

**Guía para la selección de la acción
de remediación en el esquema del
proceso de acciones correctivas
basadas en riesgo**

Guide for the remedy action selection within risk-based corrective
action framework

Índice

	Página
INTRODUCCIÓN	5
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	5
2 DOCUMENTOS NORMATIVOS PARA CONSULTA	10
3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES	10
4 OBJETIVOS DE LA ACCIÓN DE REMEDIACIÓN	13
4.1 Modelo conceptual del sitio	13
4.2 Identificación de los objetivos de la acción de remediación basados en riesgo	13
4.3 Identificación de los objetivos no basados en riesgo	13
4.4 Necesidad de una acción de remediación	15
5 EVALUACIÓN DE LA ACCIÓN DE REMEDIACIÓN: OBJETIVOS BASADOS EN RIESGO	15
5.1 Identificación de las acciones de remediación potenciales	15
5.2 Proceso de evaluación de las acciones de remediación	15
5.3 Evaluación de las acciones de remediación potenciales	15
5.4 Estudios o ensayos piloto	16
5.5 Evaluación de las acciones de remediación potenciales	16
5.6 Preselección de las acciones de remediación protectoras	16
6 EVALUACIÓN DE LA ACCIÓN DE REMEDIACIÓN: OBJETIVOS NO BASADOS EN RIESGO	17
6.1 Identificación de las acciones de remediación para la evaluación no basada en riesgo	17
6.2 Evaluación de las acciones de remediación protectoras	17
6.3 Preselección de las acciones de remediación aceptables	18
6.4 Modificación del objetivo basado en riesgo	18
6.5 Impracticabilidad técnica	18
7 SELECCIÓN DE LA REMEDIACIÓN	18
7.1 Criterios de selección de la remediación	18
7.2 Documentación de la selección de la remediación	19
8 CONSIDERACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA REMEDIACIÓN	19
8.1 Diseño de la acción de remediación	19
8.2 Métodos de monitoreo de la acción de remediación	19
8.3 Criterios de monitoreo de la acción de remediación	20
8.4 Metas intermedias de remediación	20
8.5 Impracticabilidad técnica	20
8.6 Finalización de la remediación	20
8.7 Cuidado posterior a la respuesta	20
8.8 Documentación de la implementación de la remediación	21
Anexo A (Informativo) Recursos disponibles para la evaluación de la eficacia técnica de las acciones de remediación potenciales	22
Anexo B (Informativo) Estudio de caso sobre una selección de la remediación basada en riesgo	23
Anexo C (Informativo) Ejemplo de una herramienta para la identificación de la acción de remediación óptima	32
Anexo D (Informativo) Bibliografía	35
Anexo E (Informativo) Integrantes de los organismos de estudio	36

Guía para la selección de la acción de remediación en el esquema del proceso de acciones correctivas basadas en riesgo

INTRODUCCIÓN

Esta norma es útil para identificar los factores que es conveniente considerar para seleccionar e implementar una acción de remediación apropiada para tratar los compuestos químicos de interés (CQI) presentes en los medios ambientales de un sitio en concentraciones mayores que los niveles de la acción de remediación. El proceso específico que se utiliza para seleccionar la acción de remediación varía ampliamente de un sitio a otro. Sin embargo, en todos los casos, se recomienda que la acción de remediación que se seleccione sea protectora (es decir, que alcance los objetivos basados en riesgo) y aceptable (es decir, que satisfaga los objetivos no basados en riesgo).

Para una ruta de exposición, cada objetivo basado en riesgo generalmente incluye niveles numéricos de la acción de remediación para cada CQI. Estos niveles también se pueden desarrollar para los objetivos no basados en riesgo, tales como los niveles guía de protección de un recurso. Los niveles de la acción de remediación no basados en riesgo pueden incluir los criterios de espesor o la movilidad de una FLNA. El objetivo es que la remediación que se seleccione sea efectiva y oportuna para cada objetivo en base a la consideración de la ruta de exposición o el estándar de protección del recurso asociados.

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma trata la selección de las acciones de remediación (3.1) apropiadas en sitios (3.14) con liberaciones de compuestos químicos [por ejemplo, líquidos en fase gaseosa, en fase disuelta o en fase no acuosa (FLNA)] al ambiente. En la Figura 1 se ilustra el proceso global de selección de una remediación. Se prevé la aplicación de esta norma dentro de un esquema de acciones correctivas basadas en riesgo (ACBR).

