



COMISIÓN CHILENA DE ENERGÍA NUCLEAR

**CONTENIDO DEL INFORME DE
FUNCIONAMIENTO Y SEGURIDAD
RADIOLÓGICA**

**NORMA DE SEGURIDAD
NS-03.0**



INTRODUCCIÓN

El presente documento es parte del conjunto de Documentos Normativos de Seguridad que prepara la División Seguridad Nuclear y Radiológica de la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN), en relación con las instalaciones nucleares y con las instalaciones radiactivas de competencia de la CCHEN.

En general, este conjunto se basa en la documentación de carácter normativo sobre seguridad de instalaciones nucleares e instalaciones radiactivas emitida por instituciones internacionales especializadas en la materia, tales como el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) y, complementariamente, en el análisis comparativo de normas emitidas por otros países.

LISTA DE REVISIONES

Versión inicial	NS-03.0	Mayo de 2018
-----------------	---------	--------------

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	I
LISTA DE REVISIONES	I
TABLA DE CONTENIDO	II
OBJETO Y ALCANCE	III
DEFINICIONES	III
1 ASPECTOS GENERALES	4
1.1 OBJETIVO Y ALCANCE DEL INFORME	4
1.2 DEFINICIONES DEL INFORME	4
1.3 PARTICIPANTES Y SUS RESPONSABILIDADES	4
2 AUTORIZACIÓN DE OPERACIÓN INICIAL	4
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	4
2.2 EVALUACIÓN INICIAL DE LA SEGURIDAD RADIOLÓGICA	5
2.3 ANÁLISIS DE INCIDENTES O ACCIDENTES	5
2.4 PRUEBAS PREOPERACIONALES	6
2.5 INSPECCIÓN DE OBRAS	6
2.6 CONCLUSIONES DEL INFORME	8
3 RENOVACIÓN DE AUTORIZACIONES DE OPERACIÓN	8
3.1 EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD RADIOLÓGICA	8
3.2 EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO	9
3.3 CONCLUSIONES DEL INFORME	9

OBJETO Y ALCANCE

El objeto de la presente Norma es el de establecer las materias que se deberán considerar en los Informes de Funcionamiento y Seguridad Radiológica de instalaciones radiactivas de primera categoría, elaborados en apoyo tanto de las solicitudes de primera Autorización de Operación como de las renovaciones sucesivas de tales autorizaciones.

En atención a la diversidad de tipos de instalaciones radiactivas comprendidas en primera categoría, las disposiciones de la presente Norma deberán ser aplicadas, en la medida que proceda, de acuerdo a las características propias de cada instalación.

La Norma ha sido diseñada considerando los requerimientos de seguridad de las instalaciones de mayor complejidad y riesgos asociados, en consecuencia, deberá ser aplicada a instalaciones menos complejas considerando una aproximación gradual a la seguridad, congruente con los respectivos riesgos.

DEFINICIONES

Las expresiones y términos asociados a la Protección Radiológica, que aparecen en el texto del presente documento, corresponden a las definiciones que se establecen en el Glosario de Seguridad Tecnológica del OIEA[1].

Adicionalmente, en esta Norma se emplearán los términos que se indica, con los significados siguientes:

Componente: parte diferenciable de un sistema, capaz de desempeñar una función simple.

Elemento: cada uno de los sistemas, estructuras y componentes que conforman una instalación.

Escenario de riesgo: Secuencia específica de eventos no planeados, que conducen a una consecuencia indeseable.

Estructura: conjunto de componentes pasivos que cumplen una función de soporte, acceso o contención.

Sistema: conjunto de componentes montados de manera tal que desempeñan una función activa específica.

Término fuente: el inventario radiactivo presente en una instalación, disponible para ser liberado al ambiente y para ocasionar daño radiológico por emisión de radiación ionizante a consecuencias de un incidente o accidente.

