

Sinopsis de Tecnología

Estrategia de Cierre-Viendo el Bosque mas allá de los Arboles

Segundo en la Serie de Tópicos Avanzados de
Optimización de Procesos de Restauración



Marzo del 2006

Preparado por
The Interstate Technology & Regulatory Council
Equipo de Optimización de Procesos de Restauración



Descripción de la Tecnología

ESTRATEGIA DE CIERRE - VIENDO EL BOSQUE MAS ALLA DE LOS ARBOLES

Segundo en la Serie de Tópicos Avanzados Relacionados
con la Optimización de Procesos de Restauración



Marzo del 2006

Preparado por
El Equipo de Optimización de Procesos de Restauración
Consejo Interestatal Regulatorio y de Tecnología

Derechos Reservados 2006 Consejo Interestatal Regulatorio y de Tecnología
444 North Capitol Street, NW, Suite 445, Washington, DC 20001



Se autoriza el referir o citar esta publicación con el reconocimiento apropiado de la fuente. La referencia sugerida para citar este documento es la siguiente:

ITRC (Interstate Technology & Regulatory Council). 2006. *Exit Strategy - Seeing the Forest Beyond the Trees*. RPO-3. Washington, D.C.: Interstate Technology & Regulatory Council, Remediation Process Optimization Team. www.itrcweb.org.

Advertencias

Este documento está diseñado para ayudar a agentes reguladores y otras personas interesadas a desarrollar una metodología para la evaluación, aprobación normativa e implementación de tecnologías específicas para sitios determinados. Aunque se cree que la información en este documento es confiable y precisa, este documento, y todo el material incluido como parte de este documento, se proporciona sin garantías, expresas o implícitas, de ningún tipo, incluyendo, pero no limitado, a garantías en la precisión o integridad de la información. Las implicaciones técnicas de cualquier información o guía contenidas en este documento pueden variar ampliamente basadas en hechos específicos y no deben utilizarse como sustituto de la asesoría profesional de un consultor competente. Aunque los autores trataron de enfocarse en lo que consideran puntos relevantes, este documento no pretende ser un tratado extensivo y exhaustivo de los tópicos discutidos en el mismo. Los lectores interesados deben conducir su propia investigación y utilizar las referencias incluidas en este documento como punto de partida. Este documento no necesariamente discute todos los riesgos asociados a la salud y la seguridad, o precauciones con respecto a materiales, condiciones, o procedimientos específicos en la aplicación de las tecnologías abordadas. Consecuentemente, el Consejo Interestatal Regulatorio y de Tecnología (*ITRC - Interstate Technology and Regulatory Council - por sus siglas en inglés*) también recomienda que se consulten los estándares, leyes y reglamentos correspondientes, así como la información de proveedores de materiales y las hojas de seguridad para el uso de materiales, como fuente de información de los riesgos asociados con la salud y seguridad así como las precauciones necesarias y el cumplimiento con las leyes y reglamentos correspondientes. El uso de este documento y los materiales presentados en el mismo se hacen a riesgo del usuario. ECOS, ERIS, e ITRC no serán legalmente responsables por ninguno de los daños directos, indirectos, incidentales, especiales, significativos o punitivos causados por el uso de cualquier información, instrumento, método o proceso discutido en este documento. Este documento puede ser actualizado o suprimido en cualquier momento sin aviso previo.

ECOS, ERIS, e ITRC no endosan el uso, ni tratan de determinar los méritos de ninguna tecnología o proveedor de tecnologías específicos a través de la publicación de este documento o cualquier otro documento de ITRC. El tipo de trabajo descrito en este documento debe llevarse a cabo por profesionales entrenados y de acuerdo a leyes federales, estatales

y municipales. Si existe algún conflicto entre este documento y las leyes, reglamentos y/o ordenanzas correspondientes, ECOS, ERIS, e ITRC no serán legalmente responsables. El mencionar marcas o productos comerciales no constituye un endoso o recomendación de uso por parte de ECOS, ERIS, e ITRC.

Reconocimientos

Los miembros del Equipo de Optimización de Procesos de Restauración (OPR) (*RPO - Remediation Process Optimization - por sus siglas en inglés*) del Consejo Interestatal Regulatorio y de Tecnología (*ITRC - Interstate Technology and Regulatory Council - por sus siglas en inglés*) desean reconocer a los individuos, organizaciones y agencias que contribuyeron al desarrollo de esta serie de 5 folletos sobre tópicos avanzados de OPR. Los siguientes individuos de agencias estatales, federales y del sector privado son miembros activos del Equipo OPR y apoyaron la preparación de estos documentos:

- New Jersey Department of Environmental Protection - Tom O'Neill (Co-team Leader)
- South Carolina Department of Health & Environmental Control - Sriram Madabhushi (Co-team Leader)
- California Department of Toxic Substances Control - Ning-Wu Chang
- Florida Department of Environmental Protection - Bheem Kothur
- Georgia Department of Natural Resources - Christopher Hurst
- South Dakota Petroleum Release Compensation Fund - John McVey
- Virginia Department of Environmental Quality - Tom Modena
- U.S. Air Force - Don Gronstal, Rod Whitten, Javier Santillán
- U.S. Army Corps of Engineers - Dave Becker
- U.S. Navy - Karla Harre
- U.S. Department of Energy - Beth Moore
- U.S. Environmental Protection Agency - Kathy Yager, Richard Hammond, Pamela Baxter, Ellen Rubin
- Lawrence Livermore National Lab - Maureen Ridley
- Battelle Corporation - Russell Sirabian
- Booz Allen & Hamilton - Joann Socash
- Dajak, LLC - Mark Kluger
- Intergraph Corporation - Tanwir Chaudhry
- Mitretek Systems - John Horin, Patricia Reyes
- Northeastern University - Mary J. Ondrechen
- Remedial Operation Group, Inc. - Bud Johnson
- S.S. Papadopoulos and Associates, Inc. - Michael T. Rafferty, P.E.
- SRS/Westinghouse - Kevin Brewer