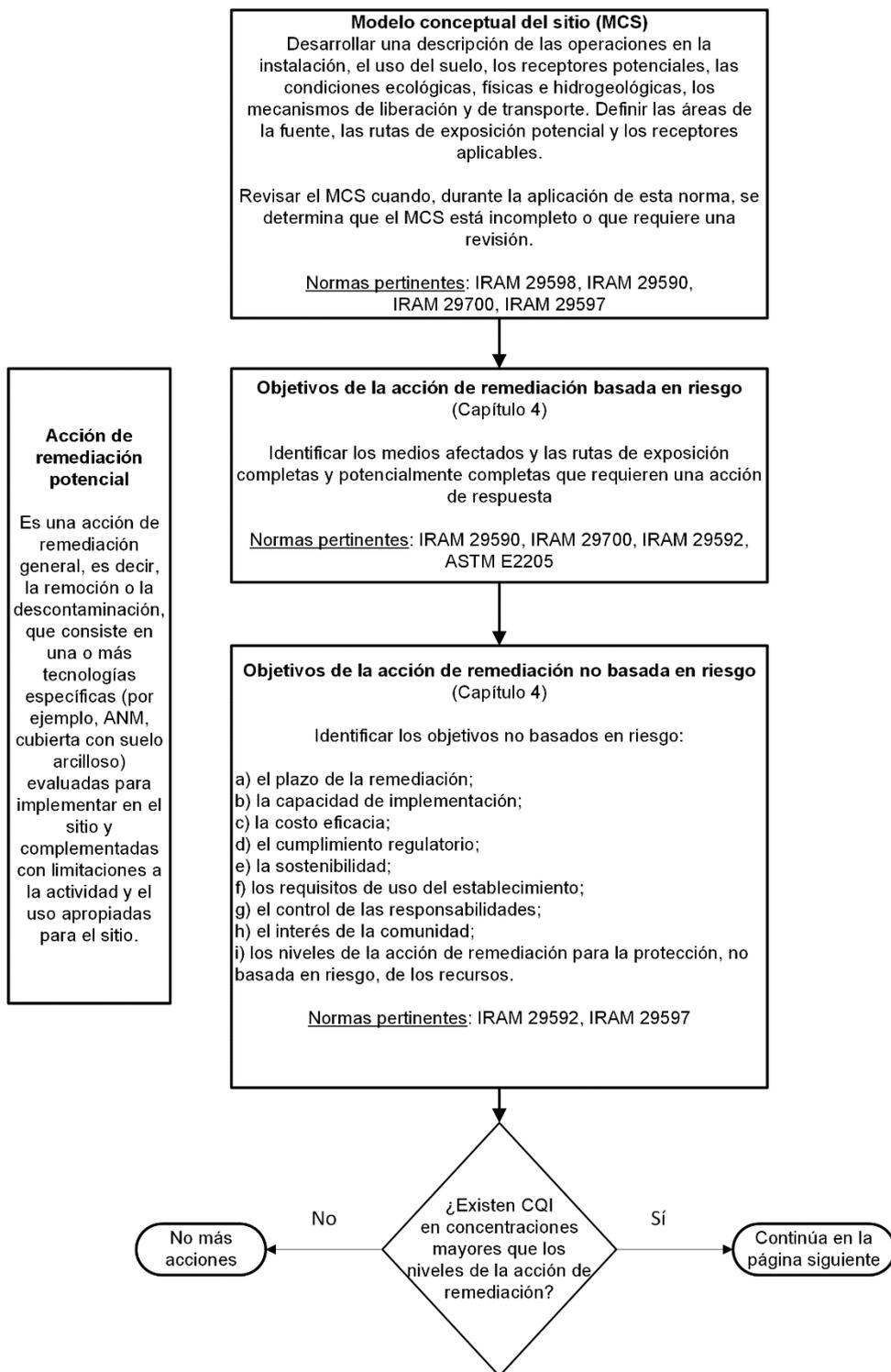
NOTA 1. Liberación es el vertido o la emisión intencional o accidental de cualquier compuesto químico. El término comprende cualquier derrame, filtración, bombeo, vertido, emisión, vaciado, descarga, inyección, escape, lixiviación, descarte o disposición en el ambiente, incluyendo el abandono o el descarte de barriles, contenedores y otros receptáculos cerrados que contengan cualquier sustancia peligrosa o contaminante.

La finalidad de esta norma es facilitar la selección de acciones de remediación aceptables (3.2) y minimizar las malas decisiones que conducen a la selección de acciones de remediación que no satisfacen los objetivos de la acción de remediación basada en riesgo (3.10) ni los objetivos de la acción de remediación no basada en riesgo (3.11).

NOTA 2. Para facilitar la lectura, en adelante los *objetivos de la acción de remediación* se indican como los *objetivos de la remediación* o sencillamente como los *objetivos*. De igual forma, los *objetivos de la acción de remediación basada en riesgo* y los *objetivos de la acción de remediación no basada en riesgo* se indican como los *objetivos basados en riesgo* y los *objetivos no basados en riesgo*, respectivamente, sobrentendiéndose que refieren a la acción de remediación.

Esta norma se aplica a los sitios que requieren una acción de remediación para tratar los riesgos inaceptables para la salud humana o el ambiente (riesgo ecológico), otros requisitos regulatorios u otras condiciones inaceptables del sitio. Antes de utilizar esta norma, se realiza una evaluación del sitio (3.6) para:

- a) establecer los objetivos de la remediación;



NOTA 1. CQI: compuesto químico de interés.

NOTA 2. El proceso de selección de la remediación identifica como mínimo una remediación que aborde todos los objetivos basados en riesgo. En el caso que, en base a la evaluación de los objetivos de no-riesgo, se descartan todas las remediaciones protectoras, el usuario identifica otras remediaciones potenciales para evaluar o modifica los objetivos no basados en riesgo de manera tal de considerar aceptable una o más remediaciones protectoras.

