

***“DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE
GESTIÓN DE ENVEJECIMIENTO (PGE) DE LA
CONTENCIÓN DE LA CENTRAL NUCLEAR
ATUCHA I – SISTEMAS XA / XC / XD”***

***CARRERA: ESPECIALIZACIÓN EN REACTORES NUCLEARES
Y SU CICLO DE COMBUSTIBLE***

Alumno: Ing. Collado, Claudio Javier

Director: Ing. Marchena, Martin

Co-director: Ing. Yllañez, Daniela

Marzo 2017



UNSAM
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
SAN MARTÍN

RESUMEN	6
CAPITULO I.....	7
1.1 Introducción.....	7
1.2 Antecedentes	7
1.3 Edad de las Centrales Nucleares en Operación – Situación Mundial y en Argentina	8
1.4 Gestión de Vida en Centrales Nucleares para operaciones seguras a Largo Plazo (PLiM – LTO)	9
1.4.1 Vida de diseño y vida licenciada de una Central Nuclear.....	9
1.4.1.1 Situación Central Nuclear Atucha I.....	10
1.5 Cambios dependientes del Tiempo - Envejecimiento de Centrales Nucleares.....	10
1.5.1 Gestión del Envejecimiento	11
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS – CAPITULO I	13
CAPITULO II.....	14
2.1 Central Nuclear Atucha I.....	14
2.1.1 Sistemas de Seguridad	14
2.1.2 Contención – Función y Composición	15
2.1.2.1 Clasificación de Seguridad.....	17
2.2 Sistemas incluidos dentro del Programa de Gestión de Envejecimiento (PGE)	17
2.2.1 Sistema XA - Envoltura de Acero (Esfera de Contención)	18
2.2.1.1 Parámetros operativos y condiciones ambientales	22
2.2.2 Sistema XC – Esclusa para Personas.....	24
2.2.2.1 Parámetros operativos y condiciones ambientales	29
2.2.3 Sistema XD – Esclusa para emergencias.....	29
2.2.3.1 Parámetros operativos y condiciones ambientales	33
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS – CAPITULO II	34
CAPITULO III.....	35
3.1. Programa Integral de Gestión de Envejecimiento (PIGE) – Atucha I	35
3.2 Desarrollo e implementación de los Programas de Gestión de Envejecimiento (PGE) específicos – Sistemas XA/XC/XD.....	35
3.2.1 Alcance.....	36
3.2.1.1 Información utilizada en los PGE – Sistemas XA/XC/XD.....	36
3.2.2 Acciones preventivas y mitigatorias.....	36
3.2.2.1 Información utilizada en los PGE– Sistemas XA/XC/XD.....	36
3.2.3 Detección de Mecanismos de Degradación relacionados con el Envejecimiento (MDRE)	37
3.2.3.1 Información utilizada en los PGE– Sistemas XA/XC/XD.....	37
3.2.4 Monitoreo y análisis de tendencias	37
3.2.4.1 Información utilizada en los PGE– Sistemas XA/XC/XD.....	38
3.2.5 Criterios de Aceptación.....	38



3.2.5.1 Información utilizada en los PGE– Sistemas XA/XC/XD.....	38
3.2.6 Acciones Correctivas	38
3.2.6.1 Información utilizada en los PGE– Sistemas XA/XC/XD.....	38
3.2.7 Confirmación y evaluación.....	38
3.3.7.1 Información utilizada en los PGE– Sistemas XA/XC/XD.....	39
3.2.8 Controles administrativos	39
3.2.9 Experiencia Operativa	39
3.3.9.1 Información utilizada en los PGE– Sistemas XA/XC/XD.....	39
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS – CAPITULO III	40
CAPITULO IV	41
4.1 Programa de Gestión de Envejecimiento - Contención de acero (XA)	41
4.1.1 Objetivo.....	41
4.1.2 Alcance.....	41
4.1.3 Abreviaturas y definiciones.....	41
4.1.3.1 Abreviaturas	41
4.1.3.2 Definiciones.....	41
4.1.4 Referencias.....	41
4.1.4.1 Antecedentes	41
4.1.4.2 Documentación aplicable.....	41
4.1.4.3 Referencias bibliográficas	42
4.1.4.4 Documentación afectada	42
4.1.5 Responsabilidades	42
4.1.6 Desarrollo.....	43
4.1.6.1 Alcance	43
4.6.1.1.1 Descripción.....	43
4.6.1.1.2 Mecanismos de degradación	45
4.1.6.2 Acciones preventivas y mitigatorias.....	45
4.1.6.3 Detección de MDRE.....	45
4.1.6.3.1 Mecanismos de degradación y efectos.....	45
4.1.6.3.2 Técnicas de inspección y detección	47
4.1.6.4 Monitoreo y análisis de tendencias	49
4.1.6.5 Criterio de aceptación	49
4.1.6.6 Acciones correctivas.....	50
4.1.6.7 Confirmación y evaluación	51
4.1.6.7.1 Indicadores.....	51
4.1.6.8 Controles administrativos	51
4.1.6.9 Experiencia operativa.....	52



4.1.6.10 Obsolescencia	52
4.1.7. Registros	52
4.1.8. ANEXOS	52
CAPITULO V	53
5.1 Programa de Gestión de Envejecimiento – Esclusa de Personal (XC).....	53
5.1.1 Objetivo.....	53
5.1.2 Alcance.....	53
5.1.3. Abreviaturas y definiciones.....	53
5.1.3.1 Abreviaturas	53
5.1.3.2 Definiciones.....	53
5.1.4. Referencias.....	53
5.1.4.1 Antecedentes	53
5.1.4.2 Documentación aplicable.....	54
5.1.4.3 Referencias bibliográficas	54
5.1.4.4 Documentación afectada	54
5.1.5. Responsabilidades	54
5.1.6. Desarrollo.....	55
5.1.6.1 Alcance	55
5.1.6.1.1 Mecanismos de degradación	58
5.1.6.2 Acciones preventivas y mitigatorias.....	58
5.1.6.3 Detección de MDRE.....	59
5.1.6.3.1 Mecanismos de degradación y efectos.....	59
5.1.6.3.2 Técnicas de inspección y detección	63
5.1.6.4 Monitoreo y análisis de tendencia	65
5.1.6.5 Criterio de Aceptación.....	65
5.1.6.6 Acciones Correctivas	66
5.1.6.7 Confirmación y Evaluación	66
5.1.6.7.1 Indicadores.....	67
5.1.6.8 Controles Administrativos	67
5.1.6.9 Experiencia Operativa	68
5.1.6.10 Obsolescencia	68
5.1.7. Registros	69
5.1.8. ANEXOS	69
5.1.8.1 Anexo A - Lista de componentes del circuito hidráulico de la esclusa	69
CAPITULO VI	72
6.1 Programa de Gestión de Envejecimiento – Esclusa de Emergencia (XD)	72
6.1.1 Objetivo.....	72



6.1.2 Alcance.....	72
6.1.3. Abreviaturas y definiciones.....	72
6.1.3.1 Abreviaturas	72
6.1.3.2 Definiciones.....	72
6.1.4. Referencias.....	72
6.1.4.1 Antecedentes	72
6.1.4.2 Documentación aplicable.....	73
6.1.4.3 Referencias Bibliográficas	73
6.1.4.4 Documentación afectada	73
6.1.5. Responsabilidades	73
6.1.6. Desarrollo.....	74
6.1.6.1 Alcance	74
6.1.6.1.1 Mecanismos de degradación	75
6.1.6.2 Acciones preventivas y mitigatorias.....	76
6.1.6.3 Detección de MDRE.....	76
6.1.6.3.1 Mecanismos de degradación y efectos.....	76
6.1.6.3.2 Técnicas de inspección y detección	79
6.1.6.4 Monitoreo de análisis y tendencias	81
6.1.6.5 Criterio de aceptación	81
6.1.6.6 Acciones correctivas.....	81
6.1.6.7 Confirmación y evaluación	81
6.1.6.7.1 Indicadores.....	82
6.1.6.8 Controles administrativos	82
6.1.6.9 Experiencia operativa.....	83
6.1.6.10 Obsolescencia	83
6.1.7. Registros	83
6.1.8. Anexos.....	83
CONCLUSIONES.....	84
GLOSARIO	86



RESUMEN

En el contexto de los actuales requerimientos regulatorios en Argentina el manual de gestión de envejecimiento forma parte de la documentación que constituye la base de licenciamiento y sus procedimientos y programas derivados, los Programas de Gestión de Envejecimiento (PGE), son parte de las prácticas requeridas por el regulador. Por otra parte, en caso particular de la CNAI, el desarrollo e implementación de los PGE forma parte de los requisitos necesarios para una potencial extensión de vida de la central.

El objetivo principal de un Programa Integrado de Gestión de Envejecimiento (PIGE), es proveer las bases para la detección temprana y la adecuada mitigación de los efectos del envejecimiento en las estructuras, sistemas y componentes de la planta (ESC), que son importantes para la seguridad, para así asegurar su integridad y capacidad funcional y contribuir a la operación segura y confiable de la planta

Los PGE están orientados a componentes o grupos de componentes importantes para la seguridad, en particular se suele realizar para componentes pasivos ya que estos se caracterizan por no cambiar su configuración para cumplir su función. Esto hace más difícil la detección de los efectos de degradación que podrían afectar su desempeño, debido a que son componentes que usualmente no están sometidos a otro tipo de controles, como por ejemplo pruebas repetitivas. Los PGE deben identificar las acciones efectivas y prácticas que puedan proveer una detección temprana y mitigación de los efectos del envejecimiento, e indicadores de la efectividad del programa. El desarrollo de los PGE específicos se realiza con un enfoque ingenieril, teniendo en cuenta las bases de diseño y los requerimiento regulatorios aplicables, requerimientos de calificación ambiental, obsolescencia, posibles fallas de causa común, información de los materiales, condiciones de servicio, potenciadores, sitios susceptibles de degradación, mecanismos de envejecimiento y sus efectos sobre las estructuras y componentes, indicadores de degradación y modelos cuantitativos o cualitativos de los fenómenos de degradación. Para la elaboración de los PGE se debe recurrir tanto a la documentación y experiencia de planta, como a la bibliografía internacional basada en la experiencia operativa de diversas centrales nucleares.

Dentro de este contexto se realiza la redacción de un modelo de PGE para los sistemas XA/XC/XD de implementación en la CNAI en función de la información recopilada y siguiendo los procedimientos de planta, los cuales se basan en la normativa internacional de referencia.



CAPITULO I

1.1 Introducción

El objetivo principal de un Programa Integrado de Gestión de Envejecimiento (PIGE), es proveer las bases para la detección temprana y la adecuada mitigación de los efectos del envejecimiento en las Estructuras, Sistemas y Componentes de la planta (ESC), que son importantes para la seguridad para así asegurar su integridad y capacidad funcional y contribuir a la operación segura y confiable de la planta ^{[1][2]}

La implementación de un PIGE involucra una serie de tareas y actividades, tanto de ejecución como de planificación: Definición del alcance y agrupación de los componentes que se consideran importantes para la seguridad e identificación de los PGE que formarán parte. Los PGE están orientados a componentes (o grupos de componentes) importantes para la seguridad, en particular se suele realizar para componentes pasivos ya que estos se caracterizan por no cambiar su configuración para cumplir su función. Esto hace más difícil la detección de los efectos de degradación que podrían afectar su desempeño, debido a que son componentes que usualmente no están sometidos a otro tipo de controles, como por ejemplo pruebas repetitivas. Los PGE deben identificar las acciones efectivas y prácticas que puedan proveer una detección temprana y mitigación de los efectos del envejecimiento, e indicadores de la efectividad del programa.

El desarrollo de los PGE específicos se realiza con un enfoque ingenieril, teniendo en cuenta las bases de diseño y los requerimientos regulatorios aplicables, requerimientos de calificación ambiental, obsolescencia, posibles fallas de causa común, información de los materiales, condiciones de servicio, potenciadores, sitios susceptibles de degradación, mecanismos de envejecimiento y sus efectos sobre las estructuras y componentes, indicadores de degradación y modelos cuantitativos o cualitativos de los fenómenos de degradación.

Para la elaboración de PGE se debe recurrir tanto a la documentación y experiencia de planta, como a la bibliografía internacional basada en la experiencia operativa de diversas centrales nucleares.

1.2 Antecedentes

Para ayudar a los Estados Miembros a comprender el envejecimiento en las ESC importantes para la seguridad y la gestión eficaz del envejecimiento de estos, IAEA inició en 1989 un proyecto sobre aspectos de seguridad del envejecimiento de las centrales nucleares dando como resultado la generación de los documentos Technical Report Series N° 338 / Technical Report Series N° 448 / Safety Series N°15. La adecuación de estos requerimientos a la extensión de vida de las centrales dio origen a documentos más específicos tales como Safety guide NSG 2.12 / Safety Reports Series N°. 57 / Safety Reports Series N° 82.

En Argentina la gestión de envejecimiento se realiza por parte de la operadora de las centrales nucleares (NASA) desde el inicio de la operación comercial, pero esta no se abordaba de manera sistemática y con personal dedicado hasta que la Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN) solicitó implementar, a finales de los años noventa, un programa de gestión del

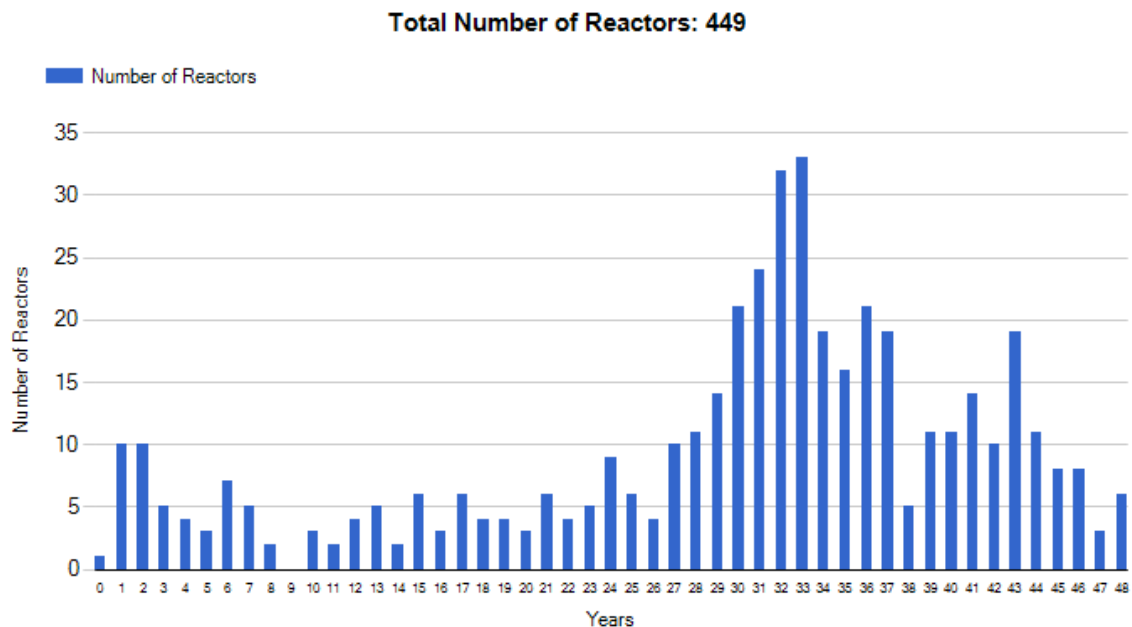


envejecimiento (Ageing Management Program - AMP) en cada central nuclear en funcionamiento.

Con el objetivo de cumplir con estos requerimientos NASA conformo un grupo de trabajo de especialistas para la evaluación del estado de los principales sistemas y componentes de planta en la central nuclear Embalse y luego un grupo dedicado a gestión de envejecimiento para las centrales Atucha I/II. En este contexto CNEA dio apoyo constante a estas actividades.

1.3 Edad de las Centrales Nucleares en Operación – Situación Mundial y en Argentina

Según se observa en la Figura N° 1 la gran mayoría de las Centrales Nucleares en operación en la actualidad tienen una vida, desde su primera conexión a la red, que se encuentran cercanos o exceden los 30 años. Debido a esto es que los últimos años aumentó considerablemente, por parte de operadoras de centrales nucleares, poner como prioridad continuar la operación de las instalaciones más allá del plazo originalmente previsto para su funcionamiento mediante la implementación de programas de operación extendida y extensión de vida.



Figuras N° 1 – Edad de las Centrales Nucleares en Operación – Situación Mundial^[11]

Con respecto a la situación en Argentina en la Tabla N°1 se observan los datos más relevantes.

Centrales	Primera Conexión a la Red	Años Transcurridos desde la Conexión a la Red	Años de Operación a Plena Potencia
Atucha I	19/03/1974	43	31,4
Atucha II	27/06/2014	Cercano a 3	1,6
Embalse - Actualmente en proceso de extensión de vida	25/04/1983	Cercano a 32	30

Tabla N°1 –Centrales Nucleares en Operación – Situación Argentina



1.4 Gestión de Vida en Centrales Nucleares para operaciones seguras a Largo Plazo (PLiM – LTO)

Durante los últimos años ha habido un cambio de énfasis en la energía nuclear mundial, desde la construcción de nuevas centrales nucleares hasta la adopción de medidas para optimizar el ciclo de vida de las plantas que se encuentran operativas. Los enfoques en muchos países mostraron un aumento de interés en la Gestión de la vida para una operación segura a Largo Plazo (Plant Life Management for Safe Long Term Operation / PLiM – LTO) tanto en términos de vida útil de la planta como en la optimización de la operación.

PLiM – LTO es el proceso mediante el cual se integran las actividades de operación, mantenimiento, ingeniería, regulación, medio ambiente y planificación económica para manejar la condición de los materiales (envejecimiento y obsolescencia de ESC), optimizar la vida útil (considerar las opciones de retiro temprano de la planta así como la renovación de la licencia y la extensión de la vida útil de la planta) y maximizar el valor de la planta mientras se mantienen los niveles de seguridad.

Entre los beneficios de una correcta planificación de la Gestión de vida de la central se encuentran los siguientes:

- Identificar las ESC críticos para la seguridad de la planta y generación de energía.
- Identificar los mecanismos de degradación relacionados con el envejecimiento (MDRE) que pueden conducir a un fallo funcional inesperado y/o no planificado.
- Desarrollar o mejorar el mantenimiento de la planta, la vigilancia / monitoreo, la inspección, las pruebas y los programas de rehabilitación para manejar eficazmente los efectos de la degradación producto del envejecimiento.
- Proporcionar oportunidades para la creación de valor mediante la consideración de los efectos de las prácticas alternativas de operación y mantenimiento.
- Fortalecimiento del papel de la gestión proactiva del envejecimiento, implementando un proceso sistemático. Proporcionar planes de manejo del envejecimiento a largo plazo optimizados financieramente.
- Optimizar la confiabilidad, la disponibilidad, costo de operación y mantenimiento (O&M), costo de capital y la dotación de personal.
- Lograr menor costo por KWh generado manteniendo una operación segura durante la vida de la planta.

1.4.1 Vida de diseño y vida licenciada de una Central Nuclear

Las centrales nucleares correspondientes a Generación I/II originalmente tenían una vida de diseño de 25-40 años la cual fue ampliada hasta 60 años en los diseños de Generación III / III+ (VVER 1200, EPR, ACR- 1000, APR-1400, AP1000, ESBWR). Sin embargo, la vida licenciada puede ser menor o mayor basada en una amplia gama de factores, entre los que se incluyen tipo de reactor, selección de materiales, diseño, prácticas de operación y mantenimiento, marco regulatorio y político de cada país, economía, etc. Con respecto al marco regulatorio es importante remarcar que a nivel mundial existen dos enfoques bien diferenciados con respecto a los plazos otorgados a las licencias de operación:



- **Tiempos fijos de largo plazo (tiempo cronológico):** Las licencias son emitidas una única vez por un periodo de 40 años existiendo la posibilidad de ampliar el periodo operativo una vez concluido. Este criterio es el que aplica la Nuclear Regulatory Commission (NRC) en Estados Unidos.
- **Tiempos fijos de corto plazo con revisión periódica de seguridad:** Las licencias de operación son emitidas por periodos de tiempos menores, por lo general 10 años, y pueden ser renovadas por periodos similares luego de una revisión periódica de seguridad. Este criterio en principio no establece un límite superior para la vida total de la central. Para las revisiones periódicas de seguridad se utiliza como documento de referencia el Safety Standards Series N° 25 de IAEA.
Argentina tiene un enfoque mixto ya que en principio las licencias eran del tipo fijo de largo plazo (tiempo cronológico) y en la actualidad se migro al sistema con revisión periódica de seguridad.

Lo anterior deja en evidencia que la vida de diseño de una central nuclear no se corresponde necesariamente con el final de vida físico o tecnológico en términos de su capacidad para cumplir con los requisitos de seguridad y producción de electricidad. Las ESC están sometidos a una variedad de condiciones químicas, mecánicas y físicas durante el funcionamiento, denominados “Potenciadores” (Stressors), que conducen a cambios con el tiempo en las propiedades de los materiales y que son causados y accionados por los efectos de la corrosión, cargas variables, condiciones de flujo, temperatura, irradiación de neutrones, etc.

1.4.1.1 Situación Central Nuclear Atucha I

De acuerdo a lo que establece la Licencia de Operación de la Central Nuclear Atucha I (Resolución 513/14 - ARN) su vida de diseño es de 32 años de operación a plena potencia, límite que se alcanzara durante 2018. A partir de este momento toda operación futura de la instalación se enmarca en lo que internacionalmente se conoce como “Long Term Operation” (LTO) y la factibilidad de la misma es evaluada de manera sistemática con el objeto de identificar un plan de acción que permita mantener y elevar el nivel de seguridad nuclear y radiológica. En la actualidad se está implementando un plan para la extensión de vida estructurada en etapas.

Desde el punto de vista regulatorio, las bases de licenciamiento tienen como eje principal los aspectos determinísticos y su conexión con criterios ingenieriles de planta. Esto último es el núcleo para determinar el alcance de las ESC sujetos a la revisión de la gestión de envejecimiento y aptitud para el servicio, así como también la revalidación de los análisis de seguridad, que deben ser considerados por NA-SA para justificar la operación de la central más allá de los 32 años de operación a plena potencia.

1.5 Cambios dependientes del Tiempo - Envejecimiento de Centrales Nucleares

Las centrales nucleares experimentan dos tipos de cambios dependientes del tiempo:



- Envejecimiento físico de las ESC, lo que resulta en el deterioro gradual en sus características físicas (degradación).
- Obsolescencia de las ESC, lo que resulta en su desactualización en comparación con los conocimientos, estándares y tecnología actuales. Es un cambio dependiente del tiempo preponderante en instrumentación y control (I&C) y componentes mecánicos, pero usualmente no se considera significativo en estructuras civiles. Debido a esto es que en este trabajo nos concentramos en la parte de envejecimiento físico.

A medida que una Central Nuclear aumenta la cantidad de horas operativas se envejece, por lo tanto su confiabilidad y los márgenes de seguridad proporcionados en el diseño tienden a disminuir y sus costos de operación y mantenimiento a aumentar.

El envejecimiento físico (Physical Ageing) ^[1] ^[2] se define como la degradación continua dependiente del tiempo de los materiales constitutivos de las ESC debido a condiciones de servicio normales (funcionamiento normal y condiciones transitorias) y excluyendo los accidentes postulados y las condiciones posteriores al accidente. Se hace hincapié aquí en que el envejecimiento es un término amplio y extenso e incluso puede ampliarse para incluir el nivel actual de la formación del personal e incluso el estado de la documentación utilizada en la central nuclear.

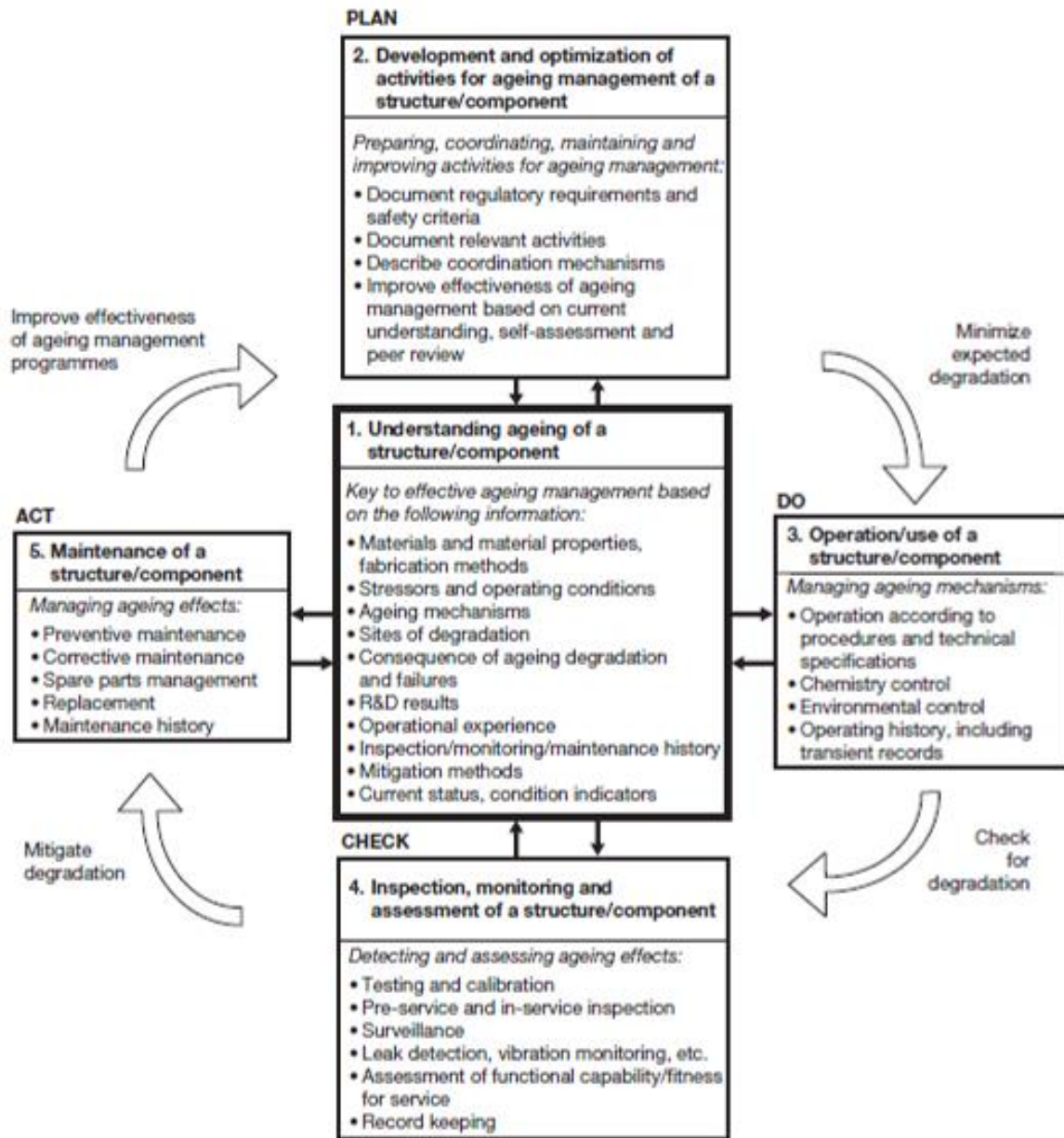
El envejecimiento físico de las ESC puede aumentar la probabilidad de fallas de causa común, es decir, la degradación simultánea de barreras físicas y componentes redundantes, lo que podría resultar en el deterioro de uno o más niveles de protección proporcionados por el concepto de defensa en profundidad.