Deseamos agradecer de manera especial a los autores principales de este documento de Estrategias de Cierre: John McVey, SD PRCF; Javier Santillán, AFCEE; and Patricia Reyes, Mitretek.

Estrategia de Cierre-Viendo el Bosque mas allá de los Arboles

Introducción

Esta sinopsis evalúa el concepto y las ventajas de las Estrategias de Cierre Basadas en Resultados como uno de los elementos de la Gestión Basada en Resultados (GBR) (*PBM - Performance-Based Management - por sus siglas en inglés*) para proyectos de restauración ambiental. En el año 2004, el Equipo de OPR del Consejo Interestatal Regulatorio y de Tecnología (*ITRC - Interstate Technology and Regulatory Council - por sus siglas en inglés*) desarrolló una guía técnica/regulatoria titulada “*Remediation Process Optimization: Identifying Opportunities for Enhanced and More Efficient Site Remediation.*” Basados en los comentarios a la guía técnica y a la capacitación suplementaria, el equipo de OPR identifico la necesidad de obtener información adicional en varios tópicos de GBR. Esta sinopsis se enfoca en el rol de la estrategia de cierre en la Gestión Basada en Resultados para restauración de sitios; analiza elementos claves de una estrategia de cierre, discute los beneficios de preparar una estrategia de cierre transparente y flexible basada en resultados, sintetiza los obstáculos potenciales para desarrollar, refinar e implementar la estrategia de cierre basada en resultados, y considera el rol de las agencias reguladoras en la optimización de éstas.

Quiénes Somos yCuál es Nuestra Audiencia

La ITRC es una coalición estatal de reguladores, expertos en la industria, ciudadanos interesados, catedráticos, y socios federales que trabajan para alcanzar la aprobación normativa de tecnologías ambientales innovadoras. Esta coalición consiste de 46 estados y una red de aproximadamente 7,500 personas que trabajan en conjunto para romper barreras, reducir costos y facilitar la aplicación de nuevas tecnologías para resolver problemas ambientales. La ITRC ayuda a incrementar el uso eficiente de recursos estatales al crear un foro donde se exploran tecnologías innovadores y problemas de procesos. En conjunto, los miembros están desarrollando la habilidad de la comunidad ambiental para acelerar la toma de decisiones de calidad y a su vez proteger la salud humana y el medio ambiente.

Esta sinopsis tiene la intención de atraer la atención de la audiencia que está involucrada en procesos de restauración OPR o en proyectos de restauración de sitios con residuos peligrosos usando GBR, incluyendo:

- Reguladores Federales y Estatales
- Dueños y Operadores de Instalaciones
- Ingenieros y Consultores
- Partes interesadas

Las agencias estatales y federales juegan varios roles en el proceso de OPR y GBR: como reguladores, y como operadores o dueños de instalaciones donde se utilizan fondos públicos para llevar a cabo los trabajos de restauración. Como reguladores, las agencias federales y estatales son responsables de proteger la salud humana y el medio ambiente. También, los dueños de instalaciones públicas o privadas, tienen el mayor interés de alcanzar las metas específicas del proyecto de restauración. Además, la comunidad de ingeniería y consultoría que guía y proporciona opiniones profesionales a los dueños, debe tener un conocimiento profundo de las técnicas que puedan asegurar una restauración rápida y efectiva. Para que el público pueda ser partícipe de los esfuerzos de restauración ambiental y pueda entender el proceso GBR, no solamente deben conocer las tecnologías que se utilizaran en el sitio, sino también deben entender las bases técnicas que apoyan el proceso de la toma de decisiones. Este documento tiene como propósito sintetizar las estrategias de cierre basadas en resultados; sin embargo, se exhorta a los usuarios que consulten las referencias presentadas al final de la hoja informativa.

Esta sinopsis es parte de una serie de cinco folletos: *Gerencia Basada en Resultados*, *Análisis de Tecnologías de Tratamiento de Aguas Superficiales*, *Análisis de Estrategias de Cierre*, *Manejo de la Información*, *Análisis y Técnicas de Visualización*, y *Análisis de Costo del Ciclo de Vida del Proyecto*; cada uno de estos folletos pueden servir como un excelente recurso para llevar adelante sus proyectos OPR y GBR. Es importante la participación del público desde el proceso de planificación de la respuesta de acción hasta la elección final de la tecnología de restauración documentada en el Documento de Decisión (DD). Las evaluaciones periódicas del rendimiento de la tecnología de restauración y las modificaciones al DD están generalmente disponibles para consulta pública.

¿Qué es una Estrategia de Cierre?