[1] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Glosario de Seguridad Tecnológica del OIEA, STI/PUB/1290, OIEA, Viena (2007)

1 ASPECTOS GENERALES

Se deberá presentar información detallada acerca del objeto y el alcance del Informe de Funcionamiento y Seguridad Radiológica, así como de las definiciones de los términos y de la organización y responsabilidades institucionales.

1.1 OBJETIVO Y ALCANCE DEL INFORME

- 1.1.1 Se deberá establecer el objeto general del Informe, así como los objetivos específicos, si corresponde.
- 1.1.2 Se deberá establecer el ámbito de aplicación del Informe, especificando:
 - a) la instalación o equipo radiactivo al cual es aplicable,
 - b) la versión de autorización a la que corresponde (inicial u ordinal de renovación), y
 - c) en caso de renovación de autorización, el período informado (fecha de inicio y de término)

1.2 DEFINICIONES DEL INFORME

- 1.2.1 En general, se deberá adoptar la nomenclatura establecida en el Glosario de Seguridad Tecnológica del OIEA. Los términos no definidos en dicho glosario, particularmente aquellos de uso exclusivo en la instalación radiactiva o que tengan un significado específico en el Informe, deberán ser definidos explícitamente.
- 1.2.2 Se deberá indicar el significado de todas las abreviaturas y siglas que se empleen en el documento.

1.3 PARTICIPANTES Y SUS RESPONSABILIDADES

- 1.3.1 Se deberá identificar a todas las entidades que participan en la preparación y aprobación del Informe, con mención explícita de sus funciones y responsabilidades.
- 1.3.2 Se deberá establecer las funciones y responsabilidades las unidades orgánicas de la organización explotadora, en cuanto a la provisión de información, facilitación de inspecciones y participación en el análisis.
- 1.3.3 Se deberá establecer las funciones y responsabilidades de emisor del Informe, estableciendo explícitamente su participación en las inspecciones, asistencia a pruebas, conducción de análisis y evaluaciones.

2 AUTORIZACIÓN DE OPERACIÓN INICIAL

El Informe de Funcionamiento y Seguridad Radiológica para optar a la primera autorización de operación de la instalación debe incluir el análisis de seguridad, los programas de pruebas e inspecciones y las demás acciones que permitirán emitir un Informe favorable sobre las condiciones de seguridad radiológica y operacional de la instalación.

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

- 2.1.1 Se deberá presentar la relación de las estructuras y sistemas que conforman la instalación. Los sistemas podrán estar divididos en sub-sistemas.
- 2.1.2 Se proveerá una breve descripción de cada estructura y sistema (sub-sistema), con mención de las funciones que cumple, tal que permita una cabal comprensión del funcionamiento de estas partes y de la instalación como un todo. Esta información incluirá, según sea adecuado, planos mecánicos, planos eléctricos, diagramas lógicos, diagramas de instrumentación, manuales de fabricantes de equipos y cualquier otra documentación que pueda resultar necesaria.
- 2.1.3 Para cada estructura y sistema (o sub-sistema) se presentará un listado de los componentes que los conforman. A cada uno de estos elementos se deberá asignar un código único, de modo que pueda ser referenciado posteriormente en forma inequívoca.

- 2.1.4 Para posibilitar la correcta ejecución del análisis de riesgos, se deberá contar con la descripción de los componentes y sus especificaciones técnicas, con el detalle y profundidad tales que permitan el desarrollo de:
- a) el análisis de riesgos que se describe en 2.2.
 - b) el análisis de incidentes o accidentes que se describe en 2.3.
 - c) la especificación de los protocolos de prueba de sistemas y componentes que se describe en 2.4
 - d) la especificación de los protocolos de inspección que se describe en 2.5.