Figura 2 - Diagrama de flujo del proceso de selección

3.8 modelo conceptual del sitio MCS

representación integrada del contexto físico y ambiental, las rutas de exposición completas (3.13) y potencialmente completas y, el destino y el transporte potencial de los compuestos químicos de interés en un sitio (3.14)

NOTA 1. Es conveniente que el MCS incluya tanto el conocimiento actual del sitio como el conocimiento de sus posibles condiciones y usos futuros.

NOTA 2. El MCS proporciona un método para realizar la evaluación de las rutas de exposición y el inventario de las rutas de exposición evaluadas, y determinar el estado de las rutas de exposición como incompleta, potencialmente completa o completa.

3.9 nivel de la acción de remediación

concentración del compuesto químico de interés en el medio de la fuente o del medio receptor por debajo del cual no se requiere una acción de remediación (3.1) para satisfacer el objetivo

NOTA. Los niveles de la acción de remediación no basada en riesgo pueden incluir niveles guía de protección de los recursos que no se vinculan a una ruta de exposición completa (3.13), por ejemplo, la aplicación de niveles guía de calidad del agua para bebida para los recursos acuáticos que no se utilizan para este fin en la actualidad. Estos niveles también pueden incluir los criterios de espesor o de movilidad de la fase líquida no acuosa (FLNA).

3.10 objetivo de la acción de remediación basada en riesgo <objetivo basado en riesgo>

aquel que se basa en la protección de la salud humana y el ambiente desarrollado para el sitio (3.14), que identifica el medio ambiental afectado por un compuesto químico de interés, la ruta de exposición completa (3.13) o potencialmente completa y el nivel de la acción de remediación (3.9) basado en riesgo

3.11 objetivo de la acción de remediación no basada en riesgo <objetivo no basado en riesgo>

aquel que se basa en una consideración no basada en riesgo para la gestión actual y futura del sitio (3.14)

NOTA. Los objetivos no basados en riesgo pueden incluir niveles de acción basados en criterios estéticos u otros estándares de protección de los recursos con niveles de la acción de remediación (3.9) no basados en riesgo. Estos objetivos, que no se basan directamente en las concentraciones de los compuestos químicos de interés, pueden ser, por ejemplo, el plazo de la remediación, la capacidad de implementación de la remediación, la relación costo rendimiento, el cumplimiento regulatorio, los requisitos de uso del establecimiento, el control de las responsabilidades y el interés de la comunidad.

3.12 remoción

tecnología de acción de remediación (3.1) para extraer el medio ambiental del sitio y transportarlo a otro lugar para su almacenamiento, procesamiento o disposición de acuerdo con todos los requisitos aplicables

3.13 ruta de exposición completa

curso que toma un compuesto químico de interés desde el o las áreas de la fuente hasta un receptor humano o ecológico

NOTA. Una ruta de exposición completa describe un mecanismo por el que un individuo o una población se expone o se puede exponer a los compuestos químicos de interés procedentes del sitio. Cada ruta de exposición se asocia con una

fuente, un punto de exposición y una vía de exposición. Si el punto de exposición no se encuentra en la fuente, se incluye un mecanismo de transporte o de exposición.

3.14

sitio

área o conjunto de áreas definidas por la distribución física probable de los compuestos químicos de interés desde el área de la fuente

NOTA. Un sitio puede ser un establecimiento o una instalación completa, un área o una porción definida de un establecimiento o de una instalación, o múltiples establecimientos o instalaciones. Una instalación puede contener múltiples sitios. Múltiples sitios en una instalación se pueden tratar individualmente o como un grupo.

4 OBJETIVOS DE LA ACCIÓN DE REMEDIACIÓN

4.1 Modelo conceptual del sitio

Un modelo conceptual del sitio (MCS) es una herramienta importante que se utiliza en el proceso de selección de la remediación basada en riesgo. El MCS proporciona un método sistemático para el uso de la información del sitio en base a consideraciones sobre el uso del suelo actual y futuro potencial específico del sitio. En el MCS se identifican las áreas de la fuente, las rutas de exposición completas, potencialmente completas e incompletas, y los receptores humanos y ecológicos. Además, se recomienda identificar el tipo y la concentración de los CQI, los medios ambientales afectados y las áreas específicas dentro de ellos que se tienen que tratar con la acción de remediación seleccionada. El MCS es dinámico; se recomienda desarrollarlo antes de iniciar el proceso de selección de la remediación basada en riesgo y actualizarlo según sea necesario durante el proceso para reflejar cualquier cambio en el conocimiento del sitio. El MCS se desarrolla utilizando la IRAM 29598, la IRAM 29597 o la ASTM D7294.

4.2 Identificación de los objetivos de la acción de remediación basados en riesgo

Los objetivos basados en riesgo se utilizan para identificar las acciones de remediación que protegen la salud humana y el ambiente. Se prevé que los usuarios de esta norma desarrollen estos objetivos utilizando un esquema de ACBR u otro similar basado en riesgo.

Los objetivos basados en riesgo incluyen:

- a) la identificación de los tipos de CQI y sus concentraciones;
- b) los medios ambientales afectados;
- c) las rutas de exposición completas (3.13) y potencialmente completas, y los requisitos de protección de los recursos;
- d) los niveles de la acción de remediación (3.9) y sus fundamentos.

Los objetivos se establecen utilizando la IRAM 29590, la IRAM 29700, la IRAM 29592 o la ASTM E2205.