1.5.1 Gestión del Envejecimiento

Una gestión eficaz del envejecimiento durante toda la vida útil de las ESC requiere el uso de un enfoque sistemático que proporcione un marco para coordinar todos los programas y actividades relacionados con la comprensión, control, monitoreo y mitigación de los efectos de envejecimiento. Este enfoque se ilustra en la Figura N°2, que es una adaptación del ciclo de Deming a la gestión del envejecimiento ^[2], el cual consta de las siguientes etapas:

- Planificar (Plan): Se refiere a la coordinación, integración y modificación de programas existentes y de aquellos relacionados con la gestión del envejecimiento de las ESC.
- Hacer (Do): Significa minimizar la degradación esperada de una estructura o componente a través de una cuidadosa operación y uso de acuerdo a procedimientos operativos y especificaciones técnicas.
- Verificar (Check): Se refiere a la detección oportuna y la caracterización de una degradación significativa mediante la inspección y la vigilancia de una estructura o componente, y la evaluación de la degradación observada para determinar el tipo y los tiempos de aplicación de las medidas correctivas necesarias.
- Actuar (Act): Significa la mitigación y correcciones oportunas de la degradación de los componentes mediante modificaciones apropiadas de diseño y mantenimiento, incluida la reparación y sustitución de estructuras y componentes.





Figuras N° 2 – Ciclo de Deming aplicado a la Gestión de Envejecimiento

El ciclo cerrado (bucle) de la figura indica la mejora continua del programa de gestión del envejecimiento para una estructura o componente en particular, sobre la base de la retroalimentación de la experiencia operacional relevante y resultados de investigación y el desarrollo, autoevaluación y las revisiones por pares, para de esta forma asegurar que los problemas emergentes de envejecimiento serán considerados y tratados.

Como se muestra en la Figura N°2, la degradación por envejecimiento se estudia y se gestiona a nivel de estructura o componentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS – CAPITULO I

- [1] IAEA Safety Reports Series Nº 15 - Implementation and review of a nuclear power plant ageing management program.
- [2] IAEA Safety guide NSG 2.12 - Ageing management for nuclear power plants.
- [3] IAEA Safety Reports Series No. 57 - Safe Long Term Operation of Nuclear Power Plants.
- [4] IAEA Technical Report Series Nº 338 - Methodology for the management of ageing of nuclear power plant components important to safety.
- [5] IAEA Safety Glossary 2007 Edition - Terminology Used in Nuclear Safety and Radiation Protection
- [6] IAEA PRIS - Power Reactor Information System - <https://www.iaea.org/pris/>
- [7] Proyecto PREEV - Practicas Reguladoras en envejecimiento y extensión de vida DT1/DT2/DT4
- [8] IAEA Foro 2010 - Regulatory Practices on Ageing Management and Long Term Operation of Nuclear Power Plants in the Ibero American Region
- [9] Artículo “Gestión de envejecimiento integrada de la Central Nuclear Atucha” - J.M. Ranalli; M.H. Marchena; M. Sabransky, M. Fonseca; J.Santich y P.Pedernera
- [10] PI-E-01 - Programa Integrado de Gestión de Envejecimiento de la Central Nuclear Atucha I-II.
- [11] IAEA PRIS -Power Reactor Information System



CAPITULO II

2.1 Central Nuclear Atucha I

La Central Nuclear Atucha I (Actualmente denominada Presidente Perón) está situada a 100 km de la Ciudad de Buenos Aires, a 11 km de la localidad de Lima, Partido de Zárate.

La Central pertenece al tipo de reactores PHWR (Reactor de agua pesada presurizado), es refrigerada y moderada con agua pesada (D₂O) y emplea uranio levemente enriquecido al 0,85%. El núcleo del reactor está compuesto de 250 posiciones con canales refrigerantes. Dentro de cada uno de ellos se alojan los elementos combustibles que contienen el uranio en forma de pastillas de dióxido de uranio (UO₂) sinterizada.

Inicialmente su potencia térmica era de 1.100 MW, pero la misma fue aumentada a los actuales 1.179 MWt en 1977, luego de un estudio realizado en forma conjunta por Siemens y CNEA, que generan una potencia eléctrica de 357 MWe. En la figura N° 3 se observan fotos panorámicas de la central.



Figuras N° 3 – Central Nuclear Atucha I

2.1.1 Sistemas de Seguridad

La filosofía de seguridad en que se basa el diseño de la central cumple, en todas las condiciones concebibles de la planta, los siguientes requisitos básicos:

- El reactor puede ser parado con seguridad y mantenido en tal condición durante períodos prolongados.



- El calor de decaimiento puede ser removido en forma confiable durante períodos prolongados.
- Cualquier liberación de radiactividad está dentro de los límites establecidos por la normativa sobre protección radiológica.

Los sistemas de seguridad con los que cuenta la central son los encargados de llevar a cabo las acciones básicas de seguridad de forma tal de mantener la integridad de las barreras físicas del principio de defensa en profundidad, los cuales son:

- Red Cristalina UO_2 (Matriz).
- Vaina de Zircaloy.
- Límites de Circuito Primario.
- Contención.

Los sistemas de seguridad básicos previstos en el diseño de la central son:

- Sistema de Parada Rápida del Reactor.
- Sistema de Refrigeración de Emergencia del Núcleo.
- Sistema de Contención.
- Sistema de Energía Eléctrica de Emergencia (sistema relacionado a la seguridad).
- Sistema Segundo Sumidero de Calor.

2.1.2 Contención – Función y Composición

Como se nombró anteriormente la contención es la 4° y última barrera física para confinar los productos radioactivos y mitigar las consecuencias de un accidente y es a su vez un sistema de seguridad básico. Por sus características posee las siguientes funciones:

- Barrera de retención de los productos radioactivos en operación normal o como consecuencia de un accidente de pérdida del refrigerante primario (LOCA).
- Manejo controlado de la liberación en caso de ser necesario.
- Blindaje contra radiaciones directas.
- Protección contra eventos externos (proyectiles, explosiones, etc.) que pudieran afectar aquellas ESC que se encuentran en su interior.

El sistema de contención está compuesto por varios sub-sistemas básicos, los cuales son:

- Esfera de acero o contención primaria resistente a la presión.
- Esclusas y penetraciones de la esfera: Esclusa para personal, de emergencia, de elementos combustibles, penetraciones eléctricas, penetraciones de cañerías, compuerta de montaje y brida superior.
- Esfera envolvente de hormigón para blindaje y protección contra eventos externos.
- Sistema de aislación de la esfera.



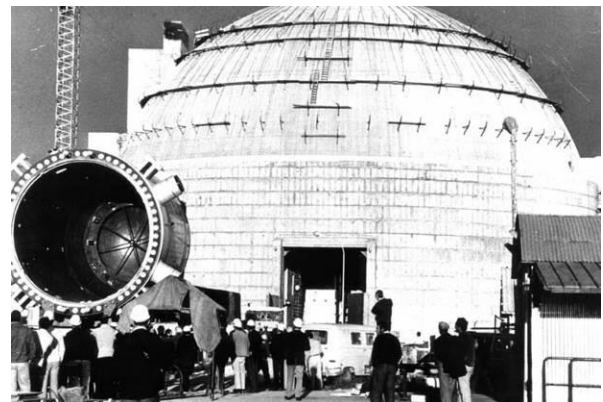
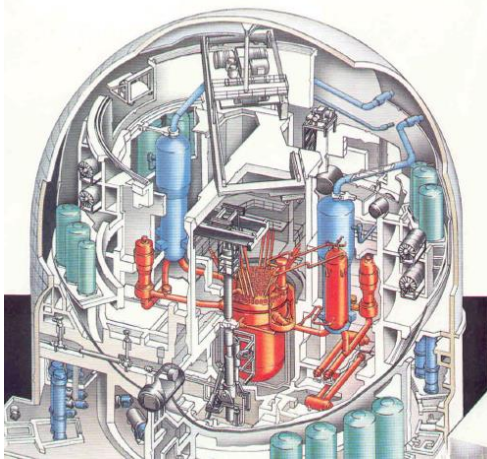
- Sistema de aspiración y filtrado de la atmósfera del recinto anular (recinto formado entre la esfera de acero y la esfera envolvente de hormigón)

El criterio para determinar la eficacia de la contención es el de acotar la tasa de fugas durante el período de excursión de presión. La presión de diseño es la que resulta en el máximo accidente de pérdida de refrigerante LOCA considerado y rotura simultánea de una tubería de vapor vivo, en que se libera la entalpía contenida en la masa total del sistema primario (refrigerante-moderador) y el contenido total de vapor y agua de alimentación de un generador de vapor, que pasan a la contención. A la presión de diseño se admite una fuga de 0,5% del volumen de la esfera cada 24 horas.

El edificio de hormigón cuenta con capacidad para manejar la atmósfera interior haciendo pasar el aire contaminado a través de filtros antes de enviarlo al exterior.

El sistema de aislamiento de la contención está diseñado para actuar ante la ocurrencia de accidentes con pérdida de refrigerante LOCA que generen una sobrepresión en la esfera superior a 200 mm c.a. En condiciones de aislamiento de la contención, el calor generado por los distintos equipos existentes en su interior se disipa mediante el sistema de circulación.

En las Figuras N° 4 se observa la contención en forma esquemática y durante el proceso de construcción.



Figuras N° 4 – Contención - Central Nuclear Atucha I

2.1.2.1 Clasificación de Seguridad

Según indica el procedimiento *PI-05 "Clasificación de Sistemas de CNA Unidades I/II según su función y clase de seguridad"* para cada función de seguridad resulta posible establecer un requisito de diseño distinto. Por lo tanto es de utilidad práctica agrupar estas funciones en clase, donde cada clase de seguridad abarca una o varias funciones de seguridad.

Las clases de seguridad más elevadas, son las que exigen los requisitos de diseño más rigurosos (designados en este caso con 1), disminuyendo gradualmente estos requisitos de diseño para las clases de seguridad inferiores (La clase menos rigurosa se designa con 4).

La contención de CNAI posee asignada una clasificación de seguridad 2L, lo cual significa:

- Clase de seguridad 2: Incluye aquellas funciones de seguridad necesarias para mitigar las consecuencias de un accidente que de otro modo conduciría a la liberación al medio ambiente de una fracción sustancial de los productos de fisión existentes en el núcleo. Las consecuencias del fallo de estas funciones de seguridad 2 solo es preciso considerarlas tras el fallo previo de otra función de seguridad.
- Función de Seguridad L: Limitar la liberación de materiales radioactivos de la contención del reactor durante y después de las condiciones de accidente

La capacidad del sistema de contención para llevar a cabo en forma satisfactoria sus funciones de seguridad bajo los accidentes base de diseño (Ej. condiciones de carga elevadas debido a un accidente severo, terremoto, etc.) es influenciada por las complejas interacciones entre los componentes del sistema de contención, las condiciones de operación a las cuales son sometidos y los mecanismos de degradación que se encuentran activos o son potenciales de manifestarse.

2.2 Sistemas incluidos dentro del Programa de Gestión de Envejecimiento (PGE)

Dentro de los sistemas existentes y según la nomenclatura utilizada en la Central Atucha I en el documento *Ordenamiento de los Sistemas de la CNA I" - Rev.3* los PGE del presente trabajo se desarrollan en los siguientes sistemas:

- Sistema Mecánica
 - Grupo X – Envoltura de Seguridad y piezas interiores
 - XA – Envoltura de Acero (Esfera de Contención)
 - XC – Esclusa para personas
 - XD – Esclusa para emergencias

Es de destacar que estos 3 sistemas se encuentran en la lista de sistemas incluidos dentro del alcance del PIGE de la Central según se indica en el informe de trabajo IT N°78/11 ^[2]



Los sistemas que se enumeran a continuación son excluidos del presente trabajo:

- Esfera de hormigón
- XF – Penetraciones mecánicas.
- XG – Penetraciones eléctricas.

Tampoco se consideran los sistemas auxiliares necesarios para garantizar la estanqueidad de la contención. Los mismos se tratan en grupos de componentes de iguales características y función.

2.2.1 Sistema XA - Envoltura de Acero (Esfera de Contención)

Constituye el cierre hermético y resistente a presión donde se encuentran contenidos, entre otros, el conjunto del reactor, moderador, sistema de presurización, generadores de vapor así como los demás componentes sometidos a presión.

Con objeto de evitar la contaminación de las proximidades de la Central, en caso de la ocurrencia del accidente máximo previsible (LOCA), el cual corresponde un accidente base de diseño rotura-guillotina de la tubería de mayor diámetro del circuito de refrigeración principal combinada con rotura simultánea de un generador de vapor, se produce en la esfera de contención un aumento presión y una temperatura determinada debido al proceso de liberación de productos por el accidente. Todas las penetraciones de tuberías, cables y accesos de personal que la atraviesan están diseñadas de manera que cumplan esta condición en cualquier situación operacional y accidental.

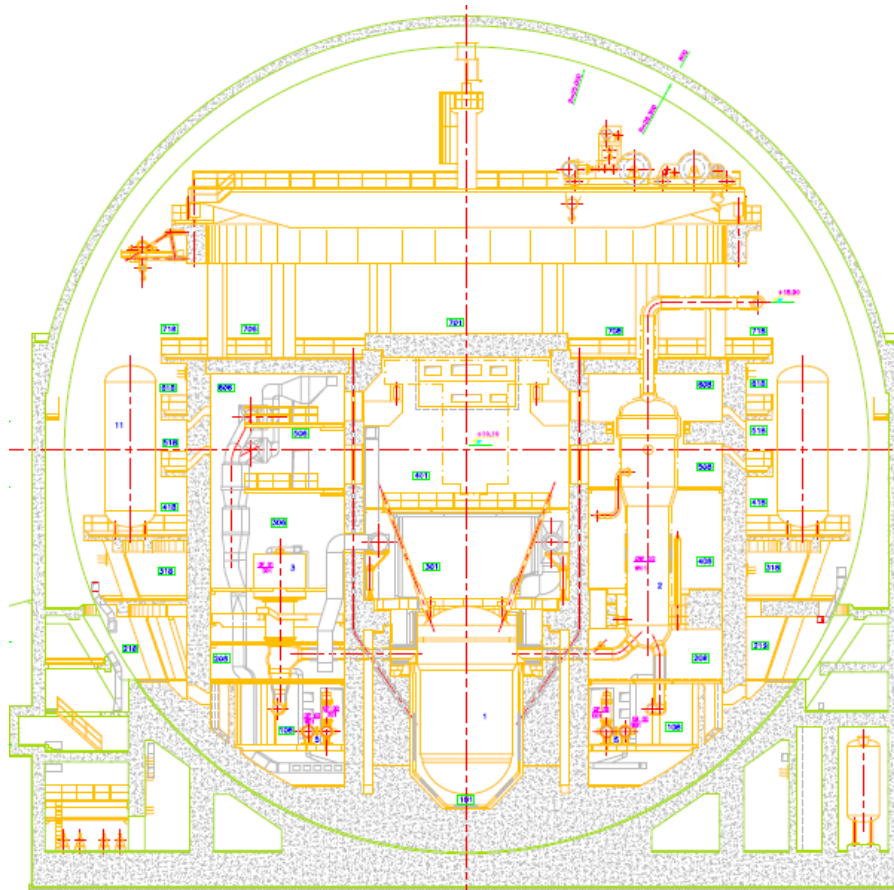
El interior de la esfera se divide en recintos que se agrupan esencialmente en dos tipos:

- Recinto de Instalaciones: No transitables durante el servicio de la central
- Recinto de Servicios: Transitables durante el servicio de la central. Se encuentran ubicados en el segmento anular conformado entre la esfera de acero y la esfera de hormigón. La presión en estos recintos durante la operación normal es ligeramente superior a los recintos de instalaciones, evitándose así el paso de productos radioactivos.

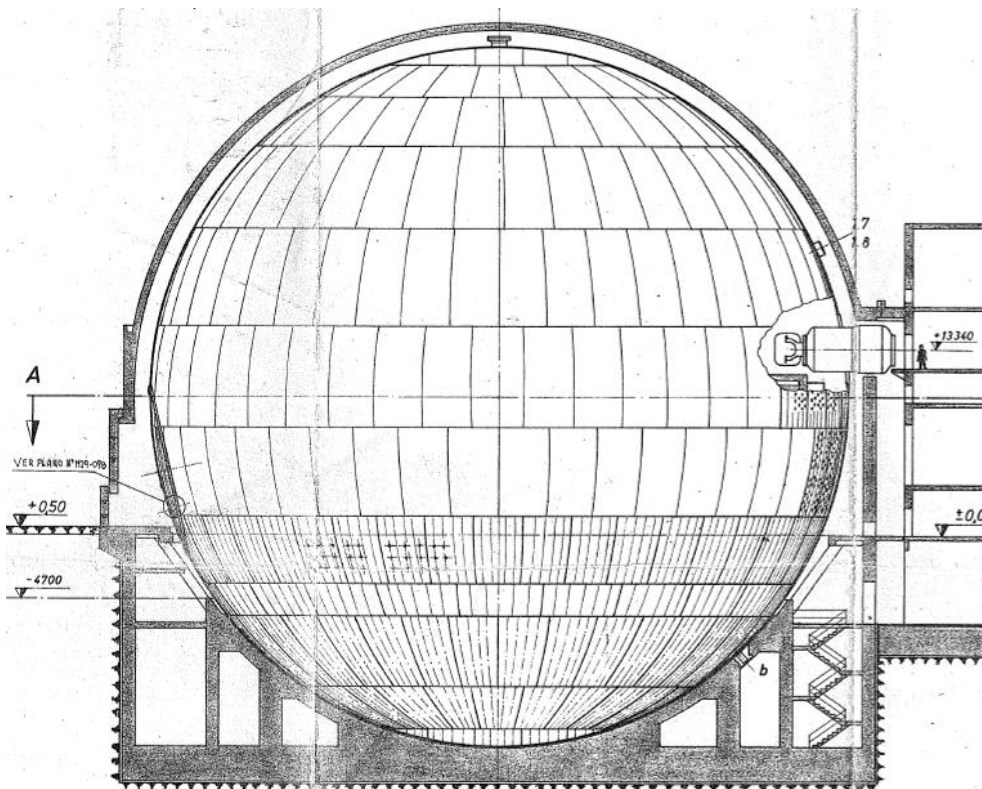
La esfera de contención tiene forma de esfera y descansa sobre unas fundaciones de hormigón rodeando la parte inferior del casquete hasta una altura de 10,5 metros.

En las Figuras N° 5, N° 6 y N°7 se observa la contención en su totalidad y la envoltura de acero.

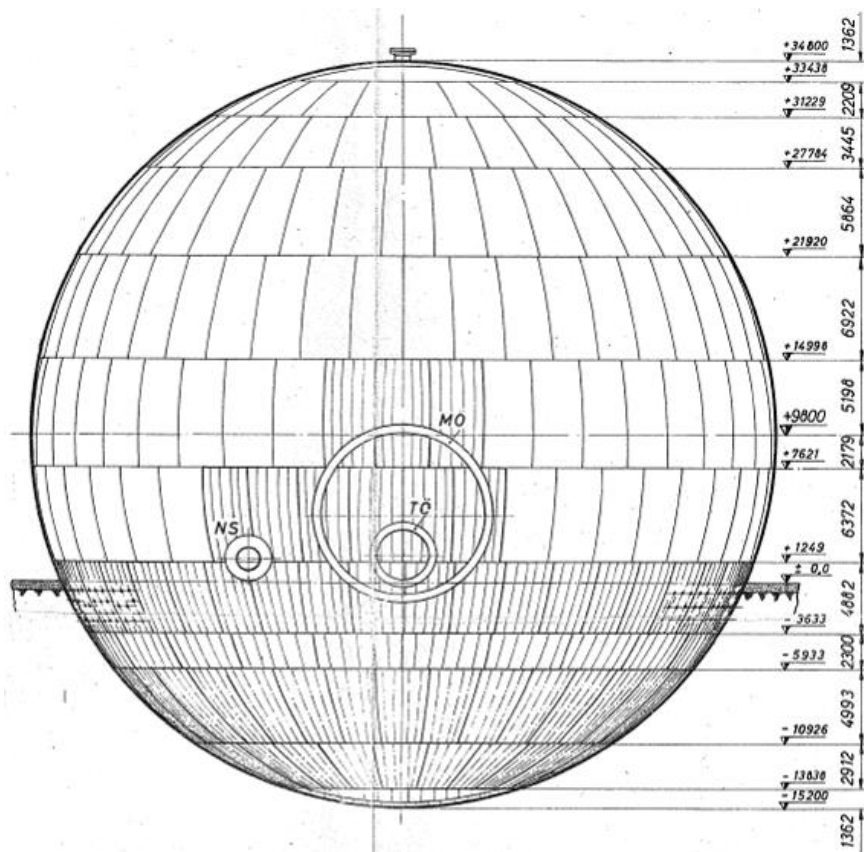




Figuras N° 5 – Contención - Central Nuclear Atucha I



Figuras N° 6 – Envoltura de Acero (Esfera de Contención) - Central Nuclear Atucha I



Figuras N° 7 – Envoltura de Acero (Esfera de Contención) - Central Nuclear Atucha I
 Las penetraciones que atraviesan la esfera se agrupan de la siguiente forma:

- Tuberías: Se han previsto en total 83 penetraciones soldadas con diámetro nominales de 200 a 1000 mm. Estas penetraciones están, en su mayor parte, agrupadas.
- Cables: Se han previsto 425 penetraciones de cables, que están igualmente dispuestas por grupos.

Para el acceso de personas sirve la esclusa de paso en la cota +12 m. La esclusa de emergencia, que se encuentra en la cota 0.50 m facilita un camino de escape lo más corto posible. El hueco de montaje grande permite la introducción de grandes componentes, como la vasija de presión y los generadores de vapor. En esta puerta de montaje se encuentra una abertura más pequeña, llamada también compuerta de transporte. Tanto la esclusa de emergencia como el hueco de montaje grande sólo deben utilizarse en casos especiales y estando el reactor fuera de servicio, ya que ambos establecen una comunicación directa entre el interior de la esfera y el exterior, perdiendo en forma momentánea la función de contención. En el polo superior de la esfera de contención se ha previsto una penetración, cuyo diámetro nominal es de 1000 mm, provisto de una brida ciega. Esta servía, durante la fase de montaje, como abertura provisional de ventilación del edificio del reactor. Esta brida ciega fue soldada.

Tanto el aire interior de la esfera (zona controlada) como el aire del edificio anular está controlado por el sistema TL (sistema de ventilación en zonas controladas). Este sistema deshumidifica, enfría y calienta, filtra polvo en suspensión y elimina partículas radiactivas. Sumado a lo anterior recircula el aire interior de la contención y del recinto anular y mantiene las depresiones requeridas en los diversos compartimentos

En la Tabla N° 2 se indican las características del Sistema XA.

Datos Tecnicos - Sistema XA	
Diametro Interior [m]	50
Presion de Diseño [atm]	2.8
Temperatura de Diseño [°C]	125
Depresion Maxima en Servicio [mm c.a]	200 (0.019atm)
Depresion Maxima Admisible [mm c.a]	550 (0.048atm)
Presion de Prueba [atm]	3.08
Factor de Soldadura	0.9
Calidad de Soldadura	Clase I según Según Siemens RE-AVS 7b y DIN1912
Fuga Máxima Admisible referida al aire a la Presión de Diseño [% vol./24 h]	0,5%
Materiales de la Chapa [1]	Acero Estructural de Grano Fino - BHW 22/3C TÜV
	Acero Estructural de Grano Fino - BHW 25/3C TÜV
	Acero Estructural de Grano Fino - BHW 33/3C TÜV
Espesor [mm]	20 / 24 / 30
Año de Construcción	1969
Volumen Geometrico [m3]	65450
[1] Los tipos de acero corresponden a denominaciones comerciales del proveedor Rheinstahl Hüttenwerkwe AG (Henrichshütte)	

Tabla N° 2 – Características Sistema XA - Central Nuclear Atucha I

En la Tabla N° 3 se indican las características de los materiales utilizados en la construcción.



