-01-03 – n° OPEX COG 33301 / 33054.
- <19> COG Event meeting June 2003 - https://www.cogonline.org/WCS/FHPWG_Jun03/DocumentLibrary/1/fhpwg260603_aecl-may.pdf
- <20> Fueling machine head - Ram assembly - Tape drive assembly - 18-35214-0201-001-GA.
- <21> Energy Steel AJAX Pump Spares (15/09/2021) – Quote Number 37697
- <22> Budgetary Proposal Ajax Pump replacement (17/09/2020) - 18-200202
- <23> Fuelling Machine D2O Supply Pump/motor set tendering drawing – 144-35260-0001-01-GA-C
- <24> Sistema de manejo de combustible auxiliares de transferencia de combustible gastado Diagrama de flujo – 18-35320-0001-001-FS-E
- <25> Nuclear class 2 hose assemblies for f/m – 18-35000-3-1-TS Rev.1
- <26> Component spec. for metal hose assemblies – 18-35730-000C-002-TD Rev 4
- <27> Thorburn Nuclear Catalogue – Non-Metallic Hose Assemblies for CANDU Nuclear Power Plants
- <28> Information report F/M catenary hose replacement at Point Lepreau – IR35730-01 Rev. N°0

Gráfico 1 – Central CANDU

(1/1)

Disposición de un central tipo CANDU:



La central se divide en dos partes distintas:

- Parte 1: isla nuclear donde está el núcleo del reactor. El edificio tiene varias barreras de confinamiento (defensa en profundidad) en caso de un evento.
- Parte 2: parte convencional de la central, común a todas centrales eléctricas.

Gráfico 2 – Sistemas principales

(1/1)

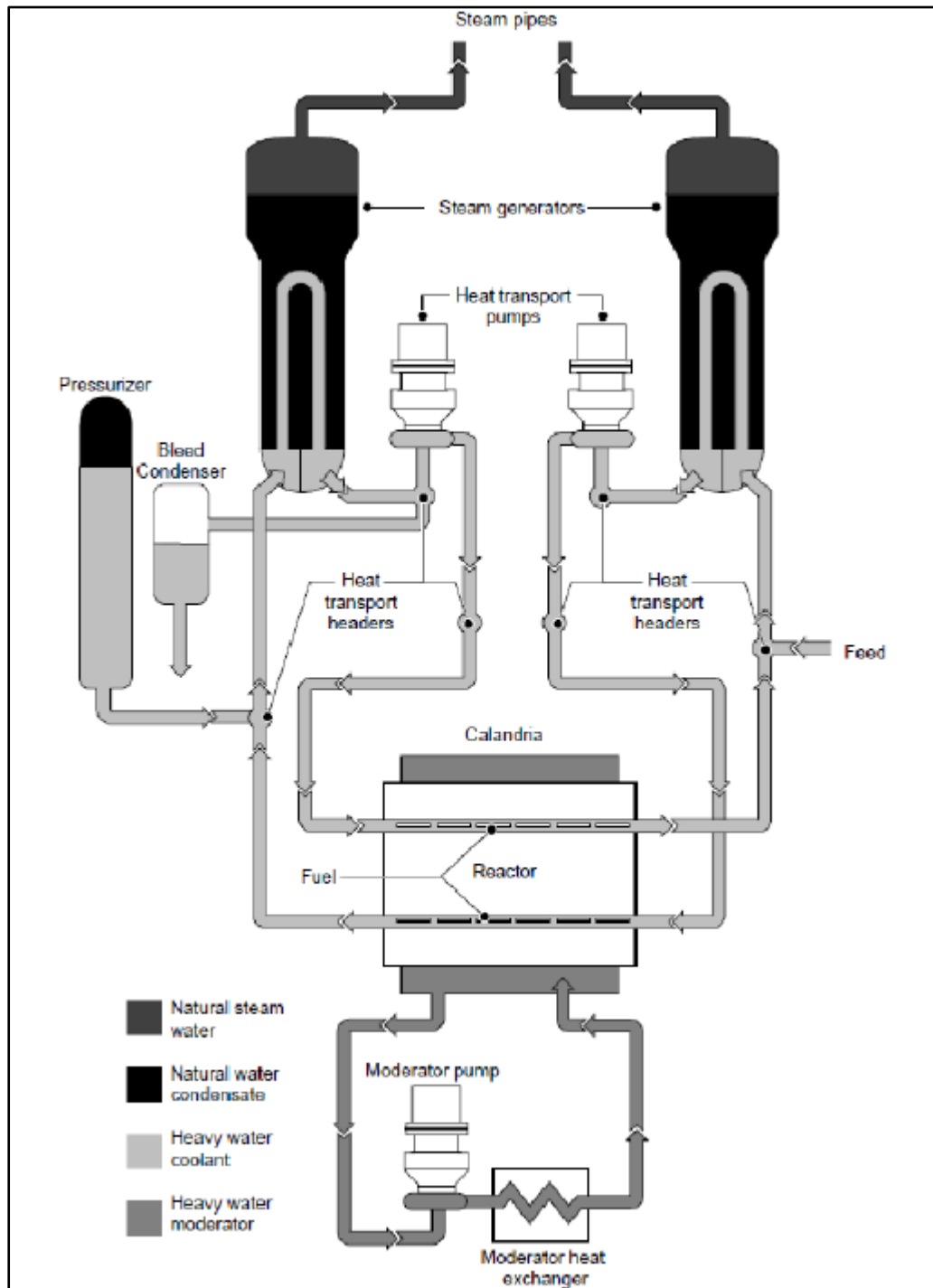
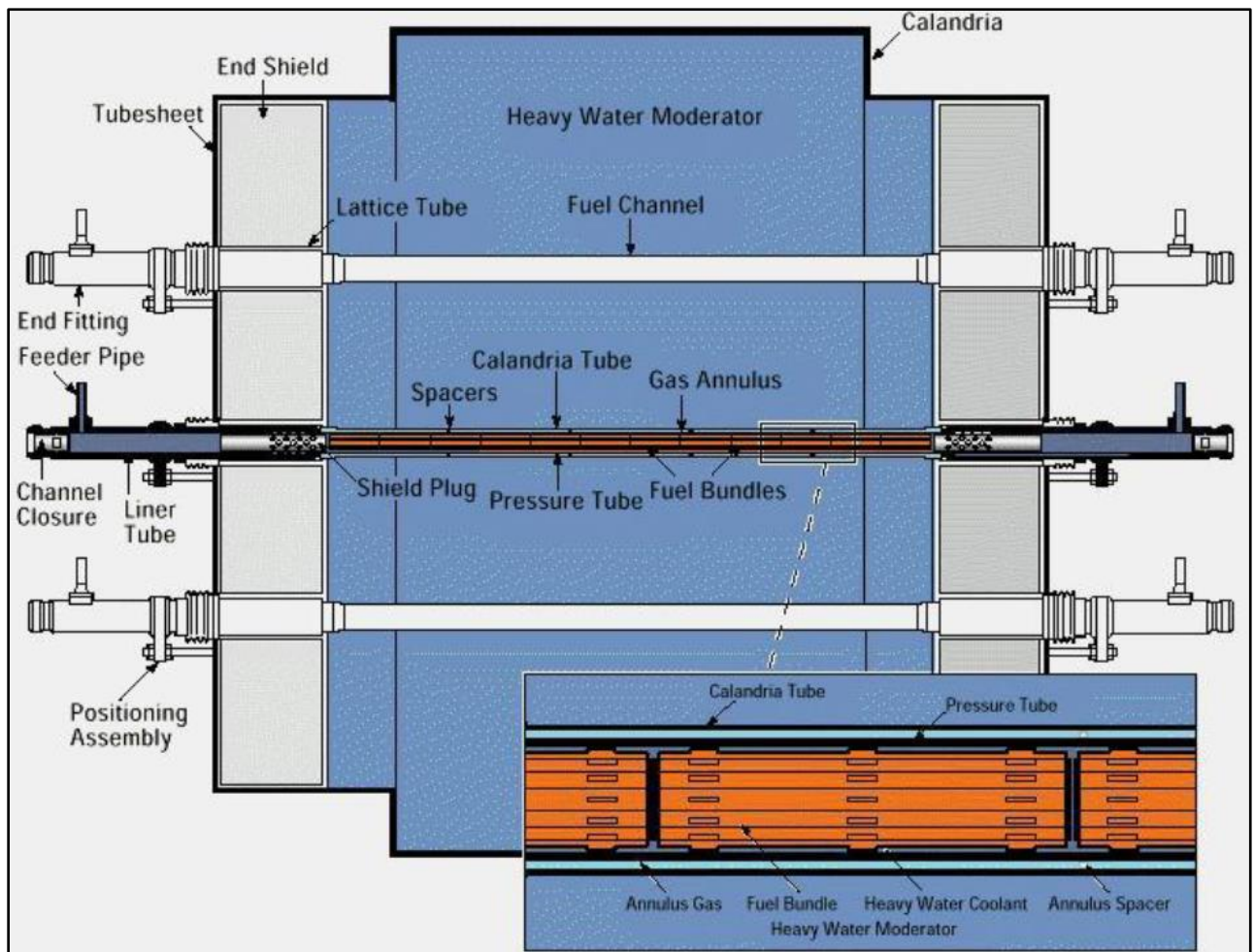


Gráfico 3 – Calandria

(1/1)

Calandria del reactor:



La calandria se compone de 380 canales, en cada extremidad se ubican los feeders que conectan la calandria a los generadores de vapores.

Un canal este compuesto de:

- Tubo de calandria,
- Tubo de presión,
- 2 accesorios extremos con sus conjuntos posicionadores,
- 12 elementos combustibles.
- 2 tapones de cierres en su extremidad
- 2 tapones de blindajes en la extremidad de los tubos de presión (protección radiológica).

La parte central de la calandria, donde están ubicado los elementos combustibles, está llena de agua pesada actuando como moderador.

En la extremidad de la calandria se colocaron dos blindajes de agua liviana (End Shield) y una placa tubo (Tubesheet).

Gráfico 4 – Conjunto cabezal carro puente columna

(1/2)

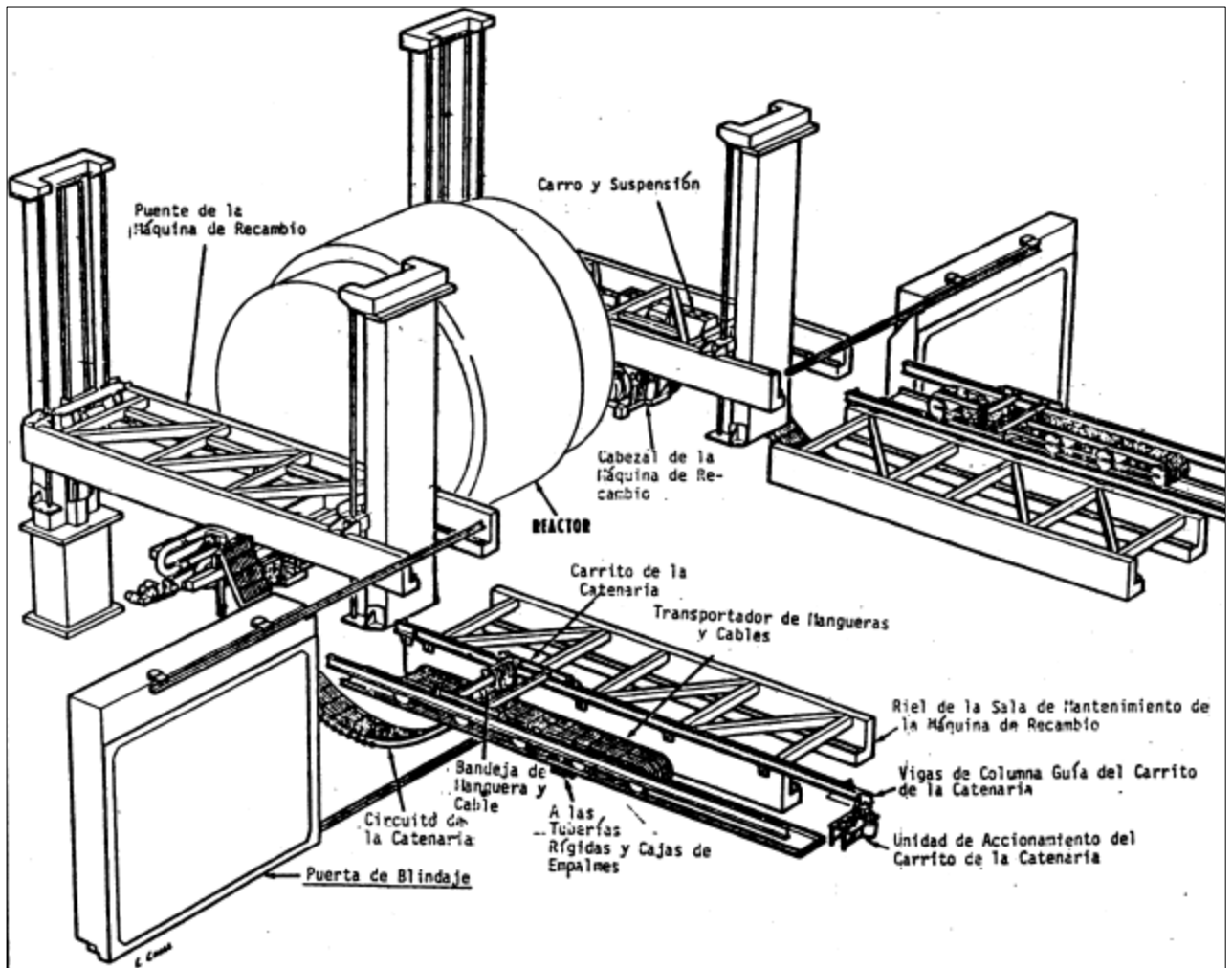


Gráfico 5 – Cabezal

(1/1)

