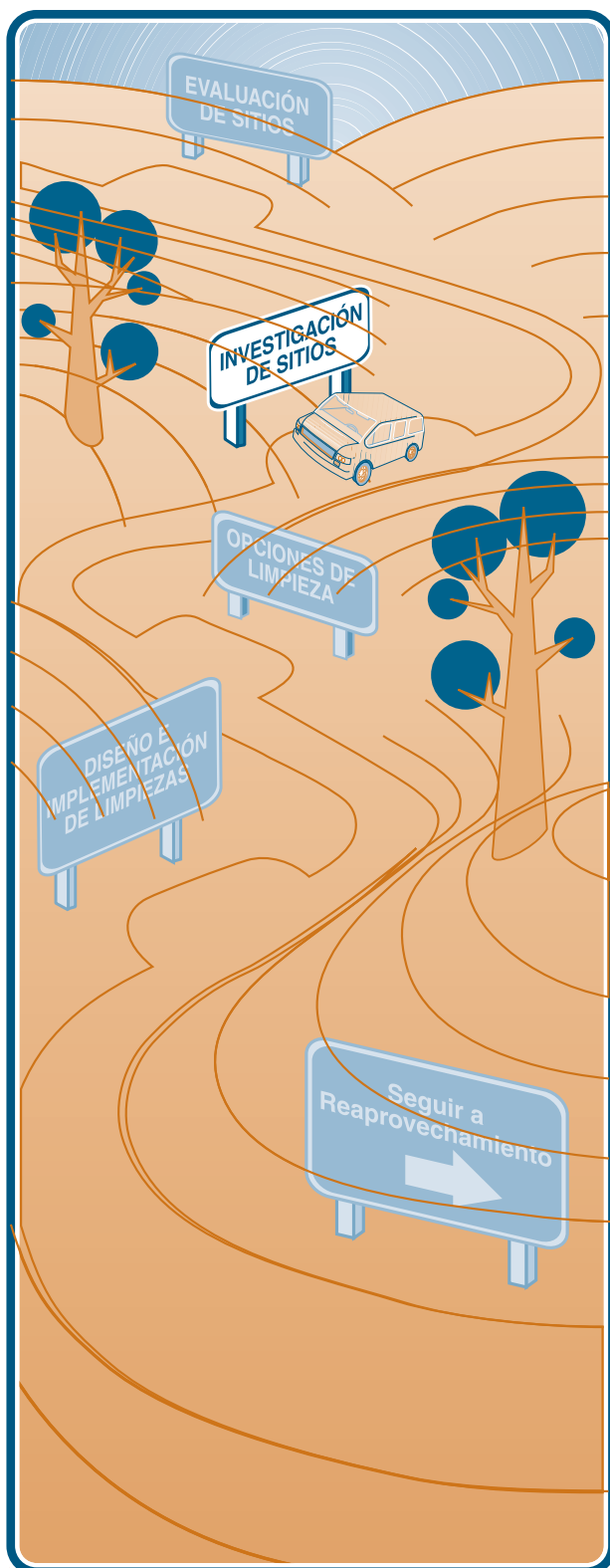


INVESTIGACIÓN DE SITIOS

Identificar la Fuente, la Naturaleza y el Alcance de la Contaminación



Esta fase tiene como fin confirmar la existencia de contaminación en un sitio determinado, localizar cualquier contaminación existente y caracterizar la naturaleza y alcance de la misma. Es esencial efectuar un estudio detallado del sitio a fin de identificar el origen, la naturaleza y el alcance de la contaminación así como las posibles amenazas al medio ambiente o a cualquier persona que vive o trabaja en las cercanías. En las áreas de revitalización de terrenos contaminados, los resultados de tal estudio pueden utilizarse para determinar los objetivos de la limpieza, cuantificar los riesgos, determinar los riesgos aceptables y no aceptables y desarrollar programas de limpieza efectivos que no añaden demoras o costos innecesarios al reaprovechamiento de la propiedad. Para asegurar la obtención de información suficiente que respalde las actividades futuras, debe determinarse el tipo de datos a reunir en esta fase basado en las medidas de limpieza propuestas y el uso final propuesto para el sitio.

La investigación de un sitio, también denominada evaluación ambiental del sitio Fase II ASTM, tiene su base en los resultados de la evaluación de sitios, analizada en la sección anterior de este manual. La fase de investigación de sitios puede incluir el análisis de muestras de suelo y gases del suelo, agua subterránea, agua superficial y sedimentos. También se examinan durante esta fase las vías de migración de los contaminantes, y tal vez se requiera una evaluación de riesgos de base para calcular el riesgo a la salud humana y al medio ambiente. En el Anexo A, *Cuadro A-2, Tecnologías para la Toma de Muestras y Análisis de Contaminantes Encontrados en Terrenos Contaminados Típicos*, se presentan ejemplos de tecnologías de toma de muestras y análisis que pueden resultar útiles durante esta fase.

¿Qué Hay Que Saber?



Entre los factores que deben incluirse durante la investigación de sitios, en caso de que exista alguna evidencia de contaminación posible o real, podemos incluir:

1. ¿Participará el sitio en un programa de limpieza voluntaria? De ser así, ¿será revisado el plan de investigación del sitio a lo largo del programa? En

caso contrario, ¿se aplican las normas reglamentarias federales, estatales, locales y tribales a la investigación de sitios? ¿Qué agencia se hará responsable de dirigir el control de esta fase? ¿Qué se debe hacer cuando la agencia correspondiente no ha desarrollado normas o pautas apropiadas para el reaprovechamiento propuesto?

2. ¿Qué tecnologías pueden facilitar la investigación y apoyar el esfuerzo de recopilar información relevante a los objetivos del proyecto? ¿Ha explorado el equipo técnico toda la gama de tecnologías capaces de producir datos con la calidad necesaria? ¿Pueden las tecnologías seleccionadas limitar la cantidad de movilizaciones en el sitio?
3. ¿Puede evaluarse la necesidad de limpieza en forma completa y precisa a partir de la información reunida durante la evaluación del sitio o a partir de una investigación previa del mismo?
4. ¿Cuáles son las temas importantes a la comunidad que puedan afectar la investigación de sitios?
5. ¿Cuáles son las vías de exposición potenciales? ¿Quién o qué podría verse afectado por la contaminación o por los trabajos de limpieza de la misma?
6. ¿Qué ocurre si se encuentra contaminación importante? ¿Qué ocurre si la contaminación constituye una “amenaza significativa” para los residentes locales?
7. ¿Qué ocurre si la contaminación ha sido originada por una fuente adyacente al sitio o fuera de éste? ¿Qué ocurre si la toma de muestras de base indica que la contaminación se originó a partir de una fuente natural?
8. ¿Se contaminaron los sistemas de infraestructura (caminos, edificios, redes cloacales y otras instalaciones)? ¿Podrían éstos verse afectados por el trabajo de limpieza de la contaminación?

La tabla siguiente diferencia entre las tecnologías de análisis en campo y los laboratorios móviles.

Aspectos Principales de las Tecnologías de Análisis en Campo y Laboratorios Móviles

Tecnologías de Análisis en Campo: las tecnologías de análisis en campo, con frecuencia denominadas “análisis de campo” pueden utilizarse sin necesidad de contar con un laboratorio móvil. Algunas tecnologías de análisis en campo son muy sofisticadas y brindan resultados cuantitativos comparables con los obtenidos por los análisis en los laboratorios móviles o fijos. Algunas mediciones de análisis en campo puede efectuarse rápidamente, lo cual permite mayor velocidad en la toma de muestras. Bajo ciertas condiciones, la información puede reunirse en un período breve de tiempo. Las tecnologías de análisis en campo se implementan con el uso de instrumentos manuales, como el equipo portátil de cromatografía gaseosa y espectrometría de masa, y el analizador de fluorescencia por rayos X, así como el uso de pruebas colorimétricas y de inmunoensayos.