Material	Equivalencias		C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]	V [%]	Ni [%]	Resistencia a la Traccion [kg/cm2]	Resistencia a la fluencia en Frio [kg/cm2]	Resistencia a la fluencia a 125°C [kg/cm2]
	Grado	Numero										
BHW 22/3C TÜV	Desconocido		≤ 0.20	≤ 0.40	1.0 - 1.6	≤ 0.030	≤ 0.040	***	***	50-64	32	29
BHW 25/3C TÜV	S355G3	1.8802	≤ 0.20	≤ 0.50	1.0 - 1.6	≤ 0.035	≤ 0.035	0-1 - 0.14	***	54-68	36	33
BHW 33/3C TÜV	S355G11	1.8806	≤ 0.20	≤ 0.40	1.2 - 1.7	≤ 0.035	≤ 0.035	0.12 - 0.2	0.4 - 0.7	66-80	49	42

Tabla N° 3 – Análisis químico y características mecánicas

La norma KTA-3401.2 considera a la esfera de contención como recipiente a presión y especifica los niveles de servicio, las cargas, sus respectivas combinaciones, y las tensiones admisibles que debe cumplir el diseño. Dentro de las cargas consideradas podemos mencionar:

- Cargas permanentes (peso propio, carga muerta)
- Sobrecargas
- Presión
- Temperatura
- Cargas dinámicas

Cabe aclarar que al tratarse de una contención de doble pared, algunas acciones como viento, ondas de presión, etc. son resistidas por la contención externa de hormigón. Las curvas de presión y temperatura en caso de accidente se encuentran en el informe NASA UF 3.3-8 "Datos de entrada para el cálculo de la máxima presión en el recipiente de seguridad en caso de perturbación" pero como parte de las tareas para la extensión de vida se contrató a la empresa Nuclear and Industrial Engineering SRL (N.I.N.E) la modelización del comportamiento de la planta en base a distintos accidentes base de diseño (DBA) y accidentes más allá de la base de diseño (BDBA). Este modelo permitirá obtener entre otras cosas un nuevo juego de curvas de presión y temperatura, y el análisis del venteo de la contención.

2.2.1.1 Parámetros operativos y condiciones ambientales

En los gráficos N° 1 y N°2 se observa la evolución durante los últimos 5 años de la temperatura y la presión dentro de la esfera.



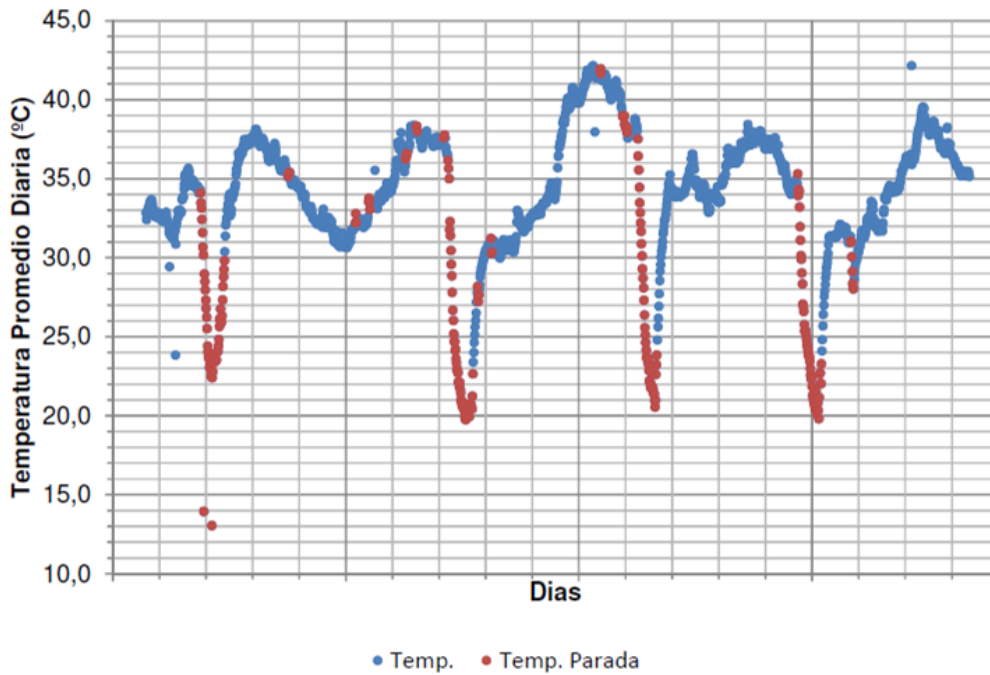


Gráfico N° 1 – Evolución de la Temperatura

El análisis de la gráfica de temperatura arroja valores lógicos, con variaciones estacionales en operación, y descensos pronunciados en las paradas prolongadas. La media de temperatura es de 33.7°C, la mínima de 13°C y la máxima de 42.2°C, valor que supera la temperatura máxima de operación de 40°C.

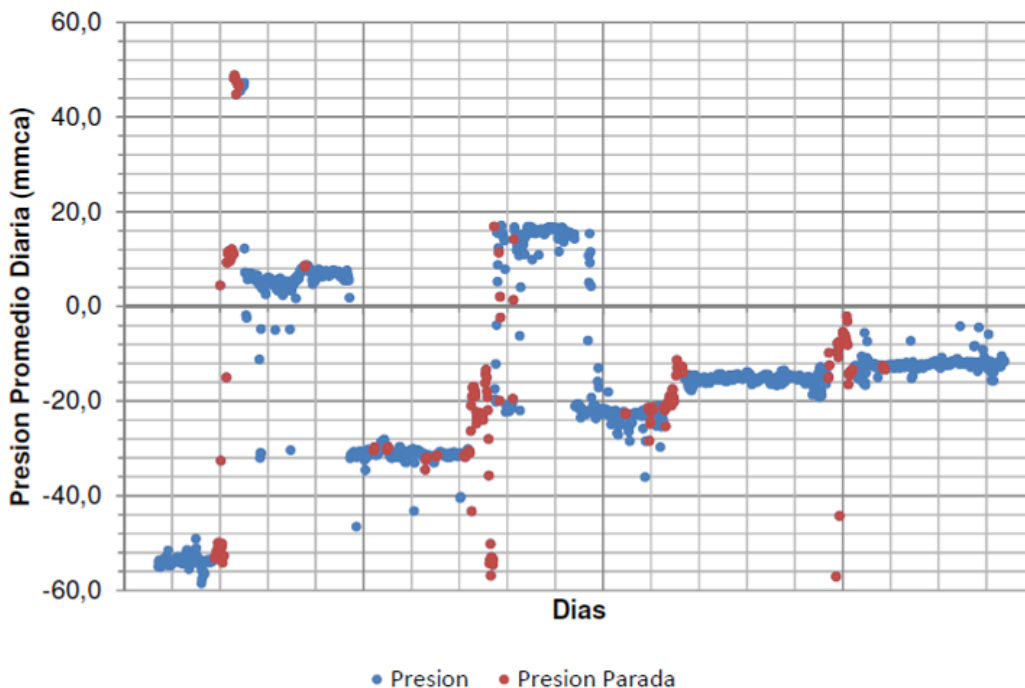


Gráfico N° 2 – Evolución de la Presión

La diferencia de presión entre la atmosfera y el interior de la esfera muestra un comportamiento con segmentos de mesetas a lo largo del tiempo. Los valores mayores a 0,

excepto los de parada, pueden atribuirse a errores en la instrumentación que actúa con una lógica 2 de 3, dado que en operación se debe mantener una depresión dentro de la esfera para evitar la fuga de elementos radiactivos. El análisis de los otros segmentos muestra que a lo largo del tiempo se ha producido una tendencia al descenso de la depresión dentro de la esfera.

Con respecto a los valores de humedad y composición química del aire dentro de la contención no se tienen registros. Para el caso radiación considerando los blindajes biológicos y compartimentos de segregación entre componentes principales del circuito primario se llega a la conclusión de que los niveles no son significativos.

2.2.2 Sistema XC – Esclusa para Personas

Con objeto de asegurar la estanqueidad de la esfera de contención, todos los accesos están contruidos en forma de esclusa. Cada esclusa tiene dos puertas en serie, que están obligatoriamente enclavadas de tal forma que siempre queda cerrada una de ellas.

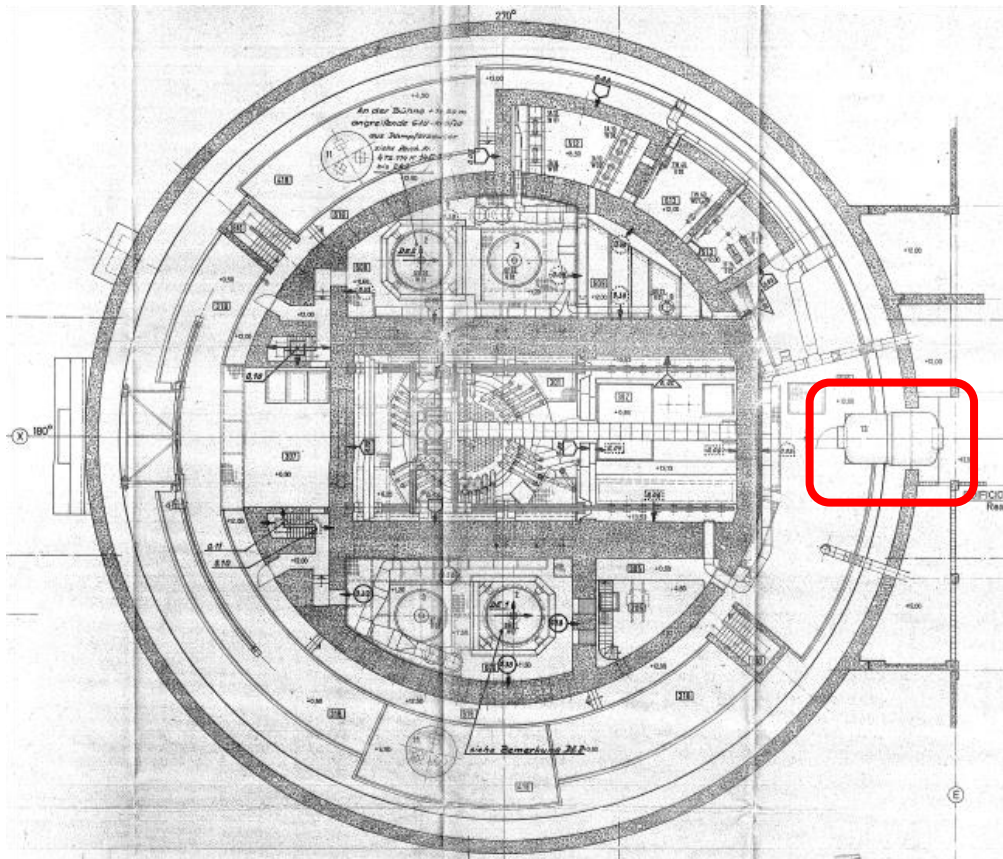
La esclusa principal constituye el acceso principal al edificio del reactor. Está proyectada para el tránsito simultáneo de 8 personas por lo menos. Sus dimensiones son tales, que también pueden introducirse por ella componentes pequeños. El accionamiento es electrohidráulico. En caso de un fallo eléctrico la esclusa puede maniobrase manualmente. Los criterios de diseño, tales como presión, temperatura y fugas máximas son los mismos que los de la esfera de contención. La esclusa puede utilizarse tanto en las condiciones de presión máxima como de depresión máxima.

El cuerpo de la esclusa tiene forma cilíndrica por ambos lados, está provista de fondos bombeados donde se alojan las puertas. Las puertas están provistas de mirillas. La plataforma de paso está formada por placas de acero y está fijada a la estructura por medio de juntas de caucho. La esclusa se maniobra desde 3 paneles, de los cuales dos se encuentran por el lado exterior de las puertas y uno de ellos en el interior de la esclusa.

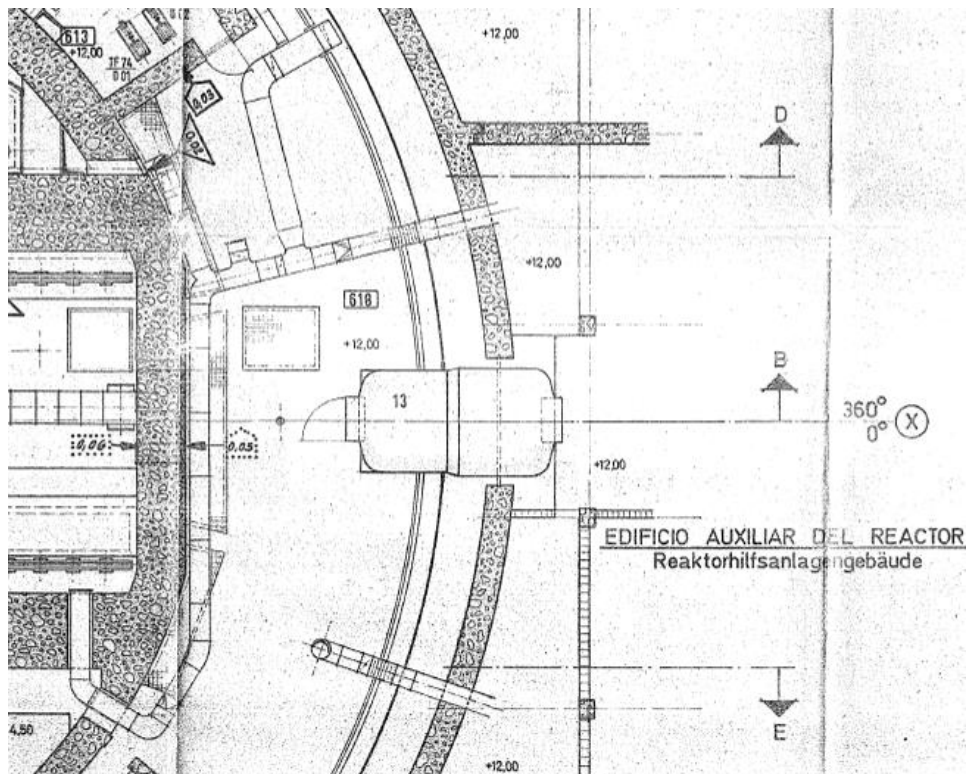
Las puertas están provistas de juntas dobles, dispuestas paralelamente a una distancia de unos 80 mm. El espacio libre entre las dos juntas está provisto de boquillas de conexión para las pruebas de hermeticidad.

En las Figuras N° 8 y N°9 se observa la posición de la esclusa en planta.



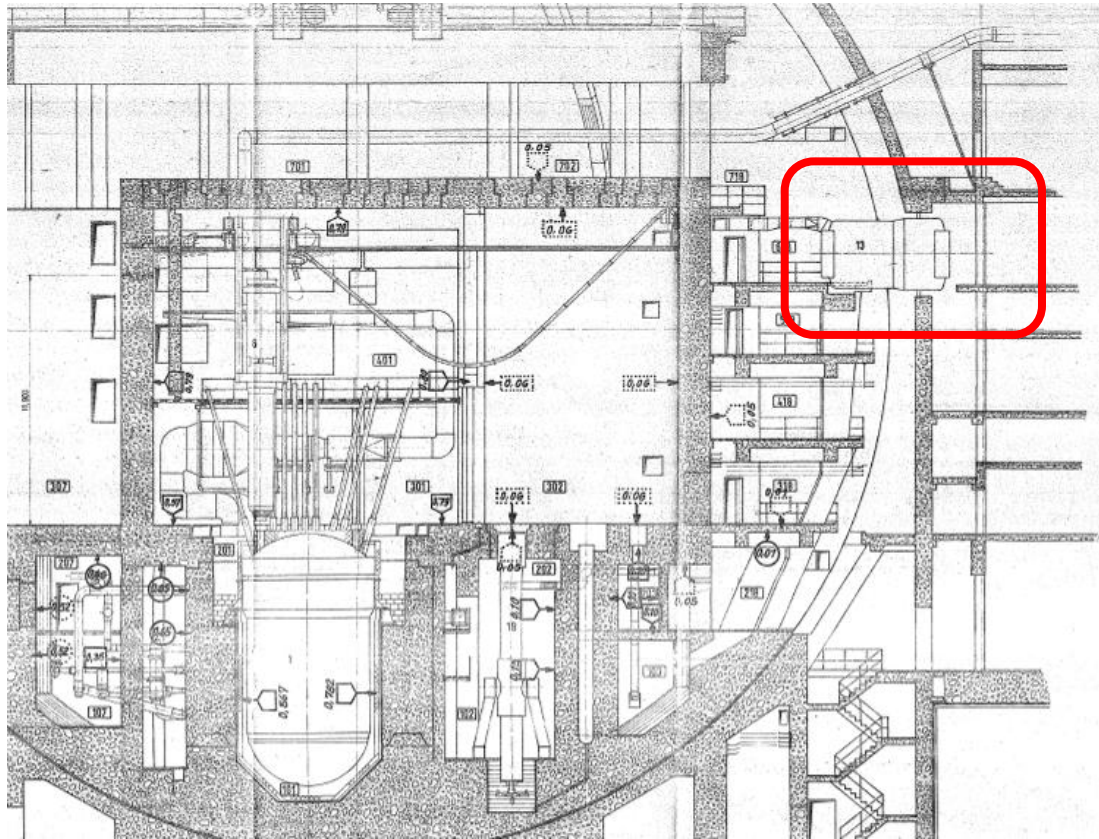


Figuras N° 8 – Esclusa de Personal – Vista en Planta – Nivel +12.00

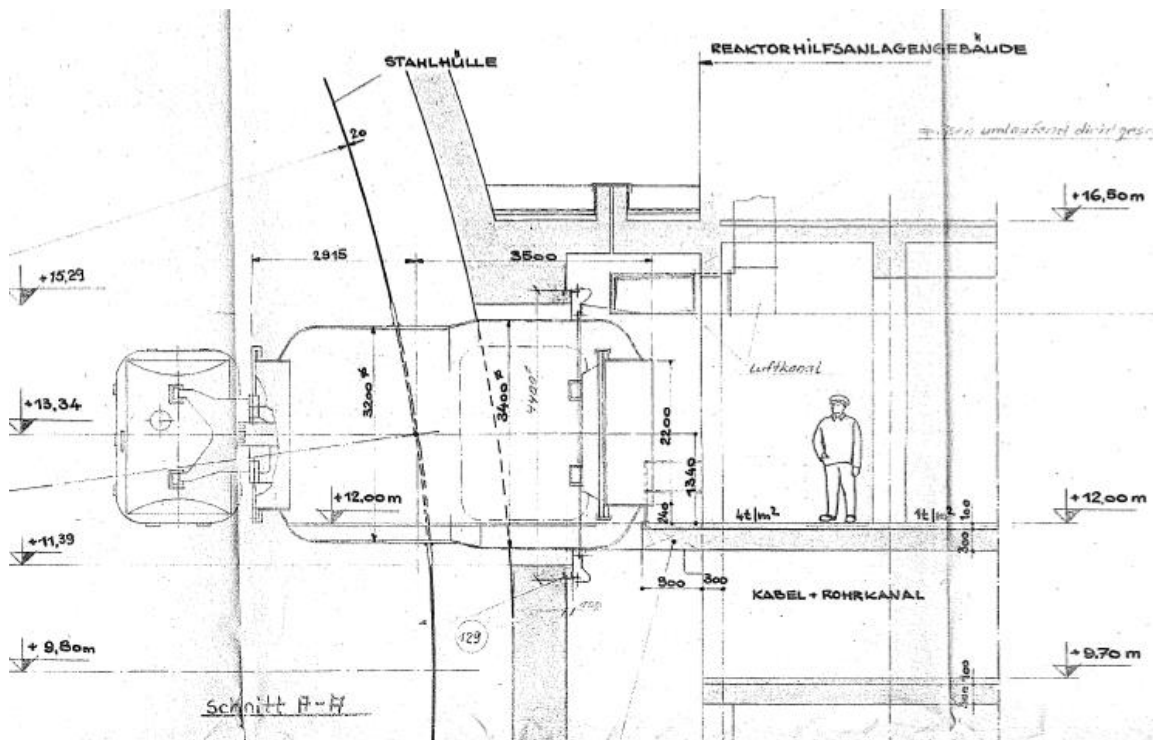


Figuras N° 9 – Esclusa de Personal – Vista en Planta – Nivel +12.00

En las Figuras N° 10 y N°11 se observa la posición de la esclusa en elevación



Figuras N° 10 – Exclusa de Personal – Vista en Elevación – Nivel +12.00



Figuras N° 11 – Exclusa de Personal – Vista en Elevación – Nivel +12.00

En la Tabla N° 4 se indican las características del Sistema XC

Datos Tecnicos - Sistema XC	
Diametro del Cuerpo [mm]	3350
Longitud [mm]	6415
Dimensiones de las Puertas [mm]	2200 X 1500
Presion de Diseño [atm]	2.8
Temperatura de Diseño [°C]	125
Depresion Maxima en Servicio [mm c.a]	200 (0.019atm)
Presion de Prueba [atm]	3.08
Materiales de la Chapas	Acero Estructural de Grano Fino - BHW 25/3C TÜV ^[1]
	Acero Estructural de Grano Fino - ASt 41
[1]Este tipo de acero corresponde a denominacion comercial del proveedor Rheinstahl Hüttenwerkwe AG (Henrichshütte)	

Tabla N° 4 – Características técnicas Sistema XC - Central Nuclear Atucha I

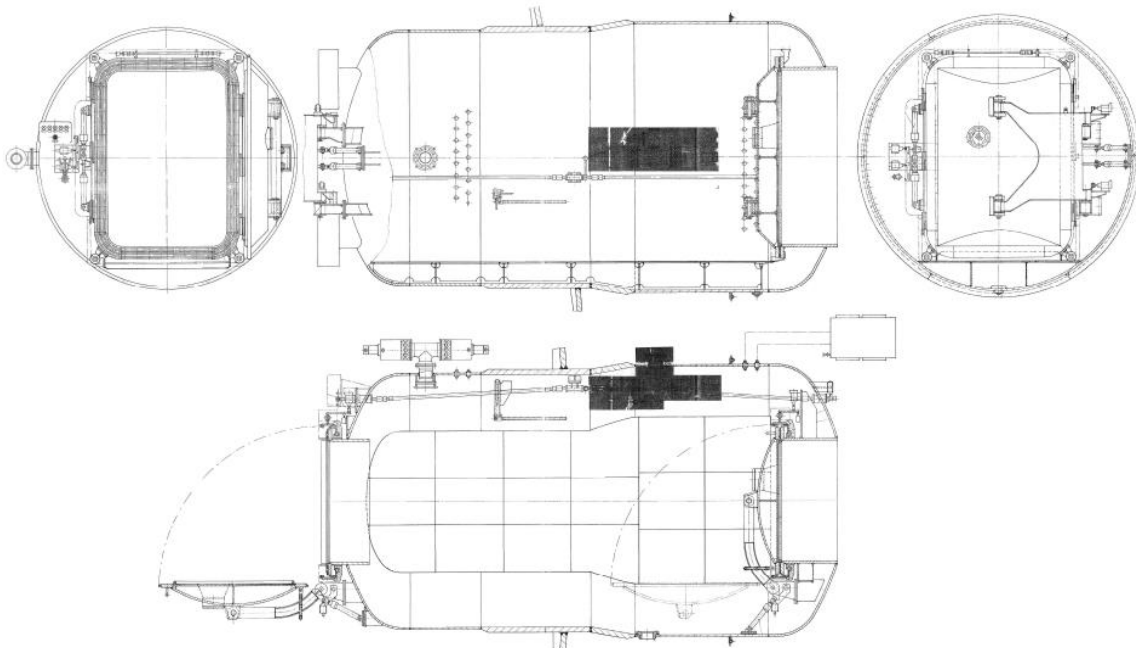
Los componentes principales del sistema XC son:

- a) Puertas: Tienen forma rectangular y son abatibles lateralmente. Tienen forma bombeada donde la parte cóncava está reforzada con nervios y traviesas horizontales que aumentan su rigidez. Los bordes poseen bridas de estanqueidad completamente planas con las esquinas redondeadas.

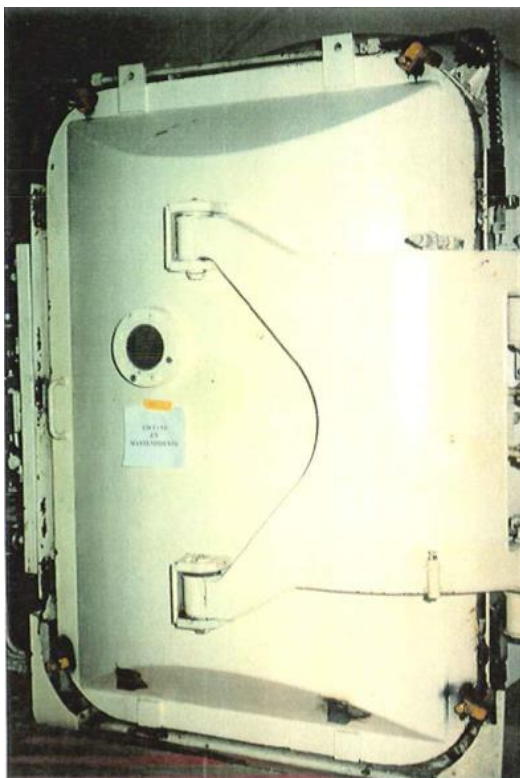
- b) Enclavamiento de las Puertas: Para asegurar una estanqueidad perfecta de las puertas, cuando están cerradas, las juntas deben estar sometidas a cierta presión. El sistema de bloqueo de las puertas tiene por función repartir el esfuerzo sobre las juntas lo más uniformemente posible, mediante elementos de bloqueo repartidos a lo largo de la brida de la puerta. La rigidez misma de la puerta evita la aparición de holguras entre los distintos elementos de bloqueo.
 El accionamiento hidráulico de los mecanismos de bloqueo de ambas puertas se encuentra en la cara opuesta del soporte de éstas. El bloqueo se acciona mediante dos cilindros hidráulicos superpuestos y que trabajan en dirección opuesta. La segunda barra de bloqueo (que se encuentra detrás de las articulaciones de la puerta) se acciona mediante un polípasto de cadena, a través de cuatro ruedas dentadas situadas en las esquinas de la brida.