2.2 EVALUACIÓN INICIAL DE LA SEGURIDAD RADIOLÓGICA

- 2.2.1 El propósito de la evaluación inicial de la seguridad radiológica será determinar si la actividad propuesta cumple con proteger a las personas y al medio ambiente de acuerdo a los requisitos de la Ley 18.302, sus reglamentos y las instrucciones y reglamentaciones generales y particulares dictadas por la Comisión Chilena de Energía Nuclear.
- 2.2.2 Se deberá utilizar técnicas de análisis de riesgos para revisar sistemáticamente el diseño de la instalación a fin de identificar los escenarios de riesgo y estimar cualitativamente la severidad y probabilidad de cada escenario, particularmente, los impactos sobre las personas, los bienes o el medio ambiente.
- 2.2.3 Se deberá utilizar alguna técnica de análisis de riesgos predictiva orientada al análisis de fallo de elementos físicos, tales como:
- i) Qué pasa si...? (What if...?)
 - ii) Análisis de modos de fallo y efectos (Failure Mode and Effects Analysis, FMEA)
- Se podrán utilizar otras técnicas de evaluación del riesgo de la norma IEC/ISO 31010.
- 2.2.4 En el caso de instalaciones muy complejas, particularmente aquellas provistas de sistemas redundantes de seguridad, podrá ser necesario recurrir al Análisis de Árboles de Fallo (Fault Tree Analysis, FTA).
- 2.2.5 Cada instalación deberá ser caracterizada, en cuanto a sus condiciones de seguridad, mediante el listado de las calificaciones de los riesgos:
- a) de los escenarios de riesgo; el riesgo correspondiente a cada escenario de riesgo será calificado de acuerdo con las directivas que se indican en el Apéndice I. Se deberá verificar que no se consideren escenarios de riesgo repetidos, que pudieren aparecer por la existencia de fallos de más de un componente en la secuencia de eventos de un determinado escenario.
 - b) de los sub-sistemas; el riesgo asociado a cada sub-sistema corresponderá a la sumatoria de los riesgos de cada escenario de riesgo identificado para dicho sistema o sub-sistema.
 - c) de los sistemas y estructuras; el riesgo asociado a cada sistema o estructura corresponderá a la sumatoria de los riesgos de cada escenario de riesgo asociado a dicho sistema o estructura.
 - d) de la instalación; el riesgo global de la instalación será la suma de los riesgos asociados a todos los sistemas y estructuras que la componen.
- 2.2.6 El listado de calificaciones de riesgos constituirá la línea base respecto de la cual se comparará, con ocasión de las renovaciones de autorización que ocurran en el transcurso de la vida útil de la instalación, las condiciones de riesgo actualizadas a cada ocasión, según se describe en 3.2.

2.3 ANÁLISIS DE INCIDENTES O ACCIDENTES

- 2.3.1 Toda vez que, como resultado del análisis de riesgos descrito en 2.2.4, se haya verificado la existencia de escenarios de riesgo potenciales cuya calificación de riesgo sea igual o supere el nivel de riesgo alto (R_A), el Informe deberá incluir un análisis orientado a estimar sus consecuencias radiológicas, las que se expresarán, según corresponda, en términos de dosis individuales, dosis colectivas o dosis comprometidas.
- 2.3.2 Los escenarios de riesgo deberán ser caracterizados en relación con su capacidad de provocar daño radiológico, identificando:
- a) el término fuente, en términos de: cantidad, composición isotópica, forma química y física
 - b) las salvaguardias que intervienen en el escenario de riesgo
 - c) las características ambientales que condicionan los efectos del término fuente

- 2.3.3 Las consecuencias radiológicas de los escenarios de riesgos identificados y descritos según el apartado precedente deberán ser calculadas utilizando métodos de cálculo homologados y verificando que las condiciones de borde y los datos de entrada se encuentren debidamente justificados.
- 2.3.4 De acuerdo con los resultados, en el Informe se deberá verificar que:
- las consecuencias no superan aquellas correspondientes a las descritas para la nota asignada a la severidad del escenario, de acuerdo con la Tabla I.1 del Apéndice I. Si esto ocurriere, el análisis de riesgos deberá ser revisado y corregido.
 - ningún escenario de riesgo podrá ser aprobado si la severidad de las consecuencias es calificada con nivel muy alta (C_{MA}). En caso que así ocurriera, y no fuere posible adoptar medidas para reducirla, se deberá adoptar aquellas que conduzcan a reducir el nivel de probabilidad a 1.
- 2.3.5 Se establecerá justificadamente si, habiéndose satisfecho las condiciones de seguridad correspondientes al análisis de riesgos, el Informe es favorable o si, por el contrario, no se dan las condiciones para ello.