¿Cómo Encontramos las Respuestas?*



Las actividades típicas a realizarse durante la fase de investigación de sitios incluyen:

- Identificar la combinación adecuada de tecnologías (como las tecnologías de medición en campo que caracterizan los aspectos físicos y químicos del sitio y los métodos de toma de muestras de laboratorio fijo) que pueden facilitar las investigaciones de sitios y satisfacer los niveles de calidad de datos requeridos.
 - Asegurar que el laboratorio posea los límites de detección apropiados para los elementos a determinar
 - Determinar las condiciones ambientales del sitio (por ejemplo, mediante la evaluación ambiental

* Nótese que Rutas busca responder preguntas relacionadas con la selección de la tecnología pero no tiene la intención de suministrar una respuesta a cada pregunta de procedimiento planteada.

del sitio, Fase II de ASTM o mediante una investigación equivalente que incluya ensayos para confirmar los lugares e identificar los riesgos ambientales):

- Tomar muestras y realizar análisis para determinar la naturaleza, el alcance, la fuente y la magnitud de la contaminación que pueda existir en el sitio.
- Tomar muestras y realizar análisis para evaluar en forma completa las condiciones físicas, geofísicas y ecológicas y las características del sitio.
- Interpretar los resultados de los análisis para caracterizar las condiciones del sitio.
- Determinar si los sistemas de la infraestructura (incluyendo las estructuras existentes) se encuentran afectados por la contaminación y, si es así, cómo se ven afectados.
- Evaluar el riesgo que el sitio puede presentar a la salud humana y al medio ambiente. Considerar las siguientes vías de exposición:
 - En el caso del suelo y el polvo, contacto directo, ingestión o inhalación
 - En el caso del agua, ingestión e inhalación
 - En el caso del aire, inhalación e ingestión
- Considerar el uso de la evaluación de riesgos específica del sitio para identificar los niveles de limpieza cuando tal enfoque puede dar como resultado estándares de limpieza más razonables o cuando no se hayan desarrollado estándares de limpieza.
- Examinar las condiciones ambientales no aceptables en términos de los costos iniciales para la mejora del sitio y los costos a largo plazo para operación y mantenimiento anuales –incluyendo las opciones potenciales de la limpieza y las limitaciones que puedan afectar los requerimientos del proyecto de revitalización, como los cronogramas del proyecto, los costos y el potencial para alcanzar la reutilización deseada.
- Revisar las suposiciones sobre el sitio en base a la base de la información reunida.
- Comenzar a considerar las fuentes de financiamiento para la investigación de sitios y las actividades de limpieza, tales como los programas estatales para la revitalización de terrenos contaminados y los créditos impositivos federales.
 - Contactarse con el coordinador regional de la EPA de revitalización de terrenos contaminados para identificar y determinar la

disponibilidad de programas de apoyo de la EPA y de incentivos financieros federales

- Continuar trabajando con los entes reguladores correspondientes a fin de asegurar que los requerimientos regulatorios sean debidamente considerados:
 - Identificar y consultar a las dependencias federales, estatales, locales y tribales pertinentes a fin de incluirlas tan pronto como sea posible en el proceso de toma de decisiones.
- Educar a los miembros de la comunidad con respecto al proceso de investigación de sitios, e involucrarlos activamente en la toma de decisiones; considerar las técnicas para la comunicación de riesgos a fin de facilitar tales actividades.

¿Dónde Encontramos Ayuda para Responder a las Preguntas sobre Tecnología?



A continuación, se mencionan ejemplos de recursos que pueden ayudar a identificar la condición ambiental de un sitio. También, se ofrece información sobre la disponibilidad de recursos electrónicos—ya sea que los mismos se encuentren en el disco compacto que acompaña a *Rutas* o en varios sitios de la Internet. El Anexo D, *Cómo Realizar un Pedido de Documentos*, brinda información completa para solicitar documentos que no se encuentran disponibles en el disco compacto ni en Internet.

A. Recursos para la Investigación de Sitios

Los documentos que aparecen a continuación son recursos que brindan información general sobre la disponibilidad de recursos de tecnología en la forma de bibliografías, informes de avance y guías para el usuario.

ASTM Standard Guide for Accelerated Site Characterization for Confirmed or Suspected Petroleum Releases (E1912-98)
(Guía ASTM para la Caracterización Acelerada de Sitios en Casos de Descarga de Petróleo Confirmada o Sospechada)

Pedir en línea en www.astm.org

Esta guía, desarrollada por ASTM, describe la caracterización acelerada de sitios (ASC, sigla en inglés), proceso utilizado para caracterizar, en forma rápida y precisa, las descargas de petróleo confirmadas o sospechadas. La guía proporciona un marco para que las partes responsables, los contratistas, consultores y entes reguladores puedan

racionalizar y acelerar la caracterización de sitios. La guía se encuentra disponible a un costo de \$35 por ejemplar y puede descargarse del sitio web de la ASTM, o se la puede solicitar telefónicamente al 610-832-9585 o por facsímil al 610-832-9555.

ASTM Standard Guide for Environmental Site Assessments: Phase II Environmental Site Assessment Process (E1903-97)

(Guía ASTM para las Evaluaciones Ambientales de Sitios: Proceso de Evaluación Ambiental de Sitios, Fase II)

Disponible en línea en www.astm.org

Esta guía, desarrollada por ASTM, presenta el marco para el uso de buenas prácticas comerciales habituales en Estados Unidos cuando se llevan a cabo evaluaciones ambientales de sitios Fase II sobre propiedades comerciales, en todo lo relacionado con la posible presencia de una gama de contaminantes dentro del alcance de la CERCLA, al igual que de productos del petróleo. La guía, disponible a un costo de \$35 por ejemplar, puede descargarse del sitio web de la ASTM o solicitarse por teléfono al 610-832-9585 y por fax al 610-832-9555.



Brownfields Technology Primer: Requesting and Evaluating Proposals That Encourage Innovative Technologies for Investigation and Cleanup (EPA 540-R-01-005)

(Manual Básico de Tecnologías para la Revitalización de Terrenos Contaminados:

Cómo Solicitar y Evaluar Ofertas que Alientan el Uso de Tecnologías Innovadoras para Investigación y Limpieza)

Ver o descargar el archivo pdf del disco compacto de Rutas El Centro de Apoyo de Tecnologías para la Revitalización de Terrenos Contaminados ha preparado este manual básico con el fin de brindar asistencia a los propietarios de sitios, directores de proyecto, y otros responsables de preparar los pedidos de oferta, en la búsqueda de apoyo para realizar las actividades de investigación y limpieza de sitios contaminados. Específicamente, se intenta ayudar a tales personas a redactar especificaciones que alienten a los contratistas y proveedores de tecnología a proponer opciones que usen tecnologías innovadoras caracterización y remediación en terrenos contaminados. También incluye para información desde una perspectiva tecnológica tendiente a guiar a los equipos de revisión de ofertas en sus evaluaciones sobre las mismas y en la selección de contratistas calificados.

Cost Estimating Tools and Resources for Addressing Sites Under the Brownfields Initiatives (EPA 625-R-99-001)

(Herramientas para la Estimación de Costos y Recursos para la Gestión de Sitios como parte de la Iniciativa de Revitalización de Terrenos Contaminados)

Disponible en línea en www.epa.gov/ncepihom

Esta guía pertenece a la serie de publicaciones diseñadas para asistir a las comunidades, estados, municipios y el sector privado para abordar el tratamiento de terrenos contaminados en una forma más eficaz. La guía, que está diseñada para ser usada junto con las tres guías para tipos de sitios específicos—Enfoques Técnicos para la Caracterización y Limpieza de Talleres; Enfoques Técnicos para la Caracterización y Limpieza de Plantas Siderúrgicas; y Enfoques Técnicos para la Caracterización y Limpieza de Plantas de Acabado de Metales (todos en virtud de la Iniciativa de Revitalización de Terrenos Contaminados)—suministra información sobre herramientas para estimar costos y recursos para abordar los costos de limpieza de los terrenos contaminados. Los responsables de sitios contaminados pueden optar por encargar la preparación de estimaciones de costos a consultores con experiencia en la limpieza de sitios con residuos peligrosos; pero en su propio beneficio, deben poder guiar a sus consultores y comprender el proceso lo suficiente como para poder revisar esas estimaciones. La guía contiene información general sobre el proceso de estimación de costos e incluye resúmenes de diferentes tipos de estimaciones. También describe el proceso para desarrollar estimaciones de costos “por órdenes de magnitud” y brinda información sobre recursos, bases de datos y modelos.



Data Quality Objective Process for Hazardous Waste Site Investigations (EPA 600-R-00-007)

(Proceso de Objetivos de Calidad de la Información para las Investigaciones de Sitios de Residuos Peligrosos)

Ver o descargar el archivo pdf del disco compacto de Rutas Se centra en el proceso de establecer objetivos de calidad de la información como un proceso sistemático de planificación para respaldar la toma de decisiones. Los objetivos de la calidad de la información constituyen una herramienta importante para directores y planificadores de proyectos al momento de definir los tipos, la calidad y la cantidad de información necesaria para tomar decisiones defendibles. El documento tiene su base en los principios y pasos desarrollados en la *Guidance for the*

Data Quality Objectives Process (Guía del Proceso de Objetivos de Calidad de la Información), pero es específico para las investigaciones de sitios con residuos peligrosos. La guía también guarda coherencia con el *Data Quality Objectives Process for Superfund: Interim Final Guidance* (Proceso de Objetivos de Calidad de la Información para el Superfondo: Guía Final Provisoria [EPA 1993]) y la *Soil Screening Guidance: User's Guide* (Guía para la Investigación de Suelos: Guía del Usuario [EPA 1996]). Si bien el documento se centra en las aplicaciones de la EPA, la guía también se aplica a los programas desarrollados a nivel local y estatal.