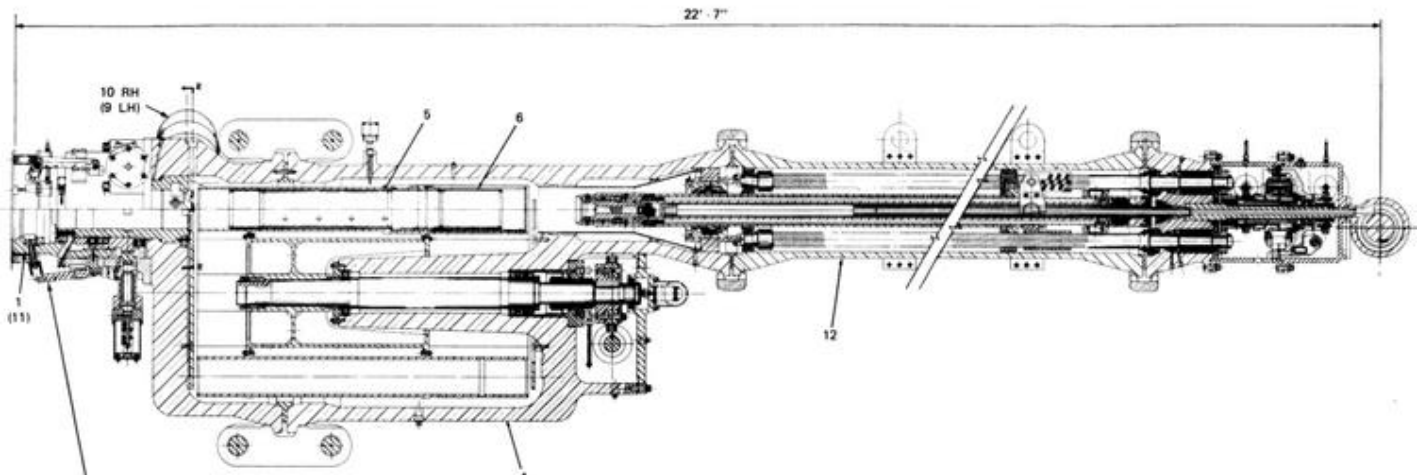
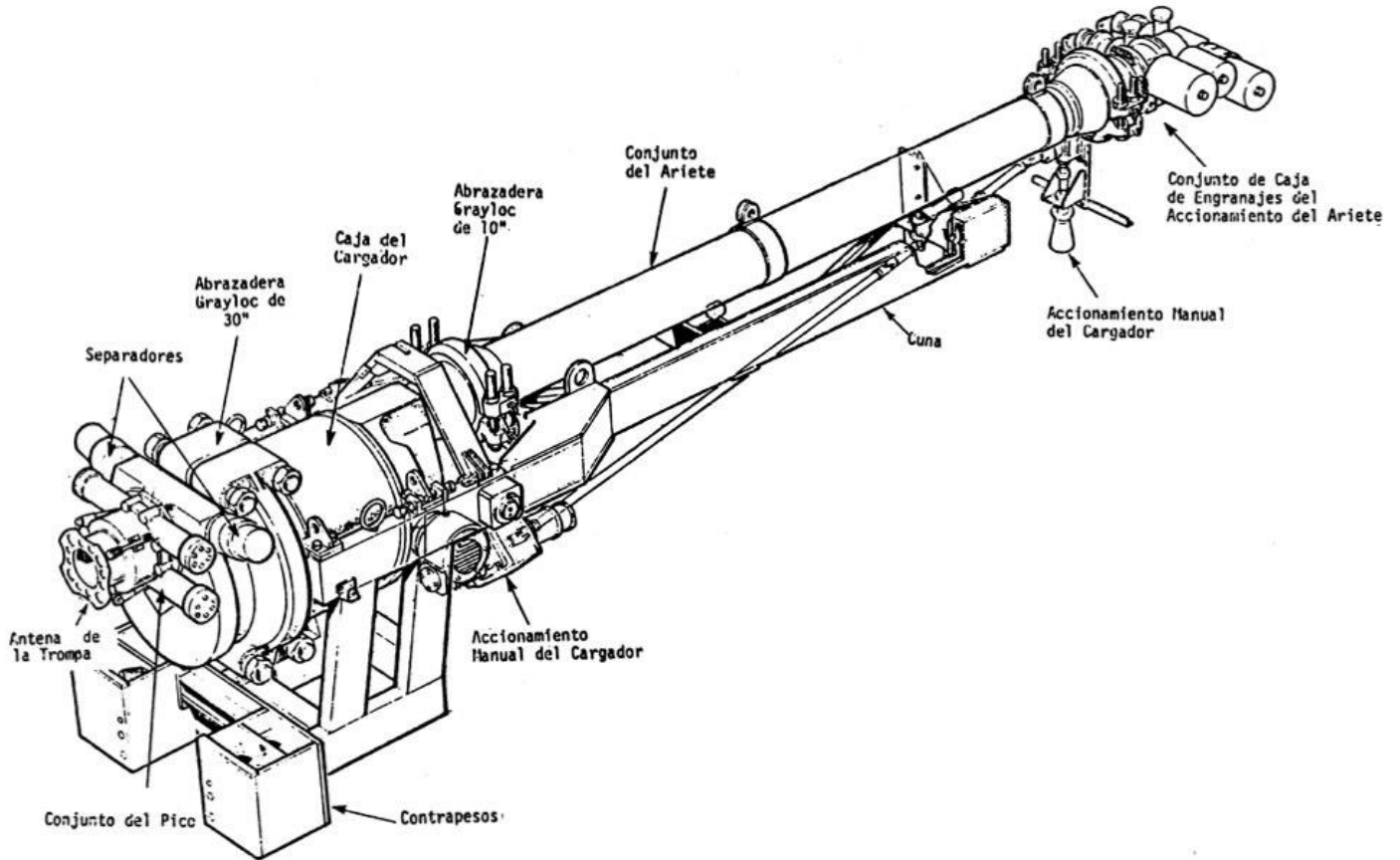


Gráfico 6 – Ciclo de la MR

(1/2)

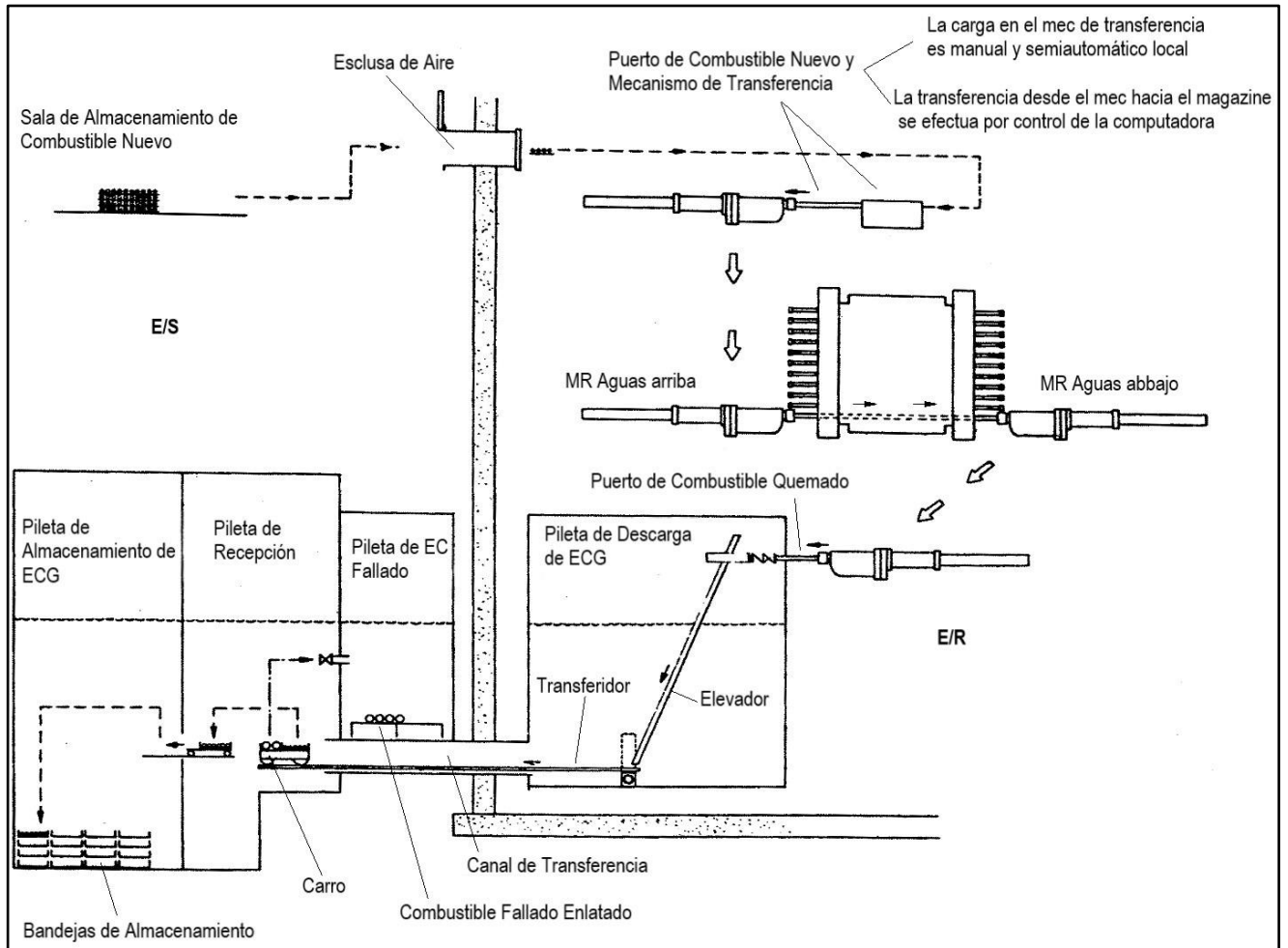


Gráfico 6 – Ciclo de la MR

(2/2)