La “estrategia de cierre,” también conocida como “plan de respuesta final,” es un plan detallado, dinámico y conciso que tiene como objetivo alcanzar metas específicas de rendimiento dentro de un lapso definido para asegurar la protección de la salud humana y el medio ambiente.

Pasos de la Estrategia de Cierre

- 1) Identificar riesgos o preocupaciones relacionadas con los requisitos apropiados y aplicables o pertinentes (RAAP) (*ARAR - Applicable or Relevant and Appropriate Requirement - por sus siglas en inglés*) (incluir fuente, receptor y la ruta de transmisión basada en un modelo conceptual de sitio - MCS - actualizado).
 - a. Identificar la meta de restauración
 - b. Identificar métodos de restauración actuales o propuestos
 - c. Identificar parámetros de medición (Si una muestra se toma en cualquier punto, debe haber una acción lógica específica asociada con esa medición)
 - i. Identificar parámetros de medición para el cierre/ respuesta final
 - ii. Identificar parámetros de medidas para el monitoreo de cumplimiento/puntos críticos/intermedios del proyecto - milestones
 - iii. Identificar parámetros del sistema operacional
 - d. Identificar acciones de contingencia
 - i. Basadas en el monitoreo de cumplimiento
 - ii. Basadas en parámetros operacionales
- 2) Identificar el próximo riesgo o preocupaciones (RAAP)

Los Documentos de Decisión son los ejemplos más comunes de planes de respuesta final de restauración ambiental y establecen lo siguiente:

- Condiciones ambientales que representan un riesgo inaceptable que requiere restauración
- Objetivos de la acción de restauración a largo plazo (OARs) (*RAOs - Remedial Action Objectives - por sus siglas en inglés*) que deben alcanzarse para mitigar el riesgo
- Los medios seleccionados para alcanzar los objetivos
- Parámetros de medición que se van a utilizarse para demostrar logro

Una estrategia de cierre basada en resultados se enfoca en rendimiento (por ejemplo, progreso hacia el alcance de los OAR) para optimizar de forma rutinaria la tecnología de restauración seleccionada y los OAR

conforme vaya mejorando la información. Este tipo de estrategias son dinámicas e incorporan explícitamente la flexibilidad necesaria para refinar la estrategia conforme vaya mejorando el conocimiento técnico del sitio a través del tiempo, y enfatiza la evaluación y optimización del rendimiento de la tecnología de restauración para asegurar la protección de la salud humana en forma rápida y económica.

Una estrategia de cierre basada en resultados está fundada en el entendimiento científico y técnico de las condiciones del sitio y de las tecnologías de restauración y es validada y actualiza repetidamente a través de revisiones rutinarias para tomar ventaja de las lecciones aprendidas. Estas estrategias de cierre deben ser construidas utilizando parámetros de medición objetivos y una lógica de decisión transparente para describir como se van a evaluar y asegurar el progreso para alcanzar los OAR, y como se implementarán “acciones correctivas” en situaciones en las que la tecnología de restauración elegida no rinda los resultados esperados.

Los grupos responsables de la restauración ambiental en instalaciones federales o industriales con múltiples sitios, deberán desarrollar una estrategia de cierre para cada sitio, así como una estrategia de cierre integral para toda la instalación. Dependiendo de la madurez del programa ambiental en cierto sitio, las estrategias de cierre reflejarán grados múltiples de incertidumbre. Los documentos de decisión son planes de respuesta final oficiales y como tales deben incorporar todos los elementos de una estrategia de cierre defensible tal y como se describe en las subsecciones siguientes. Las estrategias de cierre para sitios que se encuentran en el proceso de planificación de la decisión de restauración serán más conceptuales por naturaleza. Una que vez se finaliza la acción de restauración, la estrategia de cierre debe ser actualizada para reflejar los OAR, los componentes de la restauración y el plan de implementación.

Como se ha mencionado anteriormente, la participación de todas las partes involucradas es una parte importante del proceso de planificación de la decisión de respuesta, la cual va a culminar en la expedición del DD. Por lo tanto, la buena comunicación entre las todas partes involucradas durante la evaluación y selección de la tecnología de restauración, es esencial para establecer intereses comunes para el dialogo a fin de que las expectativas y preocupaciones sean identificadas y consideradas en la estrategia de cierre.

¿Cuáles Son los Obstáculos Comunes para Implementar una Estrategia de Cierre Basada en Resultados?

Los desacuerdos entre todas las partes involucradas en aspectos relacionados con RAAP, OAR, elección de la tecnología de restauración, practicabilidad, limitaciones, y calendario de trabajo para alcanzar los OAR son generalmente resueltos durante el proceso de planificación de restauración. La resolución de estos aspectos es documentada en el DD, el cual sirve como la estrategia de cierre oficial para el sitio y pone a consideración de la opinión pública así como del consenso entre las personas que toman las decisiones. Por lo tanto, una estrategia de cierre bien planificada y técnicamente justificable que ha sido acordada por los dueños/operadores de la instalación, reguladores, y otras partes involucradas, debe ser implementada de una forma eficiente. Un modelo conceptual del sitio bien definido, unos objetivos de acción de restauración necesarios y alcanzables, parámetros de rendimiento bien establecidos, y una clara decisión lógica que es constantemente aplicada durante las evaluaciones rutinarias de rendimiento, disminuirán las dificultades de implementación y optimización, y son recomendables para cualquier estrategia de cierre nueva (DD).