- c) Válvulas de igualación de Presiones: Comunican el interior de la esclusa, por un lado con el edificio auxiliar y, por otro, con el interior de la esfera de contención. Se trata de válvulas de disco, de asiento oblicuo provisto de resorte y con diámetro nominal de 150 mm. Las válvulas que comunican con el edificio auxiliar están en el interior de la esclusa mientras que las válvulas que comunican con el interior de la esfera de contención están colocadas en la cara exterior del extremo inferior de la esclusa. Tanto el circuito principal como el circuito de emergencia están provistos de dos válvulas. A los cuerpos de las válvulas están unidos los cilindros hidráulicos correspondientes por medio de bridas. El accionamiento de las válvulas sólo es posible efectuarlo por medio de un fluido a presión
- d) Ejes de Accionamiento: Sirve para la conmutación del accionamiento eléctrico a la manual. Penetra al cuerpo de la esclusa por medio de bridas, a través de penetraciones soldadas de gran espesor, provistas de juntas y cojinetes de deslizamiento.
- e) Sistema Hidráulico: Las puertas, mecanismos de bloqueo y las válvulas de igualación de presión de la esclusa tienen accionamientos hidráulicos. Estos cilindros hidráulicos son de doble efecto y constan de componentes muy simples y de un elevado grado de confiabilidad. Por razones de seguridad el accionamiento hidráulico de todos los mecanismos de la esclusa está constituido por dos circuitos totalmente separados: Un circuito electrohidráulico principal y otro circuito manual de emergencia, para el caso de fallos de energía eléctrica u otras averías.
- En las Figuras N° 12 y N°13 se observa el detalle constructivo y la puerta exterior (edificio anular)



Figuras N° 12 – Esclusa de Personal – Detalles Constructivos



Figuras N° 13 – Esclusa de Personal – Puerta Exterior (edificio anular)

2.2.2.1 Parámetros operativos y condiciones ambientales

Los valores de temperatura se encuentran comprendidos entre los 15°-40°C, los cuales concuerdan con los valores adoptados en el diseño.

Con respecto a la presión la esclusa se encuentra sometida a ciclado debido a su uso de ingreso/egreso de zona controlada, por lo tanto estas presiones coinciden con la presión de zona controlada o la presión del edificio auxiliar, según la condición en la cual se encuentre.

De los valores de humedad y composición química del aire dentro de la contención no se tienen registros. Para el caso radiación si bien solo una parte de la esclusa se encuentra instalada dentro de la ronda 1-618 (zona radiológicamente controlada), en dicho recinto la dosis es nula.

2.2.3 Sistema XD – Esclusa para emergencias

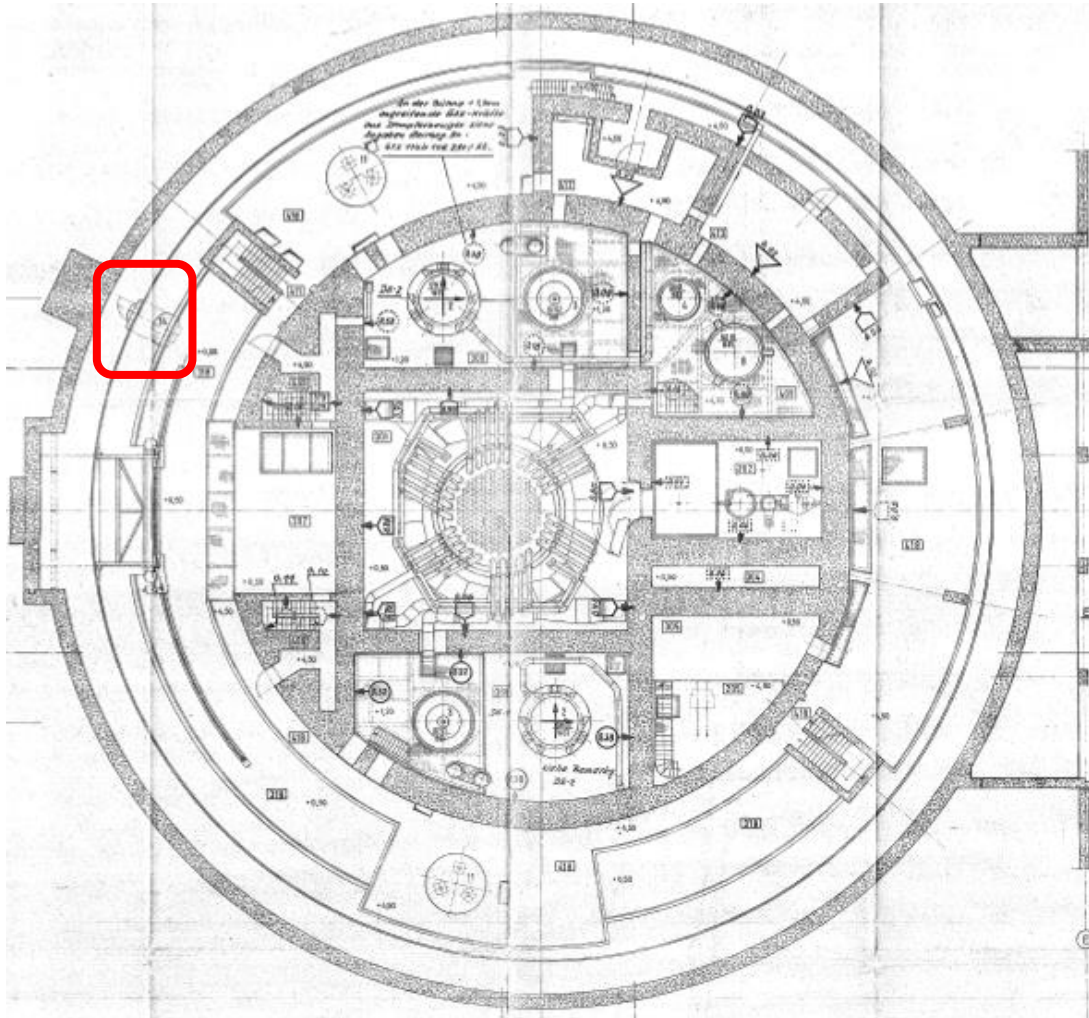
La esclusa de emergencia no constituye un acceso normal del edificio del reactor, sino que únicamente debe utilizarse en caso de emergencia durante la operación del reactor, con objeto de facilitar un recorrido de evacuación corto. Está dimensionada de tal forma que puede facilitar el paso de tres personas en postura agachada. De acuerdo con su función, es de una construcción muy simple. El accionamiento es mecánico y manual.

Los criterios de diseño, tales como presión, temperatura y fugas máximas son los mismos que para la esfera de contención. La esclusa puede utilizarse tanto en las condiciones de presión máxima como de depresión máxima.

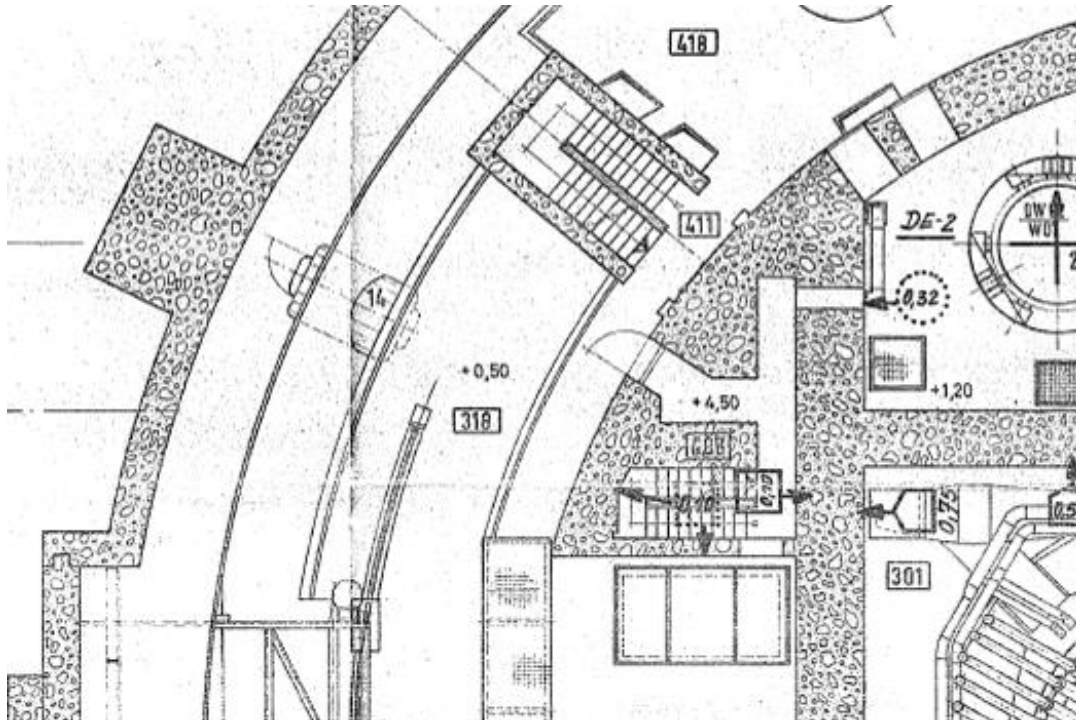
Consta de un cuerpo cilíndrico en cuyos dos extremos se alojan las puertas. El accionamiento de la esclusa se puede efectuar a través de tres volantes, de los cuales dos se encuentran en las caras exteriores de las puertas y uno en el interior de la esclusa.

Por razones de disponibilidad y para facilitar una evacuación de emergencia, la puerta interior (lado zona controlada) no debe estar bloqueada, con lo cual la válvula de compensación de esta puerta está abierta. La presión en la esclusa es la misma que la correspondiente a zona controlada.

En las Figuras N° 14 y N°15 se observa la posición de la esclusa en planta.



Figuras N° 14 – Esclusa de Emergencia – Vista en Planta – Nivel +0.50



Figuras N° 15 – Esclusa de Emergencia – Vista en Planta – Nivel +0.50

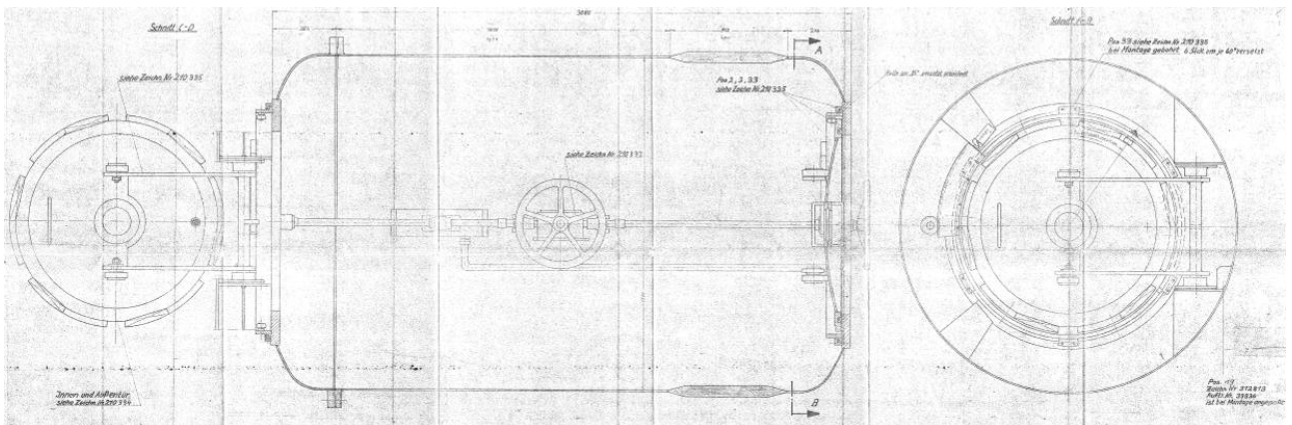
En la Tabla N° 4 se indican las características del Sistema XD

Datos Tecnicos - Sistema XD	
Diametro del Cuerpo [mm]	1500
Longitud [mm]	3080
Diametro de las Puertas [mm]	800
Presion de Diseño [atm]	2.8
Temperatura de Diseño [°C]	125
Depresion Maxima en Servicio [mm c.a]	200
Presion de Prueba [atm]	3.08
Factor de Soldadura	0.9
Materiales de la Chapa	Acero Estructural de Grano Fino - BHW 25/3C TÜV [1]
	Acero Estructural de Grano Fino - ASt 41
[1]Este tipo de acero corresponde a denominacion comercial del proveedor Rheinstahl Hüttenwerkwe AG (Henrichshütte)	

Tabla N° 5 – Características técnicas Sistema XD - Central Nuclear Atucha I

Los componentes principales del sistema XD son:

- a) Puertas: Son circulares, con bisagras laterales. Las bisagras de las puertas tienen alineación inclinada, con objeto de que las puertas cierren por su propio peso. Debido a este diseño no es necesario un accionamiento para girar las puertas. Las puertas están provistas de mirillas de acuerdo con la norma DIN 7080.
- b) Enclavamiento de las Puertas: Los enclavamientos de las puertas se efectúan mediante un pestillo anular con seis rodillos que al desplazar el anillo estos rodillos coinciden con las superficies de asiento de la puerta, empujándola contra la junta de estanqueidad. Los pestillos anulares de ambas puertas se accionan al mismo tiempo mediante un eje que atraviesa la esclusa, a través de un sistema de piñones y segmentos dentados cónicos que están desfasados de tal forma que siempre quede una puerta bloqueada y la otra desbloqueada. El accionamiento del eje se efectúa a través de manijas. La puerta abierta queda bloqueada por una leva de forma tal de evitar la apertura de la contrapuerta.
- c) Igualación de Presiones: Con objeto de conseguir la igualación de presiones necesaria al utilizar la esclusa se han previsto dos válvulas, una de ellas permite igualar la diferencia de presiones con zona controlada y la otra permite igualar presiones con el recinto anular. Estas válvulas están accionadas por medio de un husillo y una leva, sujeta al eje del mecanismo de bloqueo. Las levas están ajustadas de tal forma que la válvula de compensación abre cuando la puerta correspondiente está desbloqueada. En las Figuras N° 16 y N°17 se observa el detalle constructivo y la puerta exterior (edificio anular)



Figuras N° 16 – Esclusa de Emergencia – Detalles Constructivos



Figuras N° 17 – Esclusa de Emergencia – Puerta Exterior (edificio anular) con mecanismo de bloqueo para prueba repetitiva

2.2.3.1 Parámetros operativos y condiciones ambientales

Los valores de temperatura se encuentran comprendidos entre los 15°-40°C, los cuales concuerdan con los valores adoptados en el diseño.

Con respecto a la presión la esclusa se encuentra sometida a la presión del interior de la esfera de contención ya que por razones de disponibilidad y para facilitar una evacuación de emergencia, la puerta interior no debe estar bloqueada y la válvula de compensación de esta puerta está abierta

De los valores de humedad y composición química del aire dentro de la contención no se tienen registros. Para el caso radiación si bien solo una parte de la esclusa se encuentra instalada dentro de zona radiológicamente controlada y en dicho recinto la dosis es nula.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS – CAPITULO II

- [1] PI-I-05 - Clasificación de sistemas de CNAI de acuerdo a la función y la clase de seguridad.
- [2] IT 78/11 Rev.0 - Lista de sistemas incluidos dentro del alcance del Programa Integral de Gestión de Envejecimiento de la central nuclear Atucha I.
- [3] Licencia de Operación de la C.N.A. I
- [4] Manual de Operaciones CNAI.
- [5] Manual de Pruebas Repetitivas de CNAI.
- [6] Manual de Controles Periódicos de CNAI.
- [7] Programa de Inspección en Servicio de CNAI.
- [8] Ordenamientos de los Sistema de la CNA-I
- [9] Informe Final de Seguridad – Rev. 2003
- [10] Norma AR 3.4.3 - Sistema de confinamiento en Reactores Nucleares de Potencia
- [11] Norma AR 3.2.1 - Criterios generales de seguridad para el diseño de reactores nucleares de potencia
- [12] ARN - Informe de evaluación de resistencia realizada a las Centrales Nucleares Argentinas 2012



CAPITULO III

3.1. Programa Integral de Gestión de Envejecimiento (PIGE) – Atucha I

El objetivo principal del PIGE, es proveer las bases para la detección temprana y la adecuada mitigación de los efectos del envejecimiento en los sistemas, estructuras y componentes que son importantes para la seguridad, asegurando su integridad y capacidad funcional y contribuyendo a la operación segura y confiable. Para las centrales Atucha I / II el PIGE se encuentra definido en el procedimiento PI-E-01 el cual provee las bases para el establecimiento de un plan estratégico de gestión del envejecimiento de las ESC. La implementación del PIGE implica tener como elementos constituyentes lo siguiente:

- Una estructura organizativa que coordine y de marco a las tareas del programa.
- Un sistema de relevamiento y registro de datos relevantes para el envejecimiento.
- Un procedimiento sistemático que seleccione aquellos sistemas importantes para la seguridad. Dentro de cada sistema que priorice y agrupe por características similares a los componentes para facilitar el posterior análisis.
- Una revisión de la gestión actual de envejecimiento como punto de partida.
- Evaluaciones de estado de componentes / grupo de componentes para el planeamiento de la posterior gestión del envejecimiento y desarrollo de los PGE específicos.
- Elaboración y desarrollo de los PGE.
- Evaluación, aseguramiento de la calidad y mejora de los PGE de forma tal de asegurar que los efectos de los MDRE son manejados adecuadamente. Este proceso debe incluir una evaluación sistemática de la efectividad (indicadores de desempeño).

Como partes constitutivas del programa integral de gestión de envejecimiento a largo plazo se desarrollan un conjunto de programas específicos de gestión de envejecimiento orientados a componentes o mecanismos de degradación. Como se indicó anteriormente en este trabajo se presentara una propuesta de PGE a largo plazo aplicable a los sistemas XA/XC/XD de la función de contención de Atucha I.

3.2 Desarrollo e implementación de los Programas de Gestión de Envejecimiento (PGE) específicos – Sistemas XA/XC/XD

De acuerdo a lo definido en el procedimiento PI-E-01 la gestión efectiva del envejecimiento de los componentes/elementos estructurales requiere la implementación de programas sistemáticos y abarcadores, que coordinen las actividades existentes para el manejo del envejecimiento. Estos programas son los PGE específicos. Los PGE pueden estar orientados a tratar un mecanismo de degradación específico, o grupo de componentes/elementos estructurales.



Los PGE específicos deben identificar:

- Las acciones efectivas y prácticas que puedan proveer una detección temprana y mitigación de los efectos del envejecimiento.
- Indicadores de la efectividad del programa.

La estructura de los PGE a implementar para los componentes/elementos estructurales incluidos dentro del alcance del PIGE serán diseñados de forma tal de dar cumplimiento a los 9 atributos que deben estar presentes en todo programa que busque minimizar o evitar la degradación de los materiales por efecto del envejecimiento. Estos atributos se encuentran definidos y en línea con *IAEA Safety guide NSG 2.12 - Ageing management for nuclear power plants* – Punto 4.35.

3.2.1. Alcance

El programa debe establecer claramente los límites del grupo de componentes y de los componentes/elementos estructurales que están incluidos en ese programa específico. Como información adicional se deberán detallar las funciones e interfaces de los mismos. El alcance deberá incluir un análisis de los mecanismos de degradación que podrán afectar la funcionalidad de los componentes incluidos, basando este análisis en las características constructivas y de diseño, la combinación de los materiales, condiciones de operación, fluidos operacionales, sitios susceptibles, y otras características operacionales relevantes para la degradación^[5]

3.2.1.1 Información utilizada en los PGE – Sistemas XA/XC/XD

Para los PGE correspondientes a los Sistemas XA/XC/XD se trabajó con la siguiente documentación:

- Manuales de Operación 12.1 / 12.2 / 12.3 / A.2.21 / A.2.22
- Ingeniería de detalle incluida en el conjunto de planos de denominación M29-0001 a M29-0094

Sumado a lo anterior se referencian los MDRE que surgen del análisis y son abordados con mayor detalle más adelante en los documentos.

3.2.2 Acciones preventivas y mitigatorias

El PGE deberá identificar las acciones necesarias para prevenir y mitigar los efectos del envejecimiento y los parámetros a ser monitoreados o evaluados ^[5]

3.2.2.1 Información utilizada en los PGE– Sistemas XA/XC/XD

Para los PGE correspondientes a los Sistemas XA/XC/XD se trabajó con la siguiente documentación:

- Manuales de Operación 12.1 / 12.2 / 12.3 / A.2.21 / A.2.22



- Ingeniería de detalle incluida en el conjunto de planos de denominación M29-0001 a M29-0094
- Evaluaciones de estado IT 49-14 / IT 149-15 / IT 92-14
- Prácticas de mantenimiento preventivo y correctivo aplicadas en la central y en sistemas de similares características constructivas.

3.2.3 Detección de Mecanismos de Degradación relacionados con el Envejecimiento (MDRE)

Los efectos del envejecimiento deben ser detectados con anticipación a que haya una pérdida de las funciones del componente. Los PGE deben identificar las técnicas de inspecciones y vigilancia apropiadas, la frecuencia de las inspecciones, características de las muestras a tomar y técnicas de relevamiento de datos ^[5]

3.2.3.1 Información utilizada en los PGE– Sistemas XA/XC/XD

Para los PGE correspondientes a los Sistemas XA/XC/XD se trabajó con la siguiente documentación:

- a) Posibles MDRE que afectan a los sistemas en estudio:
 - Documentación internacional de referencia:
 - IAEA TECDOC 1025
 - IAEA TECDOC 1181
 - NUREG 1611
 - EPRI TR-103835
 - NRC Information Notice 2004-09
 - ORNL/NRC/LTR-02/02
 - SAND2010-8718
 - Evaluaciones de estado IT 49-14 / IT 149-15 / IT 92-14
 - Experiencia operativa interna / externa
 - IRS IAEA - International Reporting System for Operating Experience
- b) Técnicas de inspección y detección
 - ASME Section XI - Division 1 - Subsection IWE
 - Safety Standards KTA 3401.4 / KTA 3402 / KTA 3409
 - Manual de Pruebas Repetitivas de CNAI
 - Manual de Controles Periódicos
 - Evaluaciones de estado IT 49-14 / IT 149-15 / IT 92-14

3.2.4 Monitoreo y análisis de tendencias

El monitoreo y el análisis de tendencias proveen previsibilidad del grado de degradación y hacen posible la aplicación de medidas mitigatorias en una etapa temprana. En esta sección se deberá consignar qué tipo de parámetros son monitoreados, cómo se los mide y en qué periodos ^[5]



3.2.4.1 Información utilizada en los PGE– Sistemas XA/XC/XD

Para los PGE correspondientes a los Sistemas XA/XC/XD se trabajó con la siguiente documentación:

- Manuales de Operación 12.1 / 12.2 / 12.3 / A.2.21 / A.2.22
- Evaluaciones de estado IT 49-14 / IT 149-15 / IT 92-14

3.2.5 Criterios de Aceptación

El PGE debe definir un criterio de aceptación contra el cual se contrasta el desempeño del componente y la necesidad de acciones correctivas. El criterio debe ser tal que asegure que las funciones del componente o estructura se mantengan ^[5]

3.2.5.1 Información utilizada en los PGE– Sistemas XA/XC/XD

Para los PGE correspondientes a los Sistemas XA/XC/XD se trabajó con la siguiente documentación:

- Manuales de Operación 12.1 / 12.2 / 12.3 / A.2.21 / A.2.22
- Evaluaciones de estado IT 49-14 / IT 149-15 / IT 92-14
- Manual de Pruebas Repetitivas de CNAI

3.2.6 Acciones Correctivas

El PGE debe definir las acciones correctivas a tomar si el componente falla al cumplir el criterio de aceptación ^[5]

3.2.6.1 Información utilizada en los PGE– Sistemas XA/XC/XD

Para los PGE correspondientes a los Sistemas XA/XC/XD se trabajó con la siguiente documentación:

- Prácticas de mantenimiento preventivo y correctivo aplicadas en la central y en sistemas de similares características constructivas.
- Evaluaciones de estado IT 49-14 / IT 149-15 / IT 92-14
- Manual de Pruebas Repetitivas de CNAI

3.2.7 Confirmación y evaluación

El PGE debe poner en práctica un proceso que certifique y registre que las acciones correctivas fueron implementadas y son adecuadas y efectivas.

Los PGE implementados deben incluir la definición de sus indicadores de desempeño. El análisis de estos indicadores y sus tendencias serán utilizados para evaluar la efectividad general de los PGE y para identificar oportunidades de mejora ^[5]



3.3.7.1 Información utilizada en los PGE– Sistemas XA/XC/XD

Los indicadores a utilizar en los PGE fueron definidos según criterio de buenas prácticas, recomendaciones bibliográficas y criterios ingenieriles.

3.2.8 Controles administrativos

La información documentada se utilizará para la Evaluación, aseguramiento de la calidad y mejora de los PGE. La información a documentar incluye pero no se limita a: ordenes de trabajo de acciones preventivas y correctivas, informes de trabajo, gestión y ejecución de recomendaciones, reportes de inspecciones, entre otras.

El sistema de gestión de documentación es responsabilidad del operador de la central, el cual definirá los tipos y formato de documento a utilizar ^[5]

3.2.9 Experiencia Operativa

La experiencia operativa de los PGE, incluyendo acciones correctivas implementadas en el pasado, provee evidencia necesaria para determinar si los efectos de los MDRE están siendo manejados efectivamente. De ser posible, dicha información así como los resultados de trabajos de investigación y desarrollo que sean aplicables, deben ser reunidos y utilizados para la retroalimentación del PGE y comparados con la experiencia operativa de otros programas implementados en otras plantas ^[5]

3.3.9.1 Información utilizada en los PGE– Sistemas XA/XC/XD

Para los PGE correspondientes a los Sistemas XA/XC/XD se trabajó con la siguiente documentación:

- Evaluaciones de estado IT 49-14 / IT 149-15 / IT 92-14
- IRS IAEA - International Reporting System for Operating Experience



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS – CAPITULO III

- [1] IAEA Safety Reports Series Nº 15 - Implementation and review of a nuclear power plant ageing management program.
- [2] IAEA Safety guide NSG 2.12 - Ageing management for nuclear power plants.
- [3] IAEA Safety Reports Series No. 57 - Safe Long Term Operation of Nuclear Power Plants.
- [4] IAEA Technical Report Series Nº 338 - Methodology for the management of ageing of nuclear power plant components important to safety.
- [5] PI-E-01 - Programa Integrado de Gestión de Envejecimiento de la Central Nuclear Atucha I-II.



CAPITULO IV

4.1 Programa de Gestión de Envejecimiento - Contención de acero (XA)

4.1.1 Objetivo

Proveer las bases para el establecimiento de un Programa de Gestión de Envejecimiento que permita la detección temprana y adecuada mitigación de los Mecanismos de Degradación Relacionados con el Envejecimiento de la contención de CNA- I (sistema XA) de forma tal que la misma preserve su integridad estructural y se asegure su respuesta adecuada a lo largo de toda la vida de servicio.