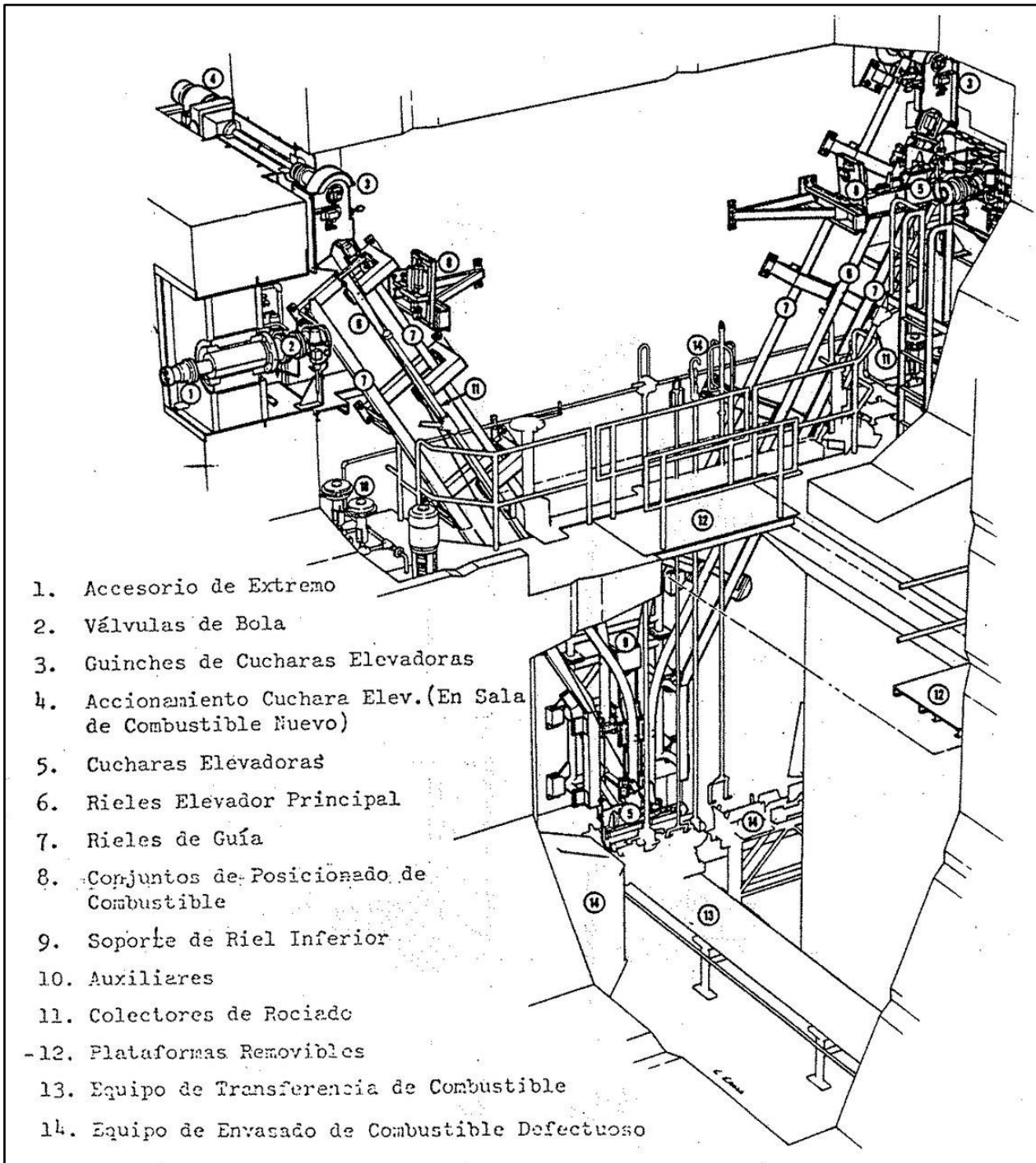
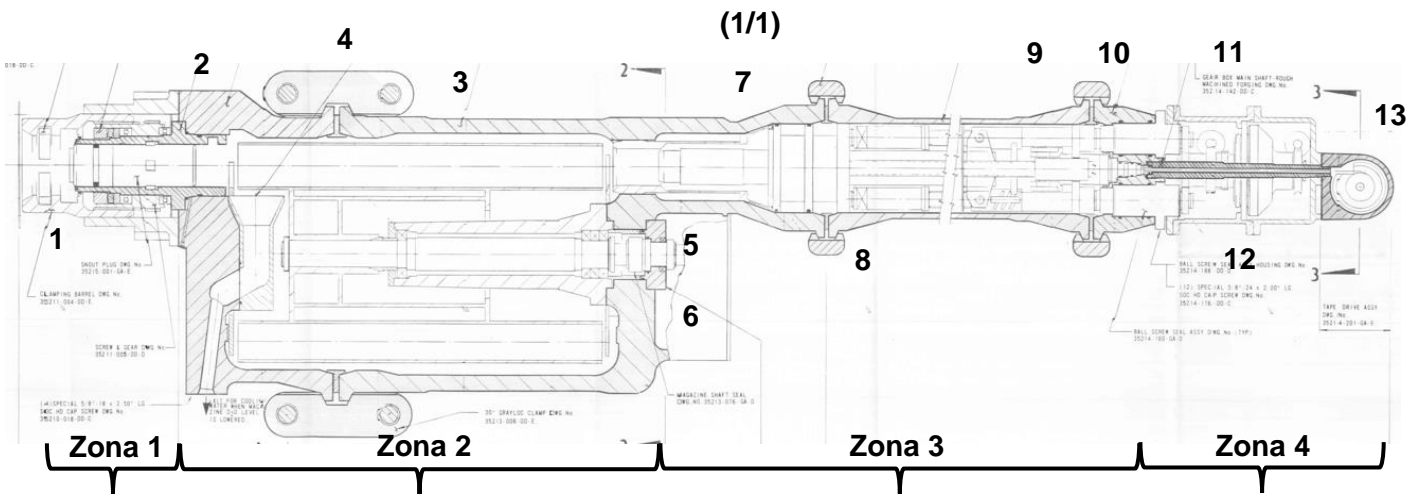


Gráfico 7 – Limite de presión



Zona	Componentes principales
1	Snout center support (1)
2	Magazine end cover (2) Magazine housing (3) Clamp Grayloc (4) Balanced shaft seal (5) Gland plate (6)
3	Ram housing (7) Clamp Grayloc (8) Face seals (9) Dower (10)
4	Ram rear forging (11) Gear box main shaft (12) Tape drive housing (13)

Anexo 1 – Cambios de diseño hechos y previstos

(1/7)

Obsolescence:

N°	BSI	System component	Design change	Item	Reference/ Drawings	Observación	Estado
1	35230	D2O control system	Accumulators' replacement	TK1, TK2, TK4, TK5	18-35230-0001-001-FS	For obsolescence issue – New provider Parker Only the bladder was changed	Hecho
2	35230	D2O control system	Manometer (Panel valves) replacement	PG22, PG21 PG26, PG23	18-35230-0001-001-FS	For obsolescence issue – Identical model	Hecho
3	35230	D2O control system	Differential pressure transmitter	PT33	18-35230-0001-001-FS ID 109959	Design change and ASME class new qualification (Class 1 to Class 3)	Hecho
4	35240	Hydraulic oil system	Accumulators' replacement	TK2	18-35240-0001-001-FS	For obsolescence issue – New provider Vickers Only the bladder was changed	Hecho
5	35250	D2O Drain Ports	Potentiometer	35250-ZZ-52E-53E-55E-56E-58E-59E	18-35230-0001-001-FS ID122754	For obsolescence issue – model identical	Hecho
6	35250	D2O Drain Ports	Air panel Pneumatic valves	SV52-53-55-56-58-59-60	18-35250-0001-001-FS ID122788	For obsolescence issue – Provider MAC Valves	Hecho
7	35260	D2O supply system	Accumulators' replacement	TK1, TK2, TK3, TK4	18-35260-0001-001-FS	For obsolescence issue – New provider Vickers Only the bladder was changed	Hecho
8	35230	Fueling machine D2O Pressure control system	Controllers	PCV-1 / PCV-4	ID92718	Supplier ABB	Hecho
9	63526	Fueling machine D2O Pressure supply system	Controllers	PC11	ID92718	Supplier ABB	Hecho
10	63500	Instrumentation Fuel Handling	Analog comparator	-	18-63500-ED	For obsolescence issue - Internal event	Hecho

Anexo 1 – Cambios de diseño hechos y previstos

(2/7)

Obsolescence:

N°	BSI	System component	Design change	Item	Reference/ Drawings	Observación	Estado
11	35230	D2O control system	MV Valves spare parts	MV Valves	18-35230-0001-001-OF	Repair kit provided (actuators)	En curso
12	35240	Oil hydraulic system	Solenoid valves Parker	SV 51-52-53-54	18-35240-0002-001-FS	For obsolescence issue – In progress	En curso
13	35240	Oil hydraulic system	Foxboro pressure transmitter replacement	PT5	18-35240-0002-001-FS	-	En curso
14	35260	D2O supply system	Ajax pump - components replacement	Spare parts	Energy Steel - n°37697	-	En curso
15	35300	Spent fuel area	Spent fuel system valves replacement	MV1-MV2-MV3	18-35320-0001-001-FS	For obsolescence issue – MV1 – MV2 installed, MV3 - In progress	En curso
16	35230	D2O control system	ROSEMOUNT pressure transmitter replacement	PT# (salvo PT33 y PT34)	ID120372	For obsolescence issue – Adaptation required in case of replacement	Previsto
17	35300	Spent fuel area	Spent fuel port valves replacement	-	-	For obsolescence issue – Provider KAMYR obsolete	Previsto
18	35220	Bridge and carriage	Position switch replacement	Carriage: 63522-GS55/GS56 Bridge: 63522-GS3/GS4	-	For obsolescence issue – Provider General Electric obsolete	Previsto

Anexo 1 – Cambios de diseño hechos y previstos

(3/7)

Performance:

N°	BSI	System component	Design change	Item	Reference/ Drawings	Observación	Estado
19	35240	Oil hydraulic system	Snout Bypass Circuit for Additional Pressure to Unclamp Stuck Snout	SV-8 / NV-12 / SV-9	18-35240-0002-001-FS	Provides a fueling machine snout clamp bypass circuit to increase hydraulic pressure and snout unclamp force to allow the F/M snout to unclamp from the reactor. Allow a higher hydraulic pressure to the snout clamp in case of failure or jamming of components.	Hecho
20	35240	Oil hydraulic system	Transmitter added	PT-1	18-35240-0001-001-FS ID122881	Added to have in real time pressure of the oil hydraulic system.	Hecho
21	35230	D2O control system	Steam supply and steam condensate return systems eliminated	-	18-35230-0001-001-OF	Added to effect cost reduction and plant simplification. The operating temperature was lowered to an ambient temperature of 40°C and now provides a much simpler system which is easier to maintain.	Hecho
22	35260	D2O Supply system	Seal design change (Ajax Pump)	Juntas aspiración / impulsión 35230 - P1 P2	ID122118	Replacement of gasket by O ring (Suction and Discharge manifold)	Hecho

Anexo 1 – Cambios de diseño hechos y previstos

(4/7)

Performance:

N°	BSI	System component	Design change	Item	Reference/ Drawings	Observación	Estado
23	63522	Reactor Area Bridge and suspension	Install limit switches on the F/M bridge ball screws and add relay control logic in the F/M bridge	-	-	Stops the bridge drive if any of the four ball screws raises out of position. To cater for possible F/M malfunction.	Previsto
24	63522	Reactor Area Bridge and suspension	Fueling Machine Y-Drive Brake Microswitches	-	-	-	Previsto

Tritium contamination:

N°	BSI	System component	Design change	Item	Reference/ Drawings	Observación	Estado
25	35210	Fuel Handling	Snout Blowdown Mechanism for Collection of D2O into the snout cavity (35211)	Snout Blowdown Mechanism	ID066006 18-35230-0001-001	Uses compressed air to purge the snout cavity of D2O prior to unclamping	Hecho
26	35230	D2O control system	Purge and drain Tubing's added to Transmitters for ease of drainage during refurbishment outage	-	18-35230-0001-001-OF	-	Hecho
27	35310	Spent Fuel storage area	Collection System for D2O During Fuel Transfer from Port to Ladle (35310)	-	-	A D2O deflector on the tray placed with a hose to a drum to collect the D2O (1L/week).	Hecho

Anexo 1 – Cambios de diseño hechos y previstos

(5/7)

Internal / external events:

N°	BSI	System component	Design change	Item	Reference/ Drawings	Observación	Estado
28	35214	Fuel Handling	Ram C design modification	Ram C assembly	18-35214-0125-001-GA ID93383	Due to external and internal events (Breakage of Ram C balls) – Design change made by AECL.	Hecho
29	35214	Fuel Handling	Ram B seal modification	Item 94 Seals B assembly	18-35214-0001-003-GA ID060429	Due to leakage of coolant (external events) - see OPEX n°48872 / 49281	Hecho
30	35212	Fuel Handling	Change of emergency hand-unlocking device during refueling	Hand unlocking assembly (Separator)	-	Due to internal event - OPEX n°57348 (Safety latch locked)	En curso

Anexo 1 – Cambios de diseño hechos y previstos

(6/7)

Requirements: Design Basis Earthquake (DBE) requirement.

N°	BSI	System component	Design change	Item	Reference/ Drawings	Observación	Estado
31	35210	Fuel Handling	Torque modification	55 - 5/8" 18 UNF cap screws	18-35214-201-1-GA-E	Analysis performed to ensure that the F/M head and the support structure survive the design basis earthquake (DBE) requirement 18RF-35200-ASD-001 18RF-35000-DCA-001 18rf-35240-DMA-001 ID118361	Hecho
32	35210	Fuel Handling	Cradle Trunnion Spherical and Cylindrical Roller Bearings	58, 59 - spherical and cylindrical roller	18-35219-1-1-GA-E		Hecho
33	35220	Bridge and Carriage	Support frame column B added Angle replacement	-	18RF-35220-0002-01-GA-E 18RF-35220-0001-01-GA-E		Hecho
34	35220	Bridge and Carriage	Camrol Bearing Block mounting bolts	21 - Bolt camrol bearing block	18-35221-9633-03-GA-A1 18-35221-3-1-GA-E 18-35221-7-1-GA-C		Hecho
35	35220	Bridge and carriage	Carriage seismic clamp control modification	13 - emergency release stud	18-35224-118-1-GA-E 18-35224-102-1-DD-D 18-35224-101-1-DD-C		Hecho
36	35240	Oil hydraulic system	B Ram hydraulic systems	B RAM position	18rf-35240-DMA-001		Hecho

Anexo 1 – Cambios de diseño hechos y previstos

(7/7)

Requirements: Design Basis Earthquake (DBE) requirement.