Al llevar a cabo una estrategia de cierre, los obstáculos primarios generalmente se pueden rastrear a deficiencias en los elementos estratégicos mismos y son comúnmente encontrados al tratar de ejecutar estrategias de cierre pobremente concebidas o incompletas. Muchos de los DD del pasado no incorporan los elementos de una estrategia flexible basada en resultados, como se define aquí, y raramente incorporan una decisión lógica para lidiar con condiciones inesperadas o resultados pobres. Estas estrategias de cierre hechas en el pasado deben ser cuidadosamente evaluadas durante evaluaciones de rendimiento, y las bases para recomendar mejoras deben ser claramente expuestas y bien sustentadas.

Como se ha discutido durante toda esta sinopsis, existen varios elementos clave de una estrategia de cierre - cualquiera de los cuales podría socavar el éxito de la estrategia si no se basan en una ciencia sensata y un entendimiento completo de las condiciones del sitio, análisis de riesgo, consideraciones normativas, y restricciones de practicabilidad técnica. Los obstáculos potenciales a una estrategia de cierre efectiva y eficiente pueden incluir lo siguiente:

- Si el modelo conceptual del sitio es inadecuado para sustentar el análisis de riesgo, el análisis RAAP, o la decisión de restauración, la estrategia de cierre podría requerir modificación mientras se vaya generando información adicional.
- Si los OAR no son necesarios para proteger la salud humana y el medio ambiente, se generarán gastos en acciones innecesarios.
- Si los OAR no son prácticos o viables, la estrategia de cierre no puede ser exitosa.
- Si la acción de restauración no es práctica o viable, hay poca probabilidad de que se alcancen los OAR en un tiempo razonable.
- Si los objetivos de rendimiento no están claros, o si el plan de monitoreo de rendimiento es inadecuado para proporcionar la evaluación apropiada, la efectividad de la estrategia de cierre no puede ser evaluada, y las necesidades de optimización puede que no sean identificadas, resultando en desperdicio de recursos y retraso en la protección ambiental.
- Si la evaluación de rendimiento y la decisión lógica de contingencia no están bien definidas y acordadas por todas las partes involucradas, la implementación y optimización pronta de la estrategia de cierre es poco probable. Como resultado, todas las partes interesadas podrían sentirse defraudadas con la elección final de la tecnología de restauración y el costo y tiempo requeridos para optimizar y completar la acción de respuesta necesaria para alcanzar protección.

La validación rutinaria del MCS y las consideraciones de exposición, monitoreo apropiado, evaluaciones periódicas de rendimiento, objetivos de medición inequívocos, evaluación clara de resultados, optimización, decisión lógica de contingencia, y la comunicación oportuna a todas las partes involucradas acerca de la información de rendimiento, como se ha discutido en esta hoja informativa, facilitará la obtención rápida de los OPR y el cierre del sitio. Se puede encontrar información adicional sobre optimización de procesos de restauración, requerimientos de monitoreo y evaluaciones de rendimiento en otros folletos de esta serie, así como en ITRC (ITRC 2004) y en documentos guía de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (*EPA - Environmental Protection Agency - por sus siglas en inglés*).

¿Cuáles Son los Elementos Clave de una Estrategia de Cierre?

Como mínimo, una estrategia de cierre defensible, basada en resultados, debe sintetizar varios elementos clave del proceso de decisión e implementación de la acción de restauración a largo plazo. Estos elementos se presentan en las secciones subsiguientes.

Elementos de Una Estrategia de Cierre Basada en Resultados

- Una descripción del problema ambiental que requiere una respuesta, la cual típicamente toma la forma de un MCS y contiene los resultados de un análisis de riesgo.
- Los OPR que deben cumplirse para asegurar la protección de la salud humana y el medio ambiente y los argumentos por haberlos elegidos.
- Los medios (método de restauración) seleccionados para alcanzar los OPR.
- Los parámetros de rendimiento y un plan de monitoreo de resultados para determinar progreso hacia el alcance de los OPR.
- La lógica de decisión para optimizar y completar la acción de respuesta, incluyendo las acciones planificadas, parámetros de rendimiento, puntos de decisión, condiciones que requerirán acciones alternas, y las condiciones requeridas para el cierre del sitio.

¿Qué es un Modelo Conceptual del Sitio?

El modelo conceptual del sitio (MCS) es una sinopsis que contiene toda la información específica del sitio relacionada con las fuentes del contaminante y mecanismos de fuga, medios afectados, transporte y destino del contaminante ambiental, y exposición de los receptores. El MCS debe ser actualizado conforme se vaya obteniendo más información y conocimiento de sitio, incluyendo cambios a los OPR. Esto es crucial para poder evaluar y optimizar el rendimiento de la tecnología de restauración y los programas de monitoreo.

¿Cuáles son los Objetivos de la Acción de Restauración (OAR) y Como se Desarrollan?