2.4 PRUEBAS PREOPERACIONALES

- 2.4.1 Se verificará que el explotador de la instalación haya desarrollado un plan de pruebas preoperacionales y que este plan incluya todos los componentes activos, sobre la base de la descripción de la instalación indicada en 2.1.
- 2.4.2 Se verificará que exista un protocolo de prueba para cada componente activo y para cada sub-sistema y sistema de la instalación. Este protocolo deberá incluir:
- identificación de los parámetros a ser verificados y sus límites operacionales
 - para cada parámetro:
 - descripción de los aspectos que puedan condicionar la ejecución de la prueba
 - descripción, paso a paso, de las acciones a ejecutar para efectuar la prueba
 - valores resultantes previstos, de acuerdo con las expectativas de operación en régimen nominal
 - valores límites aceptables
- 2.4.3 El programa de pruebas preoperacionales deberá contener:
- la ocasión en que se ejecutará cada prueba, con indicación de día y hora
 - la duración estimada de la prueba
 - el responsable, por parte del explotador, de la ejecución de la prueba
- 2.4.4 Una copia del programa deberá ser entregada, con la debida antelación, a la autoridad competente, la que podrá nombrar observadores para presenciar las pruebas que estime conveniente.
- 2.4.5 Cualquier modificación que resulte necesaria efectuar al programa deberá puesta en conocimiento, con la debida antelación, a las partes involucradas, incluyendo la autoridad competente.
- 2.4.6 El explotador de la instalación deberá preparar un registro único para consignar todos los resultados de las pruebas, con arreglo a la descripción de la instalación indicada en 2.1.
- Cada par elemento-parámetro bajo prueba dará lugar a una entrada en el formulario. Las entradas contendrán, a lo menos:
 - el código de identificación del elemento bajo prueba (ver 2.1.1.)
 - el parámetro bajo prueba
 - el rango de valores aceptables, correspondiente a los previamente especificados en el protocolo de la prueba, 2.3.1.1. b) iii) y iv)
 - el resultado obtenido
 - el dictamen del emisor del Informe, en términos de aceptación o rechazo
 - El registro, debidamente cumplimentado por el explotador y visado por el emisor, será anexo al Informe.

2.5 INSPECCIÓN DE OBRAS

- 2.5.1 Se verificará que el explotador de la instalación haya desarrollado un plan de inspecciones y que este plan incluya todos los componentes pasivos, sobre la base de la descripción de la instalación indicada en 2.1.