4.3 Identificación de los objetivos no basados en riesgo

Los objetivos no basados en riesgo se utilizan para identificar las acciones de remediación que satisfacen los requisitos actuales y futuros no basados en riesgo para el sitio. Si bien los objetivos basados en riesgo aseguran la protección a largo plazo de la salud humana y el ambiente, los objetivos no basados en riesgo tratan todos los demás requisitos y limitaciones de la acción de remediación del sitio, incluyendo los requisitos legales y regulatorios aplicables no incluidos todavía

en los objetivos basados en riesgo. Se recomienda que los objetivos no basados en riesgo cubran todas las limitaciones del sitio no basadas en riesgo que van a definir una remediación aceptable (3.2).

4.3.1 Ejemplo de objetivos no basados en riesgo con niveles de la acción de remediación

Los niveles guía de protección de los recursos son objetivos que incluyen niveles de la acción de remediación, pero no se vinculan directamente con la exposición humana o ecológica. Las acciones de remediación de confinamiento o las medidas de control de la exposición, es decir, las limitaciones a la actividad y el uso, se pueden considerar inaceptables para ciertos objetivos de protección de los recursos. Los ejemplos de objetivos no basados en riesgo con niveles activos de remediación incluyen, entre otros, los siguientes:

- a) los niveles de acción para evitar impactos estéticos o molestos;
- b) la aplicación de niveles guía de calidad del agua para bebida a los recursos acuáticos de menor calidad: si corresponde, se aplican niveles de calidad del agua para bebida en la remediación de estos recursos que no se prevé utilizar como agua para bebida en el futuro próximo;
- c) los requisitos de remoción (3.12) de la fase líquida no acuosa (FLNA): criterios de espesor o de movilidad de la FLNA para los recursos de agua subterránea donde no se prevé que ocurra una exposición humana o de otra índole en el futuro próximo.

4.3.2 Ejemplo de objetivos no basados en riesgo sin niveles de la acción de remediación

Existen otros objetivos no basados en riesgo que no se vinculan directamente con las concentraciones de los CQI del sitio y que, en consecuencia, no incluyen niveles de la acción de remediación. Los ejemplos de objetivos no basados en riesgo sin niveles activos de remediación incluyen, entre otros, los siguientes:

- a) el cumplimiento del plazo de la remediación: la acción de remediación tiene que finalizar en un plazo que satisfaga los requisitos específicos del sitio;
- b) la capacidad de implementación: la acción de remediación se tiene que poder implementar y debe proteger la salud humana y el ambiente durante su implementación;
- c) la confianza: el nivel de confianza con que la acción de remediación tiene que alcanzar los objetivos de remediación en el sitio;
- d) la sostenibilidad: la remediación tiene que ser sostenible en base a la evaluación de las métricas de sostenibilidad, tales como el uso de energía, las emisiones de dióxido de carbono, el uso o la restauración de los recursos naturales, etc.;
- e) el costo: el costo de la remediación tiene que ser aceptable;
- f) el cumplimiento regulatorio: la remediación debe satisfacer los requisitos regulatorios;
- g) la compatibilidad con el uso del establecimiento: la remediación tiene que permitir el uso aceptable actual y futuro del establecimiento;
- h) el control de las responsabilidades: las responsabilidades actuales y futuras relativas al control de la remediación asociadas con el sitio;
- i) la aceptación de la comunidad: la remediación debe ser aceptable para las terceras partes.

4.3.3 Estándares de aceptación para los objetivos no basados en riesgo

Para cada objetivo no basado en riesgo sin un nivel de la acción de remediación, se debe identificar un estándar de aceptación para determinar si la remediación satisface dicho objetivo. Para identificar las acciones de remediación aceptables, el estándar de aceptación generalmente tiene que ser absoluto (por ejemplo, el plazo de la remediación debe ser menor que una cantidad determinada de años). Una vez que se identifican las acciones de remediación aceptables, se recomienda utilizar estándares de aceptación relativos (por ejemplo, si una remediación tiene una mayor relación costo eficacia que otra alternativa).

4.4 Necesidad de una acción de remediación

Se requiere una acción de remediación si los medios ambientales (suelo, agua, aire) contienen CQI en concentraciones mayores que los niveles de la acción de remediación (3.9) basados en riesgo o no basados en riesgo. Si las concentraciones de CQI son menores que los niveles de la acción de remediación, no se requieren más acciones.

5 EVALUACIÓN DE LA ACCIÓN DE REMEDIACIÓN: OBJETIVOS BASADOS EN RIESGO

5.1 Identificación de las acciones de remediación potenciales

Se evalúan las acciones de remediación potenciales (3.3) basadas en riesgo para identificar aquellas que son protectoras (ver 3.4) y que pueden alcanzar todos los objetivos basados en riesgo. Una acción de remediación potencial comprende una o más tecnologías específicas (por ejemplo, cubierta con suelo arcilloso o atenuación natural monitoreada) que representan una o más clases de acciones de remediación [es decir, remoción (3.12), descontaminación (3.5)], o las limitaciones a la actividad y el uso evaluadas para implementar en el sitio. En el Anexo B se proporcionan algunos recursos disponibles para identificar las acciones de remediación potenciales.