Los OAR, como su nombre lo indica, son los objetivos de acción de restauración (ó los criterios de finalización de restauración) que deben ser alcanzados para reducir los riesgos y peligro de exposición de receptores potenciales a niveles aceptables, bajo escenarios de exposición razonables. Además, los OPR se definen por la naturaleza del problema en discusión y el alcance de la acción a tomarse. Los OPR bien definidos y alcanzables son vitales para una restauración del sitio eficaz, hay que ser cuidadoso de asegurarse que solo se hagan compromisos de restauración prácticos y necesarios. Un MCS actualizado, los resultados de una evaluación de riesgos, y las consideraciones de requerimientos normativos, forman la base del desarrollo de los OPR. Los OPR deben ser:

- seleccionados basados en la necesidad de resolver riesgos inaceptables actuales o futuros y cumplir con (o justificar la inaplicabilidad) los reglamentos pertinentes
- ajustados a las condiciones ambientales específicas y a escenarios de exposición que ameriten una respuesta y
- alcanzables en un periodo de tiempo y costo razonable

Los OPR generalmente se expresan en forma narrativa, mientras que las metas de limpieza específicas al medio o las concentraciones aceptables de exposición, son expresadas de forma numérica. Los OPR a menudo incorporan o refieren los valores específicos de las metas de limpieza. Por ejemplo, un OPR puede ser el prevenir la exposición de receptores (que se encuentren en el sitio) a contaminantes en el suelo a concentraciones específicas basadas en riesgo; estas concentraciones usualmente se desarrollan basadas en niveles aceptables de riesgo y peligro.

La evaluación de riesgo caracteriza los riesgos de salud a los receptores humanos y ecológicos a través de la evaluación de exposiciones y toxicidad de los contaminantes en el contexto del MCS (fuentes, medio afectado, puntos de exposición del receptor, distribución, magnitud, movilidad, y persistencia de los contaminantes del sitio). Si los contaminantes no presentan ningún riesgo o peligro inaceptable bajo condiciones presentes o futuras, entonces no se requiere acción de restauración - y por lo tanto no se requieren OPR tampoco. Si se identifica que es necesaria una acción para reducir riesgos a niveles aceptables, los OPR pueden alcanzar las metas de protección a través de contener o tratar

el contaminante, y a través del uso de controles de exposición al receptor.

El desarrollo de los OPR también toma en cuenta los requerimientos normativos que podrían afectar el ámbito, grado ó método de restauración. Bajo los programas gobernados por La Ley de Responsabilidad, Compensación y Recuperación Ambiental (CERCLA - Comprehensive Environmental Response Compensation and Liability Act - por sus siglas en inglés), se deben identificar y analizar los RAAP en el contexto actual del MCS. La aplicabilidad o relevancia y conveniencia de varias normas estatales y federales promulgadas a las condiciones específicas del sitio (incluyendo contaminantes, usos actuales y futuros del suelo, receptores y factores físico-geoquímicos) deben ser evaluadas tanto en las etapas iniciales, durante el desarrollo de una estrategia de cierre, como periódicamente, después de implementar la tecnología de restauración. Se deben reevaluar los RAAP, conforme vaya evolucionando el conocimiento de las tecnologías de restauración o acciones correctivas y los riesgos por exposición a los contaminantes. El análisis RAAP requiere un entendimiento del propósito de las normas y estatutos, la aplicación de estos requerimientos a sitios similares, la real exposición actual o futura, así como las metas de rendimiento realistas que consideran las limitaciones técnicas y de ingeniería de las tecnologías de restauración seleccionadas. El análisis RAAP va a requerir de la participación de miembros del equipo que están familiarizados con los desarrollos normativos y legales actuales, así como de miembros expertos en geohidrología, geoquímica y tecnologías de restauración.

¿Cómo se Evalúa y Asegura el Rendimiento de la Tecnología de Restauración?

La ejecución de una estrategia de cierre basada en resultados requiere del monitoreo rutinario y de la comparación entre las condiciones de sitio observadas y las previstas durante el proceso de planeación de la restauración para poder corroborar la efectividad y eficiencia relativa de la tecnología de restauración. La mayoría de los marcos normativos requieren de tales evaluaciones de rendimiento rutinarias para corroborar que están siendo protectivas y documentar cuando se hayan cumplido con los OAR y los criterios de cierre. Por ejemplo, CERCLA exige que se lleven acabo evaluaciones del rendimiento de la tecnología de restauración al menos cada cinco años para sitios que no han sido autorizados para uso no restringido o exposición no restringida del receptor. Estas evaluaciones dan la oportunidad de:

- Actualizar la información técnica y del sitio
- Monitorear progreso hacia el alcance de los objetivos estratégicos
- Reevaluar los RAAP, OAR, y la tecnología de restauración seleccionada en el contexto de información actualizada y los datos de monitoreo del rendimiento
- Aplicar las lecciones aprendidas para optimizar la estrategia de cierre y alcanzar la protección de la salud humana del medio ambiente en forma rápida y económica

Para que las evaluaciones de rendimiento sean efectivas, se deben establecer una métrica objetiva y precisa con parámetros de medición apropiados así como una fuente de datos de monitoreo del rendimiento apropiada a los parámetros de medición mismos que deben ser obtenidos a lo largo del periodo de rendimiento. La frecuencia de monitoreo y la ubicación de la toma de muestras necesitan estar claramente definidas así como el método de interpretación de los datos. Los OAR pueden especificar que un promedio de las concentraciones de los puntos de acatamiento serán usadas para monitorear el rendimiento y verificar que se han logrado los objetivos de limpieza, siempre y cuando cualquiera de las excedencias no sea mayores que un valor especificado.