- a) El explotador de la instalación es responsable de la ejecución de las inspecciones preoperacionales. El calendario de inspecciones deberá ser preparado, conjuntamente, por el explotador de la instalación y el emisor del Informe; este último, o un representante suyo, deberá presenciar la ejecución de las inspecciones.
 - b) El programa de inspecciones deberá contener:
 - i) la ocasión en que se ejecutará cada inspección, con indicación de día y hora
 - ii) la duración estimada de la inspección
 - iii) el responsable, por parte del explotador, de la ejecución de la inspección
 - c) Una copia del programa deberá ser entregada, con la debida antelación, a la autoridad competente, la que podrá nombrar observadores para presenciar las inspecciones que estime conveniente.
 - d) Cualquier modificación que resulte necesaria efectuar al programa deberá puesta en conocimiento, con la debida antelación, a las partes involucradas, incluyendo la autoridad competente.
- 2.5.2 El emisor del Informe verificará que exista un protocolo de inspección para cada componente estructural de la instalación. Este protocolo deberá incluir:
- a) identificación de los parámetros a ser verificados
 - b) para cada parámetro:
 - i) descripción de los modos de inspección necesarios para verificar el cumplimiento de las especificaciones de diseño, tales como:
 - 1) control dimensional
 - 2) control de materiales
 - 3) control documental de certificaciones de calidad
 - ii) aspectos que puedan condicionar la inspección
 - iii) resultados previstos, de acuerdo con el diseño
 - iv) valores límites aceptables, según corresponda
- 2.5.3 Se verificará que exista un protocolo de inspección radiológica para cada estructura de la instalación que cumpla funciones de blindaje radiológico. Este protocolo deberá incluir:
- a) identificación de la localización de los puntos donde se deberá efectuar las mediciones, de acuerdo con el cálculo de blindajes
 - b) para cada punto:
 - i) rango de medición aceptable del detector de radiación
 - ii) descripción del modo de medición (directo o indirecto)
 - iii) resultados previstos, de acuerdo con el cálculo de blindajes
 - iv) valores límites aceptables
- 2.5.4 El explotador de la instalación deberá preparar un registro único para consignar todos los resultados de las inspecciones, con arreglo a la descripción de la instalación indicada en 2.1.
- a) Cada par elemento-parámetro bajo inspección dará lugar a una entrada en el formulario. Las entradas contendrán, a lo menos:
 - i) el código de identificación del elemento bajo inspección
 - ii) para la inspección de obras, el parámetro bajo inspección, indicando:
 - 1) el rango de valores aceptables, correspondiente a los previamente especificados en el protocolo de la inspección, 2.3.2.2. b) iii) y iv)
 - 2) el resultado obtenido
 - 3) el dictamen del emisor del Informe, en términos de aceptación o rechazo
 - iii) para la verificación de blindajes, el punto de medición, indicando:
 - 1) el rango de valores aceptables, correspondiente a los previamente especificados en el protocolo de la medición, 2.3.2.3. b) iii) y iv)
 - 2) el resultado obtenido
 - 3) el dictamen del emisor del Informe, en términos de aceptación o rechazo
 - b) El formulario, debidamente cumplimentado por el explotador y visado por el emisor, será anexado al Informe.
- 2.5.5 Se establecerá justificadamente si, habiéndose satisfecho las condiciones de seguridad correspondientes a las inspecciones, el Informe es favorable o si, por el contrario, no se dan las condiciones para ello.

2.6 CONCLUSIONES DEL INFORME

- 2.6.1 Se detallará el cumplimiento de los requerimientos de seguridad asociados a la instalación, explicitando si el Informe es favorable o si, por el contrario, no se dan las condiciones para ello.

3 RENOVACIÓN DE AUTORIZACIONES DE OPERACIÓN

El Informe de Funcionamiento y Seguridad Radiológica para optar a una renovación de la autorización de operación de la instalación debe presentar los resultados de la revisión de los análisis de seguridad, de las pruebas e inspecciones y demás acciones que permitirán emitir un Informe favorable sobre las condiciones de seguridad radiológica y operacional de la instalación.