4.1.2 Alcance

Este documento es aplicable a los componentes del sistema XA denominado bajo la nomenclatura indicada en “Ordenamiento de los Sistemas de la CNA I” Rev.3
Para el alcance específico remitirse al punto 4.1.6.1 de este documento.

4.1.3 Abreviaturas y definiciones

4.1.3.1 Abreviaturas

- *CNA-I: Central Nuclear Atucha I*
- *CNEA: Comisión Nacional de Energía Atómica*
- *END: Ensayos no destructivos*
- *XA: Contención metálica de acero*
- *XC: Esclusa de Personal*
- *XD: Esclusa de Emergencia*
- *LOCA: Accidente de pérdida de refrigerante (Loss Of Coolant Accident)*
- *PIGE: Programa Integral de Gestión de Envejecimiento*
- *PGE: Programa de Gestión de Envejecimiento*
- *MDRE: Mecanismos de Degradación Relacionados con el Envejecimiento*
- *KTA: Comisión de estándares de seguridad nuclear alemana*

4.1.3.2 Definiciones

N/A

4.1.4 Referencias

4.1.4.1 Antecedentes

N/A

4.1.4.2 Documentación aplicable

[1] PI-E-01 Programa Integrado de Gestión de Envejecimiento de las Centrales Nucleares Atucha I-II



[2] IT 78/11 Lista de sistemas incluidos dentro del alcance de Programa Integral de Gestión de Envejecimiento de la Central Nuclear Atucha I – Rev.0

4.1.4.3 Referencias bibliográficas

- [3] IT 49/14 Evaluación de estado del sistema XA - Rev. 1
- [4] TS 118R – Criterios de entrega y aceptación técnica de la central nuclear Atucha - Contención
- [5] Manual de Operación – Tomo I – Capitulo 12.1
- [6] M29 Sistema XA: Planos constructivos Sistema XA
- [7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Assessment and management of ageing of major nuclear power plant components important to safety: Metal components of BWR containment systems, TECDOC 1181, IAEA (2000)
- [8] IAEA TECDOC 1025 - Assessment and management of ageing of major nuclear power plant components important to safety: Concrete containment buildings
- [9] American Society of Mechanical Engineers (ASME) - Rules for Inservice Inspection of Nuclear Power Plant Components, Section XI, Division 1, Subsection IWE
- [10] NUREG 1611 - Aging Management of Nuclear Power Plant Containments for License Renewal
- [11] Safety Standards of the Nuclear Safety Standards Commission (KTA), Steel Containment Vessels; part 4: Inservice Inspections, KTA 3401.4 (1991)
- [12] EPRI TR-103835 (1994) - PWR Containment Structures License Renewal Industry Report – Rev.1
- [13] NA-SA, PT 01/73 – Informe de las primeras pruebas de la tasa de fugas en la contención de CNAI
- [14] NA-SA, Informe Final de Seguridad – Capitulo 1 / Capitulo 6 (2003)
- [15] Nuclear Regulatory Commission, Corrosion of steel containment and containment liner, Information notice 2004-09, NRC (2004)
- [16] AR 3.4.3 - Sistema de confinamiento en reactores nucleares de potencia

4.1.4.4 Documentación afectada

N/A

4.1.5 Responsabilidades

El personal del departamento de Gestión de Envejecimiento de la CNA-I es responsable de coordinar las tareas que se desprenden del siguiente informe las cuales serán llevadas a cabo por sectores específicos.



4.1.6 Desarrollo

4.1.6.1 Alcance

El presente programa de gestión de envejecimiento (PGE) está orientado a definir las tareas de detección, monitoreo y mitigación de los efectos del envejecimiento de la contención metálica de la CNA-I, consignada como sistema XA. Se ha elaborado siguiendo los lineamientos establecidos en el Programa Integrado de Gestión de Envejecimiento de la Central Nuclear Atucha I/II. Dentro de cuyo marco se ha determinado la "Lista de sistemas incluidos dentro del alcance del PIGE de la CNA-I"

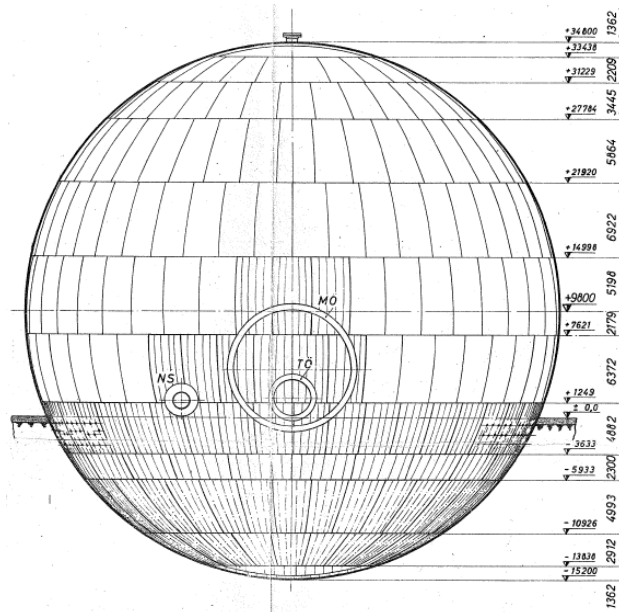
La central no dispone de carro de inspección para acceder a todo el hemisferio superior de la contención.

Quedan excluidas de este programa las penetraciones mecánicas (sistema XF), de cables (sistema XG) y las esclusas de personal (XC) y de emergencia (XD) ya que recibirán un tratamiento separado, con PGE independiente.

4.6.1.1.1 Descripción

La contención metálica consiste en una estructura de acero, rodeada de hormigón y resistente a la presión. Engloba al sistema de generación de vapor nuclear y protege al medio ambiente de sustancias radiactivas en caso de que se produjera un accidente con pérdida de refrigerante (LOCA).

Se trata de una construcción esférica (plano M29-001) de chapa acero estructural grano fino BHW 22 / BHW 25 / BHW 33 de 50m de diámetro y espesores entre 20 y 30mm según zona. Por debajo del nivel -4.70m, la cara externa de la esfera se encuentra en contacto con el hormigón del edificio de la contención una altura de 10.5 m, mientras que por encima del nivel mencionado, hay una cámara de aire (edificio anular) entre la esfera y la estructura de hormigón.



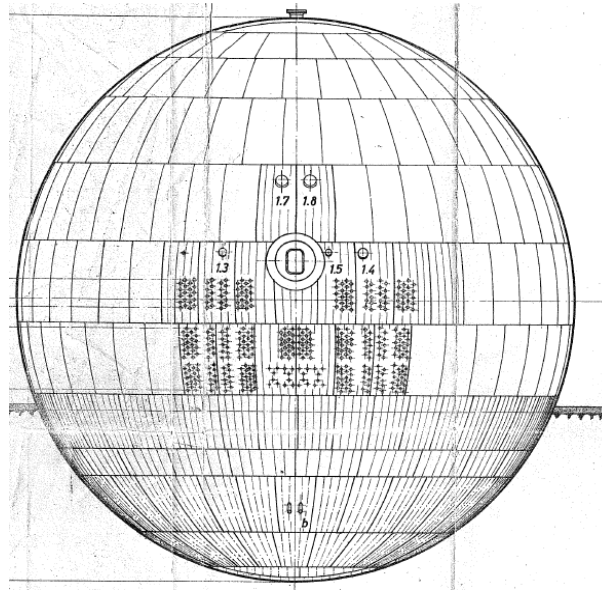


Figura N°1 y N°2: Detalles constructivos en zonas, aperturas de grandes componentes, penetraciones mecánicas y eléctricas, esclusa de personal y esclusa de emergencia.

Según se observa en las Figuras N° 1 y N°2 la contención verticalmente se divide en 12 zonas (I a XII) situándose la zona I a -15,2m y la XII a unos +34,8m. Ha sido montada a partir de una serie de segmentos trapezoidales individuales soldados entre sí dando lugar a unidades mayores. Estas unidades mayores conforman los anillos de la esfera a las distintas zonas.

Los cordones de soldadura de los diferentes bloques que dan forma a la contención fueron inspeccionados de la siguiente manera:

- Visual 100%
- Ultrasonido 100%. Si no aparecían defectos se aprobaban OK. Si existían defectos no aceptables o dudas en la interpretación se radiografiaba dicha zona. En caso que la radiografía no revele defectos o estos sean sin importancia (pequeños poros o inclusiones no alargadas) se daba en aprobado OK. Si existían fallas se ordenaba la reparación. Luego de reparado se radiografiaba y si se eliminaba el defecto se daba el aprobado OK.

Comprende además una abertura de montaje (12 m de diámetro) para el transporte de grandes componentes como el recipiente a presión o los generadores de vapor y una abertura de transporte más pequeña (4.7 m de diámetro) montada sobre ésta, utilizada para el ingreso de componentes grandes (Planos M29-005/006). Ambos accesos sólo deben utilizarse en casos especiales y estando el reactor fuera de servicio, ya que establecen una comunicación directa entre el interior de la esfera y el exterior

La abertura de montaje está cerrada con tornillos, tuercas y arandela estructurales de alta resistencia (HV) y la hermeticidad se asegura por una caja de sellado de doble pared cuya estanqueidad puede ser controlada en cualquier momento. Los equipos pequeños pueden ser ingresados por el personal a través de la esclusa de personas (XC).

En operación normal la contención trabaja en depresión con respecto al edificio anular de forma tal de evitar la fuga de productos radiactivos hacia el exterior. La esfera metálica se encuentra diseñada para soportar condiciones de 2,8 atm de presión y 125°C de temperatura, valores que surgen de un accidente tipo LOCA en el cual se libera la entalpia contenida de la masa total del sistema primario (refrigerante-moderador) y el contenido total de vapor y agua de alimentación de un generador de vapor.

Tanto el aire interior como exterior de la esfera de contención está controlado por el sistema TL (sistema de ventilación en zonas controladas). Este sistema filtra, deshumidifica, enfría y calienta, filtra polvo en suspensión y elimina partículas radiactivas. Sumado a lo anterior recircula el aire interior de la contención y del recinto anular y mantiene las depresiones requeridas en los diversos compartimentos.

4.6.1.1.2 Mecanismos de degradación

A continuación se listan los principales MDRE presentes en el grupo de componentes. Para un mayor detalle de cómo afectan estos mecanismos a cada subgrupo de componentes, cuales son los efectos del envejecimiento, los sitios susceptibles, los métodos de detección y evaluación etc. remitirse al ítem 6.3.1 de este documento.

- Corrosión generalizada
- Corrosión por rendijas
- Fatiga

4.1.6.2 Acciones preventivas y mitigatorias

Típicamente las superficies de las contenciones de acero de las centrales nucleares se encuentran con un recubrimiento de forma tal de evitar la corrosión y para facilitar la descontaminación de superficies. Estos recubrimientos son seleccionados y aplicados de acuerdo a recomendaciones de los fabricantes, los cuales utilizan estándares internacionales para la formulación de los mismos. La gran mayoría de los mecanismos de degradación dependen fuertemente de la calidad de la aplicación inicial del recubrimiento y la posibilidad de ejecutarles mantenimiento.

En el caso de la contención de acero de Atucha I para protección de la superficie metálica se le dio el siguiente tratamiento:

- Lado reactor (interior) se ha aplicado un recubrimiento con pintura epoxi. Estas superficies no se vuelven a pintar con periodicidad.
- Lado edificio anular (exterior) la superficie no se encuentra pintada.

4.1.6.3 Detección de MDRE

4.1.6.3.1 Mecanismos de degradación y efectos



Tabla 1 Mecanismo de degradación relacionados con el envejecimiento

Componente/ Estructura	MDRE	Material	Activo/ potencial	Efectos del envejecimiento	Sitios susceptibles	Detección
Esfera metálica (XA)	Corrosión generalizada	Acero estructural grano fino BHW 25 / BHW 33	Potencial	Pérdida de material. Reducción del espesor de pared.	Superficies expuestas a oxígeno y humedad.	Inspección Visual
	Corrosión en rendijas		Potencial	Pérdida localizada del material en el área de la rendija.	Zonas del acero embebidas en concreto. Asiento de bulones de la abertura de montaje y transporte.	Inspección Visual
	Fatiga		Potencial	Crecimiento y propagación de fisuras.	Zonas expuestas a temperaturas fluctuantes, especialmente durante los ciclos de parada y puesta en marcha. Puntos con más de un material con coeficientes de expansión diferentes como las penetraciones de cañerías que operan con fluidos calientes.	Inspección Visual / Prueba de funcionamiento

A continuación se describen los principales MDRE presentes en este grupo de componentes.

- **Corrosión Generalizada:** Reacciones química y electroquímica entre un metal y el ambiente circundante que resultan en una pérdida de material de manera uniforme sin ataque localizado apreciable. El proceso de corrosión generalizada es causado comúnmente con agua con elevado contenido de oxígeno, situación común durante



las paradas (Otros potenciadores son el pH y la temperatura). Produce la pérdida de material y espesor, en un daño aproximadamente uniforme. Son susceptibles los componentes de acero al carbono.

- **Corrosión en rendijas:** Corrosión localizada debida a un efecto de concentración en volúmenes confinados o remoción de capas pasivantes. Se produce en rendijas o áreas estancas o de baja renovación de fluido que promuevan la generación de un ambiente corrosivo que puede diferir significativamente del ambiente externo (cambio en el pH, contenido de oxígeno o química del fluido). Se remueve el material de forma localizada en el área de la rendija. Se encuentra en uniones o asientos de bulones o en metales embebidos en concreto.
- **Fatiga:** Fenómeno que lleva a la fractura de un material bajo tensiones reiteradas o fluctuantes de máximo valor menor que la tensión máxima del material. La falla de componentes puede ocurrir debido a condiciones de operación que no fueron inicialmente consideradas desde el diseño y genera daño estructural progresivo y localizado, crecimiento y propagación de fisuras y falla de componentes. Luego de reiterados ciclos de carga (tensión fluctuante) de magnitud suficiente, se puede acumular daño microestructural conduciendo al inicio de fisura en las regiones más vulnerables. Las cargas cíclicas posteriores pueden llevar al crecimiento de la fisura. Los tipos de fatiga son: corrosión-fatiga, fatiga térmica, fatiga vibracional. Puede ocurrir en zonas próximas a equipos con alta vibración o a temperaturas fluctuantes.

4.1.6.3.2 Técnicas de inspección y detección

Inspección visual

El examen visual sirve para evaluar el estado general de la instalación durante los recorridos de la planta, así como también para evaluar el estado de los componentes individuales cuando se trata de una inspección específica.

Pueden realizarse de manera directa o con la ayuda de dispositivos ópticos para objetos lejanos u ocultos. Las inspecciones visuales se realizan en busca de cambios en la superficie (signos de corrosión, manchas, alteración de pintura protectora, descascaramiento), daños mecánicos (deformaciones), estado de los bulones de seguridad de las aberturas de montaje y transporte e indicios de pérdidas. La secuencia empleada durante la primera inspección se ha de repetir en las inspecciones subsiguientes.

A continuación se listan las áreas sujetas a inspección visual y la periodicidad recomendada por el código alemán KTA 3401.4 (06/91) Ítem 3.2.1.1:

- Las regiones de la contención visualmente accesibles (tanto internas como externas) sin la necesidad de desarme de otros componentes, superficie de la pared, regiones próximas a las penetraciones y esclusa, cordones de soldadura sobre la contención. Anualmente y de manera aleatoria se han de inspeccionar zonas puntuales representativas de cada región de la contención. Estas regiones deben ser elegidas de forma tal que al cabo de cuatro años, toda la superficie accesible haya sido observada.



- De manera aleatoria se han de inspeccionar zonas de la aislación térmica de la contención, prestando especial atención a aquellos que presenten daños por corrosión y cambios en la capacidad de aislación causados por ingreso de humedad. Estas regiones deben ser elegidas de forma tal que al cabo de cuatro años, toda la superficie haya sido observada.

Debido al evento IRS 1201 reportados en dos plantas alemanas PWR y sospechando la posible acumulación de agua detrás de la aislación producto de la condensación de vapor dentro de la esfera con consecuencias de corrosión, es que durante la parada programada 2015 (Informe de Trabajo N°72/15) se realizó una inspección visual áreas seleccionadas de la cara interna cubiertas con aislación térmica, dando como resultado nulos indicios de corrosión.

- Zonas visualmente accesibles de las aberturas de transporte y montaje sin necesidad de desarme de otros componentes. Cordones de soldadura de la misma y aspecto de la bulonería. La frecuencia recomendada es de 4 años.

Pruebas de estanqueidad (Velocidad de Fuga)

La prueba de velocidad de fuga se realiza mediante la verificación de la tasa de pérdida integral de la esfera de contención. Esto se consigue a través del método de la presión absoluta cuyos requerimientos se detallan en la norma DIN 25436, equivalente a la Norma KTA 3405. Los tiempos estipulados por el código alemán KTA 3401.4 indican una frecuencia de ejecución cada 4 años, la cual puede ser alterada considerando la experiencia operativa de la central o incrementarse si el resultado de la prueba solo es satisfactorio luego de medidas correctivas.

En CNAI, según indica el procedimiento 1.XA.01.P que se encuentra en el manual de pruebas repetitivas, la prueba de velocidad de fuga de la esfera de contención se ejecuta cada 8 años. El mismo consiste en determinar la variación temporal de presión absoluta en el interior de la esfera de contención, corrigiendo las mediciones por temperatura y humedad del aire. La esfera se presuriza a 0,5 bar, lo que equivale a ingresar aproximadamente 25000 m³ de aire libre de aceite y en condiciones de temperatura y humedad lo más próximas posible a las existentes en el interior de la misma.

En CNAI también se realiza la ejecución del control periódico 2C.XA.02.P “Estanqueidad de entrada de grandes componentes a la esfera de contención” cuando suceda alguna de las siguientes condiciones:

- Luego de cada apertura / cierre de las aberturas de montaje y transporte
- Como tarea previa a realizar la prueba periódica 1.XA.01.P. Debido a esta condición se deberá realizar con la central en funcionamiento y previo a parada programada.



Ensayos no destructivos

Algunas superficies necesitarán una inspección más detallada que la visual cuando experimentan degradación. Éstas pueden ser superficies interiores o exteriores sujetas a corrosión acelerada y con pequeño espesor de corrosión o que no están cubiertas por la pintura protectora y se ven corroídas o con picado. En especial ocurre en áreas expuestas a ciclos de mojado y secado, pérdidas frecuentes de los equipos de proceso, o con geometrías propicias para la acumulación de líquidos. Ejemplos usuales son las penetraciones, refuerzos, interfaces concreto-acero, zonas embebidas y áreas de drenaje o sumideros. También debe prestarse atención para detectar zonas interiores o exteriores que sufran desgaste excesivo por abrasión o erosión que provoque la pérdida de las capas protectoras, deformación o pérdida de material. Típicamente esto puede presentarse en áreas con mucho tránsito de personal o equipos, piezas deslizantes o con alta vibración, soportes o al alcance de las descargas de válvulas de alivio de presión.

En cuanto a los ensayos no destructivos se adopta lo establecido en el código ASME XI IWE-2000.

4.1.6.4 Monitoreo y análisis de tendencias

Las superficies que se encuentren dañadas durante las inspecciones deberán ser observadas con mayor periodicidad. Requiriendo en la medida en que sea posible un registro fotográfico o descriptivo de las dimensiones y localizaciones del defecto a fin de monitorear su evolución. En caso de que las sucesivas inspecciones revelen que la zona no presenta mayores cambios y la degradación no avanza, se podrá volver a los períodos normales de inspección.

Sumado a lo anterior a través de la comparación de las pruebas integrales de velocidad de fuga según la prueba repetitiva 1.XA.01.P es factible evaluar el estado general de la contención.

4.1.6.5 Criterio de aceptación

La norma KTA 3405 y la prueba 1.XA.01.P que se encuentra en el manual de pruebas repetitivas de CNAI proveen los criterios de aceptación para la prueba integral de fugas. En la Tabla N° 3 y Grafico N° 1 se indican los resultados y evolución de la prueba de velocidad de fuga a lo largo de los años de operación de la central.

Tabla 3 - Resultados Prueba de Velocidad de Fuga

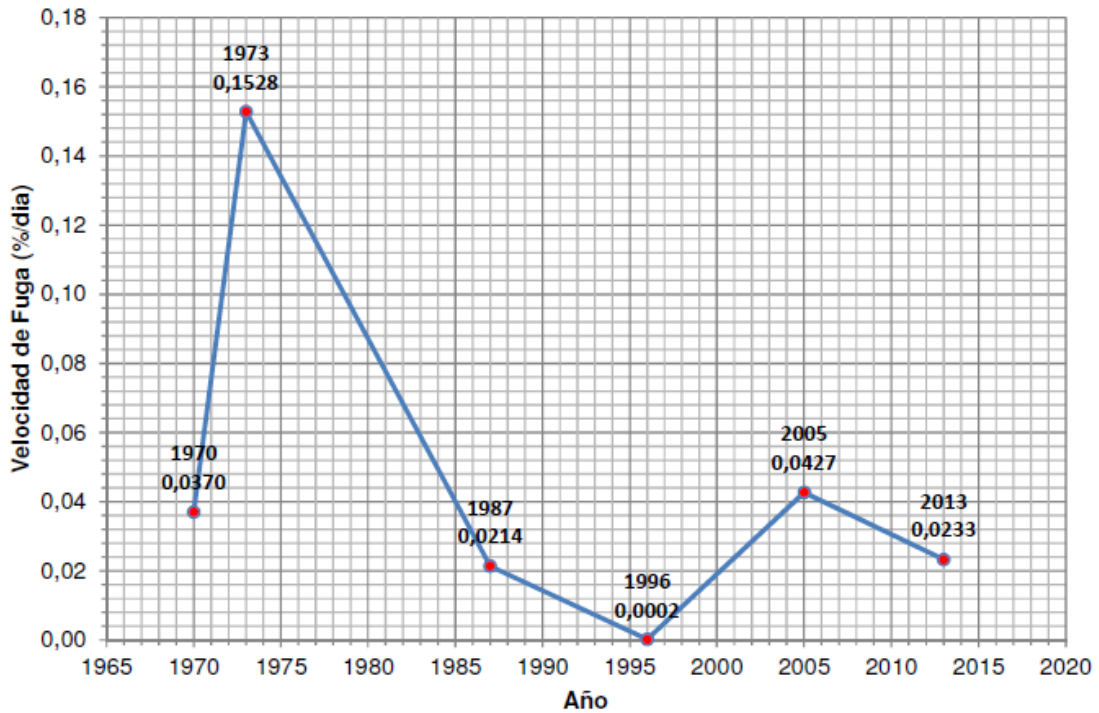
Fecha	Tiempo entre Pruebas [Días]	Duración de la Prueba [hs]	Presión Manométrica [Bar] ⁽¹⁾	L [% del volumen/día] ⁽²⁾
1970	***	Prueba de Presión Inicial	2,766	0,0350
1970	***	37	0,451	0,0370
1973	1154	46	0,486	0,1528
1987	5176	57	0,527	0,0214
1996	3209	32	0,520	0,0002
2005	3107	28	0,530	0,0427
2013	2963	No se emitió el informe		0,0233

(1) Presión manométrica de la prueba repetitiva. Este valor corresponde a la presión de estabilización previo a la toma de mediciones.

(2) Velocidad de fuga medida durante la prueba repetitiva.



Grafico 1 - Resultados Prueba de Velocidad de Fuga



En cuanto a los defectos en la pared de la contención se adoptan como criterios de aceptación lo establecido en el código ASME XI IWE-3000.

4.1.6.6 Acciones correctivas

La contención metálica ha sido diseñada para perdurar durante toda la vida programada de la central. La prevención del deterioro de sus componentes se consigue con un control del contenido de humedad de la atmósfera interior y la aplicación de pinturas anticorrosivas superficiales.

Ante la eventual detección de degradación de la contención se indica atacar la fuente que origina el problema (por ejemplo: reducir los niveles de oxígeno u otros químicos corrosivos o mejorar la aislación de penetraciones de caños que manejan fluidos a altas temperaturas). También será factible implementar programas de inspección especiales para examinar periódicamente estas zonas y monitorearlas.

Si el daño es mayor puede ser necesario el reemplazo o reparación de la zona incluyendo la reposición de los recubrimientos anticorrosivos. Se deberá verificar que es aceptable y seguro continuar con la planta en servicio y no está en juego la integridad estructural ni la hermeticidad del edificio.

Para aquellas zonas de la contención que requieran reparación o reemplazo se seguirá lo establecido en el código ASME XI IWA-4000 y las reexaminaciones según ASME XI IWA-2200

4.1.6.7 Confirmación y evaluación

Un programa de Gestión de Envejecimiento efectivo debe lograr una adecuada comprensión de los MDRE presentes. Para lograr esto se deberá tener en cuenta el diseño, fabricación, montaje, operación, y mantenimiento de la contención.

Deberán establecerse criterios para determinar si el Programa de Gestión es efectivo. En líneas generales se puede afirmar que el PGE es efectivo si:

- El mismo se encuentra documentado, cuenta con procedimientos aprobados, y documentación acorde a los procedimientos administrativos de la planta.
- Los procedimientos aseguran que las funciones de seguridad de los componentes podrán ser desempeñadas por los mismos, a pesar de los efectos de los MDRE.
- Los procedimientos establecen criterios de aceptación específicos contra los cuales contrastar la necesidad de acciones correctivas.

Deberá implementarse un sistema que certifique y registre que las acciones correctivas fueron llevadas a cabo y que son adecuadas y efectivas.

Cada sistema deberá tener un historial de mantenimiento dónde se detalle, como mínimo, lo siguiente: acciones correctivas realizadas, responsables de cada tarea, resultados obtenidos, procedimientos aplicados si es que existen, análisis de tendencias, etc.

4.1.6.7.1 Indicadores

Los valores de la tasa de pérdidas de la prueba repetitiva 1.XA.01.P así como los datos relacionados a la cantidad de recursos empleados en las inspecciones y reparaciones (Ej.: horas-hombre) podrán ser usados para definir indicadores estadísticos que permitan evaluar la eficacia del programa.