Métrica o Parámetros de Medición

La métrica y los parámetros de medición así como los puntos internos de control para estrategias de cierre en fases, son los puntos de referencia con los cuales se mide el progreso - éxito ó fracaso. Los parámetros de medición de rendimiento deben ser objetivos y específicos, y deben representar el consenso de todas las partes interesadas para que los parámetros de medición no sean sujetos a malas interpretaciones conforme vaya cambiando el equipo del proyecto. Los parámetros de medición de rendimiento se dividen típicamente en tres categorías generales:

- Parámetros de medición operacionales para sistemas elaborados (por ejemplo, índices de extracción de fluidos, eficiencias de sistemas de tratamiento; requerimientos de descarga)
- Parámetros de medición de reducción de riesgos (por ejemplo, estabilidad de la pluma o recesión, remoción de combustible ó suelo, y controles del uso del suelo)
- Parámetros de medición de respuesta final o criterios de cierre del sitio

(por ejemplo, OPR, requerimientos de monitoreo confirmatorio)

Los parámetros de medición de reducción de riesgos pueden también servir de base para desencadenantes de contingencia para medidas alternativas ó suplementarias - incluyendo evaluaciones orientadas a OPR - si estos parámetros de medición no se cumplen dentro de las limitaciones establecidas. Por ejemplo, si se establece un parámetro de medición operacional de 99% de remoción promedio para un sistema de extracción con aire, con parámetro de medición basado en el promedio mensual de mediciones de afluente y efluente semanal, la desviación de este parámetro de medición durante tres meses consecutivos cualquiera podría usarse para desencadenar la adición de una unidad de carbono pulido como medida de contingencia.

Para proyectos de restauración en fases, que incluyen varios pasos entre los trabajos iniciales y el cierre final del sitio (por ejemplo, acciones de remoción inicial u otros remedios intermedios o implementación en fases de la acción de restauración primaria), se deben desarrollar una métrica o parámetros de medición internos (metas intermedias) para activar la siguiente fase de acción. También puede haber optimización en pasos (reducciones) de las acciones de restauración y monitoreo conforme se vayan reduciendo los riesgos (por ejemplo, cuando la pluma contaminante disminuye o las tendencias de concentración del afluente se convierten asintóticas). La estrategia de cierre debe identificar estos pasos intermedios y proveer una lógica de decisión clara que especifica qué condiciones deben cumplirse antes de proceder con la próxima modificación, expansión, o contracción de la restauración.

Las bases para las decisiones pueden ser simples consideraciones económicas (por ejemplo, cuando los fondos están disponibles para pozos de restauración adicionales) o de ingeniería para el alcance o calendario de trabajo. En otros casos, los puntos intermedios pueden incluir el alcanzar metas de concentración específicas para contaminantes en subsuelo ó en aguas subterráneas ó vapor de suelo extraído. Los puntos intermedios interinos también identifican los periodos de tiempo destinados para alcanzar éstas metas. El modelaje se puede utilizar para desarrollar concentraciones deseadas y periodos de tiempo. En la estrategia de cierre se deben identificar los parámetros de medición y los puntos intermedios apropiadas y se deben considerar los sistemas superficiales (por ejemplo, cambio de restauración activa a atenuación natural) y subterráneos (por

ejemplo, cambio de tratamiento termal de gases emitidos a adsorción con carbono). La lógica de decisión para hacer cualquier de estos cambios debe ser razonable, consistente con las limitaciones técnicas y normativas, y compatible con los OAR.

Además, las limitaciones de viabilidad son consideraciones importantes al desarrollar los parámetros de medición de rendimiento relacionadas con la estrategia de cierre y los OPR, deben ser claramente definidos y acordados por todas las partes involucradas durante el desarrollo y refinamiento de la estrategia. Las limitaciones de viabilidad pueden incluir tiempo, costo, accesibilidad y limitaciones técnicas que se usan para definir que es razonable y alcanzable dentro de un corto periodo de tiempo y por un costo razonable (por ejemplo, consideraciones de costo/beneficio). Vea también la hoja de datos del ITRC Life-Cycle Cost Analysis Fact Sheet para más información relacionada con costos del ciclo de vida y su aplicación potencial a proyectos de restauración.

Monitoreo

Un programa de monitoreo tiene como propósito:

- Asegurar la protección de las poblaciones potencialmente expuestas
- Monitorear cambios en las condiciones del sitio
- Evaluar la eficacia y efectividad (rendimiento) de la tecnología de restauración para alcanzar los OAR
- Apoyar decisiones relacionadas a la necesidad de optimizar tecnología de restauración
- Apoyar el cierre del sitio