Engineering and Design: Requirements for the Preparation of Sampling and Analysis Plans (EM 200-1-3)

(Ingeniería y Diseño: Requisitos para la Preparación de Planes de Toma de

Muestras y Análisis)

Ver o descargar el archivo pdf del disco compacto de Rutas Este manual, desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos, constituye una guía para la preparación de planes de toma de muestras y análisis específicos para un proyecto con el fin de reunir datos ambientales. Además, el manual presenta protocolos de toma de muestras y análisis que aparecen por defecto y pueden utilizarse textualmente o con modificaciones en función de los objetivos de la calidad de información para un proyecto específico. El objetivo de este manual es fomentar la uniformidad en la generación y ejecución de planes de toma de muestras y análisis y, por lo tanto, ayudar a los investigadores a generar información de calidad conocida sobre contaminantes químicos de acuerdo con el fin para el que se utilizarán tales datos.



EPA Office of Solid Waste SW-846 On-Line: Test Methods for Evaluating Solid Wastes, Physical/Chemical Methods (SW-846 En Línea de la Oficina de

Desechos Sólidos de la EPA: Métodos de

Ensayo para Evaluar los Desechos Sólidos, Métodos Físicoquímicos)

Disponible en línea en www.epa.gov/sw-846/main.htm Este sitio de la web, desarrollado por la Oficina de Desechos Sólidos de la EPA, contiene procedimientos de ensayo y una guía que la EPA recomienda utilizar

en las evaluaciones y mediciones necesarias para cumplir con los requerimientos establecidos por la RCRA. El manual presenta métodos avanzados para ensayos analíticos de rutina, adaptados para su uso según el programa de la RCRA. Presenta procedimientos para el control de calidad en el campo y en laboratorios, toma de muestras, identificación de elementos peligrosos en los desechos, determinación de características peligrosas de los desechos (toxicidad, inflamabilidad, reactividad o susceptibilidad de corrosión) y la determinación de las propiedades físicas de los desechos. También contiene una guía para la selección de los métodos apropiados.

EPA REACH IT Online Searchable Technology Database

(EPA REACH IT Base de Datos en Línea para Búsqueda de Tecnología)

Disponble en línea en www.epareachit.org

La base de datos de búsquedas en línea EPA REACH IT brinda a los usuarios información amplia y actualizada sobre más de 150 tecnologías de caracterización que pueden aplicarse durante la fase de investigación de sitios. Las funciones de búsqueda guiadas y avanzadas del sistema pueden utilizarse para reunir información sobre tecnologías innovadoras y sobre los proveedores de servicios. La información se basa en datos suministrados por los proveedores y los jefes de proyecto de la EPA, el DoD, el DOE y otras agencias estatales. Sólo se puede acceder a EPA REACH IT a través de Internet.

Evaluation of Selected Environmental Decision Support Software (DSS)

(Evaluación de Software Seleccionado para Apoyo a las Decisiones sobre Medio Ambiente)

Ver o descargar archivo pdf del disco compacto de Rutas Este informe elaborado por la Oficina de Gestión Ambiental del DOE, evalúa el software y los sistemas de computación que facilitan el uso de datos, modelos y procesos de toma de decisiones en relación con la gestión ambiental. El informe evalúa 19 de estos sistemas a través de la aplicación de un sistema de clasificación que favorece al software que simula una gama amplia de problemas ambientales. Incluye un glosario de términos y sugiere criterios para la selección de los diferentes aspectos del desempeño del software.



Field Analytic Technologies Encyclopedia (FATE)
(Enciclopedia de Tecnologías de Análisis en Campo)

Disponible en línea en <http://fate.clu-in.org>

Esta enciclopedia en línea contiene información sobre las tecnologías que los investigadores pueden usar en el campo para caracterizar suelos y aguas subterráneas contaminadas, controlar el avance de los trabajos de remediación y, en algunos casos, tomar muestras y realizar análisis de confirmación a fin de respaldar el cierre de un proyecto. Destaca nuevas herramientas para mejorar la limpieza y el monitoreo a largo plazo de sitios contaminados, como la computación, microfabricación y biotecnología, que permitan el desarrollo de equipos analíticos con capacidades que desdibujan los límites entre “métodos de barrido” y “métodos finales”. La enciclopedia resulta útil para una amplia gama de usuarios, desde estudiantes de ingeniería hasta administradores de sitios y técnicos de campo.

Field Sampling and Analysis Technologies Matrix, Version 1.0
(Matriz de Tecnologías para Toma de Muestras y Análisis sobre el Terreno, Versión 1.0)

Disponible en línea en www.frtr.gov/site

Esta matriz es una herramienta en línea que ayuda a obtener información sobre las tecnologías de investigación aplicables para la investigación de sitios. A cada tecnología de caracterización de sitios se le da un puntaje para varias categorías de función, tales como límites de detección, medios aplicables, selectividad y tiempo de realización. Otra información útil incluye descripciones de las tecnologías; información sobre el estado de comercialización, el costo y la certificación; así como informes de evaluación. La matriz es extremadamente útil para los usuarios que no están familiarizados con tecnologías de caracterización específicas, pero sí cuentan con conocimientos de datos básicos sobre un sitio, como contaminantes y medios. Para tales usuarios, la matriz puede identificar e investigar tecnologías para su posible uso en un sitio.

Guideline for Dynamic Workplans and Field Analytics: The Keys to Cost-Effective Site Characterization and Cleanup

(Guía para Planes de Trabajo Dinámicos y Análisis de Campo: Claves para una Caracterización y Limpieza de Sitios Eficaz en Función de los Costos)

Ver o descargar el archivo pdf del disco compacto de Rutas Este documento, desarrollado por la Universidad Tufts en cooperación con la EPA, brinda información a los usuarios sobre los diversos factores que deben considerarse al incorporar instrumentos y métodos de análisis en campo en un programa adaptativo de toma de muestras y análisis para acelerar el proceso de investigación de un sitio. La guía tiene como fin ayudar a entes reguladores federales y estatales, propietarios de sitios, ingenieros consultores y empresas de remediación a entender cómo desarrollar, mantener y actualizar un plan de trabajo dinámico.



Improving the Cost-Effectiveness of Hazardous Waste Site Characterization and Monitoring
(Mejoramiento de la Efectividad en Función de los Costos en la Caracterización y Monitoreo de Sitios con Residuos Peligrosos)

Ver o descargar el archivo pdf del disco compacto de Rutas El informe presenta una nueva norma promovida por la OSWER y la TIO de la EPA que alientan el uso de estrategias más eficaces y menos costosas para la caracterización y monitoreo de sitios con residuos peligrosos. La nueva estrategia utiliza una tríada integrada de planeamiento sistemático, planes de trabajo dinámicos y análisis *in situ* para la recopilación de datos y la toma de decisiones técnicas en emplazamientos con residuos peligrosos. En forma separada, ninguno de los conceptos de la tríada es nuevo, pero se ha demostrado que la integración de los tres ayuda a completar proyectos más rápidamente, con menos gastos, con una mayor satisfacción para el cliente y los entes reguladores. El informe incluye una lista de recursos adicionales sobre tecnologías innovadoras y caracterización de sitios.

Innovations in Site Characterization Case Study Series (Serie de Casos Prácticos sobre Innovaciones en la Caracterización de Sitios)

Ver o descargar los archivos pdf del disco compacto de Rutas

Los casos prácticos proporcionan información sobre costos y desempeño de las tecnologías innovadoras que abogan por una caracterización de sitios menos costosa y más representativa. El objetivo de estos casos prácticos es analizar y documentar la eficacia de las nuevas tecnologías propuestas para la limpieza de sitios. Tales casos presentan información sobre la capacidad de las tecnologías de analizar y controlar las limpiezas, al igual que sobre los costos relacionados con el uso de dichas tecnologías. A continuación, se muestran casos prácticos disponibles:

- *Hanscom Air Force Base, Operable Unit 1 (EPA 542-R-98-006)*
(Base de la Fuerza Aérea de Hanscom, Unidad Operable 1)
- *Dexsil L2000 PCB/Chloride Analyzer for Drum Surfaces (EPA 542-R-99-003)*
(Dexsil L2000 - Analizador de Bifenilos Policlorados/Cloruros para Superficies de Tambores)
- *Geophysical Investigation at Hazardous Waste Sites (EPA 542-R-00-003)*
(Investigación Geofísica en Sitios con Desechos Peligrosos)
- *Site Cleanup of the Wenatchee Tree Fruit Test Plot Site Using a Dynamic Work Plan(2000) (EPA 542-R-00-009)*
(Limpieza del Sitio de Prueba "Wenatchee Tree Fruit Test Plot Site" mediante un Plan de Trabajo Dinámico [2000])



Innovative Remediation and Site Characterization Technologies Resources (EPA 542-C-01-001) (Recursos de Tecnologías Innovadoras de Remediación y Caracterización de Sitios)

Pedir en línea a www.epa.gov/ncepihom

Se trata de un disco compacto elaborado por la Oficina de Innovación Tecnológica de la EPA que contiene recursos que proporcionan información para ayudar a los administradores de emplazamientos federales, estatales y del sector privado a evaluar las distintas alternativas de evaluación ambiental y limpieza de sitios. Al obtener acceso a los recursos que brindan información sobre tecnologías innovadoras de remediación y caracterización de

sitios, se puede incrementar el conocimiento sobre dichas tecnologías y sobre los factores de costo y desempeño relacionados con las mismas. Dicho entendimiento es esencial en la consideración de estas tecnologías para su uso en el tratamiento de la contaminación de emplazamientos con residuos peligrosos. Varios de los recursos incluidos en este disco compacto también están disponibles en el disco compacto de *Rutas*.