3.1 EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD RADIOLÓGICA

- 3.1.1 En el caso de instalaciones poseedoras de una autorización de operación vigente, que presenten un Informe de Funcionamiento y Seguridad Radiológica por primera vez luego de la entrada en vigencia de la presente norma, esta sección deberá ser precedida por las secciones que se establecen en 2.1. "Descripción de la instalación" y 2.2. "Evaluación inicial de la seguridad radiológica".
- 3.1.2 Se deberá revisar sistemáticamente el análisis de riesgos de la instalación a fin de identificar los cambios sufridos por los componentes y la forma en que estos cambios afectan los escenarios de riesgo y efectuar una estimación actualizada de la severidad y probabilidad de cada escenario.
- 3.1.3 Sobre la base del listado de componentes obtenido de acuerdo a 2.1., se deberá identificar los eventuales cambios de propiedades que hayan sufrido en razón de su uso o envejecimiento, tales que pudieren afectar adversamente sus condiciones, como también, cualquier mejora que hubiere podido ser introducida por reemplazo o mantenimiento, respecto de las que poseía al momento de la calificación efectuada durante el análisis de riesgo inicial (componentes nuevos).
- 3.1.4 El análisis de riesgos de la instalación deberá ser actualizado de acuerdo a las modificaciones que hayan sufrido sus elementos, efectuando el correspondiente ajuste de las calificaciones de severidad y probabilidad en los escenarios de riesgo, para obtener la calificación del riesgo actualizada.
- 3.1.5 Se efectuará un análisis de la evolución de los riesgos asociados a los escenarios de riesgo de la instalación sobre la base de las calificaciones obtenidas con ocasión de la autorización de operación inicial y de las sucesivas solicitudes de renovación de esta autorización. Se determinará cuál es la tendencia de la evolución del riesgo.
- 3.1.6 La seguridad radiológica de la instalación será determinada empíricamente sobre la base de la evaluación de la exposición rutinaria del personal durante el período objeto del Informe y de la frecuencia con que hayan ocurrido incidentes con consecuencias radiológicas que hayan incidido en un incremento de dicha exposición.
- 3.1.7 El comportamiento individual de los miembros del personal, en relación con el cumplimiento de los procedimientos de operación segura, deberá ser determinado sobre la base del análisis de los respectivos historiales dosimétricos. Se hará un análisis comparativo la exposición de cada persona respecto de la media del personal.
- 3.1.8 Se deberá efectuar un análisis de evolución de la exposición media del personal y de las desviaciones respecto de este valor, a fin de determinar eventuales fallos imputables a las condiciones de seguridad de la instalación.
- 3.1.9 En esta sección se deberá describir aquellos eventos anómalos que hayan derivado en un incremento significativo sobre la exposición individual o colectiva, ocurridos durante el período informado.
- 3.1.10 Para cada evento descrito en el apartado precedente, el emisor del Informe deberá identificar las causas que lo provocaron y evaluar sus consecuencias radiológicas. Verificará especialmente:
- a) la ausencia de condiciones inseguras en la instalación
 - b) la ausencia de transgresiones a la normativa o a las condiciones de la autorización
 - c) la ausencia de sobre-exposiciones personales
 - d) el cumplimiento de los requerimientos sobre investigación y notificación, por parte del explotador

- 3.1.11 Se deberá identificar y evaluar la efectividad de las medidas correctivas adoptadas por el explotador de la instalación a fin de evitar la recurrencia de las causas de los eventos referidos en el apartado precedente, o para minimizar sus consecuencias adversas.
- 3.1.12 Se establecerá justificadamente si, habiéndose satisfecho las condiciones correspondientes a la seguridad radiológica de la instalación, el Informe es favorable o si, por el contrario, no se dan las condiciones para ello.

3.2 EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO

- 3.2.1 La seguridad operacional de la instalación será determinada empíricamente sobre la base de la evaluación del historial de operación durante el período objeto del Informe y de la frecuencia con que hayan ocurrido incidentes que hayan incidido en un detrimento de las condiciones de seguridad de la instalación.
- 3.2.2 El comportamiento operacional de la instalación, en relación con el cumplimiento de los procedimientos de operación segura, deberá ser determinado sobre la base del análisis de los historiales de parámetros operacionales importantes para la seguridad. Se hará un análisis comparativo de los valores de cada parámetro mantenidos durante el período objeto del Informe, respecto de los correspondientes valores nominales.
- 3.2.3 Se deberá efectuar un análisis de evolución de los parámetros operacionales importantes para la seguridad y de las desviaciones respecto del valor nominal, a fin de determinar eventuales fallos imputables a las condiciones de seguridad de la instalación.
- 3.2.4 En esta sección se deberá describir aquellos eventos anómalos que hayan derivado en un potencial detrimento de las condiciones de seguridad de la instalación, ocurridos durante el período informado.
- 3.2.5 Para cada evento descrito en el apartado precedente, el emisor del Informe deberá identificar las causas que lo provocaron y evaluar sus consecuencias. Verificará especialmente:
 - a) la ausencia de condiciones inseguras en la instalación
 - b) la ausencia de transgresiones a la normativa o a las condiciones de la autorización
 - c) el cumplimiento de los requerimientos sobre investigación y notificación, por parte del explotador
- 3.2.6 El emisor del Informe deberá identificar y evaluar la efectividad de las medidas correctivas adoptadas por el explotador de la instalación a fin de evitar la recurrencia de las causas de los eventos referidos en el apartado precedente, o para minimizar sus consecuencias adversas.
- 3.2.7 En esta sección el emisor deberá establecer justificadamente si, habiéndose satisfecho las condiciones correspondientes a la seguridad operacional de la instalación, está habilitado para emitir un Informe favorable o si, por el contrario, no se dan las condiciones para ello.