Los programas de monitoreo deben ser constantemente revisados y optimizados para asegurar que estos objetivos puedan ser evaluados y que se está recolectando información apropiada en intervalos apropiados. Mientras la restauración progresa y las condiciones del subsuelo cambian, el programa de monitoreo a largo plazo (MLP) (*LTM - long term monitoring - por sus siglas en inglés*) debe ser optimizado. La estrategia de cierre debe establecer como cambiará el programa de monitoreo a largo plazo conforme cambian las condiciones. Dado que el programa de MLP será probablemente reducido conforme se vayan alcanzando constantemente los parámetros de medición de rendimiento, la estrategia de cierre también deberá planificar para la expansión del programa de monitoreo en el evento de que ocurran cambios inesperados en las

condiciones del sitio que puedan afectar adversamente el rendimiento de la tecnología de restauración (por ejemplo, una nueva fuente de contaminación, la identificación de un contaminante emergente de interés de los reguladores, cambios en el uso de la tierra o el clima, expansión de la pluma, productos secundarios no deseables como resultado de la acción de restauración). Las bases para estos cambios deben ser documentadas en el DD y en los documentos de planificación de la acción de restauración (por ejemplo, Plan de Muestreo y Análisis para el sitio, Plan de Operación, y Mantenimiento). La evaluación repetitiva y optimización del programa MLP también debe hacerse para asegurarse que la información requerida para documentar que los criterios de cierre se han cumplido de forma fidedigna. Si existe alguna ambigüedad sobre que es o que debe documentarse y porque, existe la posibilidad de ignorar información importante o acumular información innecesaria; lo cual va a tener impactos negativos en los costos y el calendario de trabajo de la estrategia de cierre. Las evaluaciones de los programas de MLP pueden ser implementadas anualmente como parte del monitoreo de las aguas subterráneas y reportes de Operaciones y Mantenimiento, y pueden efectuarse durante las evaluaciones OPR y las evaluaciones periódicas de protección.

Ejemplo de Estrategia de Cierre

- 1) Riesgo: Contaminación por hidrocarburos del petróleo en el Sitio A - Pozo privado cerca del límite de la propiedad - 1/4 milla hacia el Noroeste, la dirección del flujo del agua subterránea es generalmente hacia Noroeste (vea MCS páginas 12-20 para las localizaciones de los receptores de agua potable)
 - a. Meta de restauración - Agua subterránea en el área fuente debajo de 7 ppm de benceno (vea MCS páginas 19, y AR páginas 70 - 75 para las decisiones de transporte y destino)
 - b. Métodos de restauración - Extracción de Vapores del Suelo/Aspersión de Aire (EVS/AA) (vea reporte de prueba piloto)
 - c. Parámetros de medición
 - i. Respuesta completa - Cuando la concentración de benceno en el agua subterránea se encuentre por debajo de 7 ppm durante cuatro eventos de monitoreo continuo

- ii. Monitoreo de Observancia - Trimestral para el primer año y semi-anual de ahí en adelante en la fuente MW-1, y pozos centinelas MW-2 & MW-3 (localizados entre la fuente y el receptor)
- iii. Monitoreo del sistema EVS/AA
 - 1. Presión en el punto de inyección
 - 2. Etc.
- d. Contingencias
 - i. Del monitoreo de observancia
 - 1. Si la concentración en MW-2 aumenta mas del 40% en dos eventos, se hará una revisión del resultados del sistema EVS/AA; se deben considerar tecnologías de restauración alternas (indique que podría fundamentar la decisión de cambiar la tecnología).
 - 2. Si la concentración en MW-3 aumenta, se llevaran a cabo acciones de restauración adicionales (diga cuales serán) o se considerara la relocalización del pozo privado
 - ii. Monitoreo operacional
 - 1. Si la presión en el punto de inyección comienza a aumentar por encima de un punto determinado, considerar el uso de pozos de inyección a propulsión
 - 2. Si no se documenta un progreso tangible hacia la meta de restauración para el programa de monitoreo de las aguas subterráneas - el sistema de operación se interrumpirá y se evaluará por optimización o se comenzará a considerar una estrategia alterna de restauración (identificada aquí)

2) Riesgo-Combustible en el Sitio A - Infraestructura Subterránea...

Lógica de Decisión para Optimización y Planificación de Contingencia

Durante las evaluaciones periódicas de la tecnología de restauración, se compilan y utilizan datos de monitoreo para validar o actualizar el MSC, los OAR (incluyendo el análisis RAAP), y las consideraciones de diseño y exposición. Esta información actualizada es comparada con las condiciones previstas y los parámetros de medición establecidos para determinar las acciones protectivas reciente, progreso hacia los OAR, la

efectividad y eficiencia general del remedio, y para documentar el éxito e identificar problemas que requieran acciones correctivas. Una estrategia de cierre basada en resultados debería “esperar éxito pero planificar para el posible fracaso.” Tal estrategia de cierre asegura que la mayoría de las eventualidades, durante la implementación de la acción de restauración, sean manejadas apropiadamente a través de un proceso predeterminado que cuenta con el apoyo de todas las partes interesadas, y facilite correcciones que mantengan la estrategia enfocada hacia la meta final de una forma económica y en un tiempo razonable.

Declaraciones de decisión simple [“si (*una condición específica ocurre*) - entonces (*se toma una acción específica*)”] se pueden desarrollar para identificar como se van a utilizar los datos de monitoreo para determinar la efectividad y las condiciones que son causa de preocupación. El grado de precisión reflejado en la lógica de decisión puede variar en varios documentos del proyecto. Por ejemplo, una lógica de decisión de evaluación de rendimiento podría ser desarrollada en el DD para reflejar los parámetros de medición que van a ser aplicados a la tecnología de restauración (por ejemplo, tiempo y costo para alcanzar metas críticas, que impulsarían la necesidad de medidas de contingencia para disminuir los requerimientos operacionales o de monitoreo). Los parámetros de medición e indicadores de contingencia y los procesos para exhortar acciones correctivas (por ejemplo, optimización) se pueden detallar en los planes de MLP y de O&M. Se debe buscar el consenso de todas las partes interesadas durante el desarrollo de la evaluación de efectividad de la tecnología de restauración y de toda la lógica de decisión de la medida de contingencia.