Public Technology Inc.'s BrownfieldsTech.org [BrownfieldsTech.org de Public Technology Inc. (PTI)]

Disponible en línea en www.brownfieldstech.org

El sitio web, alojado en PTI y parcialmente patrocinado por la Oficina de Innovación Tecnológica de la EPA ofrece información sobre caracterización y remediación de terrenos contaminados. El sitio está dedicado especialmente a la demostración, difusión, y promoción de tecnologías innovadoras para la caracterización y remediación de terrenos contaminados para ayudar a los gobiernos locales a aumentar la eficiencia y reducir los costos asociados con la revitalización de los terrenos contaminados. En el sitio se destacan las tecnologías más en boga, actualmente en etapa de prueba en campo, se describen casos prácticos que introducen a los usuarios a ciudades donde se está desarrollando con éxito el empleo de tecnologías innovadoras de caracterización y remediación, perfiles de los líderes de gobiernos locales que están aplicando eficazmente las tecnologías de remediación de terrenos contaminados y ofrece vínculos con otros sitios clave en la Internet.



Resources for Strategic Site Investigation and Monitoring (EPA 542-F-01-030B) (Recursos para la Investigación y Monitoreo Estratégico de Sitios)

Ver o descargar el archivo pdf del <http://clu-in.org>

Una guía concisa de los recursos—tanto existentes como planificados—que entrañan técnicos nuevos y modernos para la investigación y el monitoreo de sitios. Asimismo, describe los cursos de capacitación disponibles, incluyendo algunos que se pueden descargar de Internet; enumera las fuentes de información sobre tecnologías y guías metodológicas disponibles a través de programas de la EPA y brinda las fuentes de información relativa a los esfuerzos de verificación y demostración de tecnologías. La guía también enumera algunos sitios de la web desde donde se pueden descargar publicaciones y software afines. El documento se puede descargar desde CLU-IN bajo el título "Publications".



Sensor Technology Information Exchange (SenTIX) (Intercambio de Información Tecnológica de Sensores)

Disponible en línea en www.sentinix.org

SenTIX sirve como foro de discusión para intercambiar información respecto de las tecnologías y necesidades de los sensores. El objetivo del sitio es servir como herramienta para asistir a aquellos que trabajan en el área de medio ambiente en la limpieza de residuos peligrosos. Las funciones de presentación y búsqueda de SenTIX pueden ayudar a relacionar a los usuarios que buscan una tecnología de sensores para cubrir una necesidad específica. También participan en el foro desarrolladores, proveedores y usuarios. El sitio fue desarrollado por WPI, una organización no gubernamental, bajo un acuerdo de cooperación con la EPA.

Site Characterization and Monitoring Technologies: Bibliography of EPA Information Resources (EPA 542-B-98-003)

(Tecnologías de Caracterización y Monitoreo de Sitios: Bibliografía de los Recursos de Información de la EPA)

Disponible en línea en <http://clu-in.org>

La bibliografía muestra una lista de recursos de información—tanto publicaciones como bases de datos electrónicas—que se centran en la evaluación y el uso de tecnologías innovadoras para la caracterización y el monitoreo de sitios. El documento también ofrece información sobre cómo obtener copias de los documentos.

Site Characterization Library, Volume 1, Release 2.0 (EPA 600-C-98-001)

(Biblioteca de Caracterización de Sitios, Tomo 1, Versión 2.0)

Solicitar en línea en www.epa.gov/ncepihom

El disco compacto, desarrollado por la *National Exposure Research Laboratory* (NERL, o Laboratorio Nacional de Investigación de Exposición) de la EPA, contiene los siguientes documentos y software:

- *ASSESS*, versión 1.1A (PB93-505154), es un programa interactivo de aseguramiento y control de la calidad diseñado para ayudar al usuario a determinar, desde el punto de vista estadístico, la calidad de los datos obtenidos de las muestras de suelo.
- *BIOPLUME II* es un modelo para el transporte bidimensional de contaminantes bajo la influencia de una biodegradación limitada por oxígeno de aguas subterráneas.

- *CalTox* es un modelo de exposición total de multimedia para residuos peligrosos.
- *CHEMFLO* permite a los usuarios simular el movimiento del agua y el transporte de químicos en suelos no saturados.
- *DEFT* es un paquete de software que permite generar rápidamente información sobre los costos de diversos diseños de toma de muestras en base a los objetivos de la calidad de información.
- *FEMWATER/LEWASTE* es un software que se puede utilizar para delinear áreas de protección de bocas de pozo en regiones agrícolas mediante el uso de un criterio que considera los factores ambientales que reducen la concentración de contaminantes transportados a los pozos.
- *Geo-EAS*, Versión 1.2.1 (PB93-504957), es una herramienta interactiva que se utiliza para realizar análisis geo-estadísticos bidimensionales de datos distribuidos en el espacio.
- *GEOPACK* es un paquete integral de software de geo-estadística que permite tanto a los principiantes como a los usuarios avanzados realizar análisis geo-estadísticos de la información correlacionada en el espacio.
- *Geophysics Advisor Expert System* (PB93-505162) (Sistema Experto Asesor de Geofísica) Versión 2.0, es un programa que abarca diversos métodos geofísicos para determinar la ubicación de la contaminación y realizar la caracterización de sitios, a fin de brindar recomendaciones sobre los mejores métodos que deben utilizarse en un emplazamiento determinado.
- *GEOS* es un software que facilita la recolección y el análisis de datos geoambientales.
- *GRITS/STAT* es un sistema de base de datos muy abarcativo que se utiliza para almacenar, analizar y generar informes sobre la información obtenida a partir de los programas de monitoreo de aguas subterráneas en sitios regulados por la RCRA, CERCLA y en otras instalaciones y sitios regulados.
- *HELP* es un programa de modelado bidimensional que simula el movimiento del agua que ingresa a los rellenos sanitarios o sale de ellos, basado en un sistema de gestión de desechos.
- *IMES* ofrece una herramienta informática para combinar las características de los sitios con uno o varios modelos de evaluación de exposiciones adecuados.
- *MOFAT* es un modelo bidimensional de elementos finitos que simula el flujo de fases múltiples acoplado y el transporte de componentes

múltiples en secciones verticales planas o radicalmente simétricas, y que sirve para evaluar el flujo y transporte de agua, líquidos de fase no acuosa y gases.

- *MULTIMED* es un modelo unidimensional, estable, utilizado para pronosticar las concentraciones de contaminantes que migrarán desde una instalación destinada a la eliminación de desechos a través del subsuelo, las aguas superficiales y las vías de aire hacia los sitios receptores.
- *PESTAN* ayuda a los usuarios a estimar la migración vertical de soluciones orgánicas disueltas a través de la zona vadosa hasta el agua subterránea.
- *PRZM-2* es un modelo de flujo y transporte de pesticidas para la zona de raíz y la zona vadosa.
- *RETC* es un programa que se utiliza para el análisis de las propiedades de conductividad hidráulica del suelo no saturado.
- *Scout*, Versión 2.0, es un programa fácil de usar y operado a través de un menú que proporciona una presentación gráfica de datos en un formato multidimensional, lo cual permite la evaluación visual de datos, acentúa los desvíos obvios y proporciona una medida fácil para comparar datos.
- *STF (VIP + RITZ)* consiste en tres componentes que brindan información sobre el comportamiento de químicos en ambientes de suelo. Los modelos simulan el movimiento y el destino de los químicos peligrosos durante el tratamiento de desechos aceitosos.
- *Subsurface Characterization and Monitoring Techniques* (Técnicas de Caracterización y Monitoreo del Subsuelo) es una versión interactiva de multimedios de la publicación de dos tomos de la EPA titulada *Subsurface Characterization and Monitoring Techniques* (Técnicas de Caracterización y Monitoreo del Subsuelo). El documento incluye descripciones de más de 280 métodos de caracterización de sitios y monitoreo en el campo para detectar la contaminación en aguas subterráneas y otros aspectos del subsuelo en emplazamientos que contienen residuos peligrosos. Los temas de caracterización geológica e hidrogeológica que se abordan incluyen: enfoques superficiales y de perforación, métodos geofísicos y toma de muestras de sólidos; perforaciones; ensayos de acuíferos y toma de muestras de aguas subterráneas; medición y monitoreo del estado del agua; medición de la conductividad hidráulica y flujo en la zona vadosa, caracterización del régimen de aguas; toma de muestras de soluciones en el suelo y monitoreo

de gases en la zona vadosa; y métodos de análisis químico en el campo. La versión electrónica de la guía incluye ayuda gráfica con animación y conexiones a hipertextos que ponen a disposición todo el texto en forma inmediata.