4.1.6.8 Controles administrativos

Se debe asegurar que las acciones correctivas sean implementadas y efectivas. Esto se consigue esencialmente mediante la correcta documentación de las tareas. Lo que implica:

- La claridad, disponibilidad y actualización permanente de los procedimientos de inspección.
- La programación de las inspecciones a realizar.
- La actualización oportuna del estado de los componentes incluidos en el alcance de este programa con respecto a la realización efectiva o no de la inspección.
- El registro de los componentes que no presentaron signos de envejecimiento en la inspección, así como de aquellos que sí los presentaron con su respectivo análisis, procedimiento de corrección y futuras acciones a tomar.



- La documentación posterior a las intervenciones correctivas, detallando cómo se ejecutó la tarea, el personal responsable, la ocurrencia de hechos imprevistos y los resultados de los ensayos posteriores que certifiquen que el resultado final es aceptable.

Los controles administrativos de toda la documentación abarcada por este PGE deberán estar en concordancia con aquellos aplicados al resto de la documentación de la Central y requerirán las verificaciones usuales del QA de la planta.

4.1.6.9 Experiencia operativa

No hay antecedentes de Eventos Internos (EI) relevantes para el estudio del envejecimiento de este sistema.

Desde el punto de vista de los eventos externos se ha encontrado el reporte de corrosión en contenciones de acero en los puntos de contacto del suelo con la estructura metálica, o por acumulación de agua de drenajes. En estos casos se realizaron mediciones del espesor por ultrasonido, se aplicaron barreras contra la humedad en la junta de los materiales y se limpiaron y repintaron las zonas afectadas. Se aumentó además la frecuencia de inspección en las zonas afectadas (NRC IN 2004-09 / IRS 1201).

4.1.6.10 Obsolescencia

N/A

4.1.7. Registros

N/A

4.1.8. ANEXOS



CAPITULO V

5.1 Programa de Gestión de Envejecimiento – Esclusa de Personal (XC)

5.1.1 Objetivo

Proveer las bases para el establecimiento de un Programa de Gestión de Envejecimiento que permita la detección temprana y adecuada mitigación de los Mecanismos de Degradación Relacionados con el Envejecimiento en la esclusa de personal (Sistema XC) de forma tal que la misma preserve su integridad estructural.

5.1.2 Alcance

Este documento es aplicable a los componentes del sistema XC denominado bajo la nomenclatura indicada en “Ordenamiento de los Sistemas de la CNA I” Rev.3
Para el alcance específico remitirse al punto 5.1.6.1 de este documento.

5.1.3. Abreviaturas y definiciones

5.1.3.1 Abreviaturas

- *CNA-I: Central Nuclear Atucha I*
- *CNEA: Comisión Nacional de Energía Atómica*
- *END: Ensayos no destructivos*
- *XA: Contención metálica de acero*
- *XC: Esclusa de Personal*
- *XD: Esclusa de Emergencia*
- *LOCA: Accidente de pérdida de refrigerante (Loss Of Coolant Accident)*
- *PIGE: Programa Integral de Gestión de Envejecimiento*
- *PGE: Programa de Gestión de Envejecimiento*
- *MDRE: Mecanismos de Degradación Relacionados con el Envejecimiento*
- *KTA: Comisión de estándares de seguridad nuclear alemana*

5.1.3.2 Definiciones

N/A

5.1.4. Referencias

5.1.4.1 Antecedentes

N/A



5.1.4.2 Documentación aplicable

- [1] PI-E-01 Programa Integrado de Gestión de Envejecimiento de las Centrales Nucleares Atucha I-II
- [2] IT 78/11 Lista de sistemas incluidos dentro del alcance de Programa Integral de Gestión de Envejecimiento de la Central Nuclear Atucha I – Rev.0

5.1.4.3 Referencias bibliográficas

- [3] IT 149/15 Evaluación de estado del sistema XC - Rev. 1
- [4] Manual de Operación – Tomo I – Capítulo 12.2
- [5] M29 Sistema XC: Planos constructivos Sistema XC
- [6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Assessment and management of ageing of major nuclear power plant components important to safety: Metal components of BWR containment systems, TECDOC 1181, IAEA (2000)
- [7] IAEA TECDOC 1025 - Assessment and management of ageing of major nuclear power plant components important to safety: Concrete containment buildings
- [8] NUREG 1611 - Aging Management of Nuclear Power Plant Containments for License Renewal
- [9] Safety Standards of the Nuclear Safety Standards Commission (KTA), Steel Containment Vessels; part 4: Inservice Inspections, KTA 3401.4 (1991)
- [10] Safety Standards of the Nuclear Safety Standards Commission (KTA), Airlocks on the Reactor Containment of Nuclear Power Plants - Personnel Airlocks, KTA 3402 (2014)
- [11] Safety Standards of the Nuclear Safety Standards Commission (KTA), Airlocks on the reactor containment of nuclear power plants - Equipment airlocks, KTA 3409 (2009)
- [12] EPRI, PWR Containment Structures License Renewal Industry Report; Revision 1, TR-103835 (1994)
- [13] American Society of Mechanical Engineers (ASME) - Rules for Inservice Inspection of Nuclear Power Plant Components, Section XI, Division 1, Subsection IWE
- [14] NA-SA, Informe Final de Seguridad – Capítulo 1 / Capítulo 6 (2003)
- [15] Nuclear Regulatory Commission, Corrosion of steel containment and containment liner, Information notice 2004-09, NRC (2004)

5.1.4.4 Documentación afectada

N/A

5.1.5. Responsabilidades

El personal del departamento de Gestión de Envejecimiento de la CNA-I es responsable de coordinar las tareas que se desprenden del siguiente informe las cuales serán llevadas a cabo por sectores específicos.



5.1.6. Desarrollo

5.1.6.1 Alcance

El presente programa de gestión de envejecimiento (PGE) está orientado a definir las tareas de detección, monitoreo y mitigación de los efectos del envejecimiento que pudieran afectar a la esclusa de personal de la CNA-I, consignada bajo la nomenclatura XC y su circuito hidráulico asociado. Se ha elaborado siguiendo los lineamientos establecidos en el PI-E-01 Programa Integrado de Gestión de Envejecimiento de las Centrales Nucleares Atucha I-II [1], dentro de cuyo marco se ha determinado la “Lista de sistemas incluidos dentro del alcance del PIGE de la CNA-I” [2]

En relación al circuito hidráulico, no se llevó a cabo una selección y priorización de componentes de manera individualizada, ya que todas sus partes se consideran importantes para la seguridad para poder asegurar la función de contención del edificio y su hermeticidad. Al tratarse de cañerías y válvulas de pequeño diámetro, que operan con fluido hidráulico y que están montadas sobre la propia esclusa, no se considera pertinente incluir estos equipos dentro de otros PGE, si no englobarlos dentro de este único Programa de Gestión de Envejecimiento como una unidad.

La esclusa principal constituye el acceso principal al edificio del reactor permitiendo el acceso controlado a la contención. Los criterios de diseño, tales como presión, temperatura y fugas máximas son los mismos que los de la esfera de contención. La esclusa puede utilizarse tanto en las condiciones de presión máxima como de depresión máxima.

El grupo de componentes que forman parte de la esclusa de personal son los siguientes:

- Componentes estructurales y mecánicos.
- Sistema hidráulico
- Componentes poliméricos (sellos y juntas)

La esclusa de personal se encuentra situada en la cota +12,0m y limita físicamente con el sistema XA en la unión soldada de diámetro 5160 mm. (Plano M29-0054 detalle K). El cuerpo de la esclusa tiene forma cilíndrica por ambos lados, está provista de fondos bombeados donde se alojan las puertas. En cada extremo se ubica una perforación rectangular (1500 x 2200 mm) las cuales permiten el tránsito simultáneo de por lo menos 8 personas y equipos pequeños. Dos bridas soldadas a las aberturas de cada extremo le dan resistencia a la estructura.

Las puertas tienen forma bombeada; la parte cóncava está reforzada con nervios y traviesas horizontales que aumentan su rigidez. Están provistas de juntas dobles (Caucho EPDM), dispuestas paralelamente a una distancia de unos 80 mm y fijadas en la contrabrida del cuerpo de la esclusa. Las bridas de las puertas son completamente lisas y están recubiertas por una capa fina de teflón para proteger contra la corrosión y contra la adherencia de las juntas después de un tiempo de cierre prolongado.



Dos grupos de válvulas compensadoras de presión están asociadas a cada puerta. Mientras que una permite igualar la presión dentro de la esclusa con la presión interna de la contención, la otra permite alcanzar la presión externa dentro de la esclusa. Se trata de válvula de disco, de asiento oblicuo provisto de muelle y con diámetro nominal de 150 mm. Tanto el circuito principal como el circuito de emergencia están provistos de dos válvulas. A los cuerpos de las válvulas están unidos los cilindros hidráulicos correspondientes, (diámetro de 80 mm., embolada de 50 mm) por medio de bridas. El accionamiento de las válvulas sólo es posible efectuarlo por medio de un fluido a presión, es decir, después de la conexión de las tuberías de aceite a presión.

La esclusa se maniobra desde 3 paneles; de los cuales dos se encuentran por el lado exterior de las puertas y uno de ellos en el interior de la esclusa. Las bombas necesarias para el accionamiento manual se encuentran en las proximidades de los paneles de maniobra, así como los mandos necesarios para la conmutación del sistema de accionamiento eléctrico a manual

Las puertas, mecanismos de bloqueo y las válvulas de igualación de presión de la esclusa principal tienen accionamientos hidráulicos; estos cilindros hidráulicos son de doble efecto y constan de componentes muy simples y de un elevado grado de fiabilidad. Por razones de seguridad el accionamiento hidráulico de todos los mecanismos de la esclusa está constituido por dos circuitos totalmente separados: Un circuito electrohidráulico principal y otro circuito manual de emergencia, para el caso de fallos de energía eléctrica u otras averías. El sistema de emergencia es también de tipo hidráulico aunque el aceite a presión está suministrado por bombas manuales. Todos los cilindros hidráulicos están duplicados; en el caso de las válvulas de igualación de presión, las mismas válvulas hidráulicas están duplicadas, siendo las cuatro totalmente idénticas e intercambiables.

La apertura secuencial de las puertas permite que en todo momento una de las dos puertas permanezca cerrada (al igual que su correspondiente válvula ecualizadora) asegurando así que no haya ningún paso libre entre las áreas externas e internas de la contención. Este bloqueo mutuo entre las puertas sólo puede ser liberado por medidas especiales. La posición de reposo corresponde a la puerta interna abierta, y la externa bloqueada y el acceso debe ser habilitado desde sala de control.

La unidad hidráulica incluye esencialmente una bomba de aceite helicoidal con su respectivo motor, válvulas hidráulicas (de retención, de regulación y alivio de presión y de bloqueo de instrumentos), filtros de aceite y medidores de presión y nivel. El interior de tanque de aceite debe estar provisto de con una protección para la corrosión y los caños de entrada y salida del mismo cuentan con un filtro. Todos los caños deben contar con válvulas de aislación. En el Anexo A se incluye una lista de los componentes que conforman el sistema hidráulico de la esclusa.



Tabla 1: Datos de diseño de la esclusa de personal – Sistema XC

Diámetro del Cuerpo [mm]	3350
Longitud [mm]	6415
Dimensiones de las Puertas [mm]	2200 X 1500
Presión de Diseño [atm]	2.8
Temperatura de Diseño [°C]	125
Depresión Máxima en Servicio [mm c.a]	200
Presión de Prueba [atm]	3.08
Materiales de la Chapas	Acero Estructural de Grano Fino - BHW 25 / ASt 41

El cableado eléctrico de la esclusa queda excluido del alcance del presente programa de gestión de envejecimiento.

Tabla 2: Componentes de la esclusa

Componente	Descripción	Materiales
Cañerías del circuito hidráulico	Cañerías de pequeño diámetro que integran el circuito hidráulico y operan con aceite a baja temperatura, montados sobre la propia estructura de la esclusa.	Acero al carbono con recubrimiento de pintura protectora anticorrosiva
Mangueras del circuito hidráulico	Conectores flexibles instalados en el circuito hidráulico	Compuestos elastoméricos de calidad comercial
Válvulas, cilindros y bombas del circuito hidráulico	Válvulas de pequeño diámetro, cilindros hidráulicos y bombas de accionamiento manual y eléctrico	Acero al carbono con recubrimientos metálicos resistentes a la corrosión y acero al carbono con recubrimientos protectores (esquemas de pintura) resistentes a la corrosión
Funcionamiento de prioridades de apertura, cierre y enclavamiento	Accionamientos de transmisión por ejes, cadenas y piñones.	Acero al carbono con recubrimiento de pintura protectora anticorrosiva
Piso y chapas protectoras de puertas	Piso de placas metálicas planas y placas curvas para protección de las puertas	Acero al carbono de grano fino: BHW 33/3C; BHW25/3S ; BHW22/3C
Puertas, marcos y envolvente	Cabezales toriesféricos, soldados a la contención Puertas con marcos reforzados	Acero al carbono de grano fino: BHW 33/3C; BHW25/3S ; BHW22/3C
Sellos y juntas poliméricas	Elementos flexibles que permiten el sellado de las puertas	Compuestos elastoméricos de calidad comercial



5.1.6.1.1 Mecanismos de degradación

A continuación se listan los principales MDRE presentes en el grupo de componentes. Para un mayor detalle de cómo afectan estos mecanismos a cada subgrupo de componentes, cuales son los efectos del envejecimiento, los sitios susceptibles, los métodos de detección y evaluación etc. remitirse al ítem 5.6.3.1 de este documento.

- Corrosión generalizada
- Corrosión por rendijas
- Fatiga
- Radiólisis y daño por radiación (polímeros)
- Degradación térmica de materiales orgánicos
- Erosión
- Desgaste

5.1.6.2 Acciones preventivas y mitigatorias

Para asegurar el correcto funcionamiento del sistema hidráulico debe conservarse limpio el aceite. Con este fin se indica mantener cerrado el recipiente de aceite procurando así que no ingrese ni agua ni polvo. Corroborar mensualmente el nivel de aceite en el tanque (que se alcance la marca inferior del indicador de nivel) y rellenar cuando fuera necesario. El aceite nuevo debe introducirse por el caño de relleno (el aceite puede ser Turbina R32, o de la misma clase de viscosidad)

El cambio total de aceite sólo debe realizarse en base a análisis anuales de las propiedades del fluido. Esta actividad se enmarca dentro de las tareas de mantenimiento y se realiza siguiendo estándares, como ASTM D para la medición de la concentración de partículas. La cantidad de aceite requerida para un cambio normal es de 60 litros. Cuando se vacíen parcialmente partes del sistema hidráulico, será necesario purgar el circuito de aire, accionando repetidas veces el servicio eléctrico hasta que los cerrojos y cilindros de giro funcionen sin tirones. El cilindro de presión y las válvulas compensadoras requieren un procedimiento específico para ser desaireados. La correcta eliminación de aire puede verificarse por la ausencia de: aire en el recipiente (espuma), ruidos y tirones en el movimiento de los cilindros. Si bien esto no es relevante desde el punto de vista de la degradación de los materiales, es un procedimiento requerido para el buen funcionamiento operativo del sistema.

Con respecto a los componentes que requieren lubricación con grasa (cojinetes de bronce, rodamientos de bolas y rodillos, cojinetes de deslizamiento del eje de accionamiento, polípasto de cadena y ruedas dentadas de la segunda barra de bloqueo, etc.) se recomienda realizar cada 4 meses. A su vez para los piñones y cadenas se debe realizar limpieza, control de estado y tensión cada 1 año.



En lo que respecta a las juntas poliméricas de las puertas, se recomienda espolvorearlas con talco para su preservación y mantener las bridad lisas de la puertas recubiertas por una capa fina de teflón para proteger contra la adherencia de las juntas después de un tiempo de cierre prolongado.

Con respecto al mantenimiento para las juntas de válvulas y mirilla de la puerta como práctica habitual en los componentes elastoméricos, se recomienda extraer al menos una vez cada diez años una junta para analizar su estado por inspección visual y en caso de que se la encuentre rigidizada reemplazarla.

5.1.6.3 Detección de MDRE

5.1.6.3.1 Mecanismos de degradación y efectos

Tabla 3 Mecanismos de degradación relacionados con el envejecimiento

Componente/ Estructura	MDRE	Material	Activo/ potencial	Efectos del envejecimiento	Sitios susceptibles	Detección
Cañerías del circuito hidráulico	Corrosión generalizada	Acero al carbono protegido por pinturas anticorrosivas	Potencial	Pérdida de material	Superficies externas de cañerías cuyo recubrimiento se pudiera haber dañado	Inspección Visual
	Fatiga		Potencial	Falla/ rotura	Caños de pequeño diámetro sometidos a vibraciones durante el accionamiento	Inspección Visual / Prueba de funcionamiento
	Erosión		Potencial	Pérdida de material	Superficies internas de cañerías	Análisis de aceite
Mangueras flexibles del circuito hidráulico	Degradación térmica de materiales orgánicos	Compuestos elastoméricos de calidad comercial	Activo	Endurecimiento / Pérdida de ductilidad	Conectores flexibles	Reemplazo por mantenimiento periódico
	Radiólisis y daño por radiación (Polímeros)		Potencial	Pérdida de propiedades / Fragilización	Conectores flexibles	Reemplazo por mantenimiento periódico
Válvulas y bombas del circuito hidráulico	Corrosión generalizada	Acero al carbono / Fundición de Acero	Potencial	Pérdida de material	Superficies externas, expuestas a ambientes húmedos	Inspección Visual
	Erosión		Potencial	Pérdida de material	Cañerías, carcaza de bomba, filtros, internos de válvulas direccionales	Inspección Visual / Análisis de aceite

Componente/ Estructura	MDRE	Material	Activo/ potencial	Efectos del envejecimiento	Sitios susceptibles	Detección
	Desgaste	Elastómero resistente a alta presión hidráulica	Activo	Pérdida de material	Internos de válvulas direccionales	Reemplazo por mantenimiento periódico
Funcionamiento de prioridades de apertura, cierre y enclavamiento	Corrosión generalizada	Acero al carbono / Fundición de Acero	Potencial	Pérdida de material	Superficies externas, expuestas a ambientes húmedos	Inspección Visual
	Corrosión por rendijas		Potencial	Pérdida de material en forma localizada	Asientos de bulones y superficies de contacto estrechas	Inspección Visual
	Desgaste		Potencial	Pérdida de material	Transmisión por ejes, cadenas y piñones	Inspección Visual
Piso y chapas protectoras de puertas	Corrosión generalizada	Acero al carbono de grano fino BHW 33/3C; BHW25/3S; BHW22/3C	Potencial	Pérdida de material	Superficies de acero al carbono expuestas a ambientes húmedos en presencia de oxígeno, cordones de soldadura	Inspección Visual
	Corrosión por rendijas		Potencial	Pérdida de material en forma localizada	Asientos de bulones y superficies de contacto estrechas	Inspección Visual
	Desgaste		Potencial	Pérdida de material	Desgaste debido al tránsito frecuente de personas	Inspección Visual
Puertas, marcos y envolturas	Corrosión generalizada	Acero al carbono de grano fino BHW 33/3C; BHW25/3S; BHW22/3C	Potencial	Pérdida de material	Superficies de acero al carbono expuestas a ambientes húmedos en presencia de oxígeno	Inspección Visual
	Corrosión por rendijas		Potencial	Pérdida de material en forma localizada	Asientos de bulones y sellos, superficies de contacto estrechas	Inspección Visual

Componente/ Estructura	MDRE	Material	Activo/ potencial	Efectos del envejecimiento	Sitios susceptibles	Detección
	Desgaste		Potencial	Pérdida de material	Bisagras y cerrojos	Inspección Visual / Prueba de Funcionamiento
	Pérdida de precarga		Potencial	Pérdida de alineación/tensión	Bulonería asociada a bisagras y cerrojos	Prueba de Funcionamiento
Penetraciones de cables	Corrosión generalizada	Acero al carbono	Potencial	Pérdida de material	Superficies expuestas a oxígeno y humedad	Inspección Visual
Sellos poliméricos	Degradación térmica de materiales orgánicos	Puertas (Caucho EPDM) Mirillas y penetraciones eléctricas (elastómero comercial)	Activo	Pérdida de propiedades mecánicas, pérdida de estanqueidad	Sellos de puerta, penetraciones eléctricas y mirillas sometidos a compresión	Prueba de estanqueidad
	Radiólisis y daño por radiación (polímeros)		Potencial	Pérdida de propiedades, fragilización, pérdida de estanqueidad	Sellos de puertas, penetraciones eléctricas y mirillas, expuestos a dosis de radiación y sometidos a compresión	Prueba de estanqueidad
	Desgaste		Activo	Falla de hermeticidad por pérdida o rotura del material	Sectores en contacto con superficies metálicas en presencia de pequeñas partículas de polvo	Prueba de estanqueidad

A continuación se describen los principales MDRE presentes en este grupo de componentes.

- **Corrosión Generalizada:** Reacciones química y electroquímica entre un metal y el ambiente circundante que resultan en una pérdida de material de manera uniforme sin ataque localizado apreciable. El proceso de corrosión generalizada es causado comúnmente con agua con elevado contenido de oxígeno, situación común durante las paradas (Otros potenciadores son el pH y la temperatura). Produce la pérdida de material y espesor, en un daño aproximadamente uniforme. Son susceptibles los componentes de acero al carbono.
- **Corrosión en rendijas:** Corrosión localizada debida a un efecto de concentración en volúmenes confinados o remoción de capas pasivantes. Se produce en rendijas o áreas



estancas o de baja renovación de fluido que promuevan la generación de un ambiente corrosivo que puede diferir significativamente del ambiente externo (cambio en el pH, contenido de oxígeno o química del fluido). Se remueve el material de forma localizada en el área de la rendija. Se encuentra en uniones o asientos de bulones o en metales embebidos en concreto.

- **Fatiga:** Fenómeno que lleva a la fractura de un material bajo tensiones reiteradas o fluctuantes de máximo valor menor que la tensión máxima del material. La falla de componentes puede ocurrir debido a condiciones de operación que no fueron inicialmente consideradas desde el diseño y genera daño estructural progresivo y localizado, crecimiento y propagación de fisuras y falla de componentes. Luego de reiterados ciclos de carga (tensión fluctuante) de magnitud suficiente, se puede acumular daño microestructural conduciendo al inicio de fisura en las regiones más vulnerables. Las cargas cíclicas posteriores pueden llevar al crecimiento de la fisura. Los tipos de fatiga son: corrosión-fatiga, fatiga térmica, fatiga vibracional. Puede ocurrir en zonas próximas a equipos con alta vibración o a temperaturas fluctuantes.
- **Radiólisis y daño por radiación (polímeros):** Reacciones químicas inducidas o asistidas por radiación que resultan en envejecimiento de los materiales poliméricos. Pueden deberse a radiación gamma o en los polímeros sensibles a radiación UV (fotólisis), presencia de Oxígeno y humedad y presencia de ozono. Debido a esto se produce la pérdida de propiedades mecánicas y eléctricas fragilización, disminución de la elongación a la rotura, aumento de la dureza y pérdida de resistencia de aislación. Este fenómeno se manifiesta en componentes poliméricos y cables.
- **Degradación térmica de materiales orgánicos:** En esta categoría se incluyen tanto la degradación de corto plazo como la degradación de largo plazo. La energía térmica absorbida por los polímeros puede resultar en reacciones de entrecruzamiento o reacciones de corte de cadenas. Otras reacciones que pueden ocurrir son cristalización y depolimerización. Se produce a altas temperaturas y presencia de oxígeno y como resultado se tiene fragilización, incremento de la resistencia a la tracción, reducción de la tensión de fluencia, endurecimiento y pérdida de flexibilidad y elongación de rotura. Este fenómeno se manifiesta en componentes poliméricos y cables.
- **Erosión:** Pérdida de material debido a condiciones de velocidades de caudal excesiva o por partículas abrasivas en suspensión. Puede darse de manera simultánea con procesos de corrosión. Este fenómeno se produce debido a partículas en suspensión en el fluido y genera pérdida de material general o de manera localizada. Se manifiesta en zonas donde se concentra el caudal por cambios en la dirección del flujo.
- **Desgaste:** Pérdida de material debida al movimiento relativo entre dos superficies entre sí o debido a partículas abrasivas. Este fenómeno se produce por errores de



montaje y defectos en el ajuste mecánico, vibraciones, lo cual genera pérdida de material

5.1.6.3.2 Técnicas de inspección y detección

Control visual

La inspección visual es una técnica rápida y económica que debería ejecutarse con frecuencia, para identificar posibles daños mecánicos y puntos o estructuras que requieran mayor control. Se recomienda acompañar la ejecución de esta tarea con la limpieza superficial de la estructura. La norma KTA 3401.4 indica inspecciones simples mensuales de todas las superficies expuestas y accesibles, que no requieren desarme de la esclusa. Como también evaluaciones extensivas anuales, más exhaustivas que incluyan el acceso a zonas que normalmente pueden estar cubiertas.

Entre los puntos a observar en las inspecciones simples mensuales se pueden destacar:

- Verificación de puertas (sellos dobles, juntas, visores, penetraciones de cables y de cañerías del sistema hidráulico).
- Cerrojos (posición, estado, cavidades, articulaciones).
- Válvulas compensadoras de presión (fijación a la esclusa, conexiones, fines de carrera).
- Sistema hidráulico (nivel de aceite, estado del filtro, conexiones, estado de tubos), conexiones de bombas, control de medidores de presión, control del sistema de aspiración de pérdidas), estado de mangueras de goma.
- Techo, paredes y suelo internos de la esclusa.
- Sellos poliméricos y superficies de sellado

Pruebas de Hermeticidad

Tanto los estándares KTA, como las prácticas frecuentes en otras plantas y la prueba repetitiva 2.XC.01.A que se ejecuta en forma anual en CNAI, indican el control periódico de la hermeticidad de la esclusa.