3.3 CONCLUSIONES DEL INFORME

- 3.3.1 Se detallará el cumplimiento de los requerimientos de seguridad asociados a la instalación, explicitando si el Informe es favorable o si, por el contrario, no se dan las condiciones para ello.

APÉNDICE I RIESGO

La secuencia accidental es una cadena de acontecimientos que empieza con el suceso iniciador y puede culminar en un accidente. Esta secuencia incluye el suceso iniciador, la actuación o fallo de las medidas de seguridad, la exposición accidental y la manifestación de posibles consecuencias.

La matriz de riesgo efectúa una evaluación combinada del iniciador, las medidas de seguridad y las consecuencias, lo cual permite valorar el riesgo que resulta.

Para la determinación del riesgo se podrá utilizar el método de matriz de riesgo del Foro Iberoamericano de Reguladores Nuclear y Radiológicos.²³

I.1 FRECUENCIA DEL EVENTO INICIADOR

Evento iniciador corresponde a todo fallo de equipo, error humano o suceso externo, que puede conducir a una exposición accidental si fallan las medidas previstas para prevenirlas.

La clasificación de la frecuencia relativa de los eventos iniciadores se realizará de acuerdo con la Tabla I-1.

Frecuencia relativa	Probabilidad de ocurrencia	Número de eventos por año		
Alta	f_A	$P \geq 1/10$	$F \geq 50$	Más de 50 por año
Media	f_M	$1 / 1.000 \leq P < 1 / 10$	$1 \leq F < 50$	Entre 1 y 50 por año
Baja	f_B	$1 / 100.000 \leq P < 1 / 1.000$	$0,01 \leq F < 1$	Entre 1 por año y 1 cada 100 años
Muy Baja	f_{MB}	$P < 100.000$	$F < 0,01$	Menos de 1 cada 100 años

Tabla I-1. Frecuencia del evento iniciador.

I.2 PROBABILIDAD DE FALLO DE BARRERAS DE SEGURIDAD

Las barreras son aquellas medidas previstas para evitar, prevenir, detectar, controlar y reducir o mitigar las consecuencias de un accidente una vez ocurrido el evento iniciador. Las barreras pueden ser medidas técnicas u organizativas, Todas las barreras forman parte del principio en profundidad.

La clasificación de la probabilidad relativa del fallo de las barreras de seguridad se realizará de acuerdo con la Tabla I-2

Probabilidad relativa	Probabilidad de fallo	Número de barreras de seguridad	
Alta	P_A	$P \geq 1/10$	No hay barrera de seguridad
Media	P_M	$1 / 100 \leq P < 1 / 10$	Hay una barrera tipo A o dos barreras de otro tipo.
Baja	P_B	$1 / 1.000 \leq P < 1 / 100$	Hay dos barreras y una es de tipo A, o tres barreras.
Muy Baja	P_{MB}	$P < 1.000$	Hay tres barreras y una es de tipo A o cuatro barreras.

Tabla I-2. Probabilidad de fallo del conjunto de barreras de seguridad.

² Aplicación del método de matriz de riesgo a la radioterapia. Septiembre 2010. Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Nucleares y Radiológicos.

³ Aplicación del método de la matriz de riesgo en Radiografía Industrial. Junio 2016. Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Nucleares y Radiológicos.

Para determinar la probabilidad relativa del conjunto de barreras de seguridad se podrán utilizar los valores proporcionados por los fabricantes de los equipos, valores con referencia a documentos especializados, o se realizará de acuerdo con las probabilidades de la Tabla I-3.