N°	BSI	System component	Design change	Item	Reference/ Drawings	Observación	Estado
37	35220	Bridge and Carriage	Anti-seismic locks	-	-	Analysis performed to ensure that the F/M head and the support structure survive the design basis earthquake (DBE) requirement 18RF-35200-ASD-001 18RF-35000-DCA-001 18rf-35240-DMA-001 ID118361	Hecho
38	35220	Bridge and carriage	Rails modification	53	18RF-35224-0006-02-GA-E		Hecho
39	35220	Bridge and carriage	Damper assembly – Z motion	Damper assembly	18RF-35224-0006-02-GA-E		Hecho
40	35220	Bridge and Carriage	Support frame column D added Angle replacement	-	18RF-35220-0002-01-GA-E 18RF-35220-0001-01-GA-E		Hecho
41	35240	Oil hydraulic system	Z Motion Cylinder replacement	HA2, HA3	18RF-35240-0002-02-FS-E		Hecho
42	35240	Oil hydraulic system	Oil hydraulic system valves	NV16, NV17	18RF-35240-0002-02-FS-E		Hecho

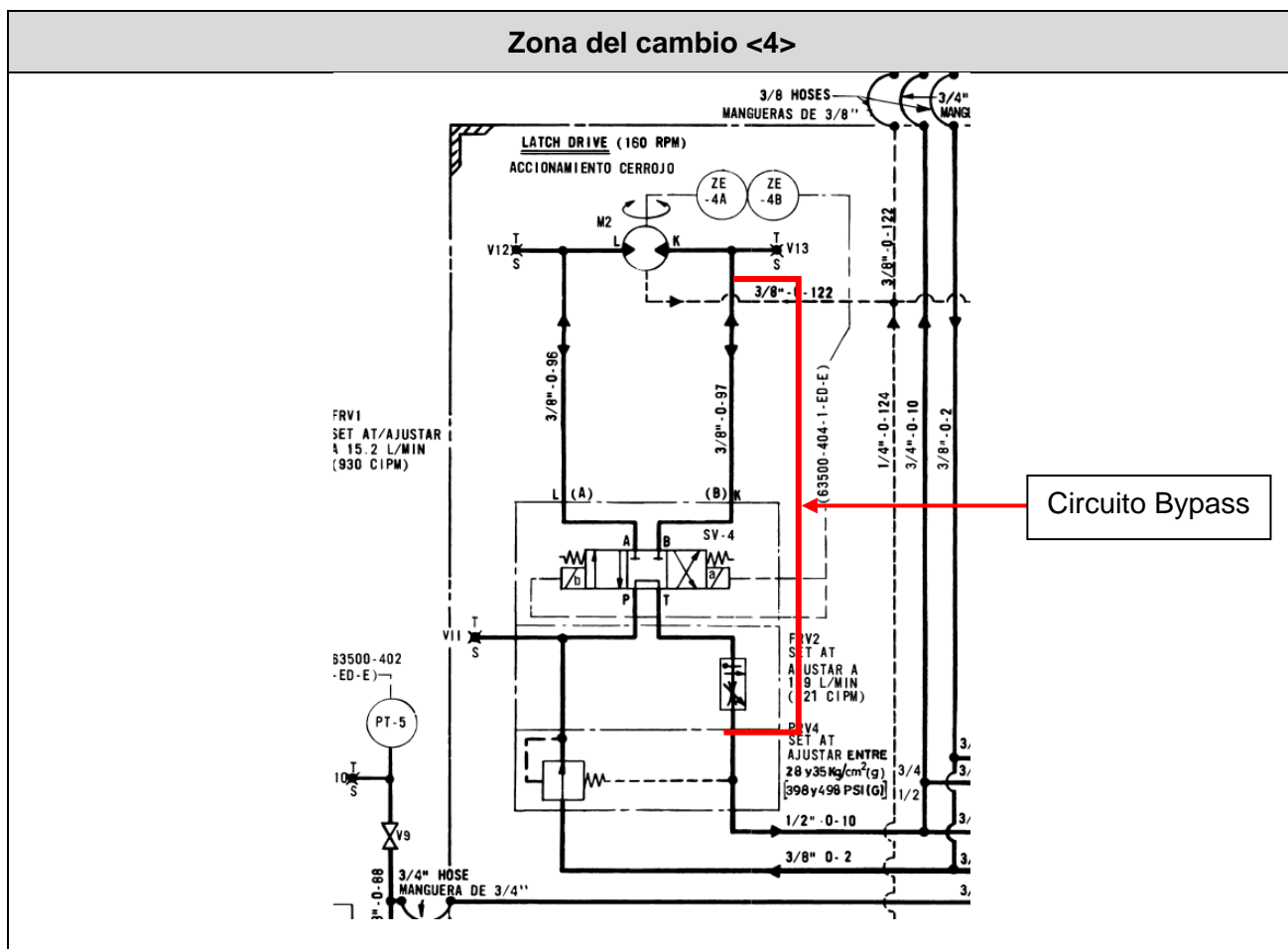
Anexo 2 – Cambio de diseño de Latch RAM

(1/3)

Cambio de diseño del circuito del Latch RAM:

Se propone de agregar un circuito Bypass en el circuito de aceite del Latch RAM para aumentar la presión disponible en caso de un bloqueo del RAM o de los tapones de cierre. Permitiría evitar una traba prolongada del RAM y evitar una intervención manual del operador.

El Latch RAM pertenece al diagrama de flujo oleo hidráulica <4>.



Características:

La clase ASME y criticidad del Latch RAM son definidos abajo.

Criticidad	C2
Clase ASME del circuito de aceite	ASME B31.1

Causa raíz del cambio de diseño:

Eventos registrados en varias centrales de una traba del Latch RAM y de la imposibilidad de cargar con elementos nuevos los canales por varios días. En caso de traba, el operador puede operar manualmente con fine de desbloquearlo.

Anexo 2 – Cambio de diseño de Latch RAM

(2/3)

N° OPEX	Central	Componente	Evento - Causa	Consecuencia
57189	Pickering	Latch RAM – Tapón de cierre	Bloqueo del Latch RAM sacando el tapón de cierre – interferencia del cabezal del RAM con el magazine	Potencia del reactor degradada al 60% - 14 días
56742	Pickering	Cabezal del Latch RAM	Bloqueo del Latch RAM – cabezal del ram defectuosa	Potencia del reactor degradada al 72 % - 9 días
52676	Pickering	Latch RAM	Bloqueo del Latch RAM – causa desconocida	Potencia del reactor degradada al 50% - 14 días
50049	Pickering	Latch RAM – Tapón de cierre	Bloqueo del Latch RAM sacando el tapón de cierre	Recarga de canal imposible - Riesgo de superar el límite de Burn up autorizado en un canal
49261	Pickering	Latch RAM	Bloqueo del Latch RAM dentro del canal combustible	Potencia del reactor degradada al 1% - 13 días
45011	Kaiga	Latch RAM	Bloqueo del Latch RAM dentro la máquina de recambio	Latch RAM accionado manualmente hacia su posición inicial

Análisis Costo Beneficio:

Se detalla abajo el análisis Costo Beneficio de un cambio del circuito del Latch RAM.

Evaluación del beneficio

En los últimos 20 años, se registró varios eventos, internos y externos, debido a una traba del Latch RAM. La probabilidad de un tal evento puede ser considerado como alta.

El Latch RAM es un componente de criticidad C2. En el peor caso, el Latch RAM se puede encontrar trabado entre el canal y la máquina de recambio con una imposibilidad de cargar combustibles. El operador se tiene que intervenir manualmente para destrabar el Latch.

La consecuencia es considerada como alta, tanto para el reactor (degradación de la potencia) que para el operador (operación difícil de acceso y larga).

El riesgo de traba del Latch RAM es alto y su consecuencia es alta. El beneficio de implementar un circuito Bypass es alto.

Grado del beneficio

Probabilidad	Alta			Alto
	Media			
	Baja			
		Baja	Media	Alta
		Consecuencia		

Anexo 2 – Cambio de diseño de Latch RAM

(3/3)

Evaluación del costo:

Considerando el presupuesto de 2011 <12> y considerando la mano de obra, el costo de implementación puede ser considerado como bajo.

	Costo (US\$)
Compras y mano de obra	≤ 500 000

Conclusión:

La implementación un circuito Bypass en fin de evitar una traba prolongada del Latch RAM y de una operación manual del operador tendría un beneficio alto con un costo relativamente bajo.

Costo Beneficio del cambio de diseño

Costo	Alto			
	Medio			
	Bajo			Priorizar
		Bajo	Medio	Alto
Beneficio				

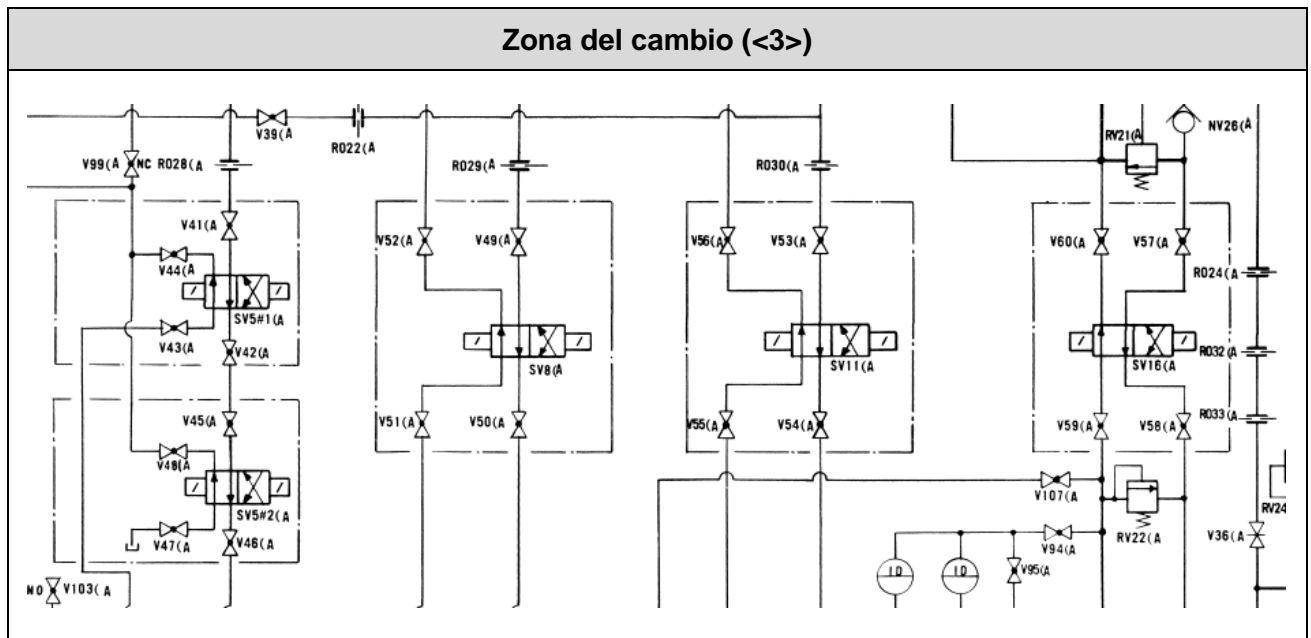
Anexo 3 – Cambio de diseño de las válvulas MAROTTA

(1/3)

Cambio de diseño de las válvulas Marotta:

Se propone de cambiar las Válvulas de marca MAROTTA por un sistema de válvula más simple o por unas más modernas. Las válvulas pertenecen al sistema de control de D2O <3>.

Ítem	Descripción
SV16	Válvula MAROTTA del RAM C
SV11	Válvula MAROTTA de los tops del separador
SV8	Válvula MAROTTA del retractor del separador
SV5	Válvula MAROTTA de los feelers del separador



Características

La clase ASME y criticidad de la válvula son definidos abajo.

Criticidad	C2
Clase ASME	ASME III, Clase 2

Causa raíz del cambio de diseño:

Las válvulas MAROTTA se encontraron en estado de obsolescencia y con dificultad de conseguir repuestos, ver <13>.

Anexo 3 – Cambio de diseño de las válvulas MAROTTA

(2/3)

También, varios eventos ocurrieron sobre fallas de uno o varios componentes de las válvulas. Se lista abajo los eventos relevantes al respeto de las válvulas MAROTTA en las distintas centrales.

N° OPEX	Central	Componente	Evento - Causa	Consecuencia
52088	Pickering	SV5 Feelers	Mal contacto de un conector – presencia de humedad en las bobinas	Degradación de potencia al 86%
48508	Pickering	SV's Valvulas	3 veces se detectaron mal contacto en las bobinas	Degradación de potencia / retraso en la carga de combustible

Análisis Costo Beneficio

Se detalla abajo el análisis costo beneficio del cambio de diseño de las válvulas.

Evaluación del beneficio

Las válvulas se consideran como obsoletas y la probabilidad de ocurrencia de un evento puede ser considerado como medio. De manera conservativa la probabilidad global, incluyendo falla por obsolescencia o falla de un componente es considerado como alta.