El objeto de la prueba es verificar el cumplimiento de las condiciones requeridas de hermeticidad de la esclusa principal, así como también de ser necesario localizar los lugares de pérdida para efectuar las reparaciones correspondientes. Esta prueba está relacionada con la prueba de velocidad de fugas de la contención ya que su criterio de aceptación está definido por un porcentaje del total de la pérdida admisible de la esfera de la CNA I. Asumiendo que la esclusa principal no puede contribuir en más del 5% del total, el resultado de la prueba deberá ser considerado no satisfactorio, si luego de finalizadas las lecturas de presión, la diferencia entre el valor inicial (de alrededor de 0,3 kg/cm²) y el final resulta mayor a 0,018 kg/cm²

Según se indica en la prueba repetitiva 2.XC.01.A y según el resultado de la misma se continúan con las siguientes tareas:



- Resultado satisfactorio: A continuación se realizará la prueba de hermeticidad de los burletes de la puerta lado reactor. Se destaca que esta prueba es solo a efectos de tomar acciones de seguimiento y/o correctivas sobre la misma, y no afectan el resultado de la 2.XC.01.A.

La prueba se realiza presurizando el espacio entre los dos burletes, al que se accederá a través de la extracción del tapón previsto para esta prueba. La presión máxima de prueba es de 0,3 kg/cm² y una vez presurizado se buscaran eventuales pérdidas de aire en los burletes utilizando solución jabonosa. La prueba se considerará satisfactoria si, luego de tomar el valor final de presión y compararlo con el inicial, la presión final es hasta 0,1 kg/cm² menor que la inicial.

- Resultado No satisfactorio y no haberse encontrado pérdidas en otras partes: Se realizará la prueba a los burletes de la puerta lado auxiliares.

La hermeticidad de las perforaciones de paso de cables, mirillas y la boca de conexión para prueba de presión de la esclusa, puede cerciorarse con menor frecuencia, cada 4 años según se indica en KTA 3401.4.

Prueba de Presión

Al momento de realizarse la prueba integral de fuga de la esfera de contención la cual se realiza a 0.5 Bar, según indica la prueba repetitiva 1.XA.01.P que se ejecuta cada 8 años en CNAI, también se realiza la prueba en la esclusa por estar está dentro de los sistemas considerados. Durante la ejecución de esta prueba debe controlarse que la puerta interna no sufra deformaciones ni pérdidas.

Pruebas de funcionamiento y desgaste

La prueba de funcionamiento (accionamiento automático, control de tiempos y pérdidas de fluido) que se ejecuta se encuentra incluida dentro de las operaciones de mantenimiento preventivo con frecuencia anual. Sumado a esto la Norma KTA 3401.4 recomienda que el operador de la esclusa realice una prueba de funcionamiento en forma mensual.

La revisión debe incluir tanto los accionamientos eléctricos como manuales, el funcionamiento de las prioridades de uso de la esclusa, el mando de los interruptores límite, su asiento, el estado de las levas, alarmas, movimiento de los cerrojos y elementos de protección.

Verificación de Sellos

La verificación de los sellos se realiza según se indica en la prueba repetitiva 2.XC.01.A. Esta prueba permite llevar acciones de seguimiento y/o correctivas según el resultado de la misma.

En cuanto a los campos de radiación, el material de los componentes de sellos solo puede verse afectado por altas tasas de dosis de radiación. Si bien solo una parte de la esclusa se encuentra instalada dentro de la ronda 1-618 (zona radiológicamente controlada), en dicho recinto la tasa de dosis de radiación es nula.



Tabla 2: Resumen de técnicas de inspección aplicables

Tipo de inspección	Observaciones	Frecuencia recomendada
Control visual	Inspección y limpieza de superficies. (Puertas, paredes, techos, caños del sistema hidráulico, cerrojos, etc.)	Inspección de superficies accesibles en forma mensual. Inspección detallada (extendida) anual.
Prueba de hermeticidad	Verificación del sellado de puertas interior y exterior y sellos de válvulas compensadoras de presión.	Anual (sellos de puertas, válvulas compensadoras, etc.) Cada 4 años (penetraciones de cables, mirillas, boca para prueba de presión, etc.)
Prueba de presión	Control de la ausencia de pérdidas y deformación de la puerta interna de la esclusa durante las pruebas de presión del edificio de la contención.	8 años
Prueba de funcionamiento y desgaste	Accionamiento manual y eléctrico para verificación de los movimientos, cerrojos e indicaciones luminosas.	Anual / mensual

5.1.6.4 Monitoreo y análisis de tendencia

Entre los parámetros cuyo registro puede ser útil para conocer el estado de la esclusa y detectar fallas tempranamente se puede destacar:

- Tiempos de compensación de presión de las válvulas
- Tiempos de cierre/apertura de las puertas
- Frecuencia de reposición de aceite en tanque del circuito hidráulico
- Secuencia de operación

Los criterios de aceptación de tiempo, se detallan en la siguiente sección 5.1.6.5. Independientemente de que los tiempos de accionamiento de válvulas, de cierre y apertura de puertas se encuentren dentro de los márgenes aceptables, resulta útil observar cambios en estos tiempos y registrarlos para llevar un seguimiento del estado del equipo.

Sumado a lo anterior a través de la comparación de las pruebas de hermeticidad según la prueba repetitiva 2.XC.01.A es factible evaluar el estado general de la contención.

5.1.6.5 Criterio de Aceptación

Mediante las inspecciones se debe verificar el montaje, ajuste y estado de los componentes según la documentación técnica de diseño y construcción del fabricante.



Durante la prueba de funcionamiento debe observarse que la apertura y cierre de la esclusa sea suave y con movimientos continuos, sin atascarse y sin detectarse ruidos. Los tiempos estipulados son de 15 a 20 segundos para la compensación de la presión, y de 10 a 15 segundos el movimiento de la puerta. Además debe controlarse el funcionamiento de las señales luminosas en los tableros de la esclusa y que se cumplan todas las etapas de operación.

Con respecto a la pruebas de hermeticidad según la prueba repetitiva 2.XC.01.A el criterio de aceptación es tal que la diferencia de presión entre inicio y final de la prueba cumpla con la siguiente relación $\Delta P = P_{\text{Inicial}} - P_{\text{Final}} < 18 \text{ g/cm}^2$

5.1.6.6 Acciones Correctivas

Las pérdidas de aceite que se pudieran detectar en el circuito hidráulico deben ser reparadas, ya sea por soldadura o mediante el reemplazo de las cañerías que pudieran estar en mal estado. El nivel de aceite debe mantenerse sobre el valor mínimo reponiéndose siempre que haga falta. Si el nivel desciende con frecuencia debe localizarse la pérdida y analizar la causa.

Si en las inspecciones visuales se observan las señales de los filtros de aceite sucios encendidas, los mismos deben reacondicionarse. A través de la inspección visual se hará evidente la necesidad de reemplazo de las mangueras flexibles montadas en el circuito hidráulico. Además durante las pruebas de funcionamiento debe observarse si es necesario lubricar los accionamientos antes de lo estipulado por el mantenimiento preventivo de la esclusa o es necesario calibrar las válvulas compensadoras de presión.

Ante la falta de estanqueidad puede ser necesario el reemplazo de los burletes de las puertas, los mismos deberían ser repuestos si presentan endurecimiento.

Si se detectara daño mecánico en las paredes, piso o puerta, deberá analizarse la causa (si se debe al uso y desgaste esperable o se ha sufrido algún tipo de incidente o golpe por otros equipos).

5.1.6.7 Confirmación y Evaluación

Un programa de Gestión de Envejecimiento efectivo debe lograr una adecuada comprensión de los MDRE presentes. Para lograr esto se deberá tener en cuenta el diseño, fabricación, montaje, operación, y mantenimiento de la esclusa de personal.

Deberán establecerse criterios para determinar si el Programa de Gestión es efectivo. En líneas generales se puede afirmar que el PGE es efectivo si:

- El mismo se encuentra documentado, cuenta con procedimientos aprobados, y documentación acorde a los procedimientos administrativos de la planta.
- Los procedimientos aseguran que las funciones de seguridad de los componentes podrán ser desempeñadas por los mismos, a pesar de los efectos de los MDRE.
- Los procedimientos establecen criterios de aceptación específicos contra los cuales contrastar la necesidad de acciones correctivas.



Deberá implementarse un sistema que certifique y registre que las acciones correctivas fueron llevadas a cabo y que son adecuadas y efectivas.

Cada sistema deberá tener un historial de mantenimiento dónde se detalle, como mínimo, lo siguiente: acciones correctivas realizadas, responsables de cada tarea, resultados obtenidos, procedimientos aplicados si es que existen, análisis de tendencias, etc.

5.1.6.7.1 Indicadores

Un indicador del desempeño de este PGE es el número de anomalías anuales / intervenciones anuales que se presenten en el sistema y requieran acciones correctivas. Sumado a lo anterior se puede contabilizar la cantidad de recursos empleados en las inspecciones y reparaciones (Ej.: horas-hombre)

En caso de observarse incremento en la cantidad de intervenciones es recomendable rever las actividades que se llevan a cabo en el marco del PGE y aumentar la frecuencia de las inspecciones o evaluar la incorporación de nuevas técnicas de control.

5.1.6.8 Controles Administrativos

Se debe asegurar que las acciones correctivas sean implementadas y efectivas. Esto se consigue esencialmente mediante la correcta documentación de las tareas. Lo que implica:

- La claridad, disponibilidad y actualización permanente de los procedimientos de inspección.
- La programación de las inspecciones a realizar.
- La actualización oportuna del estado de los componentes incluidos en el alcance de este programa con respecto a la realización efectiva o no de la inspección.
- El registro de los componentes que no presentaron signos de envejecimiento en la inspección, así como de aquellos que sí los presentaron con su respectivo análisis, procedimiento de corrección y futuras acciones a tomar.
- La documentación posterior a las intervenciones correctivas, detallando cómo se ejecutó la tarea, el personal responsable, la ocurrencia de hechos imprevistos y los resultados de los ensayos posteriores que certifiquen que el resultado final es aceptable.

Los controles administrativos de toda la documentación abarcada por este PGE deberán estar en concordancia con aquellos aplicados al resto de la documentación de la Central y requerirán las verificaciones usuales del QA de la planta.



5.1.6.9 Experiencia Operativa

En lo que respecta a la experiencia operativa, muchas de las fallas y pedidos de intervención de las esclusas instaladas en centrales nucleares, están vinculados a la estanqueidad de los sellos, que se deterioran con el tiempo.

Con respecto a eventos internos en CNA I analizando las prácticas de mantenimiento preventivo y correctivo de los sellos de las puertas estos han sido reparados y reemplazados por nuevos e incluso se ha propuesto la implementación de programas periódicos de monitoreo y eventual reemplazo del tipo de material empleado (Ver plano M29-0069.1)

Con respecto a eventos externos durante la operación de la CNE, se observó sobre la superficie de sellado daño por corrosión. El proceso de corrosión en los marcos puede haberse iniciado por humedad que queda retenida entre los sellos y las superficies metálicas. La humedad puede provenir del ambiente o posiblemente de las soluciones jabonosas empleadas durante las pruebas de estanqueidad (de aquí la relevancia de limpiar cuidadosamente las superficies luego de las pruebas). Por otra parte otro problema reportado en CNE fue la obsolescencia de las válvulas reguladoras de presión para las cuales no se contaba con piezas de reemplazo. Esto implicó tanto la búsqueda de proveedores alternativos como de válvulas nuevas que pudieran sustituir las instaladas cumpliendo con los requisitos de diseño.

5.1.6.10 Obsolescencia

Analizando por grupo de componentes se tiene lo siguiente:

- Componentes estructurales y mecánicos: Los componentes que forman parte de este grupo son de uso habitual en la industria, por lo que su eventual reemplazo no debería presentar dificultades para la calificación de posibles proveedores.
- Sistema Hidráulico: La válvula hidráulica direccional y las electroválvulas direccionales son marca Rexroth, y no son de uso habitual en la industria por la calidad nuclear requerida. El proveedor sigue activo en el mercado pero actualmente no provee estos componentes en calidad nuclear.

Consultado el sector Mantenimiento, se determina que no se consiguió un reemplazo equivalente de estos componentes hasta el momento. Pero sí se desarrolló un proveedor que realiza mantenimiento de estos componentes con la calidad nuclear requerida.

Es recomendable verificar nuevamente la evaluación y calificación tanto de los componentes como de nuevos proveedores en caso de necesitar reemplazo total de alguno de los componentes. Tener en cuenta la vida útil de dichos componentes.

Respecto del resto de los componentes del sistema hidráulico, son de uso habitual en la industria por lo que su eventual reemplazo no debería presentar dificultades para la calificación de proveedores

- Componentes Poliméricos – Sellos: Los componentes que forman parte de este grupo son de uso habitual en la industria. Actualmente se cuenta con proveedores calificados para el suministro.



Respecto de las juntas y sellos de los visores y penetraciones eléctricas, no hay antecedentes de reemplazos.

5.1.7. Registros

N/A

5.1.8. ANEXOS

5.1.8.1 Anexo A - Lista de componentes del circuito hidráulico de la esclusa

Componente	Descripcion	Plano de Referencia
XC00-D001	Bomba de Aceite Centralina - Accionamiento Motor Electrico	M29-0052
XC00-S020	Valvula de aislamiento de 2 vias - Manometro Centralina	M29-0052
XC00-P020	Manometro Centralina	M29-0052
XC00-S024	Valvula limitadora de Presion	M29-0052
XC00-P001	Interruptor de Presion (Presostato)	M29-0052
XC00-S026	Valvula de aislamiento de 2 vias	M29-0052
XC00-S027	Valvula antiretorno	M29-0052
XC00-S025	Valvula reductora de presion con retencion	M29-0052
XC00-B004	Acumulador Hidraulico	M29-0052
XC00-S001	Valvula 4/2 distribuidora (accionamiento solenoide)	M29-0052
XC00-B003	Acumulador Hidraulico	M29-0052
XC00-N001	Filtro de Retorno a acumulador hidraulico principal	M29-0052
XC00-S028	Valvula de aislamiento de 2 vias - Purga acumulador hidraulico principal	M29-0052
XC00-N002	Nivel a acumulador hidraulico principal	M29-0052
XC00-S040	Valvula limitadora de Presion	M29-0052
XC00-S006P	Valvula 4/2 de seguridad tanque de aceite (accionamiento solenoide)	M29-0052
XC00-S002	Valvula 4/3 reguladora de aceite para acelerar el cierre de la puerta externa o acelerar la apertura de la puerta interior	M29-0052
XC00-S003	Valvula 4/3 reguladora de aceite para frenar el cierre de la puerta externa o frenar la apertura de la puerta interior	M29-0052
XC00-S004	Valvula 4/3 reguladora de aceite para acelerar el cierre de la puerta interior o acelerar la apertura de la puerta exterior	M29-0052
XC00-S005	Valvula 4/3 reguladora de aceite para amortiguar el cierre de la puerta interior o amortiguar la apertura de la puerta exterior	M29-0052
XC00-S029	Valvula antiretorno	M29-0052
XC00-S030	Valvula antiretorno	M29-0052
XC01-S010	Valvula 4/3 (accionamiento solenoide) de accionamiento puerta interior cierra	M29-0052
XC01-S011	Valvula 4/3 (accionamiento solenoide) de accionamiento puerta interior abre	M29-0052



XC01-S012	Valvula 4/3 (accionamiento solenoide) de accionamiento puerta interior bloqueada	M29-0052
XC01-S013	Valvula 4/3 (accionamiento solenoide) de accionamiento puerta interior desbloqueada	M29-0052
XC01-S014	Valvula 4/3 (accionamiento solenoide) de igualacion de presiones esclusa reactor cerrada	M29-0052
XC01-S015	Valvula 4/3 (accionamiento solenoide) de igualacion de presiones esclusa reactor abierta	M29-0052
XC02-S010	Valvula 4/3 (accionamiento solenoide) de accionamiento puerta exterior cierra	M29-0052
XC02-S011	Valvula 4/3 (accionamiento solenoide) de accionamiento puerta exterior abre	M29-0052
XC02-S012	Valvula 4/3 (accionamiento solenoide) de accionamiento puerta exterior bloqueada	M29-0052
XC02-S013	Valvula 4/3 (accionamiento solenoide) de accionamiento puerta exterior desbloqueada	M29-0052
XC02-S014	Valvula 4/3 (accionamiento solenoide) de igualacion de presiones auxiliar esclusa cerrada	M29-0052
XC02-S015	Valvula 4/3 (accionamiento solenoide) de igualacion de presiones auxiliar esclusa abierta	M29-0052
XC01-G01	Cilindro Hidraulico doble efecto (Manual)	M29-0052
XC01-G02	Cilindro Hidraulico doble efecto (Automatico)	M29-0052
XC01-S020	Valvula 4/2 final de carrera (accionamiento mecanico)	M29-0052
XC01-S0161	Interruptor mecanico de inicio de carrera	M29-0052
XC01-S0162	Interruptor mecanico de media carrera	M29-0052
XC01-S0163	Interruptor mecanico de final de carrera	M29-0052
XC01-S0164	Interruptor mecanico de media carrera	M29-0052
XC01-G03	Cilindro Hidraulico doble efecto	M29-0052
XC01-G04	Cilindro Hidraulico doble efecto	M29-0052
XC01-S021	Valvula 4/2 media carrera (accionamiento mecanico)	M29-0052
XC01-S022	Valvula 4/2 final de carrera (accionamiento mecanico)	M29-0052
XC01-S0461	Interruptor mecanico de final de carrera	M29-0052
XC01-S0462	Interruptor mecanico de media carrera	M29-0052
XC00-S032	Valvula antiretorno	M29-0052
XC00-S022	Valvula de aislamiento de 2 vias - Manometro	M29-0052
XC00-P022	Manometro	M29-0052
XC00-D003	Bomba de Aceite - Accionamiento Manual	M29-0052
XC00-S031	Valvula antiretorno	M29-0052
XC00-S021	Valvula de aislamiento de 2 vias - Manometro	M29-0052
XC00-P021	Manometro	M29-0052
XC00-D002	Bomba de Aceite - Accionamiento Manual	M29-0052
XC01-G05	Cilindro Hidraulico doble efecto (Manual)	M29-0052
XC01-G06	Cilindro Hidraulico doble efecto (Automatico)	M29-0052
XC02-G05	Cilindro Hidraulico doble efecto (Manual)	M29-0052
XC02-G06	Cilindro Hidraulico doble efecto (Automatico)	M29-0052



XC02-G01	Cilindro Hidraulico doble efecto (Manual)	M29-0052
XC02-G02	Cilindro Hidraulico doble efecto (Automatico)	M29-0052
XC02-G04	Cilindro Hidraulico doble efecto (Automatico)	M29-0052
XC02-S020	Valvula 3/2 final de carrera (accionamiento mecanico)	M29-0052
XC02-S16	Valvula de aislamiento de 2 vias	M29-0052
XC02-S021	Valvula 3/2 inicio de carrera (accionamiento mecanico)	M29-0052
XC02-S022	Valvula 4/2 final de carrera (accionamiento mecanico)	M29-0052
XC02-S0161	Interruptor mecanico de inicio de carrera	M29-0052
XC02-S0162	Interruptor mecanico de mitad de carrera	M29-0052
XC02-S0163	Interruptor mecanico de final de carrera	M29-0052
XC02-S0164	Interruptor mecanico de mitad de carrera	M29-0052
XC02-S0461	Interruptor mecanico de final de carrera	M29-0052
XC02-S0462	Interruptor mecanico de inicio de carrera	M29-0052
XC00-N003	Nivel de Tanque	M29-0052
XC00-L020	Interruptor de Nivel de Tanque	M29-0052
XC00-B02	Acumulador Hidraulico	M29-0052
XC00-S036	Valvula 2/2 distribuidora (accionamiento solenoide)	M29-0052
XC00-S037	Valvula 2/2 distribuidora (accionamiento solenoide)	M29-0052
XC00-S038	Valvula de aislamiento de 2 vias	M29-0052
XC00-S039	Valvula de aislamiento de 2 vias	M29-0052
XC00-S035	Valvula 4/4 de accionamiento manual con enclavamiento	M29-0052
XC00-S07b1	Accionamiento mecanico Valvula XC00S035	M29-0052
XC00-S034	Valvula limitadora de Presion	M29-0052
XC00-S033	Valvula antiretorno	M29-0052
XC00-S023	Valvula de aislamiento de 2 vias	M29-0052
XC00-P023	Manometro	M29-0052
XC00-D04	Bomba de Aceite - Accionamiento Manual	M29-0052



CAPITULO VI

6.1 Programa de Gestión de Envejecimiento – Esclusa de Emergencia (XD)

6.1.1 Objetivo

Proveer las bases para el establecimiento de un Programa de Gestión de Envejecimiento que permita la detección temprana y adecuada mitigación de los Mecanismos de Degradación Relacionados con el Envejecimiento en la esclusa de emergencia (Sistema XD) de forma tal que la misma preserve su integridad estructural.

6.1.2 Alcance

Este documento es aplicable a los componentes del sistema XD denominado bajo la nomenclatura indicada en “Ordenamiento de los Sistemas de la CNA I” Rev.3
Para el alcance específico remitirse al punto 6.1.6.1 de este documento.

6.1.3. Abreviaturas y definiciones

6.1.3.1 Abreviaturas

- *CNA-I: Central Nuclear Atucha I*
- *CNEA: Comisión Nacional de Energía Atómica*
- *END: Ensayos no destructivos*
- *XA: Contención metálica de acero*
- *XC: Esclusa de Personal*
- *XD: Esclusa de Emergencia*
- *LOCA: Accidente de pérdida de refrigerante (Loss Of Coolant Accident)*
- *PIGE: Programa Integral de Gestión de Envejecimiento*
- *PGE: Programa de Gestión de Envejecimiento*
- *MDRE: Mecanismos de Degradación Relacionados con el Envejecimiento*
- *KTA: Comisión de estándares de seguridad nuclear alemana*

6.1.3.2 Definiciones

N/A

6.1.4. Referencias

6.1.4.1 Antecedentes

N/A



6.1.4.2 Documentación aplicable

- [1] PI-E-01 Programa Integrado de Gestión de Envejecimiento de las Centrales Nucleares Atucha I-II
- [2] IT 78/11 Lista de sistemas incluidos dentro del alcance de Programa Integral de Gestión de Envejecimiento de la Central Nuclear Atucha I – Rev.0

6.1.4.3 Referencias Bibliográficas

- [3] IT 92/14 Evaluación de estado del sistema XD - Rev. 1
- [4] Manual de Operación – Tomo I – Capítulo 12.3
- [5] M29 Sistema XD: Planos constructivos Sistema XD
- [6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Assessment and management of ageing of major nuclear power plant components important to safety: Metal components of [7] BWR containment systems, TECDOC 1181, IAEA (2000)
- [8] IAEA TECDOC 1025 - Assessment and management of ageing of major nuclear power plant components important to safety: Concrete containment buildings
- [9] NUREG 1611 - Aging Management of Nuclear Power Plant Containments for License Renewal
- [10] Safety Standards of the Nuclear Safety Standards Commission (KTA), Steel Containment Vessels; part 4: Inservice Inspections, KTA 3401.4 (1991)
- [11] Safety Standards of the Nuclear Safety Standards Commission (KTA), Airlocks on the Reactor Containment of Nuclear Power Plants - Personnel Airlocks, KTA 3402 (2014)
- [12] Safety Standards of the Nuclear Safety Standards Commission (KTA), Airlocks on the reactor containment of nuclear power plants - Equipment airlocks, KTA 3409 (2009)
- [13] EPRI, PWR Containment Structures License Renewal Industry Report; Revision 1, TR-103835 (1994)
- [14] American Society of Mechanical Engineers (ASME) - Rules for Inservice Inspection of Nuclear Power Plant Components, Section XI, Division 1, Subsection IWE
- [15] NA-SA, Informe Final de Seguridad – Capítulo 1 / Capítulo 6 (2003)
- [16] Nuclear Regulatory Commission, Corrosion of steel containment and containment liner, Information notice 2004-09, NRC (2004)

6.1.4.4 Documentación afectada

N/A

6.1.5. Responsabilidades

El personal del departamento de Gestión de Envejecimiento de la CNA-I es responsable de coordinar las tareas que se desprenden del siguiente informe las cuales serán llevadas a cabo por sectores específicos.



6.1.6. Desarrollo

6.1.6.1 Alcance

El presente programa de gestión de envejecimiento (PGE) está orientado a definir las tareas de detección, monitoreo y mitigación de los efectos del envejecimiento que pudieran afectar a la esclusa de emergencia de la CNA-I, consignada bajo la nomenclatura XD. Se ha elaborado siguiendo los lineamientos establecidos en el PI-E-01 Programa Integrado de Gestión de Envejecimiento de las Centrales Nucleares Atucha I-II [1], dentro de cuyo marco se ha determinado la “Lista de sistemas incluidos dentro del alcance del PIGE de la CNA-I” [2]

La esclusa de emergencia no constituye un acceso normal del edificio del reactor, sino que únicamente debe utilizarse en caso de emergencia durante el periodo de servicio, con objeto de facilitar un recorrido de evacuación corto. Los criterios de diseño, tales como presión, temperatura y fugas máximas son los mismos que los de la esfera de contención. La esclusa puede utilizarse tanto en las condiciones de presión máxima como de depresión máxima.

Se encuentra situada en la cota +0,5m. La esclusa de emergencia consta de un cuerpo cilíndrico en cuyos dos extremos se alojan las puertas las cuales permiten el tránsito simultáneo de 3 personas en postura agachada. De acuerdo con su función, es de una construcción muy simple. El accionamiento es mecánico y manual.

Las puertas son circulares, con bisagras laterales. Abren en dirección del edificio del reactor, de forma que en caso de sobrepresión se refuerce la estanqueidad de la junta. Las bisagras de las puertas tienen alineación inclinada, con objeto de que las puertas cierren por su propio peso.

Esta alineación es ajustable. Debido a este diseño no es necesario un accionamiento para girar las puertas. Las puertas están provistas de unas mirillas de acuerdo con la norma DIN 7080.