- *Total Human Exposure Risk Database and Advanced Simulation Environment (THERdbASE)* (Base de Datos sobre Riesgos Totales de Exposición Humana y Ambiente de Simulación Avanzada) Versión 1.2, es una base de datos integrada y un sistema de software analítico y de modelado para ser utilizado en los cálculos y estudios de la evaluación de riesgos de exposición. Contiene un prototipo para vincular—de manera sencilla y eficiente—las comunicaciones entre las bases de datos y los modelos de evaluación de riesgos de exposición.
- *VLEACH* proporciona al usuario un modelo unidimensional por diferencias finitas para realizar las evaluaciones preliminares de los efectos causados al agua subterránea por la lixiviación de contaminantes volátiles absorbidos a través de la zona vadosa.
- *WhAEM* es una herramienta de computación utilizada en los procesos de toma de decisiones relativos a la protección de bocas de pozos.
- *WHPA* es un programa de simulación semianalítica del flujo de agua subterránea que puede utilizarse para delimitar las zonas de captura en un área de protección de bocas de pozo.

Superfund Innovative Technology Evaluation (SITE) Program Demonstration Reports **[Informes de Demostración del Superfund Innovative Technology Program (SITE, o Programa de Evaluación de Tecnologías Innovadoras del Superfondo)]**

Ver o descargar los informes en www.epa.gov/ord/SITE/reports.html

Un inventario completo de informes sobre la evaluación de las tecnologías de medición y monitoreo en el programa SITE, está disponible para ayudar a las personas encargadas de tomar decisiones en el análisis de las opciones de tecnologías y con la evaluación de la aplicabilidad de una tecnología en un emplazamiento determinado. Los informes evalúan toda la información disponible sobre una tecnología dada; brindan un análisis sobre su posibilidad de aplicación de acuerdo con las características del sitio, los tipos y matrices de desechos; y presenta los procedimientos de ensayo, datos sobre desempeño y costos y normas de aseguramiento y control de la calidad. Los boletines de demostración incluyen descripciones resumidas

de las tecnologías y anuncios de demostraciones. Los Informes de Evaluación de Tecnologías Innovadoras son informes completos sobre los resultados de las demostraciones que incluyen información técnica útil para los responsables de la toma de decisiones.



U.S. Department of Energy (DOE) Preferred Alternatives Matrices (PAMs) (Matrices de Alternativas Preferidas del Departamento de Energía (DOE) de los Estados Unidos)

Disponible en línea en www.em.doe.gov/define
El sitio web de matrices de alternativas preferidas, desarrollado por el DOE, permite el acceso a evaluaciones de las tecnologías de caracterización y remediación de sitios preferidas por el DOE seleccionadas por tipo de contaminante y medio contaminado. Las matrices de alternativas preferidas fueron desarrolladas por la Oficina de Restauración Ambiental (EM-40) del DOE para asistir a los responsables en la selección de las alternativas de limpieza más apropiadas para la remediación de sitios, procesamiento de desechos y puesta fuera de servicio de los sitios. Brinda al personal de campo una herramienta para utilizar en la selección de soluciones de remediación; agilizar la implementación de las alternativas preferidas; eliminar costos excesivos o redundantes de estudios de factibilidad de tratamiento; y permitir la preselección de alternativas de remediación efectivas y de bajo costo.



U.S. Department of Energy (DOE) Vendor Database for Environmental Applications (Base de Datos de Proveedores del Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE) para Aplicaciones Ambientales)

Disponible en línea en www.cmst.org/vendor
Este sitio de Internet está dedicado a la medición de propiedades químicas de las muestras ambientales. El Characterization, Monitoring & Sensor Technology – Cross-Cutting Program (CMST-CP, o Programa Horizontal de Tecnologías de Caracterización, Monitoreo y Sensores) mantiene la base de datos de proveedores como un punto de concentración para todas las tecnologías de medición ambiental. La base de datos de proveedores del CMST-CP une las necesidades de medición del usuario con los productos disponibles. La página permite al usuario ingresar productos y aplicaciones, buscar aplicaciones para instrumentos de medición y sensores y permite hojear tecnologías ordenadas por categoría de instrumento.

B. Recursos para la Investigación de Sitios Específicos

A continuación se muestran informes destacados sobre la aplicación de tecnologías innovadoras que se pueden utilizar para tipos de contaminantes y emplazamientos específicos.



Application of Field-Based Characterization Tools in the Waterfront Voluntary Setting (Aplicación de Herramientas de Caracterización Basadas en el Campo en Terrenos bajo el Programa de Limpieza Voluntaria y en la Ribera)

Ver o descargar el archivo pdf del disco compacto de Rutas Investiga las razones por las que la decisión voluntaria de reaprovechar una propiedad potencialmente contaminada está sujeta a las limitaciones del mercado y otras presiones que difieren, en gran medida, de las que afectan los programas de acciones correctivas. El mismo establece, en detalle, el nivel de aplicación actual de herramientas de caracterización basadas en el campo en 115 terrenos contaminados en la zona ribereña y en emplazamientos donde se trabaja bajo programas de limpieza voluntaria.



Characterization of Mine Leachates and the Development of a Ground-Water Monitoring Strategy for Mine Sites (EPA 600-R-99-007) (Caracterización de Lixiviados de Minas y Desarrollo de una Estrategia de Monitoreo de Aguas Subterráneas en Minas)

Ver o descargar el archivo pdf del disco compacto de Rutas El objetivo del proyecto de investigación consistió en desarrollar una mejor comprensión sobre la composición de lixiviados de desechos mineros, e identificar parámetros efectivos en función del costo para el monitoreo de aguas subterráneas que podrían incorporarse a una estrategia de monitoreo para detectar, de manera confiable, la migración de contaminantes provenientes de operaciones mineras de roca dura.

Contaminants and Remedial Options at Pesticide Sites (EPA 600-R-94-202, PB95-183869) (Contaminantes y Opciones de Remediación en Sitios Contaminados con Pesticidas)

Solicitar en línea en www.epa.gov/ncepihom
El documento brinda información sobre tecnologías de tratamiento y la selección de servicios tendientes a cumplir con niveles aceptables de limpieza en emplazamientos contaminados con pesticidas, tal como establecen las reglamentaciones aplicables.

Apunta principalmente a los responsables de la acción de remediación y eliminación de emplazamientos federales, estatales o privados. El documento no identifica ni establece niveles de limpieza.

Contaminants and Remedial Options at Selected Metal-Contaminated Sites (EPA 540-R-95-512, PB95-271961)

(Contaminantes y Opciones de Remediación en Sitios Contaminados con Metales)

Pedir en línea en www.epa.gov/ncepihom

El informe brinda información sobre la caracterización de sitios y la selección de tecnologías de tratamiento capaces de satisfacer los niveles de limpieza específicos al emplazamiento en lugares contaminados con metales. Apunta a los responsables de la remediación y eliminación de emplazamientos federales, estatales o privados. El documento no identifica ni establece niveles de limpieza.

EPA ORD Brownfields Guides

(Guías de la ORD para Áreas de Revitalización de Terrenos Contaminados)

Disponible en línea en www.epa.gov/nepis

Esta serie de publicaciones tiene la finalidad de asistir a las comunidades, estados provinciales, municipalidades y el sector privado a resolver la cuestión de la revitalización de terrenos contaminados de manera más eficaz. Las guías brindan a las personas encargadas de tomar decisiones, tales como urbanistas, constructores del sector privado, y otras partes involucradas en la revitalización de terrenos contaminados, una mejor comprensión sobre las cuestiones técnicas inherentes a la evaluación y limpieza de sitios donde existieron talleres de reparación de automóviles, fábricas siderúrgicas, y sitios de acabado de metales. Luego de leer las guías, el usuario contará con una mejor comprensión sobre las actividades que comúnmente se realizan en tales sitios, y sobre cómo podrían causar dichas actividades la liberación de contaminantes al medio ambiente. Las guías también proporcionan información sobre los tipos de contaminantes que generalmente se encuentran presentes en tales emplazamientos; una discusión sobre los niveles de evaluación, investigación y limpieza de sitios y las tecnologías de limpieza; un marco conceptual para la identificación de posibles contaminantes; información sobre el desarrollo de un plan de limpieza; y una discusión sobre los problemas y factores especiales que deberían considerarse cuando se desarrollan planes y se seleccionan tecnologías. Se encuentran disponibles las siguientes guías:

- *Technical Approaches to Characterizing and Cleaning Up Automotive Repair Sites Under the Brownfields Initiative (EPA 625-R-98-008)* (Enfoques Técnicos para la Caracterización y Limpieza de Sitios donde se realizaba Reparación de Automotores en virtud de la Iniciativa de Revitalización de Terrenos Contaminados)
- *Technical Approaches to Characterizing and Cleaning Up Iron and Steel Mill Sites Under the Brownfields Initiative (EPA 625-R-98-007)* (Enfoques Técnicos para la Caracterización y Limpieza de Sitios donde existían Plantas Siderúrgicas en virtud de la Iniciativa de Revitalización de Terrenos Contaminados)
- *Technical Approaches to Characterizing and Cleaning Up Metal Finishing Sites Under the Brownfields Initiative (EPA 625-R-98-006)* (Enfoques Técnicos para la Caracterización y Limpieza de Sitios donde existían Plantas de Acabado de Metales en virtud de la Iniciativa de Revitalización de Terrenos Contaminados)