Las válvulas son de Clase 2 y de criticidad C2. En el peor escenario, una degradación de potencia del reactor puede ocurrir con la imposibilidad de cargar un canal. La consecuencia de una falla de una válvula es alta.

El riesgo de falla de una válvula es alto y su consecuencia es alta. El beneficio de implementar el cambio es de hecho alto.

Grado del beneficio

Probabilidad	Alta			Alto
	Media			
	Baja			
		Baja	Media	Alta
Consecuencia				

Anexo 3 – Cambio de diseño de las válvulas MAROTTA

(3/3)

Evaluación del costo:

Considerando el análisis <13> y considerando la mano de obra, el costo de implementación puede ser considerado como medio.

	Costo (US\$)
Compra equipos y mano de obra	500 000 ≤ ≥ 1 000 000

Conclusión:

El cambio de las válvulas tendría un interés importante teniendo en cuenta su costo de implementación y el beneficio que trae.

Costo Beneficio del cambio de diseño

Costo	Alto			
	Medio			Priorizar
	Bajo			
		Bajo	Medio	Alto
Beneficio				

Estado en otras centrales

Al respecto de las otras centrales con los datos disponibles (ver <9>), solo Pickering ha actualizado las válvulas de marca original Marotta.

Centrales	Componentes	Proveedor	Estado
Pickering	8-63530-N1-SV2 8-63530-N2-SV1 8-63530-N3-SV1 8-63530-N19-SV1	Curtiss Wright	No Obsoleto
Point Lepreau	0781-3523-SV-5 0781-3523-8 0781-3523-SV-11 0781-3523-SV-16	Marotta Valves	Obsoleto
Wolsong	10204337 10204343 10204349 10204359	Marotta Valves	Obsoleto
CNE Cernavodă	1-3523-SV8 1-3523-SV5 1-3523-SV16 1-3523-SV11	Marotta Valves	Obsoleto

Anexo 4 – Cambio de diseño del controlador de nivel del tanque de recolección TK3

(1/3)

Cambio de diseño del controlador de nivel

El tanque TK3 de recolección del sistema de control de D₂O <3> tiene dos controladores de nivel que funcionan de manera complementarias.

- Un controlador de nivel a flotante LC-3 que da en tiempo real el nivel del tanque,
- Cuatro sondas de conductividad (LE #1, 2, 3, 4) que detectan los diferentes niveles del tanque,

Para regular el flujo el sistema tiene la válvula de regulación LCV-3 y la bomba P3.

El controlador LC-3 acciona la válvula según el nivel del tanque mientras que la bomba se conecta o desconecta según los niveles de las sondas (4 niveles de alto hasta bajo), ver diagrama funcional <14>.

Este sistema tiene la desventaja de no relacionarse entre ellos los dos controladores: una falla de las sondas a pesar que la válvula está abierta impediría el accionamiento de las bombas y vice et versa. Si le controlador LC-3 se encuentra trabado la válvula quedaría abierta (o cerrada según el nivel).

Se propone de un implementar un solo sistema de control de nivel con las dos funciones: un controlador de nivel flotante y sondas, pero relacionados con un solo transmisor. El sistema propuesto sería más moderno y más simple.

Características:

Controlador LC-3:

Criticidad	NC
Clase ASME	ASME, Clase 2

Sondas LE #:

Criticidad	NC
Clase ASME	CSA B51 Clase 6 (ver <15>)

Causa raíz del cambio de diseño:

Permitirá simplificar el sistema de control de nivel del tanque TK3. No hubo eventos relevantes.

Análisis Costo Beneficio

Evaluación del beneficio

No ocurrió eventos relevantes. La probabilidad es baja. El controlador se encuentra en estado obsoleto en Embalse, de hecho, la probabilidad al respeto de la obsolescencia del controlador LC-3 es alta.

La probabilidad global contemplando la ocurrencia de un evento o la obsolescencia es media.

Anexo 4 – Cambio de diseño del controlador de nivel del tanque de recolección TK3

(2/3)

La falla de un controlador de nivel ocasionaría en el peor caso un desbordamiento del tanque TK3 y contaminación por tritio en la sala de central de válvulas. La consecuencia es media

Grado del beneficio

Riesgo	Alto			
	Medio		Medio	
	Bajo			
		Baja	Media	Alta
		Consecuencia		

Evaluación del costo:

El costo del cambio contemplaría:

- Compras de equipo: sistema de control de nivel,
- Calificación de las sondas clase 6,
- Mano de obra.

El costo de implementación sería bajo.

	Costo (US\$)
Compras y mano de obra	≤ 500 000

Costo Beneficio del cambio de diseño

Costo	Alto			
	Medio			
	Bajo		Priorizar	
		Bajo	Medio	Alto
		Beneficio		

Anexo 4 – Cambio de diseño del controlador de nivel del tanque de recolección TK3**(3/3)****Estado en otras centrales**

El estado abajo de los controladores en las plantas de Point Lepreau y Wolsong (ver <9>).

Centrales	Modelo	Proveedor	Estado
Point Lepreau	2390-0N247457	FISHER CONTROLS INTL INC	Obsoleto
Wolsong	N9049V24D13	HOKE	Obsoleto
CNE Cernavodă	2341249P	FISHER CONTROLS INTL INC	Obsoleto*

* Figura como "Desconocido" en el programa POMS, la marca sigue la misma que para la central de Point Lepreau, se asume que el estado es lo mismo.

Anexo 5 – Cambio de diseño del programa en las secuencias del magazine

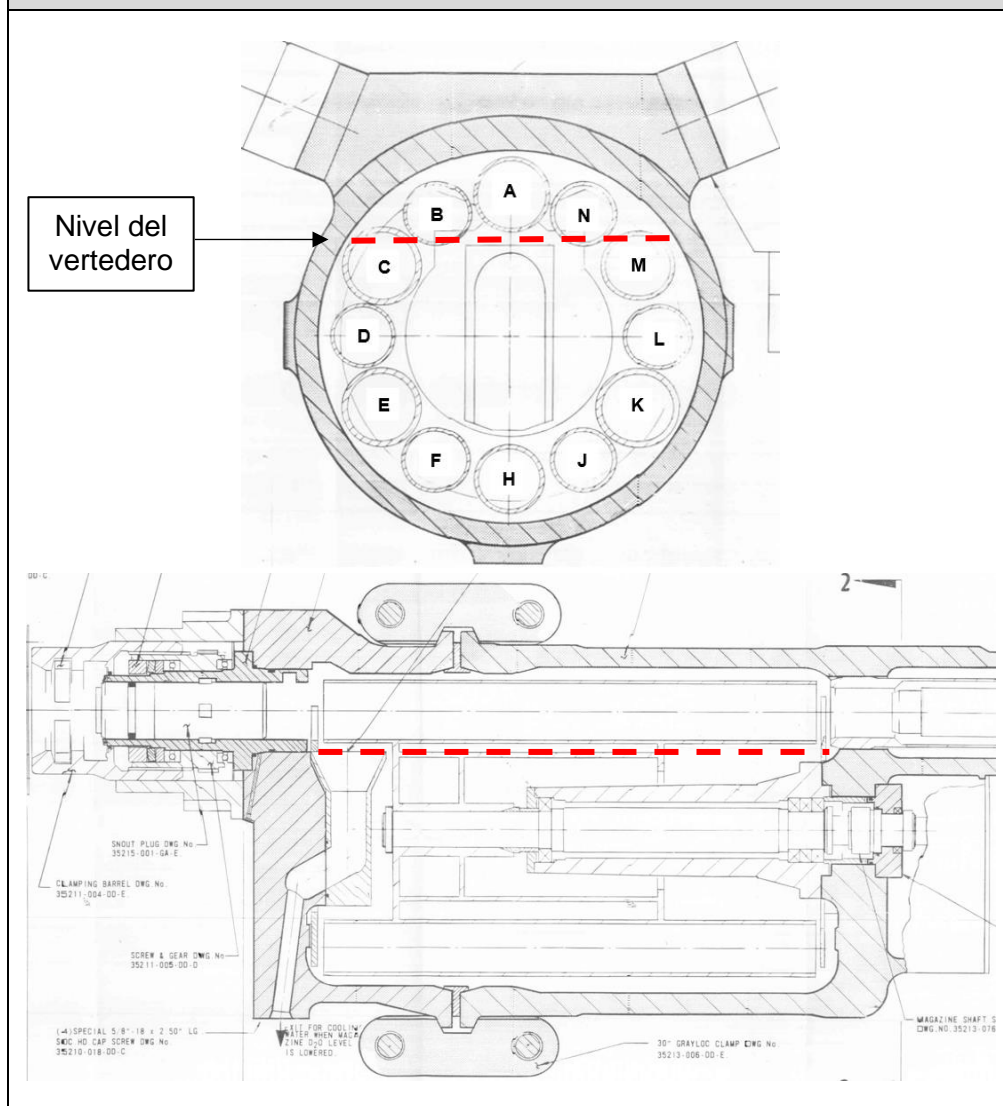
(1/3)

Cambio de diseño del programa en las secuencias del magazine

El magazine tiene 12 estaciones para la carga y la descarga de combustibles. Cada estación contiene los siguientes componentes. Toda la operación de carga de combustibles gastados se hace bajo. Una vez conectado al puerto de combustible gastado el nivel de D₂O baja hasta el nivel de vertedero.

Estación	Componente	Estación	Componente
A	Tapón de trompa	H	Tapón de blindaje
B	Elementos combustibles	J	Adaptador del ariete
C	Tapón de cierre del canal	K	Tapón de cierre del canal - repuesto
D	Elementos combustibles	L	Elementos combustibles
E	Manguito guía	M	Tapón de blindaje - repuesto
F	Elementos combustibles	N	Elementos combustibles

Posición final después del recambio



Anexo 5 – Cambio de diseño del programa en las secuencias del magazine

(2/3)

Al final del recambio, las estaciones B, N, L y D tienen elementos combustibles gastados. Todos están bajo agua ya que el magazine está presurizado.

Se propuso de agregar un cambio en las secuencias para que el tambor, después de la operación de descarga realiza una rotación más para que las 4 estaciones quedan bajo el nivel del vertedero durante el traslado hacia el puerto de combustibles gastados (ver línea roja arriba).

En el diagrama de secuencias <16> se podría agregar la secuencia después de la secuencia **“1 To place the snout plug in the snout test for closure plug leakage unclamp and retract ‘Z’ motion”**.

Esto permitiría en caso de una pérdida de refrigerante que los elementos combustibles están siempre bajo agua.

Análisis Costo Beneficio:

Se detalla abajo el análisis Costo Beneficio de un cambio de diseño en el programa de las secuencias del magazine.

Evaluación del beneficio

El evento podría ser una pérdida de D₂O en el magazine lo cual se puede asimilar a una pérdida de refrigerante. La probabilidad de un tal evento es muy baja

Sin duda, la consecuencia sería alta ya que la parte arriba del magazine se encontraría sin agua con el riesgo que los combustibles gastados en las estaciones B y N se funden.

Grado del beneficio

Probabilidad	Alta			
	Media			
	Baja			Medio
		Baja	Media	Alta
		Consecuencia		

Anexo 5 – Cambio de diseño del programa en las secuencias del magazine

(3/3)

Evaluación del costo:

La implementación de un cambio en el programa tendría un costo muy bajo. Solo se considera la mano de obra para la programación.

Costo Beneficio del cambio de diseño

Costo	Alto			
	Medio			
	Bajo		Priorizar	
		Bajo	Medio	Alto
		Beneficio		

Anexo 6 – Cambio de diseño de la traba de emergencia

(1/3)

Cambio de diseño de la traba de emergencia:

La traba de emergencia, llamada “safety lock”, pertenece al cabezal de la máquina <17>. Es un dispositivo que permite trabar las cremalleras del sistema de las mordazas e impedir un desacoplamiento de la maquina al canal durante la carga y descarga de combustibles.

Cuando se presuriza la cavidad de la boquilla, el safety lock se presuriza y un pistón se engancha mecánicamente a las cremalleras. Esto asegura que, en caso de una perdida de presión en los pistones de las mordazas (ver <4>), la boquilla queda acoplada al canal. El pistón se activa cuando la presión está por encima de 3,45 MPa. A menor presión un resorte retrae el pistón totalmente.

Se propuso un cambio de diseño permitiendo que el safety lock queda acoplado a la cavidad de 0 MPa hasta las presiones de diseño (ver recomendaciones <18>).

Características:

Criticidad	NC
Clase ASME	ASME III, Clase 1

Causa raíz del cambio de diseño:

A pesar que no hubo ningún evento relacionado el cambio de diseño se propuso según el principio de defensa en profundidad en fin de cubrir las totalidades de escenarios posibles. Los dos escenarios contemplados son:

- Durante operación de mantenimiento a presión baja con la maquina acoplada al canal, el safety block puede estar no activado si la presión esta menor a 3,45 Mpa. Si ocurre una falla en el mecanismo de las mordazas la maquina se desacoplaría con el riesgo de tener un canal abierto,
- Durante operación normal con la maquina acoplada al canal. Si una pérdida de refrigerante ocurre la presión caería y el safety block se desengancharía. La máquina quedaría acoplada solo con las mordazas sin seguridad. El canal podría encontrarse abierto si ocurre una pérdida de refrigerante y falla del sistema de las mordazas.