5.2 Proceso de evaluación de las acciones de remediación

La evaluación de las acciones de remediación se puede realizar de manera escalonada, progresiva o complementaria, examinando primero aquellas más simples y fáciles. Si no se identifica una acción de remediación aceptable en esta búsqueda inicial, se pueden identificar y evaluar otras más complejas. Alternativamente, se puede evaluar un listado amplio de acciones de remediación potenciales en una única iteración.

5.3 Evaluación de las acciones de remediación potenciales

Se debe investigar la eficacia y el plazo de cada acción de remediación potencial con el fin de determinar si esta es capaz de lograr todos los objetivos basados en riesgo.

5.3.1 Utilización del modelo conceptual de sitio

Se recomienda realizar la evaluación de la eficacia y del plazo de cada acción de remediación dentro del contexto del MCS, es decir, los CQI, las condiciones físicas, geoquímicas e hidrogeológicas, y otros factores específicos del sitio que afectan la eficacia de las tecnologías.

5.3.2 Historial de desempeño

Al evaluar la eficacia y el plazo de una acción de remediación potencial, se recomienda considerar su historial de desempeño en otros sitios con MCS similares, es decir, CQI, condiciones del sitio, etc. similares.

5.4 Estudios o ensayos piloto

Se pueden realizar estudios o ensayos piloto para una o más acciones de remediación potenciales o tecnologías específicas incluidas en ellas a fin de obtener información concerniente al desempeño en el sitio específico. Los estudios o ensayos piloto generalmente se realizan para obtener información específica del sitio relativa a la eficacia para el logro de los objetivos basados en riesgo o para obtener un mejor conocimiento sobre el desempeño con respecto a los objetivos no basados en riesgo, tales como el plazo, la capacidad de implementación y los costos. En el caso de tener que realizar estudios o ensayos piloto, se recomienda considerar los resultados en la evaluación de las acciones de remediación potenciales.

5.5 Evaluación de las acciones de remediación potenciales

Se debe evaluar cada acción de remediación potencial con respecto a su capacidad para lograr cada uno de los objetivos basados en riesgo. Cada objetivo basado en riesgo puede implicar diferentes requisitos de eficacia y de plazos. Por ejemplo, para tratar la intrusión de vapores, la remediación debe evitar los impactos de una intrusión de vapores no segura dentro del tiempo de ocupación de las edificaciones potencialmente impactadas, es decir, la remediación debe ser eficaz e inmediata para las edificaciones actualmente ocupadas. Sin embargo, para un objetivo que aplica los estándares de calidad del agua para bebida a un recurso que actualmente no se utiliza para este fin, la remediación se debe realizar dentro de un plazo en base al uso futuro potencial de ese recurso. Los criterios utilizados para evaluar la eficacia y el plazo de cada acción de remediación potencial pueden variar dependiendo del tipo de tecnología que se utilice. Una acción de remediación puede utilizar uno o más tipos de tecnologías diferentes.

5.5.1 Criterios de eficacia para las tecnologías de remoción

Una acción de remediación protectora (3.4) de remoción (3.12) tiene que ser capaz de remover todos los medios ambientales afectados (es decir, el suelo, el agua subterránea, etc.) que contienen CQI en concentraciones mayores que los niveles de la acción de remediación (3.9).

5.5.2 Criterios de eficacia para las tecnologías de descontaminación

Una acción de remediación protectora de descontaminación (3.5) tiene que ser capaz de descontaminar todos los medios ambientales afectados de manera tal que estos medios ya no contengan CQI en concentraciones mayores que los niveles de la acción de remediación.

5.5.3 Criterios de eficacia de las limitaciones a la actividad y el uso

Las limitaciones a la actividad y el uso (3.7) tienen que ser capaces de evitar la exposición a los medios ambientales afectados que contienen CQI en concentraciones mayores que los niveles de la acción de remediación.

5.5.4 Plazo de la acción de remediación

Una acción de remediación oportuna tiene que ser eficaz dentro del plazo requerido para evitar la exposición no segura de los receptores identificados para cada ruta de exposición.

5.6 Preselección de las acciones de remediación protectoras

Una acción de remediación protectora puede lograr los objetivos basados en riesgo a través de la remoción, la descontaminación o la implementación de limitaciones a la actividad y el uso en los medios ambientales que contienen concentraciones de CQI mayores que los niveles de la acción de remediación basados en riesgo. Una acción de remediación protectora se puede preseleccionar si se puede implementar de manera segura y es capaz de lograr los objetivos con un nivel de confianza aceptable.

5.6.1 Criterios de confianza para la evaluación de la eficacia de la acción de remediación

Como mínimo, una acción de remediación protectora se puede preseleccionar si posee más probabilidades de lograr los objetivos basados en riesgo que de lo contrario; sin embargo, en muchos sitios pueden ser apropiados criterios de mayor confianza. El nivel de confianza requerido para preseleccionar una acción de remediación depende de las consecuencias adversas asociadas con su fracaso. Por ejemplo, un nivel de confianza relativamente bajo puede ser más aceptable en un sitio donde se puede implementar una acción de remediación alternativa de manera segura y fácil. Las acciones de remediación potenciales deben satisfacer el nivel mínimo de confianza para preseleccionarlas en la etapa de evaluación de la acción de remediación basada en riesgo.