Expedited Site Assessment Tools for Underground Storage Tank Sites: A Guide for Regulators (EPA 510-B-97-001)

(Herramientas de Evaluación Rápida de Sitios con Tanques de Almacenamiento Subterráneo: Guía para los Entes Reguladores)

Ver o descargar el archivo pdf del disco compacto de Rutas

Esta guía, producida por la Oficina de Tanques de Almacenamiento Subterráneo de la EPA, tiene el propósito de ayudar a los entes reguladores estatales y federales que tienen responsabilidad sobre tanques de almacenamiento subterráneo a evaluar las tecnologías de evaluación de sitios tanto convencionales como nuevas, y promover el uso de evaluaciones de sitio expeditas. El manual cubre cinco cuestiones principales relacionadas con las evaluaciones de sitios con tanques de almacenamiento subterráneo: el proceso de evaluación expedita de sitios; métodos geofísicos de superficie para las investigaciones de sitios con tanques de almacenamiento subterráneo; relevamientos de gases en suelo; tecnologías de empuje directo; y métodos analíticos de campo para el análisis de hidrocarburos de petróleo. Los equipos y métodos presentados en el manual se evalúan en términos de aplicabilidad, ventajas y limitaciones de uso en sitios con tanques de almacenamiento subterráneo de petróleo.



Resource for MGP Site Characterization and Remediation: Expedited Site Characterization and Source Remediation at Former Manufactured Gas Plant Sites (EPA 542-R-00-005)

(Recurso para la Caracterización y

Remediación de Sitios de Plantas Productoras de Gas: Caracterización Expedita de Sitios y Remediación en la Fuente en Sitios donde existían Plantas Productoras de Gas)

Ver o descargar el archivo pdf del disco compacto de Rutas. Contiene información actualizada sobre enfoques y herramientas útiles que se están aplicando en sitios donde existían plantas productoras de gas para los reguladores y las empresas de servicios públicos que participan en la caracterización y remediación de estos emplazamientos. El documento describe estrategias de manejo de sitios y herramientas de campo para agilizar la caracterización de sitios utilizados para plantas productoras de gas; se presenta un resumen de las tecnologías existentes para remediar los desechos de las plantas productoras de gas en los suelos; contiene información suficiente sobre los beneficios, limitaciones y costos de cada tecnología, herramienta o estrategia para comparación y evaluación; mediante casos prácticos, brinda ejemplos de las formas en las cuales se pueden implementar tales herramientas y estrategias en los sitios de plantas productoras de gas.



Risk Management Strategy for PCB-Contaminated Sediments (Estrategia de Gestión de Riesgos para Sedimentos Contaminados con Bifenilos Policlorados)

Ver o pedir en línea en www.nap.edu/books/0309073219/html

El informe, preparado por el National Research Council's Committee on the Remediation of PCB-Contaminated Sediments (Comité sobre Remediación de Sedimentos Contaminados por Bifenilos Policlorados del Consejo Nacional de Investigaciones) con un subsidio de la EPA, estudia la naturaleza del desafío que representa la administración de sedimentos contaminados con bifenilos policlorados; proporciona un panorama general de los conocimientos actuales sobre generación, destinos y efectos de los bifenilos policlorados; recomienda un marco basado en los riesgos para la evaluación de tecnologías de remediación y estrategias de manejo de riesgos; y explica el marco según se aplica específicamente a los sedimentos contaminados por bifenilos policlorados.

C. Recursos Específicos a Tecnologías para la Investigación de Sitios

Los documentos que aparecen más abajo contienen información detallada sobre tecnologías innovadoras específicas y la aplicación de tales procesos a contaminantes y medios específicos en la forma de análisis de ingeniería, informes de aplicación, informes de verificación, evaluación de tecnología, y estudios de tecnología.



A User's Guide to Environmental Immunochemical Analysis (EPA 540-R-94-509)

(Guía del Usuario para el Análisis Inmunoquímico Ambiental)

Disponible en línea en www.epa.gov/nepis

Este documento, desarrollado por la Oficina de Investigación y Desarrollo de la EPA, facilita la transferencia de métodos inmunoquímicos para el análisis de contaminantes ambientales al laboratorio de química analítica ambiental. El personal en el campo que necesite emplear una tecnología de medición en un sitio de monitoreo también puede encontrar útil este manual. El documento muestra al lector el uso y aplicación de métodos de análisis inmunoquímico para los contaminantes ambientales. Incluye una guía general para la resolución de problemas, junto con instrucciones específicas para ciertos elementos a analizar. La guía está redactada de manera de permitir al usuario aplicar la información presentada a los inmunoensayos que no se explican en el manual.

California Environmental Technology Certification Program – California Certified Technologies List [Programa de Certificación de Tecnologías Ambientales de California – Lista de Tecnologías Certificadas de California]

Disponible en línea en www.calepa.ca.gov/calcert

El sitio de Internet del programa de Certificación de Tecnologías Ambientales de la California Environmental Protection Agency (Cal/EPA, o Agencia de Protección Ambiental de California) contiene una lista de tecnologías y sus respectivos proveedores que han sido certificados por el estado de California. Las tecnologías se certifican a partir de una verificación independiente, realizada por terceros, del desempeño de la tecnología y de su capacidad para satisfacer los requisitos de las especificaciones regulatorias. Los desarrolladores y los fabricantes establecen valores cuantitativos de desempeño que ellos sostienen se alcanzan con la tecnología y los equipos y proveen documentación al efecto. Cal/EPA revisa esa documentación y, cuando lo juzga necesario, realiza nuevos ensayos para verificar los valores. Se certifican aquellas

tecnologías, equipos y productos cuyo desempeño se ajusta a los datos de la documentación relacionada. Cal/EPA estudia dicha información y, cuando resulta necesario, lleva a cabo pruebas adicionales para verificar los niveles declarados por los desarrolladores y fabricantes. Las tecnologías, los equipos y los productos que se demuestra que funcionan tal como se ha declarado, reciben la certificación oficial del estado.



EPA Dynamic Field Activities Internet Site (Sitio de Internet sobre Actividades de Campo Dinámicas de la EPA)

Disponible en línea en www.epa.gov/superfondo/programs/dfa/index.htm

El sitio de Internet, alojado por la Office of Emergency and Remedial Response (OERR, u Oficina de Respuesta a Emergencias y Remediación) de la EPA brinda recursos tendientes a ayudar a los responsables a agilizar las actividades llevadas a cabo en sitios con residuos peligrosos mediante el uso de datos en tiempo real y decisiones en tiempo real. También se incluyen las descripciones de los elementos particulares de las actividades dinámicas de campo, así como los documentos guía y publicaciones afines, incluyendo vínculos a los sitios de Internet correspondientes. Incluye, además, información sobre herramientas analíticas in situ adecuadas para su uso durante las actividades dinámicas de campo.

Environmental Technology Verification Reports (Informes de Verificación de Tecnologías Ambientales)

Ver o descargar los archivos pdf de www.epa.gov/etv

Los informes del programa *Environmental Technology Verification* (ETV, o Verificación de Tecnologías Ambientales), producidos por la Oficina de Investigación y Desarrollo de la EPA, proporcionan amplia información sobre el desempeño de tecnologías del sector privado disponibles en el mercado. Los informes, que apuntan a compradores de tecnologías, desarrolladores de tecnologías, ingenieros consultores y agencias estatales y federales, verifican las características de desempeño ambiental de tales tecnologías a través de la realización de proyectos piloto. Los informes, al igual que otras informaciones sobre el programa ETV, están disponibles en el sitio ETV. Se encuentran disponibles informes y los resultados de verificación de las siguientes tecnologías:

- Sensor ubicado en penetrómetro de cono
- Software de apoyo a las decisiones ambientales
- Detección de explosivos

- Equipo portátil para cromatografía de gases/espectrometría de masa
- Analizador de campo de rayos X por fluorescencia
- Toma de muestras de aguas subterráneas
- Tecnologías de análisis de bifenilos policlorados en el campo
- Equipo portátil para cromatografía gaseosa/espectrometría de masa
- Toma de muestras de suelo/gas del suelo
- Monitoreo en boca de pozo de compuestos orgánicos volátiles (COV)
- Tecnologías de toma de muestras de suelo

Federal Facilities Forum Issue: Field Sampling and Selecting On-Site Analytical Methods for Explosives in Soil (EPA 540-R-97-501)

(Tema del Foro de Instalaciones Federales: Toma de Muestras en Campo y Selección de Métodos de Análisis In-situ para Explosivos en el Suelo)

Ver o descargar el archivo pdf del disco compacto de Rutas Este documento fue preparado por miembros del Foro de Instalaciones Federales, un grupo de científicos e ingenieros de la EPA que representan a oficinas regionales de la agencia y están comprometidos con la identificación y resolución de cuestiones que afectan los sitios identificados por el Superfondo y la RCRA de instalaciones federales. El propósito del documento es brindar una guía a los directores de proyectos de remediación sobre los métodos de toma de muestras en campo y análisis *in situ* para detectar y cuantificar los contaminantes de explosivos secundarios presentes en el suelo.