Se puede utilizar un diagrama de flujo para representar gráficamente la lógica de decisión. Debido a la transparencia del formato, este diagrama será muy útil para crear consenso. Los diagramas de flujo son también herramientas útiles para realizar evaluaciones de efectividad y procesos de optimización. En cualquier actividad de restauración a largo plazo, existe el potencial de una migración no deseada de la pluma, concentraciones persistentes del contaminante, o el retorno del contaminante después de que haya cesado el tratamiento activo ó los sistemas de extracción. Una estrategia de cierre apropiada deberá incluir medidas para llevar a cabo acciones de contingencia en caso que se presenten situaciones como éstas. Cuando una tecnología de restauración no está alcanzando los OPR, se debe determinar las razones limitantes y se deben modificar

los OAR y/o los medios para alcanzarlos. Las acciones para mejorar los medios pueden incluir la optimización del sistema de restauración, el reemplazo o sustitución de la tecnología de restauración seleccionada, o una evaluación de impracticabilidad técnica. Cualquier modificación a los OAR debe basarse en una reevaluación de la necesidad de alcanzar objetivos específicos para proteger la salud humana y el medio ambiente, y la relevancia, pertinencia, aplicabilidad o propiedad de los criterios regulatorios numéricos. Por ejemplo, un OPR que especifique el saneamiento de una unidad de agua no potable a estándares de agua potable podría ser reemplazado con un OPR para prevenir la ingestión del agua subterránea afectada (por ejemplo, invocando restricciones locales o estatales para la creación de pozos de agua potable en acuíferos que contenga agua de mala calidad). La estrategia de cierre, como se documenta en el DD, debe modificarse si se revisan los OAR o las acciones de restauración.

¿Cuál es el Rol de los Reguladores en la Optimización de la Estrategia de Cierre?

Como señalamos en el principio de este folleto, las estrategias de cierre basadas en resultados deben ser flexibles para tomar ventaja de las lecciones aprendidas y los conocimientos adquiridos. Los cambios en la estrategia de cierre típicamente se hacen debido a un cambio en la perspectiva de las condiciones del sitio. Los cambios pueden ser el descubrimiento de una nueva fuente de contaminación o nuevos receptores, tendencias de monitoreo pasadas que indiquen un cambio en la frecuencia del monitoreo, sistemas de tratamiento que no hayan funcionado como se esperaba, o nuevas tecnologías de restauración innovadoras. Debido a que un cambio significativo en la estrategia de cierre requiere normalmente de la modificación del DD, es necesario que el regulador revise la modificación propuesta. El responsable del regulador cerciorarse que el cambio propuesto a la estrategia de cierre va a beneficiar a la comunidad.

Antes de considerar requerimientos normativos específicos, se debe efectuar una evaluación inicial de los cambios propuestos con las preguntas mostradas a continuación. Esta evaluación puede ayudar a poner la decisión en perspectiva y analizar la necesidad de acción.

- ¿Existe algún riesgo inmediato (exposición inaceptable al receptor), si es así, contribuirá el cambio a eliminar este riesgo? Cuando existe un

- riesgo inmediato se debe tomar una acción para eliminar la exposición.
- ¿Introducirá nuevos riesgos el cambio propuesto? Por ejemplo, la acción de restauración propuesta podría causar la migración de contaminantes a otro medio donde sería más difícil contenerlos o tratarlos.
 - ¿Al aplicarse el cambio propuesto, se alcanzaran los OPR de manera más económica y más rápida? Los beneficios asociados (reducción de riesgo) con el cambio propuesto deben analizarse el impacto en el costo o el calendario de trabajo.

Al considerar los aspectos de eficiencia reflejados en las preguntas anteriores, el evaluador puede optimizar el proceso de decisión y dirigir su atención en la protección efectiva y eficiente de la salud humana y el medio ambiente. Una estrategia de cierre basada en resultados provee una estructura flexible en la cual se puede incorporar el conocimiento de los cambios en las condiciones de sitio y el entendimiento técnico para reducir incertidumbres y planificar para lo inesperado mientras se cumplen con las responsabilidades de un manejo ambiental sensato y el uso eficiente de los recursos.

Referencias

ITRC, 2004. Interstate Technology Regulatory Council Remediation Process Optimization Team, *Remediation Process Optimization: Identifying Opportunities for Enhanced and More Efficient Site Remediation*, RPO-1, September 2004.

Department of Energy (DOE). March 2000. Developing Exit Strategies for Environmental Restoration Projects, DOE/EH-413-0013.

Santillan, J. 2004. Exit Strategy Developed by AFCEE for the Defense Logistics Agency. Presentation made in June.

www.itrcweb.org

RPO-3

Contactos
Líderes del Equipo de

Optimización de Procesos de Restauración

SCDHEC
2600 Bull Street
Columbia, SC 29201
803-896-4085
madabhs@dhec.sc.gov

Tom O'Neill
NJ Department of Environmental Protection
P.O. Box 413
401 East State Street, Sixth Floor
Trenton, NJ 08625-0413
609-292-2150
tom.o'neill@dep.state.nj.us