Tipo de Barrera	Descripción	Probabilidad de fallo
A	Enclavamiento o bloqueo	0,04
B	Alarmas	0,08
C	Procedimientos de trabajo con revisión independiente	0,20
D	Procedimiento de trabajo sin revisión independiente	0,40

Tabla I-3. Probabilidad de fallo por tipo de barrera.

I.3 CONSECUENCIAS

Las consecuencias son los posibles daños que se derivan del evento iniciador. En la clasificación de las consecuencias se deben tomar en cuenta la severidad de los efectos y el número de personas afectadas. La severidad puede abarcar desde la muerte de la persona irradiada hasta una simple pérdida de la defensa en profundidad.

La clasificación de la severidad de las consecuencias se realizará de acuerdo con la Tabla I-4

Consecuencia	Severidad	
Muy alta	C_{MA}	Son aquellas que provocan efectos deterministas severos, siendo mortales o causantes de un daño permanente que reduce la calidad de vida de las personas afectadas.
Alta	C_A	Son aquellas que provocan efectos deterministas, pero no representan un peligro para la vida y no producen daños permanentes a la calidad de vida.
Media	C_M	Son aquellas que provocan exposiciones anómalas que están por debajo de los umbrales de los efectos deterministas
Baja	C_B	No se producen efectos sobre los trabajadores (T) y público (P), pero se degradan las medidas de seguridad.

Tabla I-4. Severidad de las consecuencias.

I.4 CLASIFICACIÓN DEL RIESGO

La clasificación del nivel de riesgo se realizará de acuerdo con las Tabla I-5 e I-6.

Riesgo	Criterio de aceptación	Acciones
Muy alto	R_{MA} Inaceptable	La actividad no se realiza. Si el nivel de riesgo se alcanza en operación se requiere detener la actividad.
Alto	R_A Inaceptable si las consecuencias con altas (C_A) o muy altas (C_{MA})	La actividad no se realiza. Si el nivel de riesgo se alcanza durante la operación se requiere la adopción de medidas inmediatas o tendrá que detenerse la actividad.
	R_A Aceptable temporalmente bajo determinadas condiciones si las consecuencias son medias (C_M) o bajas (C_B)	Se requiere medidas para reducir el riesgo en un plazo apropiado de tiempo.
Medio	R_M Aceptable, aplicar medidas de reducción de riesgo.	Deben introducirse mejoras que reduzcan el riesgo lo más bajo posible considerando criterios de costo/beneficio.
Bajo	R_B Despreciable	No se requieren acciones o medidas adicionales de seguridad.

Tabla I-5. Clasificación del Riesgo.

Evento Iniciador	Barreras de Seguridad	Nivel de Probabilidad				
f_A	P_A	7	R_M	R_A	R_{MA}	R_{MA}
f_A	P_M	6	R_M	R_A	R_A	R_{MA}
f_M	P_A		R_M	R_A	R_A	R_{MA}
f_M	P_M	5	R_M	R_M	R_A	R_A
f_B	P_A		R_M	R_M	R_A	R_A
f_{MB}	P_A		R_M	R_M	R_A	R_A
f_A	P_B	4	R_B	R_M	R_A	R_A
f_M	P_B		R_B	R_M	R_A	R_A
f_B	P_M		R_B	R_M	R_A	R_A
f_A	P_{MB}	3	R_B	R_M	R_M	R_A
f_{MB}	P_M		R_B	R_M	R_M	R_A
f_B	P_B	2	R_B	R_M	R_M	R_M
f_M	P_{MB}		R_B	R_M	R_M	R_M
f_{MB}	P_B		R_B	R_M	R_M	R_M
f_B	P_{MB}	1	R_B	R_B	R_B	R_M
f_{MB}	P_{MB}		R_B	R_B	R_B	R_M
Nivel de Consecuencia			C_B	C_M	C_A	C_{MA}

Tabla I-6. Matriz de riesgo.