El trabajo está dividido en las siguientes secciones: (1) antecedentes; (2) introducción a la toma de muestras y análisis de explosivos; (3) objetivos de calidad de datos; (4) consideraciones de diseño y toma de muestras especiales para manejar los contaminantes de explosivos; (5) resumen de métodos de análisis en campo; y (6) resumen de los métodos de análisis de referencia de la EPA.

Field Validation of a Penetrometer-Based Fiber-Optic Petroleum, Oil, and Lubricant (POL) Sensor: Project Summary (EPA 600-SR-97-055)

(Validación en Campo del Sensor de Fibra Óptica para Petróleo, Aceite y Lubricantes Basado en un Penetrómetro: Resumen de Proyecto)

Disponible en línea en www.epa.gov/nepis

El informe trata sobre comparaciones integrales de mediciones in situ de un sensor de petróleo, aceite y lubricantes por fluorescencia inducida por láser

colocado en un penetrámetro de cono, que utiliza métodos de análisis de campo tradicionales. El informe incluye una introducción que describe el sistema y analiza las limitaciones de la tecnología. Además de las conclusiones y recomendaciones, el informe también suministra información sobre métodos y materiales, tales como procedimientos de calibración y toma de muestras, métodos de análisis y métodos de reproducción y análisis de datos. Dos estudios de caso ayudan a ilustrar los conceptos tratados.

Hydrogeologic Characterization of Fractured Rock Formations: A Guide for Groundwater Remediators; Project Summary (EPA 600-S-96-001)

(Caracterización Hidrogeológica de Formaciones de Rocas Fracturadas: Guía para Remediadores de Aguas Subterráneas; Resumen del Proyecto)

Ver o descargar el archivo pdf del disco compacto de Rutas Este informe describe la realización y los hallazgos del estudio de caracterización hidrogeológica de un acuífero de roca granítica saturada y fracturada al pie de las montañas de la Sierra Nevada en California. En primer lugar, el informe presenta un panorama de los problemas asociados con la remediación de acuíferos fracturados tomando historias de casos como referencia. Luego se presentan descripciones breves de los métodos y resultados del esfuerzo de caracterización en el campo de experimentación. En los capítulos restantes se describen fases particulares del trabajo de caracterización y una estrategia general para la caracterización hidrogeológica con descripciones detalladas de herramientas y métodos. Además, el informe trata sobre temas relacionados con el efecto de la caracterización incorrecta de las propiedades de flujo en la predicción del comportamiento de un contaminante dado.



Tri-Service Site Characterization and Analysis Penetrometer System—SCAPS: Innovative Environmental Technology from Concept to Commercialization **(Sistema de Penetrámetro para Caracterización y Análisis de Sitio para**

Tres Servicios: Tecnología Ambiental Innovadora desde el Concepto hasta la Comercialización)

Ver o descargar el archivo pdf del disco compacto de Rutas El informe, publicado por el Centro Ambiental del Ejército de Estados Unidos, resume el desarrollo, demostración en campo y actividades de aceptación regulatoria asociadas con las tecnologías SCAPS que se utilizan para detectar, determinar y cuantificar contaminación sub-superficial en suelo y aguas subterráneas.

¿Adónde Vamos Desde Aquí?



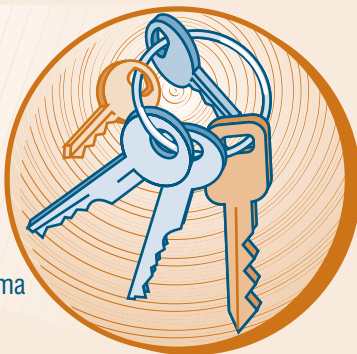
Después de completar la investigación de las condiciones ambientales en su emplazamiento, puede seguir uno de los siguientes cursos de acción:

Resultados de la Investigación del Sitio		Medidas a Tomar
No se encuentra contaminación	➡	Consultar con los funcionarios correspondientes de la autoridad regulatoria antes de proceder con las actividades de reaprovechamiento.
Se encuentra contaminación PERO ésta no representa un riesgo significativo ala salud de los interesados ni para el medio ambiente.	➡	Consultar con los funcionarios correspondientes de la autoridad regulatoria antes de proceder con las actividades de reaprovechamiento.
La limpieza de la contaminación encontrada probablemente requerirá una significativa inversión de tiempo y dinero.	➡	Proceder a la fase de OPCIONES DE LIMPIEZA.
La limpieza de la contaminación encontrada probablemente requerirá una significativa inversión de tiempo y dinero. Sin embargo, la contaminación no representa una amenaza significativa para los residentes del área.	➡	Determinar si sigue siendo posible el reaprovechamiento según se planeó o si puede alterarse el plan de reaprovechamiento conforme las circunstancias; si así fuera, proceder a la fase de OPCIONES DE LIMPIEZA.
Se encontró contaminación que representa una significativa amenaza para los residentes del área.	➡	Contactar las agencias de gobierno federales, estatales, locales o tribales que se ocupan de los residuos peligrosos. Si existen niveles considerables de contaminación, podría ser necesario el cumplimiento con otros programas, tales como los previstos en la RCRA y el Superfondo.

T3 CLAVES PARA LA SELECCIÓN Y ACEPTACIÓN DE TECNOLOGÍAS

Como se describe en *Rutas*, las tecnologías innovadoras y los enfoques tecnológicos ofrecen muchas ventajas en la limpieza de los terrenos contaminados. Los interesados en estos terrenos, sin embargo, primero deben aceptar la tecnología. Las personas encargadas de tomar decisiones sobre la revitalización de terrenos contaminados deben considerar los siguientes elementos para aumentar la probabilidad de que se acepte la tecnología, con lo cual se facilitará la limpieza del terreno.

guiadas por las metas del proyecto. El plan de trabajo debe incluir una declaración donde se hagan explícitas las decisiones a tomar y la forma en que el enfoque planeado apoyará esas decisiones.



1 Concentrarse en las Decisiones que Apoyan las Metas del Sitio

Como se describe en el Tema de Actualidad 4, *La Triada: Alineamiento de las Decisiones de Investigación y Limpieza de Sitios* (en la página 51), un elemento importante en todas las actividades de limpieza es la planificación sistemática. Es esencial tener una planificación clara y específica para alcanzar objetivos de decisión explícitos en la gestión del proceso de limpieza de sitios contaminados: evaluación del terreno, investigación del terreno, monitoreo del terreno, y selección de la remediación. Con una buena planificación, los responsables de la revitalización de terrenos contaminados pueden establecer las metas de limpieza para el terreno, determinar qué decisiones hay que tomar para lograr esas metas y desarrollar e implementar una estrategia para abordar las necesidades de decisión. Las decisiones respecto a tecnologías se toman en el contexto de los requerimientos para tales decisiones. Todas las actividades de limpieza están

2 Crear Consenso

Las actividades del sitio se verán alentadas y será más probable el éxito en la limpieza si se invierte tiempo, antes de comenzar el trabajo en el terreno, para llegar a decisiones que resulten aceptables a todos los involucrados en ellas. Si, por el contrario, se permite que el trabajo comience en el terreno antes de haber establecido una base de entendimiento común y la aceptación general, aumentarán las probabilidades de que el proceso de limpieza resulte ineficiente y se demore con la consecuencia de un mal aprovechamiento del tiempo y el dinero.

Aun más, las personas encargadas de tomar decisiones deben entender que hay incertidumbres en todas las decisiones científicas y técnicas (véase más abajo por mayor información sobre la incertidumbre). El definir claramente y aceptar ciertos umbrales de incertidumbre antes de tomar decisiones sobre la remediación del terreno creará consenso. También deben tomarse decisiones según los requisitos de las reglamentaciones aplicables, las consideraciones políticas, el presupuesto disponible para el proyecto y las limitaciones de tiempo

Manejo de la Incertidumbre

El manejo de la incertidumbre es el tema que unifica el enfoque de la triada y es un aspecto crucial del uso efectivo de los métodos de análisis en campo (véase Tema de Actualidad 4, *La Triada*, en la página 51). Aunque no todas las tecnologías de análisis en campo emplean métodos de barrido (por ejemplo, la cromatografía gaseosa/espectrografía de masa transportable al campo es un método para análisis final), muchas de esas tecnologías (por ejemplo los inmunoensayos) sí lo hacen. En general, los datos producidos por métodos de análisis de barrido presentan mayor incertidumbre analítica que los datos producidos por los métodos de análisis final. Sin embargo, este hecho por sí mismo no hace que los métodos de análisis finales necesariamente sean “mejores” que los métodos de barrido. Los métodos finales no son a prueba de fallas —hay interferencias u otros problemas que pueden elevar marcadamente su incertidumbre analítica. Por otra parte, se pueden utilizar varias estrategias para minimizar la incertidumbre analítica inherente a los métodos de barrido, como ser la selección de procedimientos adecuados de control de calidad/control de calidad para asegurar que los datos tienen una determinada calidad conocida y documentada. Más importante aun, todas las tecnologías de análisis de campo tienen la capacidad única de manejar eficientemente la mayor fuente de errores de decisión—la representatividad de la muestra—una capacidad de la que no se dispone cuando se deben usar métodos de laboratorio fijos que desalientan el manejo proactivo de la incertidumbre de la muestra.