5.6.2 Evaluación de la acción de remediación

Las acciones de remediación potenciales, que se determina que son protectoras porque son capaces de lograr los objetivos basados en riesgo con los niveles de confianza especificados, se preseleccionan para una evaluación posterior utilizando objetivos no basados en riesgo. Las acciones de remediación potenciales que no son protectoras se descartan de dicha evaluación posterior.

Como parte de la evaluación de las acciones de remediación basadas en riesgo se deben identificar una o más que sean protectoras. Si durante este proceso se descartan todas las acciones de remediación potenciales, se deben identificar otras acciones de remediación potenciales y someterlas al proceso de evaluación. En todos los sitios puede ser posible identificar una o más acciones de remediación protectoras. En ciertos sitios, las tecnologías de remoción o de descontaminación por sí solas pueden ser incapaces de disminuir las concentraciones de los CQI por debajo de los niveles de la acción de remediación. Sin embargo, en estos sitios puede ser posible identificar limitaciones a la actividad y el uso que eviten la exposición no segura a los medios ambientales que contienen CQI en concentraciones mayores que estos niveles. Los objetivos que requieren la consideración de únicamente las tecnologías de remoción o de descontaminación, sin limitaciones a la actividad y el uso, se consideran objetivos no basados en riesgo. En 6.4 se trata la situación en la que ninguna acción de remediación potencial satisface todos los objetivos basados en riesgo y no basados en riesgo.

6 EVALUACIÓN DE LA ACCIÓN DE REMEDIACIÓN: OBJETIVOS NO BASADOS EN RIESGO

6.1 Identificación de las acciones de remediación para la evaluación no basada en riesgo

En la evaluación de las acciones de remediación no basadas en riesgo se recomienda incluir todas aquellas que se identifican como protectoras en base a la evaluación utilizando objetivos no basados en riesgo.

6.2 Evaluación de las acciones de remediación protectoras

Se debe investigar la eficacia de cada acción de remediación protectora con respecto al cumplimiento de los objetivos no basados en riesgo.

6.2.1 Uso del modelo conceptual del sitio

Se recomienda evaluar la eficacia de cada acción de remediación en el contexto del MCS (3.8), es decir, los CQI, las condiciones físicas e hidrogeológicas, y otros factores específicos del sitio que afectan la eficacia.

6.2.2 Historial de desempeño

Al evaluar la eficacia, se recomienda considerar el historial de desempeño de la tecnología potencial aplicada en otros sitios con MCS similares, es decir, similares CQI, condiciones del sitio, etc.

6.2.3 Recursos disponibles

La evaluación de la eficacia de una acción de remediación protectora con respecto a los criterios no basados en riesgo generalmente se basa en casi los mismos recursos utilizados para evaluar la acción protectora (ver 5.3.2).

6.3 Preselección de las acciones de remediación aceptables

Una acción de remediación aceptable alcanza los objetivos basados en riesgo y satisface los estándares aceptables mínimos de cada objetivo no basado en riesgo. Las acciones de remediación que se determina que son aceptables se preseleccionan para una posterior selección entre las acciones de remediación potenciales. Las acciones de remediación que no son aceptables se descartan de una futura evaluación.

6.4 Modificación del objetivo basado en riesgo

Si ninguna acción de remediación potencial satisface los objetivos basados en riesgo ni los objetivos no basados en riesgo, puede ser necesario modificar el objetivo no basado en riesgo a fin de poder identificar una remediación aceptable. La modificación de los objetivos no basados en riesgo requiere de los aportes y el consenso de todas las partes responsables de imponer los objetivos no basados en riesgo que se modifican. Además, cuando sea posible, se recomienda preseleccionar la finalidad subyacente del objetivo no basado en riesgo que se modifica. Por ejemplo, un objetivo no basado en riesgo que requiere la remoción o la descontaminación del área de la fuente se puede reemplazar con un objetivo para contener el área de la fuente mediante el uso de limitaciones a la actividad y el uso, logrando la misma finalidad general de eliminar la migración en curso de los CQI desde el área de la fuente.

6.5 Impracticabilidad técnica

Existe impracticabilidad técnica cuando ninguna acción de remediación potencial satisface ni los objetivos basados en riesgo ni los objetivos no basados en riesgo. Si en la evaluación de las acciones de remediación se descartan todas aquellas que se identificaron como potenciales, puede ser apropiado determinar una impracticabilidad técnica. Luego de determinar la impracticabilidad técnica, se deben modificar los objetivos no basados en riesgo para poder seleccionar una acción de remediación que satisfaga los objetivos modificados y proteja la salud humana y el ambiente. Cuando se modifica un objetivo no basado en riesgo, se recomienda mantener, si es posible, la meta subyacente de este objetivo.

7 SELECCIÓN DE LA REMEDIACIÓN

7.1 Criterios de selección de la remediación

Se puede seleccionar cualquier acción de remediación aceptable, es decir, cualquier tecnología de remediación que satisfaga los objetivos basados en riesgo y no basados en riesgo, para implementar en el sitio. En el Anexo B se proporciona un estudio de caso que ilustra el proceso de selección de una remediación basada en riesgo.