Los enclavamientos de las puertas se efectúan mediante un pestillo anular con seis rodillos; al desplazar el anillo, estos rodillos coinciden con las superficies de asiento de la puerta, empujándola contra la junta de estanqueidad

Con objeto de conseguir la igualación de presiones necesaria al utilizar la esclusa, se han previsto dos válvulas; una de ellas permite igualar la diferencia de presiones entre el interior y la esclusa; la otra puede igualar la diferencia de presiones entre la esclusa y el recinto anular. Estas válvulas están accionadas por medio de un husillo y una leva, sujeta al eje del mecanismo de bloqueo. Las levas están ajustadas de tal forma que la válvula de compensación abre cuando la puerta correspondiente está desbloqueada. Las presiones de la esclusa y del edificio del reactor se indican mediante manómetros en los tres puntos de maniobra.

Por razones de disponibilidad y para facilitar una evacuación de emergencia, la puerta interior no debe estar bloqueada. Con ello la válvula de compensación de esta puerta está abierta. La presión en la esclusa es la misma que la del edificio.



Tabla 1: Datos de diseño de la esclusa de emergencia – Sistema XD

Diámetro del Cuerpo [mm]	1500
Longitud [mm]	3080
Diámetro de las Puertas [mm]	800
Presión de Diseño [atm]	2.8
Temperatura de Diseño [°C]	125
Depresión Máxima en Servicio [mm c.a]	200
Presión de Prueba [atm]	3.08
Materiales de la Chapas	Acero Estructural de Grano Fino - BHW 25 / ASt 41

Tabla 2: Componentes de la esclusa

Componente	Descripción	Materiales
Circuito de igualación de presiones	2 válvulas de igualación de presiones en conjunto con usillo, levas y eje de mecanismo de accionamiento	Acero al carbono con recubrimiento de pintura protectora anticorrosiva
Sellos y juntas poliméricas	Elementos flexibles que permiten el sellado de las puertas	Compuestos elastoméricos de calidad comercial
Mecanismos de apertura y cierre de la puerta	Componentes mecánicos: Rodamientos, volantes, pernos, chavetas, etc.	Acero al carbono con recubrimiento de pintura protectora anticorrosiva
Piso y chapas protectoras de puertas	Piso de placas metálicas planas y placas curvas para protección de las puertas	Acero al carbono de grano fino BHW 33 / ASt 41
Puertas, cuerpo principal, marcos y envoltura	Cuerpo cilíndrico Puertas circulares con bisagras laterales	Acero al carbono de grano fino BHW 33 / ASt 41

6.1.6.1.1 Mecanismos de degradación

A continuación se listan los principales MDRE presentes en este grupo de componentes. Para un mayor detalle de cómo afectan estos mecanismos a cada subgrupo de componentes, cuales son los efectos del envejecimiento, los sitios susceptibles, los métodos de detección y evaluación etc. remitirse al ítem 6.1.6.3.1 de este documento.

- Corrosión generalizada
- Corrosión por rendijas
- Radiólisis y daño por radiación (polímeros)



- Degradación térmica de materiales orgánicos
- Desgaste

6.1.6.2 Acciones preventivas y mitigatorias

Por tratarse principalmente de componentes mecánicos (cojinetes de bronce, rodamientos de bolas, usillo, levas, etc.) y por ser una vía de circulación de muy poco uso (solo utilizable en caso de emergencias) para asegurar el correcto funcionamiento del sistema deben conservarse limpios sus componentes y se recomienda realizar un engrase y lubricación 1 vez por año.

En lo que respecta a las juntas poliméricas de las puertas se recomienda espolvorearlas con talco para su preservación y evitar que se peguen a la superficie de sellado. Es conveniente monitorear la dureza de la junta por medio de un ensayo de dureza in situ tipo dureza shore y una inspección visual.

6.1.6.3 Detección de MDRE

6.1.6.3.1 Mecanismos de degradación y efectos

Tabla 3 Mecanismos de degradación relacionados con el envejecimiento

Componente/ Estructura	MDRE	Material	Activo/ potencial	Efectos del envejecimiento	Sitios susceptibles	Detección
Circuito de igualación de presiones (válvulas, usillo, levas y eje)	Corrosión generalizada	Acero al carbono con recubrimiento de pintura protectora anticorrosiva	Potencial	Pérdida de material	Superficies externas cuyo recubrimiento se pudiera haber dañado	Inspección Visual
Sellos y juntas poliméricos	Degradación térmica de materiales orgánicos	Elastómeros y gomas	Activo	Pérdida de propiedades mecánicas, pérdida de estanqueidad	Sellos y juntas de puerta sometidos a compresión	Prueba de estanqueidad
	Radiólisis y daño por radiación (polímeros)		Potencial	Pérdida de propiedades, fragilización, pérdida de estanqueidad	Sellos y juntas de puerta sometidos a compresión	Prueba de estanqueidad
	Desgaste		Potencial	Falla de hermeticidad por pérdida o rotura del material	Sectores en contacto con superficies metálicas en presencia de pequeñas partículas de polvo	Prueba de estanqueidad
Mecanismos de apertura y cierre de la puerta (rodamientos,	Corrosión generalizada	Acero al carbono con recubrimiento de pintura protectora	Potencial	Pérdida de material	Superficies externas cuyo recubrimiento se pudiera haber dañado	Inspección Visual

Componente/ Estructura	MDRE	Material	Activo/ potencial	Efectos del envejecimiento	Sitios susceptibles	Detección
volantes, pernos, chavetas, etc)	Corrosión por rendijas	anticorrosiva	Potencial	Pérdida de material en forma localizada	Asientos de bulones y superficies de contacto estrechas	Inspección Visual
	Desgaste		Potencial	Pérdida de material	Desgaste debido al uso frecuente	Inspección Visual
Piso y chapas protectoras de puertas	Corrosión generalizada	Acero al carbono de grano fino BHW 33 / ASt 41 con recubrimiento de pintura protectora anticorrosiva	Potencial	Pérdida de material	Superficies de acero al carbono expuestos a ambientes húmedos en presencia de oxígeno, cordones de soldadura	Inspección Visual
	Corrosión por rendijas		Potencial	Pérdida de material en forma localizada	Asientos de bulones y superficies de contacto estrechas	Inspección Visual
	Desgaste		Potencial	Pérdida de material	Desgaste debido al tránsito frecuente de personas	Inspección Visual
Puertas, cuerpo principal, marcos y envoltura	Corrosión generalizada	Acero al carbono de grano fino BHW 33 / ASt 41 con recubrimiento de pintura protectora anticorrosiva	Potencial	Pérdida de material	Superficies de acero al carbono expuestos a ambientes húmedos en presencia de oxígeno	Inspección Visual
	Corrosión por rendijas		Potencial	Pérdida de material en forma localizada	Asientos de bulones y sellos, superficies de contacto estrechas	Inspección Visual
	Desgaste		Potencial	Pérdida de material	Bisagras y cerrojos	Inspección Visual / Prueba de estanqueidad

A continuación se describen los principales MDRE presentes en este grupo de componentes.



- **Corrosión Generalizada:** Reacciones química y electroquímica entre un metal y el ambiente circundante que resultan en una pérdida de material de manera uniforme sin ataque localizado apreciable. El proceso de corrosión generalizada es causado comúnmente con agua con elevado contenido de oxígeno, situación común durante las paradas (Otros potenciadores son el pH y la temperatura). Produce la pérdida de material y espesor, en un daño aproximadamente uniforme. Son susceptibles los componentes de acero al carbono.

- **Corrosión en rendijas:** Corrosión localizada debida a un efecto de concentración en volúmenes confinados o remoción de capas pasivantes. Se produce en rendijas o áreas estancas o de baja renovación de fluido que promuevan la generación de un ambiente corrosivo que puede diferir significativamente del ambiente externo (cambio en el pH, contenido de oxígeno o química del fluido). Se remueve el material de forma localizada en el área de la rendija. Se encuentra en uniones o asientos de bulones o en metales embebidos en concreto.

- **Radiólisis y daño por radiación (polímeros):** Reacciones químicas inducidas o asistidas por radiación que resultan en envejecimiento de los materiales poliméricos. Pueden deberse a radiación gamma o en los polímeros sensibles a radiación UV (fotólisis), presencia de Oxígeno y humedad y presencia de ozono. Debido a esto se produce la pérdida de propiedades mecánicas y eléctricas fragilización, disminución de la elongación a la rotura, aumento de la dureza y pérdida de resistencia de aislación. Este fenómeno se manifiesta en componentes poliméricos y cables.

- **Degradación térmica de materiales orgánicos:** En esta categoría se incluyen tanto la degradación de corto plazo como la degradación de largo plazo. La energía térmica absorbida por los polímeros puede resultar en reacciones de entrecruzamiento o reacciones de corte de cadenas. Otras reacciones que pueden ocurrir son cristalización y depolimerización. Se produce a altas temperaturas y presencia de oxígeno y como resultado se tiene fragilización, incremento de la resistencia a la tracción, reducción de la tensión de fluencia, endurecimiento y pérdida de flexibilidad y elongación de rotura. Este fenómeno se manifiesta en componentes poliméricos y cables.

- **Desgaste:** Pérdida de material debida al movimiento relativo entre dos superficies entre sí o debido a partículas abrasivas. Este fenómeno se produce por errores de montaje y defectos en el ajuste mecánico, vibraciones, lo cual genera pérdida de material



6.1.6.3.2 Técnicas de inspección y detección

Control visual

La inspección visual es una técnica rápida y económica que debería ejecutarse con frecuencia, para identificar posibles daños mecánicos y puntos o estructuras que requieran mayor control. Se recomienda acompañar la ejecución de esta tarea con la limpieza superficial de la estructura. La norma KTA 3401.4 indica inspecciones simples mensuales de todas las superficies expuestas y accesibles, que no requieren desarme de la esclusa. Como también evaluaciones extensivas anuales, más exhaustivas que incluyan el acceso a zonas que normalmente pueden estar cubiertas.

Entre los puntos a observar en las inspecciones simples mensuales se pueden destacar:

- Verificación de puertas , sellos poliméricos y superficies de sellado
- Cerrojos (posición, estado, cavidades, articulaciones).
- Válvulas igualadoras de presión (fijación a la esclusa, conexiones, fines de carrera).
- Techo, paredes y suelo internos de la esclusa.

Pruebas de Hermeticidad

Tanto los estándares KTA, como las prácticas frecuentes en otras plantas y la prueba repetitiva 2.XD.01A que se ejecuta en forma anual en CNAI indican el control periódico de la hermeticidad de la esclusa.

El objeto de la prueba es verificar cumplimiento de las condiciones de hermeticidad de la esclusa de emergencia, controlar el correcto funcionamiento de la misma y de ser necesario localizar los lugares de pérdida para efectuar las reparaciones correspondientes. Tal como se indica en el manual de pruebas repetitivas las tareas a realizar son:

- Prueba de hermeticidad a 0,5 kg/cm². Se verifica la no existencia de pérdidas de aire en el sistema de presurización (eje, volante de accionamiento, burletes de las puertas, válvulas igualadoras de presión, etc.)
- Control de funcionamiento y estado (controles funcionales), las cuales se realizarán luego de finalizada la prueba de hermeticidad.

La Prueba se efectuará a 0,5 kg/cm², previo bloqueo de la puerta interna lado reactor.

La prueba de hermeticidad de la esclusa de emergencia está relacionada con la prueba de velocidad de fugas de la contención ya que su criterio de aceptación está definido por un porcentaje del total de la pérdida admisible de la esfera de la CNA I. Asumiendo que la esclusa de emergencia no puede contribuir en más del 1% del total, el resultado de la prueba deberá ser considerado no satisfactorio, si luego de finalizadas las lecturas de presión, la diferencia entre el valor inicial (de alrededor de 0,5 kg/cm²) y el final resulta mayor a 0,100 kg/cm². Sumado a lo anterior se verificará si existen pérdidas de aire en burletes de puertas, válvulas igualadoras, eje de accionamiento de volantes, etc. por medio del uso de solución jabonosa.



Prueba de Presión

Al momento de realizarse la prueba integral de fuga de la esfera de contención, la cual se realiza a 0.5 kg/cm², según indica la prueba repetitiva 1.XA.01.P que se ejecuta cada 8 años en CNAI, también se realiza la prueba en la esclusa por estar está dentro de los sistemas considerados. Durante la ejecución de esta prueba debe controlarse que la puerta interna no sufra deformaciones ni pérdidas.

Pruebas de funcionamiento y desgaste

Las pruebas de funcionamiento que se ejecutan se encuentran incluidas dentro de la prueba de hermeticidad que se realiza 1 vez por año según indica la prueba repetitiva 2.XD.01A.

Es importante destacar que esta esclusa tiene un uso intensivo durante las paradas programadas para introducir todo tipo de elementos a zona controlada.

La revisión debe incluir tanto los accionamientos manuales, el funcionamiento de las prioridades de uso de la esclusa, el mando de los interruptores límite, su asiento, el estado de las levas, alarmas, movimiento de los cerrojos y elementos de protección.

Verificación de Sellos

La verificación de los sellos se realiza al momento de realizar la prueba repetitiva 2.XD.01.A. Esta prueba permite llevar acciones de seguimiento y/o correctivas según el resultado de la misma.

En cuanto a los campos de radiación, el material de los componentes de sellos solo puede verse afectado por altas dosis de radiación. Si bien solo una parte de la esclusa se encuentra instalada dentro de zona radiológicamente controlada en dicho recinto la tasa de dosis de radiación es nula.

Tabla 4: Resumen de técnicas de inspección aplicables

Tipo de inspección	Observaciones	Frecuencia recomendada
Control visual	Inspección y limpieza de superficies. (Puertas, cuerpo principal, mecanismo de apertura y cierre, cerrojos, etc.)	Inspección de superficies accesibles quincenal. Inspección detallada (extendida) anual.
Prueba de hermeticidad	Verificación del sellado de puertas interior y exterior y sellos de válvulas compensadoras de presión.	Anual (sellos de puertas y válvulas compensadoras)
Prueba de presión	Control de la ausencia de pérdidas durante las pruebas de presión del edificio de la contención.	8 años
Prueba de funcionamiento y desgaste	Accionamiento manual para verificación de los movimientos, cerrojos e indicaciones luminosas.	Anual



6.1.6.4 Monitoreo de análisis y tendencias

Entre los parámetros cuyo registro puede ser útil para conocer el estado de la esclusa y detectar fallas tempranamente se puede destacar:

- Tiempos de compensación de presión de las válvulas

Los criterios de aceptación de tiempo, se detallan en la siguiente sección 6.1.6.5. Independientemente de que los tiempos de accionamiento de válvulas, de cierre y apertura de puertas se encuentren dentro de los márgenes aceptables, resulta útil observar cambios en estos tiempos y registrarlos para llevar un seguimiento del estado del equipo.

Sumado a lo anterior a través de la comparación de las pruebas de hermeticidad según la prueba repetitiva 2.XD.01.A es factible evaluar el estado general de la contención.

6.1.6.5 Criterio de aceptación

Mediante las inspecciones se debe verificar el montaje, ajuste y estado de los componentes según la documentación técnica de diseño y construcción del fabricante.

Durante la prueba de funcionamiento debe observarse que la apertura y cierre de la esclusa sea suave y con movimientos continuos, sin atascarse y sin detectarse ruidos. Los tiempos estipulados son de 5 segundos para la compensación de la presión. Además debe controlarse el funcionamiento de las señales luminosas en los tableros de la esclusa.

Con respecto a la pruebas de hermeticidad según la prueba repetitiva 2.XD.01.A el criterio de aceptación es tal que la diferencia de presión entre inicio y final de la prueba cumpla con la siguiente relación $\Delta P = P_{\text{Inicial}} - P_{\text{Final}} < 100 \text{ g/cm}^2$

6.1.6.6 Acciones correctivas

Durante las pruebas de funcionamiento debe observarse si es necesario engrasar y lubricar los accionamientos antes de lo estipulado por el mantenimiento preventivo de la esclusa o es necesario calibrar las válvulas compensadoras de presión.

Ante la falta de estanqueidad puede ser necesario el reemplazo de los burletes de las puertas, los mismos deberían ser repuestos si presentan endurecimiento.

Si se detectara daño mecánico en las paredes, piso o puerta, deberá analizarse la causa (si se debe al uso y desgaste esperable o se ha sufrido algún tipo de incidente o golpe por otros equipos).

6.1.6.7 Confirmación y evaluación

Un programa de Gestión de Envejecimiento efectivo debe lograr una adecuada comprensión de los MDRE presentes. Para lograr esto se deberá tener en cuenta el diseño, fabricación, montaje, operación, y mantenimiento de la esclusa de emergencia.

Deberán establecerse criterios para determinar si el Programa de Gestión es efectivo. En líneas generales se puede afirmar que el PGE es efectivo si:



- El mismo se encuentra documentado, cuenta con procedimientos aprobados, y documentación acorde a los procedimientos administrativos de la planta.
- Los procedimientos aseguran que las funciones de seguridad de los componentes podrán ser desempeñadas por los mismos, a pesar de los efectos de los MDRE.
- Los procedimientos establecen criterios de aceptación específicos contra los cuales contrastar la necesidad de acciones correctivas.

Deberá implementarse un sistema que certifique y registre que las acciones correctivas fueron llevadas a cabo y que son adecuadas y efectivas.

Cada sistema deberá tener un historial de mantenimiento dónde se detalle, como mínimo, lo siguiente: acciones correctivas realizadas, responsables de cada tarea, resultados obtenidos, procedimientos aplicados si es que existen, análisis de tendencias, etc.

6.1.6.7.1 Indicadores

Un indicador del desempeño de este PGE es el número de anomalías anuales / intervenciones anuales que se presenten en el sistema y requieran acciones correctivas. Sumado a lo anterior se puede contabilizar la cantidad de recursos empleados en las inspecciones y reparaciones (Ej.: horas-hombre)

En caso de observarse incremento en la cantidad de intervenciones es recomendable rever las actividades que se llevan a cabo en el marco del PGE y aumentar la frecuencia de las inspecciones o evaluar la incorporación de nuevas técnicas de control.

6.1.6.8 Controles administrativos

Se debe asegurar que las acciones correctivas sean implementadas y efectivas. Esto se consigue esencialmente mediante la correcta documentación de las tareas. Lo que implica:

- La claridad, disponibilidad y actualización permanente de los procedimientos de inspección.
- La programación de las inspecciones a realizar.
- La actualización oportuna del estado de los componentes incluidos en el alcance de este programa con respecto a la realización efectiva o no de la inspección.
- El registro de los componentes que no presentaron signos de envejecimiento en la inspección, así como de aquellos que sí los presentaron con su respectivo análisis, procedimiento de corrección y futuras acciones a tomar.
- La documentación posterior a las intervenciones correctivas, detallando cómo se ejecutó la tarea, el personal responsable, la ocurrencia de hechos imprevistos y los resultados de los ensayos posteriores que certifiquen que el resultado final es aceptable.



Los controles administrativos de toda la documentación abarcada por este PGE deberán estar en concordancia con aquellos aplicados al resto de la documentación de la Central y requerirán las verificaciones usuales del QA de la planta.

6.1.6.9 Experiencia operativa

En lo que respecta a la experiencia operativa, muchas de las fallas y pedidos de intervención de las esclusas instaladas en otras centrales nucleares, están vinculados a la estanqueidad de los sellos, que se deterioran con el tiempo.

Durante la operación de la CNE, se observó sobre la superficie de sellado daño por corrosión. El proceso de corrosión en los marcos puede haberse iniciado por humedad que queda retenida entre los sellos y las superficies metálicas. La humedad puede provenir del ambiente o posiblemente de las soluciones jabonosas empleadas durante las pruebas de estanqueidad (de aquí la relevancia de limpiar cuidadosamente las superficies luego de las pruebas).

Por otra parte otro problema reportado en CNE fue la obsolescencia de las válvulas reguladoras de presión para las cuales no se contaba con piezas de reemplazo. Esto implicó tanto la búsqueda de proveedores alternativos como de válvulas nuevas que pudieran sustituir las instaladas cumpliendo con los requisitos de diseño.

6.1.6.10 Obsolescencia

Los componentes que forman parte de este sistema son de uso habitual en la industria (válvulas, ejes, rodamientos, volantes, pernos, chavetas, etc.), por lo que cuando se presentaron problemas de obsolescencia en instalaciones similares se encontró en el mercado actual algún tipo de solución por medio de un proveedor nuevo.

6.1.7. Registros

N/A

6.1.8. Anexos

N/A



CONCLUSIONES

Como se detalló en el punto 1.5.1 – *Gestión del envejecimiento* (ciclo de Deming) la redacción de los PGE para los sistemas XA/XC/XD cumple con las etapas *Actuar (Act)* y *Planificar (Plan)* ya que se trata de una central en operación y parte de las tareas de gestión de envejecimiento fueron realizadas con anterioridad, las cuales sirven como punto de inicio en la confección de los PGE. A continuación es necesario estos sean implementados por parte de la operadora de la central y de esta forma ingresar en la etapa *Hacer (Do)*. Una vez implementados los PGE la siguiente etapa es realizar evaluaciones de estado periódicas en los sistemas (*Verificar - Check*), según se indica en el apartado 3.1.1.8 - *Evaluación, aseguramiento de la calidad y mejora de los PGE*, para verificar la efectividad de los mismos y asegurar que los efectos de los MDRE son manejados adecuadamente. En base a las conclusiones de las evaluaciones de estado y con el seguimiento de los indicadores de los PGE se puede retroalimentar el ciclo para dar cumplimiento a la mejora continua realizando las adecuaciones que sean necesarias a los PGE (*Actuar – Act*). Este último ítem se encuentra en la actualidad en proceso de implementación en Atucha I.

Luego de realizar un relevamiento de los criterios y características generales, analizar las prácticas de mantenimiento, vigilancia e inspecciones de los sistemas, estudiar los historiales y registros de planta, identificar los mecanismos de degradación potenciales y activos en función de la experiencia en servicio del componente se procedió a la redacción de los PGE de los sistemas XA/XC/XD. Como resultado se encontró que la mayoría de las prácticas recomendadas por los estándares internacionales son ejecutadas por la operadora de la central. Como puntos de mejora las principales actividades a incorporar en las prácticas de planta se pueden mencionar:

- En cuanto a la esfera de contención la prueba integral de velocidad de fuga se realiza en forma periódica y en concordancia con lo recomendado por la normativa internacional (DIN 25436 / KTA 3405). Se incorpora:
 - Inspección visual periódica y exhaustiva en superficies accesibles. Las inspecciones que se realizan son ocasionales sin un protocolo que estandarice y documente esta práctica.
 - Evaluación, reparación y reemplazo según código ASME XI
 - Evolución y seguimiento de superficies y resultados de prueba integral de velocidad de fuga
- En cuanto a la esclusa de personal la prueba de hermeticidad y prueba de funcionamiento anual se realizan y documentan en forma parcial según lo recomendado por la normativa internacional (KTA 3401.4). Se incorpora:
 - Recubrimiento con talco de juntas poliméricas como acción preventiva y mitigatoria.
 - Inspección visual mensual y anual en superficies accesibles. Las inspecciones que se realizan son ocasionales sin un protocolo que estandarice y documente esta práctica.



- Prueba de estanqueidad de penetraciones eléctricas y mirilla
 - Prueba de funcionamiento mensual. Verificación de cumplimiento de las etapas de operación.
 - Evolución de prueba de hermeticidad
- En cuanto a la esclusa de emergencia la prueba de hermeticidad y prueba de funcionamiento anual se realizan y documentan según lo recomendado por la normativa internacional (KTA 3401.4). Se incorpora:
 - Recubrimiento con talco de juntas poliméricas como acción preventiva y mitigatoria.
 - Inspección visual mensual y anual en superficies accesibles. Las inspecciones que se realizan son ocasionales sin un protocolo que estandarice y documente esta práctica.
 - Control del tiempo de compensación de las válvulas
 - Evolución de prueba de hermeticidad

La implementación y coordinación de estas actividades, incluidas en los PGE, ayudara a identificar, mitigar y controlar los efectos de los MDRE de manera proactiva.

Con respecto al grado de implementación del Programa Integral de Gestión de Envejecimiento (PIGE) en la central Atucha I es importante continuar con el desarrollo de los PGE para los sistemas incluidos dentro del alcance del PIGE, definido en el informe de trabajo IT N°78/11. A nivel internacional los PGE son implementados en centrales nucleares que se encuentran en su periodo extendido de operación, estado al cual Atucha I llegara en el corto plazo.



GLOSARIO

- **Estructuras, sistemas y componentes ESC (Structures, systems and components – SSC’s):** Término general que abarca todos los elementos de una instalación que contribuyen a la protección y seguridad, excepto los factores humanos.
- **Función de Seguridad (Safety Function):** Propósito específico que debe llevarse a cabo para seguridad. Las 3 principales funciones de seguridad para centrales nucleares son:
 - Control de reactividad
 - Refrigeración del material radiactivo
 - Confinamiento del material radiactivo
- **Sistemas de Seguridad (Safety System):** Un ítem (Estructuras, sistemas y componentes) que es parte de un grupo de seguridad tal que su malfuncionamiento o fallo podría conducir a la exposición a la radiación del personal del emplazamiento o de miembros del público.
- **Defensa en Profundidad:** Deben establecerse una serie de obstáculos (físicos y no físicos), entre las sustancias radiactivas confinadas en sus lugares normales previstos en las plantas y las personas o el medio ambiente que podrían verse afectados como consecuencia de la dispersión de dichas sustancias por causas accidentales.
- **Potenciador (Stressor):** Es un agente o estímulo derivado de las condiciones previas y durante el servicio que pueden producir en forma inmediata o gradual el envejecimiento de un ESC.
- **Envejecimiento (Ageing):** Proceso general en el cual las características de las Estructuras, sistemas y componentes (ESC) cambian en forma gradual con el tiempo y/o uso.
- **Degradación por envejecimiento (Ageing Degradation):** Efectos del envejecimiento que puede afectar la capacidad de un ESC de funcionar dentro de sus criterios de aceptación.
- **Gestión del Envejecimiento (Ageing Management):** Acciones de ingeniería, operación y mantenimiento para mantener dentro de límites aceptables la degradación por envejecimiento en ESC.
- **Accidente Base de Diseño (Design Basis Accident):** También denominada “Máximo Accidente Creíble” es un accidente teórico para el cual una instalación nuclear debe estar diseñada y construida para resistir sin pérdida de los sistemas, estructuras y componentes necesarios para asegurar el bienestar y seguridad públicos.