Análisis Costo Beneficio:

Se detalla abajo el análisis Costo Beneficio de un cambio del safety lock.

Evaluación de beneficio

No hubo ningún evento relacionado a los escenarios citados arriba. La probabilidad de un tal evento es considerada como baja ya que las condiciones son muy particulares (condición de mantenimiento) o muy extremas (perdida de refrigerante).

La consecuencia de los escenarios contemplados es alta (canal abierto en el peor de los casos).

Anexo 6 – Cambio de diseño de la traba de emergencia

(2/3)

Con una probabilidad baja y una consecuencia alta, el grado de importancia del beneficio que traería el cambio es considerado como medio.

Grado del beneficio

Probabilidad	Alta			
	Media			
	Baja			Medio
		Baja	Media	Alta
		Consecuencia		

Evaluación del costo:

Un cambio de diseño considerando la nueva reglamentación se desarrolló y se presentó en 2003, ver <19>. Asumiendo que la parte ingeniera está hecha, el costo contemplaría la compra del diseño, del equipo y la mano de obra. Consideraremos el costo como medio.

	Costo (US\$)
Desarrollo – compras – mano de obra	500 000 ≤ ≥ 1 000 000

Conclusión:

La implementación de un nuevo safety lock implicaría un costo relativamente medio (considerando la parte ingeniera hecha) por un riesgo muy bajo de ocurrencia y una consecuencia alta. El cambio de diseño puede ser considerado como “A Evaluar”.

Costo Beneficio del cambio de diseño

Costo	Alto			
	Medio		A Evaluar	
	Bajo			
		Bajo	Medio	Alto
		Beneficio		

Anexo 6 – Cambio de diseño de la traba de emergencia**(3/3)**

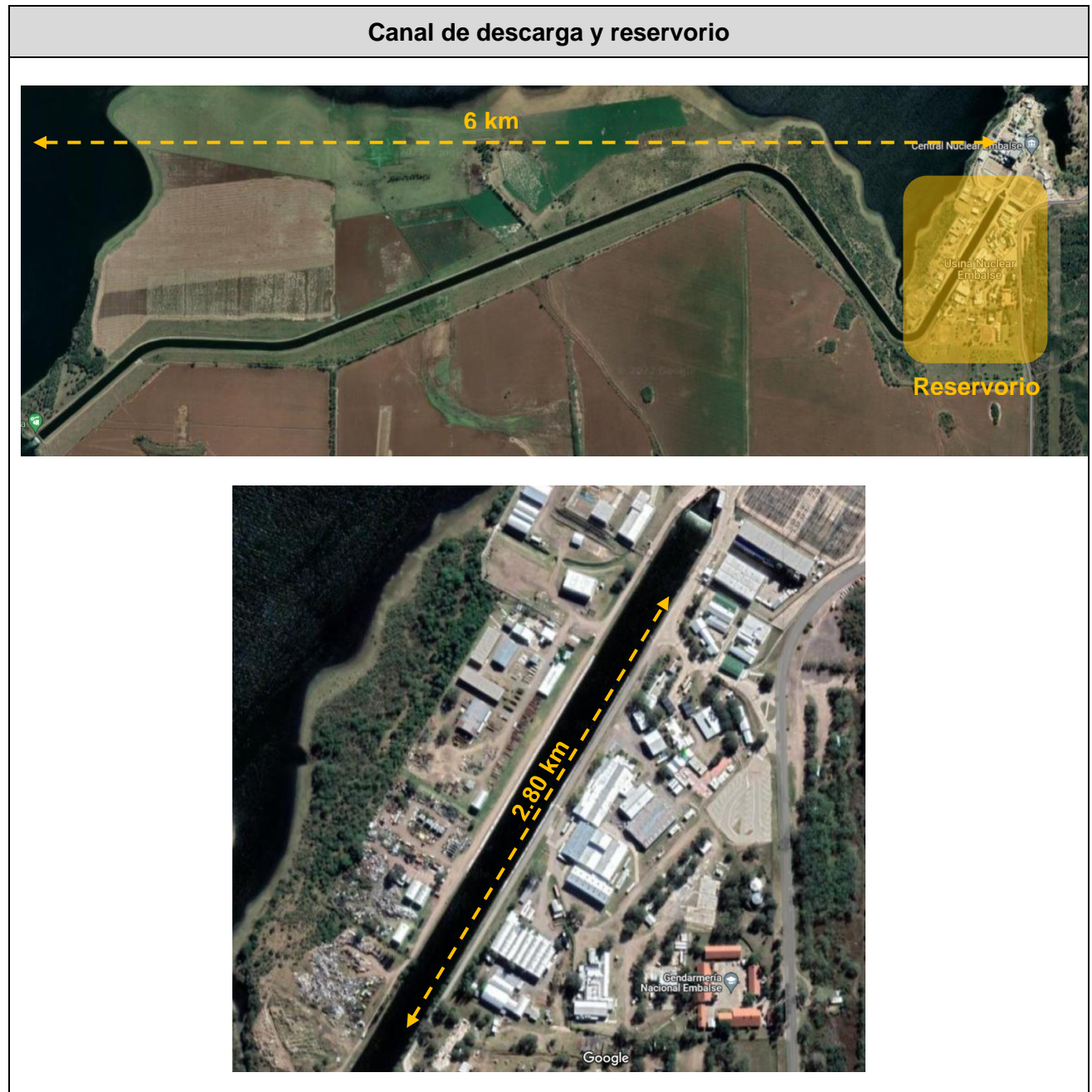
Al respeto de la radioprotección, el cambio, a pesar que el riesgo de ocurrencia es muy bajo, mejora sin duda la seguridad del personal y de la planta. También, al respeto de la reglamentación podría llegar a ser obligatorio en reglamentaciones futuras. Podemos categorizar el cambio en la parte "Priorizar".

Anexo 7 – Cambio de diseño en el canal de descarga

(1/3)

Cambio de diseño en el canal de descarga

El canal de descarga permite enfriar el agua del circuito tercero para no calentar de más el lago. Tiene 6 km de largo y permite aproximadamente enfriar el agua de 6°C. El canal tiene en los primeros 3 km un reservorio de 1,50 m de profundidad.



Cada 2 años, durante las paradas programadas el canal se limpia de las numerosas algas que crezcan de manera incontrolada en el fondo.

En caso de una gran cantidad de algas, el canal podría llegar a rebalsarse en los bordes lo que implicaría una pérdida incontrolada del canal y del reservorio.

Para ahorrar tiempo, reducir el costo y mejorar la limpieza se propone el siguiente cambio.

Anexo 7 – Cambio de diseño en el canal de descarga

(2/3)

Una canal de derivación (bypass) se había construido durante la extensión de vida. Permitía descargar el agua de proceso directamente al lago mientras se hacía el re perfilado del canal.

Hoy en día se tapó, pero la obra civil y las cañerías no se desarmaron. (ver abajo).

Se sugiere rehabilitar el bypass e implementar una compuerta. Permitiría durante las paradas programadas vaciar y secar el canal para operaciones de limpieza de algas y otros residuos. El agua de proceso iría directamente por el bypass al lago abriendo la compuerta.



Causa raíz del cambio de diseño:

Debido a la presencia de algas en el canal, durante cada parada programada se tiene que limpiar y sacar las algas con un bote equipado de cuchillas. La eficiencia del método no es muy buena y costosa.

El cambio se propuso para reducir la proliferación de las algas y limpiar el canal de todos residuos difícil de alcance con el canal lleno.

Análisis Costo Beneficio:

Se detalla el análisis costo beneficio de un tal cambio.

Evaluación de beneficio

El cambio propuesto es una mejora para mejorar la limpieza del canal. No se registró eventos relacionados a un desbordamiento del canal. Consideramos una probabilidad baja.

La consecuencia sería en caso de un desbordamiento una pérdida incontrolada del reservorio. Consideramos la consecuencia como alta.

Anexo 7 – Cambio de diseño en el canal de descarga

(3/3)

Grado del beneficio

Probabilidad	Alta			
	Media			
	Baja			Medio
		Baja	Media	Alta
Consecuencia				

Evaluación del costo:

El costo del cambio contemplaría:

- Compras de equipo (compuerta),
- Obra civil: rehabilitación del bypass de descarga,
- Mano de obra

Se evalúa un costo bajo.

	Costo (US\$)
Compras y mano de obra	≤ 500 000

Costo Beneficio del cambio de diseño

Costo	Alto			
	Medio			
	Bajo			Priorizar
		Bajo	Medio	Alto
Beneficio				

Anexo 8 – Cambio de diseño del carro de la catenaria

(1/2)

Cambio de diseño del carro de la catenaria

El carro de la catenaria permite seguir el movimiento de la MR cuando se desplaza a lo largo de la calandria.

Se sugiere de agregar una lógica de enclavamiento y cambios en los programas en el funcionamiento del carro de la catenaria para evitar un choque entre la MR y el carro.

Causa raíz del cambio de diseño:

El cambio se propuso debido a un evento interno; el carro de la catenaria sobrepasó la posición de la MR la cual se encontraba acoplada en el puerto de combustible quemado.

N° ID	Evento - Causa	Consecuencia
DIP-2000-009 ID-082246 ID-082370	Carro de la catenaria sobrepasó la MR	Daños en la cadena y mangueras de la catenaria

Análisis Costo Beneficio:

Evaluación de beneficio

El evento ocurrió en circunstancias particulares de mantenimiento (estado parado fría) y con los programas de computadora apagados y los chasis sin alimentación. Al reiniciar los sistemas la falla ocurrió. La probabilidad de ocurrencia de un tal evento puede ser considerado como baja.

La consecuencia es sin duda alta, el choque ocasionó varios daños en las mangueras lo cual puede ocasionar reparación por un tiempo largo.

Grado del beneficio

Probabilidad	Alta			
	Media			
	Baja			Medio
		Baja	Media	Alta
Consecuencia				

Evaluación del costo:

El costo del cambio contemplaría el agregado de una lógica de enclavamiento para impedir al carro de la catenaria de sobrepasar el carro de la MR en todas circunstancias: mantenimiento y operación.

- Lógica de enclavamiento,
- Cambios en el programa del carro de la catenaria.

Se evalúa un costo bajo.

Anexo 8 – Cambio de diseño del carro de la catenaria

(2/2)

Costo Beneficio del cambio de diseño

Costo	Alto			
	Medio			
	Bajo		Priorizar	
		Bajo	Medio	Alto
		Beneficio		

Anexo 9 – Cambio de diseño del Tape drive

(1/3)

Cambio de diseño del circuito del Tape drive:

Se propone un cambio de diseño de la cinta metálica (tape drive) debido a muchas fallas recurrentes en distintas centrales.

El tape drive pertenece al conjunto de arietes <20>. Permite medir la posición del RAM C vía un potenciómetro.

Se propone un cambio de diseño general del tape drive y de su mecanismo ya que su concepción original venía con varios defectos. Es una fuente importante de eventos y degradación de potencia en las centrales.

Características:

Criticidad Tape Drive	C2
Clase ASME Tape Drive	ASME III, Clase 1

Causa raíz del cambio de diseño:

Se registraron varios eventos de falla del tape drive en distintas centrales.

N° OPEX	Central	Componente	Evento - Causa	Consecuencia
57575	Pickering	Tape drive – tubo soporte	Fricción de la cinta contra el tubo soporte	Potencia del reactor degradada al 72% - 6,5 días
57215	Pickering	Tape drive	RAM C bloqueado – Tape drive defectuosa	Potencia del reactor degradada al 75% - 9 días
55271	Qinshan	Resorte del tape drive	Imposible de retraer el RAM C – Abrasión del resorte del mecanismo de la cinta metálica	Recarga interrumpida
53715	Pickering	Tape drive	Imposible de tener el RAM C en su “home position” – Tape drive defectuosa	Sin el RAM C en “home position” imposible de cerrar el canal con el Latch RAM
48564	Pickering	Tape drive	Falla de la posición del RAM C – fricción de la cinta y pérdida de tensión	Imposible de recargar – 6 días
48562	Pickering	Tape drive – rodamiento del tape drive	Imposible de tener la posición del RAM C – causa desconocida	Potencia del reactor degradada de 10%
47436	Pickering	Tape drive – sello de labio	Fuga de D2O – Eje gastado en la zona del sello de labio	Degradación de potencia – 2 días
45380	Pickering	Tape drive	La cinta se “dobló” – Imposible de tener la posición del RAM C	Imposible de cargar el canal – Potencia degradada
34607	Pickering	Tape drive	Perdida de tensión de la cinta – imposible de retraer el RAM C	Imposible de cerrar el canal – RAM C bloqueado
33401	Pickering	Tape drive - resorte	Home posición del RAM C imposible - Perdida de tensión del resorte	No consecuencia – Falla durante parada programada

En Embalse se registraron varios eventos:

- ID N° 80921 / 77516 / 77066 / 76882 / 76810 / 74710 / 67827 / 63532 / 63416 / 09702

Anexo 9 – Cambio de diseño del Tape drive

(2/3)

Las principales causas fueron:

- Falla del conjunto Tape Drive debido al no libre movimiento del mecanismo
- Falla del resorte espiralado.
- Malas condiciones de los rodamientos
- Rayaduras en las tapas y alojamientos de los resortes espiralados.