7.1.1 Selección entre las acciones de remediación aceptables

Si se identifica más de una acción de remediación aceptable, generalmente se selecciona aquella que satisface mejor los objetivos no basados en riesgo para la implementación, es decir, la acción de remediación con la mejor combinación de costo, plazos, confianza y otras consideraciones secundarias. No obstante, se permite seleccionar cualquier acción de remediación aceptable para implementar y no se requiere un proceso específico de selección de tal acción de remediación.

7.1.2 Métodos opcionales de selección de una remediación

En el Anexo C se incluyen métodos opcionales de selección de una remediación que se utilizan para elegir la *mejor* acción de remediación. Los programas regulatorios jurisdiccionales pueden exigir el seguimiento de un proceso específico de selección de una remediación tal como un estudio de factibilidad o un estudio de medidas correctivas.

7.2 Documentación de la selección de la remediación

Como mínimo, la documentación de la selección de la remediación debe mostrar que la acción de remediación seleccionada satisface los objetivos basados en riesgo y no basados en riesgo. En consecuencia, se recomienda que la documentación de la selección de la remediación:

- a) defina los objetivos basados en riesgo;
- b) defina los objetivos no basados en riesgo;
- c) documente los fundamentos para determinar que la acción de remediación seleccionada va a satisfacer estos objetivos.

Además, se recomienda documentar la evaluación de las acciones de remediación descartadas, indicando aquellas potenciales que se evaluaron y el fundamento de su eliminación. En el caso de identificar varias acciones de remediación aceptables, se recomienda justificar la elección de la acción de remediación seleccionada; por ejemplo, *se seleccionó la remediación aceptable de menor costo*). En ciertos casos, las regulaciones jurisdiccionales pueden establecer requisitos específicos para la documentación del proceso de selección de la remediación, tales como un estudio de factibilidad o un estudio de medidas correctivas.

8 CONSIDERACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA REMEDIACIÓN

8.1 Diseño de la acción de remediación

Se recomienda diseñar e implementar la acción de remediación seleccionada para lograr los objetivos basados en riesgo y no basados en riesgo. Se pueden realizar actividades de ensayo a pequeña escala o de ensayos piloto de campo antes o durante el diseño de la acción de remediación. El diseño de la acción de remediación incluye el cumplimiento de los códigos de construcción locales, los requisitos de permisos y los requisitos de seguridad. El diseño de la acción de remediación incluye los métodos de monitoreo y la métrica para verificar la eficacia de la remediación o su finalización.

8.2 Métodos de monitoreo de la acción de remediación

El monitoreo de la acción de remediación puede incluir:

- a) el muestreo de verificación (tecnologías de remoción o de descontaminación);
- b) el monitoreo del punto de cumplimiento;
- c) el monitoreo de integridad.

El tipo de método de monitoreo depende del tipo de acción de remediación que se está implementando. Se recomienda que el método de monitoreo seleccionado permita verificar la finalización de la remediación y controlar la eficacia de la acción de remediación durante su implementación (si es necesario).

8.3 Criterios de monitoreo de la acción de remediación

Los criterios de monitoreo de la acción de remediación proporcionan la base para determinar la eficacia o la finalización de la remediación:

- a) finalización de la remediación: ¿la acción de remediación logra los objetivos?
- b) eficacia de la remediación: ¿la acción de remediación avanza hacia el logro de los objetivos?
- c) eficiencia de la remediación: ¿la acción de remediación avanza hacia el logro de los objetivos dentro de los parámetros y criterios establecidos?

Se recomienda identificar estos criterios antes de implementar la remediación.

8.3.1 Criterios de finalización de la remediación

La finalización de la remediación se demuestra generalmente comparando las concentraciones en los medios ambientales de la fuente o en los medios de exposición con los niveles objetivo de la acción de remediación.

8.3.2 Criterios de eficacia de la remediación

Los criterios de eficacia de la remediación se utilizan para determinar si es necesario modificar o reemplazar la acción de remediación seleccionada para lograr los niveles de la acción de remediación a la vez que se satisfacen los demás objetivos tales como el costo, los plazos, etc. Por ejemplo, una remediación por bombeo y tratamiento puede requerir la modificación o el reemplazo si se amesetan (asintóticos respecto del eje representativo de control, tiempo, concentración, etc.) las concentraciones de los CQI en el agua subterránea antes de alcanzar los niveles de la acción de remediación, es decir, se agotó la tecnología. Además, los criterios de monitoreo de la eficacia de la remediación se pueden utilizar en el momento de iniciar el sistema a fin de optimizar su operación.

8.4 Metas intermedias de remediación

El monitoreo de la eficacia de la remediación puede incluir el establecimiento de metas intermedias de remediación que se pueden alcanzar antes del logro de los objetivos finales basados en riesgo y no basados en riesgo. Estas metas pueden ser numéricas, tal como una reducción del x % en las concentraciones máximas de los CQI, o no numéricas, tal como la estabilización de la pluma.

8.5 Impracticabilidad técnica

La impracticabilidad técnica se puede determinar en base al monitoreo de la eficacia de la remediación, es decir, cuando la acción de remediación seleccionada es inefectiva y no se puede identificar una acción de remediación alternativa aceptable. Luego de determinar la impracticabilidad técnica, se deben modificar los objetivos no basados en riesgo para poder seleccionar una acción de remediación que satisfaga los objetivos modificados y proteja la salud humana y el ambiente.

8.6 Finalización de la remediación

La remediación finaliza cuando el monitoreo de la remediación demuestra el logro de sus objetivos o de sus objetivos modificados. Las remediaciones acompañadas por limitaciones a la actividad y el uso pueden requerir el cuidado y el monitoreo posteriores a la respuesta para asegurar la eficacia continuada de la acción de remediación luego de la finalización.

8.7 Cuidado posterior a la respuesta

El cuidado posterior a la respuesta involucra la operación o el mantenimiento continuo para asegurar la eficacia continua de la remediación. Los métodos y los criterios de monitoreo generalmente son los mismos que los que se utilizan para demostrar la finalización de la remediación. Sin embargo, para asegurar su eficacia continua generalmente es suficiente un monitoreo de menor intensidad. Cuando

el monitoreo demuestra la eficacia de la remediación a largo plazo, puede ser innecesario continuar con el monitoreo.

8.8 Documentación de la implementación de la remediación

La documentación de la implementación de la remediación puede incluir:

- a) **un plan de trabajo de la acción de remediación:** incluye el diseño de ingeniería, los ensayos a pequeña escala o piloto, el cumplimiento de los requisitos de los códigos y los permisos, las consideraciones de seguridad, el cronograma de implementación, los métodos y los criterios de monitoreo;
- b) **la eficacia de la remediación** (opcional): los documentos de avance hacia el logro de los objetivos durante la implementación de la acción de remediación;
- c) **la finalización de la remediación:** demuestra el logro de los objetivos. Incluye los requisitos para el cuidado posterior a la respuesta, si es necesario;
- d) el cuidado posterior a la respuesta: los documentos de la eficacia continua de los monitoreos;
- e) la eficiencia de la remediación (opcional): los documentos de avance hacia el logro de los objetivos durante la implementación de la acción de remediación y su comparativa con los parámetros establecidos para determinar el grado de eficiencia del proceso.

Las reglamentaciones aplicables pueden exigir la presentación de algunos de estos documentos o de todos ellos. Se recomienda al usuario estar informado sobre los requisitos regulatorios de los informes asociados con la implementación de la remediación.

Anexo D

(Informativo)

Bibliografía

En el estudio de esta norma se han tenido en cuenta los antecedentes siguientes:

- IRAM - INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN**
IRAM 29482:2008, Calidad ambiental. Calidad del suelo. Directivas para la investigación detallada de sitios urbanos e industriales con respecto a la contaminación del suelo
- IRAM 29701:2022, Guía metodológica para la evaluación ambiental de sitio de fase I
- IRAM 29704:2023, Guía metodológica para la evaluación ambiental de sitio de fase II
- ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS**
ASTM E2616-09(2020), Standard Guide for Remedy Selection Integrating Risk-Based Corrective Action and Non-Risk Considerations

Anexo E

(Informativo)

Integrantes de los organismos de estudio

El estudio de esta norma ha estado a cargo de los organismos respectivos, integrados en la forma siguiente:

Comisión Acciones correctivas basadas en riesgo

Integrante	Representó a:
Lic. Ilana ARENSBURG	ASOCIACIÓN DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE (AIDIS)
Lic. Romina BUSTOS	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE (UNCO)
Ing. Esteban CAZZASA	INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL (INTI)
Ing. Marco D'ANGELO	SECRETARÍA DE MINERÍA DE LA NACIÓN (SMN)
Ing. Pablo DIMITROFF	RAIZEN ARGENTINA S.A.U.
Lic. Luis DO CARMO	SECRETARÍA DE MINERÍA DE LA NACIÓN (SMN)
Dr. Julio FUCHS	UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES (UBA) - FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
Dr. Néstor FUENTES	COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (CNEA)
Ing. Álvaro GARCÍA	PANAMERICAN ENERGY S. L.
Lic. Agustín HARTE	MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE (MAyDS)
Lic. Lucia LÓPEZ ALONSO	JUNTA DE SEGURIDAD EN EL TRANSPORTE (JST)
Lic. Sebastián MARTINO	YPF S.A.
Ing. Eduardo MENÁN	UNIVERSIDAD DE FLORES (UFLO)
Mtr. Gustavo MERLI	SERVICIO DE SEGURIDAD AMBIENTAL DE LA ARMADA ARGENTINA (SIAM)
Lic. Romina NAVARRO	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE (UNCO)
Dr. Roberto PEPINO MINETTI	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL (UTN) - CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA EN INGENIERÍA QUÍMICA AMBIENTAL (CIQA)
Lic. Florencia PIÑERO	JUNTA DE SEGURIDAD EN EL TRANSPORTE (JST)
Lic. María Graciela POZZER	UNIVERSIDAD DE FLORES (UFLO)
Ing. María del Rosario ROSSO	UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES (UBA) - FACULTAD DE INGENIERÍA
Lic. Viviana FIORANI	IRAM

Comité General de Normas (C.G.N.)

Integrante

Ing. Alberto BUSTOS ROYER
Lic. Alicia GUTIÉRREZ
Ing. Jorge KOSTIC
Dr. Ricardo MACCHI
Téc. Hugo D. MARCH
Lic. Héctor MUGICA
Ing. Tulio PALACIOS
Lic. Marta RAINONE de BARBIERI
Ing. Pablo PAISAN