Las fallas son múltiples y pueden ocasionar degradaciones importantes: potencia del reactor, arietes B, Latch y C y contaminación por tritio (fuga de los sellos).

Análisis Costo Beneficio:

Se detalla abajo el análisis Costo Beneficio de un cambio de diseño del tape drive.

Evaluación de beneficio

Muchos eventos ocurrieron en distintas centrales, se registró más de 5 eventos en los 5 últimos años y más de 10 eventos en 20 años. En Embalse se registró más 10 eventos en los últimos 30 años. La probabilidad de ocurrencia es considerada como alta.

El tape drive es de Clase 1 y de criticidad C2. Una falla de la cinta medidora impide el movimiento del RAM C y de los otros RAM. En el peor escenario el RAM C se puede trabar mientras que la maquina esta acoplada al reactor. Toda carga o descarga de combustible resulta imposible con una degradación de potencia del reactor.

De hecho, la consecuencia de la falla es alta.

Con una probabilidad alta y una consecuencia alta, el beneficio de un cambio de diseño del tape drive es alto.

Grado del beneficio

Probabilidad	Alta			Alto
	Media			
	Baja			
		Baja	Media	Alta
		Consecuencia		

Anexo 9 – Cambio de diseño del Tape drive

(3/3)

Evaluación del costo:

A fin de desarrollar una solución viable, se requiere una implicación fuerte de la parte ingeniera para desarrollar documentación y análisis. Una calificación ASME Clase 1 de la nueva concepción seria requerida. Por fin, contemplado la parte ingeniera, compras de equipos nuevos y mano de obra el costo esta evaluado como alto.

	Costo (US\$)
Desarrollo – compras – mano de obra	≥ 1 000 000

Desarrollar una mejora del Tape drive tendría un beneficio alto debido a las muchas fallas que ocurrieron. Sin embargo, eso implicaría un costo alto de inversión ya que hoy en día no existe una solución viable conocida.

Costo Beneficio del cambio de diseño

Costo	Alto			A Evaluar
	Medio			
	Bajo			
		Bajo	Medio	Alto
		Beneficio		

Al respeto de la radioprotección, el Tape drive tiene D₂O ya que cuando la maquina esta acoplada pertenece al primerio sistema de refrigeración. A cada falla, se requiere operación de descontaminación para que el operador pueda intervenir. Una mejora de diseño permitiría reducir el número de falla y una reducción de dosis al personal.

El cambio de diseño se clasifica como “A Priorizar”.

Anexo 10 – Cambio de diseño de las bombas AJAX

(1/3)

Cambio de diseño de las bombas AJAX

Las dos bombas AJAX (35260-P1 y P2) pertenecen al sistema de suministro de D₂O <5>. Proveen D₂O a la presión y caudal requeridos al sistema de control de las válvulas <3>.

Las bombas son de tipo bomba de pistón y tienen un rango de presión y caudal variables según los diferentes modos operativos.

Modo operativo	Presión (psig)
Estacionada	1200
Alta presión	2200

Se propone un cambio de diseño de las bombas de pistón por bombas centrifugas o por un modelo más moderno que las existentes.

Características:

Criticidad	NC
Clase ASME	ASME, Clase 3

Causa raíz del cambio de diseño:

Las dos causas principales del cambio son:

- Obsolescencia del equipo,

A pesar que se pudo conseguir repuestos por otro fabricante (ver <21>) el proveedor original AJAX no existe más y de hecho el modelo de bomba es obsoleto,

- Evento en la central de Embalse (evento interno).

N° ID interna	Central	Componente	Evento - Causa	Consecuencia
88269	Embalse	Bomba AJAX	Rotura de uno de los bulones de anclaje del pie de biela Daños en la tapa guía removible y parte del block de la base de la bomba.	Degradación de la potencia en el reactor en forma escalonada.

Una bomba centrifuga permitiría mejor flexibilidad del sistema de suministro debido a los varios cambios de presión y caudal requeridos en operación.

Análisis Costo Beneficio:

Se detalla abajo el análisis Costo Beneficio de un cambio de diseño de las bombas AJAX.

Evaluación del beneficio

A pesar que se consiguió repuestos por otro proveedor la probabilidad por obsolescencia de las bombas es alta. La probabilidad de ocurrencia de un evento parecido a lo que ocurrió en Embalse es bajo, pero la falla se consideró como una falla de diseño y podría llegar a pasar.

Anexo 10 – Cambio de diseño de las bombas AJAX

(2/3)

Consideramos una probabilidad global media.

Una falla de la bomba del sistema de suministro (criticidad C2) implicaría una degradación de potencia del reactor prolongada y contaminación por tritio en el recinto R-012. La consecuencia es alta.

		Grado del beneficio		
		Alta	Media	Baja
Probabilidad	Alta			
	Media			Alto
	Baja			
		Baja	Media	Alta
		Consecuencia		

Evaluación del costo:

La implementación de un cambio de las bombas del sistema de suministro implicaría:

- Parte ingeniería: desarrollo planos y análisis, (el principio de un desarrollo se inició, ver <22> y <23>),
- Calificación de un equipo ASME Clase 3,
- Compra de equipos (2 bombas y eventualmente una de repuesta),
- Mano de obra.

Sin duda el costo de implementación es alto.

	Costo (US\$)
Desarrollo – compras – mano de obra	≥ 1 000 000

Costo Beneficio del cambio de diseño

		Beneficio		
		Bajo	Medio	Alto
Costo	Alto			A Evaluar
	Medio			
	Bajo			
		Bajo	Medio	Alto
		Beneficio		

Anexo 10 – Cambio de diseño de las bombas AJAX

(3/3)

Al respeto de la radioprotección, podemos categorizar el cambio como “Priorizar” ya que una fuga o falla ocasionaría contaminación por tritio al personal.

Estado en otras centrales

El estado abajo de las bombas AJAX en las otras centrales (ver <9>).

Centrales	Componentes	Proveedor	Tipo de Bomba	Estado
Point Lepreau	0781-3526-P-1 0781-3526-P-2	CAMERON COMPRESSION SYSTEMS Energy Steel and Supply Co*	Pistón	No Obsoleto
Wolsong	10205632 10205633	CAMERON COMPRESSION SYSTEMS	Pistón	Desconocido
CNE Cernavodă	2-3526-P02 2-3526-P01 1-3526-P02 1-3526-P01	FLOWSERVE IDP	Pistón	Incompleto
TQNPC	2-3526-P2 2-3526-P1 1-3526-P2 1-3526-P1	FLOWSERVE IDP	Pistón	Incompleto

* Repuestos – mismo proveedor que en Embalse.

Point Lepreau consiguió también repuestos, pero por ahora ningunas centrales han cambiado el diseño original por una bomba centrífuga o por un modelo mejorado.

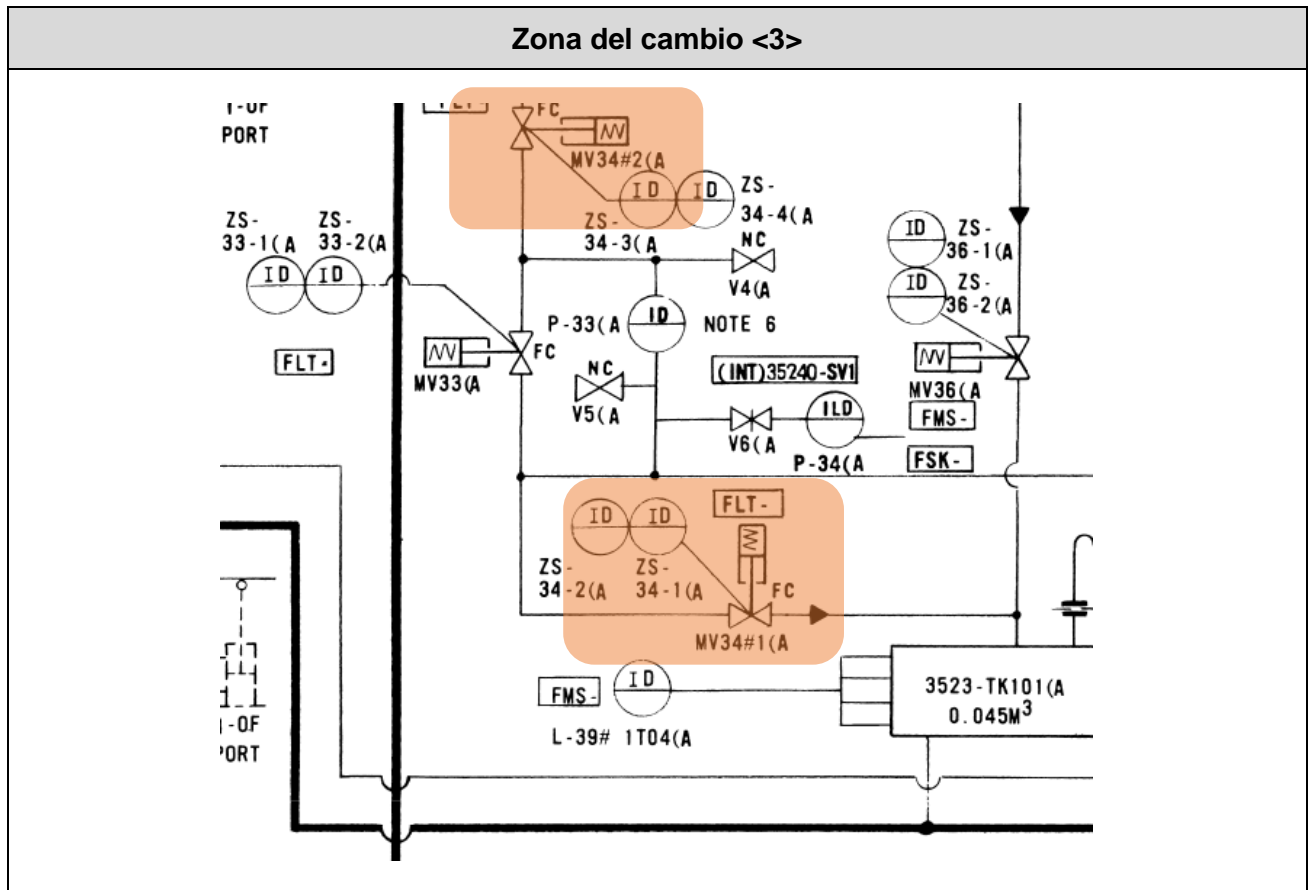
Anexo 11 – Cambio de diseño de la válvula MV-34

(1/3)

Cambio de diseño de la válvula MV-34:

Las válvulas MV-34 pertenecen al Sistema de control de D₂O de la máquina de recambio <3>. Detectan fugas y permiten la recolección de D₂O cuando se ventea la cavidad de la boquilla.

Se propone de agregar una de lógica de enclavamiento a las válvulas MV-34#1 y #2 para asegurarse que las válvulas quedan cerradas cuando se llena el magazine o pruebas rutinarias.



Características:

Criticidad MV34	Nulo
Clase ASME MV34	ASME III, Clase 1

Causa raíz del cambio de diseño:

El cambio se propuso debido a dos eventos internos.

Evento interno	Componente	Evento - Causa	Consecuencia
2022-043	MV-34#2	Válvula MV-34#2 abierta y no detectada	Derrame de agua pesada 15 litros
2022-095	MV-34#1	Válvula MV-34#1 abierta durante prueba sin aviso	Derrame de agua pesada 35 litros

Anexo 11 – Cambio de diseño de la válvula MV-34

(2/3)

Análisis Costo Beneficio

Se detalla abajo el análisis Costo Beneficio de un cambio de diseño de la válvula MV34.

Evaluación del beneficio

La válvula está en posición falla cerrada, lo cual reduce el riesgo de tener la válvula abierta en operación salvo si ocurrió un error humano. Se registró dos eventos registrados con lo cual podemos considerar un riesgo bajo de ocurrencia.

Si la válvula se encuentra abierta cuando se está llenando el magazine o pruebas rutinarias el tanque de recolección TK-101 se llenaría más rápido y podría desbordarse. La consecuencia sería una contaminación por agua pesada en el recinto hasta el cierre de la válvula. La válvula es de criticidad Nulo, no ocasionaría ninguna consecuencia grave ni por el reactor ni por los sistemas de seguridad.

La consecuencia es considerada como baja.

		Grado del beneficio		
		Alta	Media	Baja
Probabilidad	Alta			
	Media			
	Baja	Bajo		
		Baja	Media	Alta
		Consecuencia		

Evaluación del costo:

La implementación de una lógica de enclavamiento para la válvula necesitaría la compra del equipo y la mano de obra. Debido al cambio relativamente chico el costo es considerado como bajo.

	Costo (US\$)
Desarrollo – compras – mano de obra	≤ 500 000

El cambio de diseño puede ser considerado como “A Evaluar” teniendo en cuenta su costo y beneficio bajo.

Anexo 11 – Cambio de diseño de la válvula MV-34

(3/3)

Costo Beneficio del cambio de diseño

Costo	Alto			
	Medio			
	Bajo	A Evaluar		
		Bajo	Medio	Alto
		Beneficio		

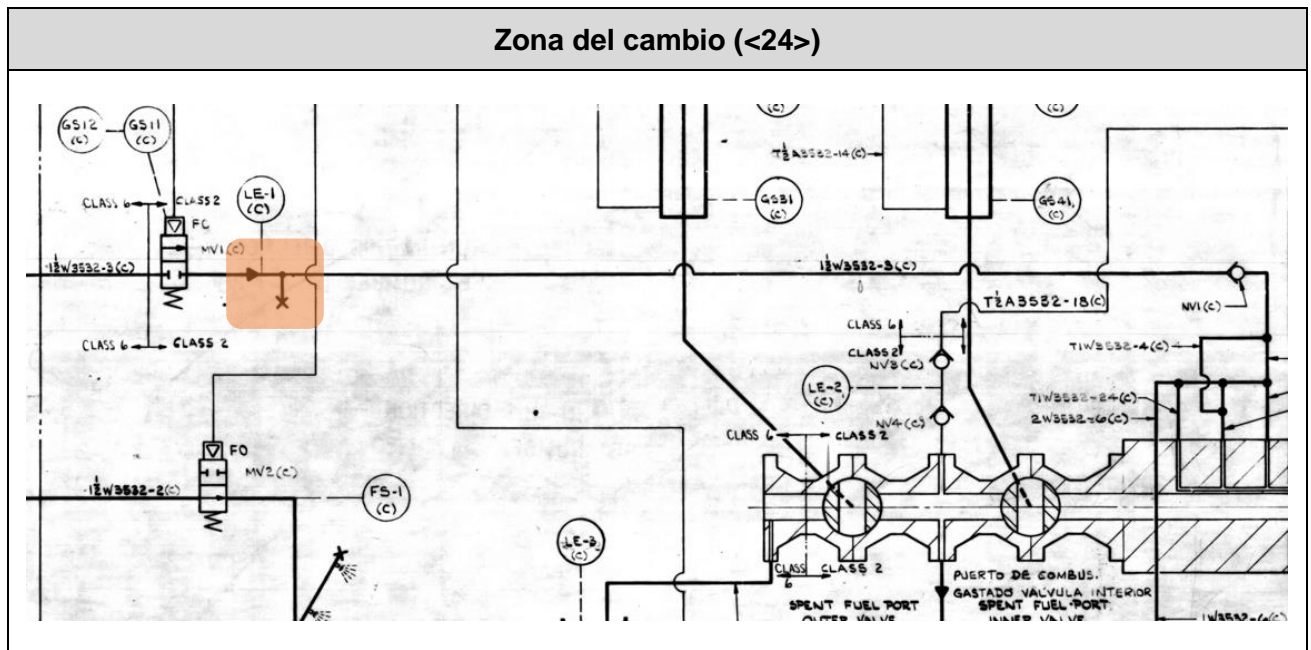
Al respecto de la radioprotección, el cambio permitiría destacar la posibilidad de error humano y una contaminación por agua pesada si llega al caso de desbordamiento del tanque. Podemos categorizar el cambio en la parte "Priorizar".

Anexo 12 – Cambio de diseño del tapón de drenaje

(1/2)

Cambio de diseño del tapón de drenaje

En la parte puerto de combustible gastado, lado de la piletta de descarga R-001 el combustible gastado pasa por dos válvulas de bolas hasta las cucharas de elevación, ver <24>. En caso que un combustible se encuentra trabado en el puerto, se cierra el puerto y se llena de agua con el sistema de refrigeración de emergencia. Se hace pruebas rutinarias del sistema y el drenaje se realiza gracias al tapón de drenaje (ver abajo).



Entre el tramo MV1 y NV1 en caso de necesidad de drenaje se propone de agregar una válvula en reemplazo del tapón de drenaje de la bujía LE-1. La válvula sería conectada directamente con una manguera a la piletta. Esto permitiría mejorar la seguridad del personal en caso de drenaje y por comodidad de acceso.

Características:

Criticidad	Nulo
Clase ASME	ASME, Clase 2

Causa raíz del cambio de diseño:

No hubo eventos relevantes al respecto, el cambio se propuso con fines de mejora y reducción de dosis al personal.

Análisis Costo Beneficio:

Evaluación del beneficio

La probabilidad de un evento como una contaminación del personal puede ser considerada como media. Las pruebas son rutinarias y el drenaje se realiza manualmente. Una leve contaminación puede ocurrir ya que el tapón de drenaje se encuentra difícil de acceso para el operador.

Anexo 12 – Cambio de diseño del tapón de drenaje

(2/2)

La consecuencia sería una contaminación leve del personal. La consideramos como baja.

Grado del beneficio

Probabilidad	Alta			
	Media	Bajo		
	Baja			
		Baja	Media	Alta
		Consecuencia		

Evaluación del costo:

El costo del cambio contemplaría:

- Compras de equipo: válvula y manguera para la descarga,
- Mano de obra.

El costo de implementación sería muy bajo.

	Costo (US\$)
Compras y mano de obra	≤ 500 000

Costo Beneficio del cambio de diseño

Costo	Alto			
	Medio			
	Bajo	A Evaluar		
		Bajo	Medio	Alto
		Beneficio		

Un tal cambio trae beneficio al respeto de la reducción de dosis al personal como dicho previamente. Clasificaremos este cambio de diseño como "A priorizar".

Anexo 13 – Cambio de diseño de las mangueras

(1/2)

Cambio de diseño de las catenarias

Las tres mangueras metálicas (ver <25>, <26>) del sistema de control de D₂O <3> alimentan en agua pesada el magazine de la maquina a la estación de válvula (R-013/R-014).

- Manguera de alimentación del magazine,
- Manguera de retorno del magazine,
- Manguera de verificación de flujo.

Se propone de reemplazar las mangueras metálicas con mangueras elastómeras del sistema de catenarias.

Características:

Criticidad	C2
Clase ASME	ASME, Clase 2
Presión de operación (kg.cm⁻²)	115

Causa raíz del cambio de diseño:

Debido a la supresión del proceso de vapor del intercambiador HX1, el requisito de manguera metálica para aguantar altas temperaturas no es más vigente. De hecho, mangueras elastómeras serían suficientes.

Análisis Costo Beneficio:

Se detalla el análisis costo beneficio de un tal cambio.

Evaluación de beneficio

El cambio propuesto es una mejora para no tener equipos sobrecalificados sin necesidades. En ese caso no se contempla eventos especificados. Consideramos una probabilidad baja.

De la misma manera, la consecuencia es baja ya que las mangueras metálicas no venían con defectos iniciales o eventos relevantes para hacer un tal cambio. Como dicho previamente es una mejora de equipo. El cambio no reduce ni la probabilidad de ocurrencia de una rotura de manguera (por ejemplo) ni disminuye su consecuencia.

		Grado del beneficio		
Probabilidad	Alta			
	Media			
	Baja	Bajo		
		Baja	Media	Alta
		Consecuencia		

Anexo 13 – Cambio de diseño de las mangueras

(2/2)

Evaluación del costo:

El costo del cambio contemplaría:

- Compras de mangueras nuevas:

Descripción	Cantidad Requerida
Hose, D 3/4", L 480"	12
Hose, D 3/4", L 248"	3
Hose, D 3/4", L 312"	3
Longitud total (metros)	≈ 200

Las mangueras nuevas y sus conexiones deberían ser clasificadas ASME III, Clase 2. Para más información sobre las mangueras elastómeras ver Thorburn Nuclear Catalogue <27>.

- Mano de obra.

Las mangueras se gastan y se tienen que cambiar cada 5 años (ver para más información <28>).

Se evalúa un costo bajo.

	Costo (US\$)
Compras y mano de obra	≤ 500 000

Costo Beneficio del cambio de diseño

Costo	Alto			
	Medio			
	Bajo	A Evaluar		
		Bajo	Medio	Alto
		Beneficio		

Un tal cambio no trae beneficio al respecto de la reducción de dosis al personal. Clasificaremos este cambio de diseño como "No Urgente".

Anexo 14 – Cambios de diseño no aplicables

(1/2)

Se presenta abajo los cambios de diseño no aplicables para la Central Nuclear de Embalse pero que podrían ser relevantes para una nueva central.

N°	BSI	Sistema	Cambio
1	35300	Sistema de almacenamiento y transferencia de combustible gastado	Adición de bomba a la campana de desgasificación para extraer gases combustibles defectuosos
<p>Observación:</p> <p>Para mejorar el funcionamiento de la campana extractora de gases del carrusel de combustible defectuoso, se agrega una bomba de vacío a la salida del carrusel de combustible defectuoso. Para facilitar este cambio, se agregará un suministro de gas portador al perímetro de la base de la campana para transportar cualquier burbuja de gas que emane de los paquetes de combustible defectuosos hacia la columna de escape de la campana.</p> <p>En la Central Nuclear de Embalse, nunca se usó el carrusel, no sería relevante de implementar un tal cambio de diseño.</p>			
2	35300	Sistema de almacenamiento y transferencia de combustible gastado	Las dos paredes interiores que separan la pileta de recepción de combustible gastado y la pileta de combustible defectuoso se eliminaron para formar una gran pileta
<p>Observación:</p> <p>Las dos paredes interiores que separan la pileta de recepción de combustible gastado y la pileta de combustible defectuoso se eliminaron para formar una gran pileta. Además, se elevó el piso de la pileta de combustible gastado para estar a la misma altura que el piso de la pileta de recepción.</p> <p>La obra civil sería muy grande para implementar este cambio en la Central Nuclear de Embalse. Sin embargo, podría ser relevante para una nueva central.</p>			
3	35300	Sistema de almacenamiento y transferencia de combustible gastado	Almacenamiento de combustible gastado: nuevas bandejas de almacenamiento
<p>Observación:</p> <p>Cambio del actual sistema de bandeja de almacenamiento de combustible gastado donde los elementos combustibles se almacenan sueltos en un plano horizontal a un sistema de canasto de almacenamiento con un almacenamiento vertical más compacto y eficiente.</p> <p>Permite:</p> <ul style="list-style-type: none"> - mejorar la utilización del espacio en la pileta de almacenamiento de combustible gastado, - Proporcione una capacidad sísmica mejorada, - Reducir la manipulación manual del combustible gastado. <p>Este cambio no es adecuado para la Embalse con la cantidad de bandejas a reemplazar el costo sería muy alto.</p>			

Anexo 14 – Cambios de diseño no aplicables

(2/2)

N°	BSI	Sistema	Cambio
4	35300	Sistema de almacenamiento y transferencia de combustible gastado	Agregar una tabla de transición a la interfaz entre la pileta de recepción y pileta de combustibles gastados.
<p>Observación:</p> <p>El cambio n°3 puede introducir problemas de manejo imprevistos cuando se transfiere el combustible defectuoso de la pileta de combustible defectuoso a la pileta de almacenamiento. Un tal cambio incluye también la modificación de las herramientas de manejo de combustible defectuosos.</p> <p>Ídem que para el cambio n°3, no adecuado para la Central Nuclear de Embalse.</p>			
5	35XXX	Sistema de refrigeración de emergencia (nueva BSI)	Sistema de refrigeración de emergencia de la MR
<p>Observación:</p> <p>Sistema de refrigeración de emergencia de la MR es un sistema de apoyo al sistema de suministro de D₂O. Este sistema de refrigeración de emergencia funciona para tener a disposición una fuente de agua desmineralizada para enfriar el combustible gastado cuando está en el magazine de la MR. Este sistema es capaz de suministrar agua a una o ambas MR mientras están en tránsito o acopladas en los puertos de combustible gastado.</p> <p>El sistema de refrigeración de emergencia permite:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Enfriar el combustible durante la transferencia a la pileta de almacenamiento, - Enfriar cualquier de las dos MR con combustibles gastados en el magazine para todas las condiciones de operación previstas y debe ser capaz de funcionar en condiciones donde el sistema de suministro de D₂O no está disponible debido a una condición de accidente. <p>El cambio propuesto mejora la seguridad de la MR, pero sería un cambio muy costoso para la Central Nuclear de Embalse. Destacamos que en ninguna central CANDU se ha hecho un tal cambio.</p>			