3 Entender la Tecnología

Para lograr que una tecnología sea aceptada se necesita un conocimiento profundo de sus capacidades y limitaciones. Todas las tecnologías tienen limitaciones en su desempeño. Si se planifica la tecnología teniendo en cuenta sus fortalezas y debilidades, se maximiza su comprensión y se favorece su aceptación. Quienes deben aprobar el uso de las tecnologías, generalmente funcionarios de las agencias regulatorias, grupos comunitarios y proveedores de servicios financieros, serán más receptivos a un nuevo enfoque si quien lo propone les da una explicación clara de las razones de su uso y muestra confianza en su aplicabilidad a las condiciones y necesidades específicas de un emplazamiento. Este punto subraya la importancia de seleccionar cuidadosamente un equipo multidisciplinario de profesionales con la experiencia y conocimientos necesarios para planificar, presentar e implementar el enfoque elegido.

Continuado en la página 50



CLAVES PARA LA SELECCIÓN Y ACEPTACIÓN DE TECNOLOGÍAS

(...continuado de la página 49)

4

Dar Lugar a la Flexibilidad

Se necesita un enfoque flexible para racionalizar las actividades del terreno, ya sea en la evaluación, la investigación, eliminación, tratamiento o control de la contaminación. Todas las personas encargadas de tomar decisiones deben comprender la necesidad de flexibilidad respecto de las condiciones específicas del terreno, como ser las diferentes condiciones físicas, las cuestiones de contaminación, las necesidades de los interesados, los usos del terreno y las decisiones de apoyo. Aunque las tecnologías preseleccionadas, los métodos estándar, las aplicaciones en otros sitios y las guías de programas pueden servir de base para diseñar un plan específico de

limpieza y pueden ayudar a que los responsables no tengan que comenzar de cero en cada terreno, se debe tener cuidado de no depender demasiado de las “recetas de cocina” y las metodologías prescriptivas, así como de los procedimientos operativos estándar y los métodos “aceptados”. Aunque dichas herramientas constituyen excelentes puntos de partida, no tienen la flexibilidad necesaria para alcanzar las metas específicas de cada terreno. Para asegurar una limpieza efectiva y eficiente, el enfoque real de la tecnología, ya sea ésta establecida o innovadora, se debe centrar en decisiones específicas para el terreno en cuestión.



LA TRÍADA:

Alineamiento de las Decisiones de Investigación y Limpieza de Sitios

La modernización de la recolección, análisis, interpretación y el uso de datos para respaldar las decisiones sobre la gestión de terrenos contaminados se basa en el enfoque de la tríada. La introducción de nuevas tecnologías en marco de una gestión dinámica permite a los gerentes de proyectos alcanzar objetivos claramente definidos. Tal enfoque contiene tres componentes que se describen a continuación.

La planificación sistemática es un enfoque de sentido común para asegurar que el nivel de detalle en la planificación del proyecto coincide con el uso que se piensa dar a los datos que se están

recolectando. Una vez que se han definido las metas de limpieza, se emprende la planificación sistemática para diseñar un desarrollo del proyecto que sea efectivo en recursos, que tenga solidez técnica y confiabilidad para alcanzar las metas críticas. Un equipo multidisciplinario de personas con experiencia trabajará para traducir las metas del proyecto en objetivos técnicos realistas. El modelo conceptual del sitio es la herramienta de planificación que organiza la información que ya se conoce sobre el sitio; el modelo ayuda al equipo a identificar información adicional que debe obtenerse. El proceso de planificación sistemática ata las metas del proyecto a actividades individuales necesarias para

alcanzar esas metas, mediante la identificación de brechas de datos en el modelo. El equipo utiliza luego el modelo para dirigir la recolección de la información necesaria y permite que el modelo conceptual del sitio evolucione y madure a medida que progresa el trabajo en el sitio.

Un enfoque dinámico del plan de trabajo se basa en datos en tiempo real para llegar a los puntos de decisión. Se define la lógica para la toma de decisiones y se establecen responsabilidades, autoridades y líneas de comunicación. La implementación dinámica del plan de trabajo, al tiempo que se basa en las decisiones críticas para el proyecto que deben realizarse para llegar al cierre, está guiada por ellas.

Utiliza un árbol de decisiones y prácticas de manejo de incertidumbres en tiempo real para llegar a puntos de decisión críticos con la menor cantidad de movilizaciones posible. El éxito de un enfoque dinámico depende de la presencia de personal en el campo con suficiente experiencia y autoridad para tomar decisiones y su capacidad para responder ante datos nuevos o cualquier cuestión inesperada en el momento que se presenten. El personal de campo deberá mantener una comunicación fluida

con las agencias regulatorias u otros funcionarios que supervisen el proyecto durante la implementación de planes de trabajo dinámicos.

Los planes de trabajo dinámicos son posibles gracias al uso de **herramientas analíticas en campo**, plataformas para la toma rápida de muestras y la interpretación y manejo de datos *in situ*. Estas herramientas de análisis se encuentran entre las herramientas clave ya adoptadas para la investigación de terrenos porque proveen la información necesaria para la toma de decisiones *in situ*. Estas herramientas comprenden una categoría amplia de métodos y equipos de análisis que pueden ser aplicados en el sitio donde se recolectan las muestras. Incluyen métodos que pueden utilizarse a la

intemperie con equipos portátiles que se llevan en la mano, así como también métodos más rigurosos que requieren el ambiente controlado de los laboratorios móviles (transportables). Durante el proceso de planificación, el equipo determina el tipo, el rigor y la cantidad de datos necesarios para responder las preguntas que plantea el modelo conceptual del sitio. Estas decisiones guían las modificaciones en el diseño de toma de muestras y la selección de las herramientas de análisis.

Para mayor información, véanse los recursos número 42, 53, 69, 77, 78, y 121 del Índice de Recursos que comienza en la página I-1.



Sinopsis

- Integra la planificación sistemática, los planes de trabajo dinámicos, y las herramientas de análisis en el sitio para alcanzar las metas del proyecto y el programa.
- Saca ventaja de los resultados de tiempo real y la evaluación de datos para guiar la toma de muestras adicional y minimizar la movilización para alcanzar los puntos de decisión.
- Concentra las actividades del sitio en las metas del proyecto más que en los métodos analíticos, ahorrando tiempo y dinero y promoviendo mejores decisiones.
- Ha demostrado completar los proyectos más rápido, más económicamente y con mayor satisfacción de las normas que el enfoque tradicional de recolección de datos en fases.



CALIDAD Y REPRESENTATIVIDAD DE LOS DATOS: Claves para una Investigación de Sitio Efectiva en Función del Costo

El valor de la información que aportan los datos depende en la medida de la interacción entre los diseños de toma de muestra y su análisis en relación con el uso que ha de darse a los datos, el uso de los datos en el contexto específico del emplazamiento y el control de calidad asociado. En el marco de este concepto, las herramientas de análisis en el campo e *in situ* juegan un papel muy importante para que la toma de decisiones ambientales resulte más eficiente, defendible y efectiva en cuanto al costo. En el clima industrial y regulatorio actual, es frecuente que los profesionales se ven obligados a tomar decisiones inmediatas basados datos confiables y representativos. La expresión “datos representativos” significa que existe cierta estabilidad en las muestras y certeza respecto de la densidad de los datos. Las técnicas de análisis *in situ* ofrecen este tipo de certeza para la toma de decisiones al usuario de los datos.

Las investigaciones en áreas de revitalización de terrenos contaminados requieren enfoques innovadores más rápidos, más económicos y mejores que los que se utilizan en la práctica común. El enfoque más rápido reduce los tiempos de toma de muestras, facilita las decisiones en el campo y minimiza el tiempo de despliegue de cuadrillas y equipos. El enfoque que ofrece mayor eficiencia en cuanto a costos se utiliza para reducir los costos de análisis, los costos del trabajo en campo y los tiempos de finalización. El mejor enfoque resulta en una calidad de datos equivalente a la que se logra en laboratorios fijos fuera del campo y en un análisis de datos refinado basado en los resultados de la investigación en el sitio. La revitalización de terrenos contaminados requiere que se realice mediciones, determine el grado de contaminación e instituya un plan. Los diseños de tomas de muestras de dichos sitios serán dinámicos por naturaleza; por lo tanto la capacidad de análisis en tiempo real que ofrecen los instrumentos portátiles será esencial para una toma de muestras exitosa. En el futuro inmediato la representatividad de los datos se tornará cada vez más importante en la caracterización de sitios y los proyectos de remediación porque apoya el enfoque dinámico al suministrar una retroalimentación inmediata. Dado que la responsabilidad civil es una consideración importante en la revitalización de terrenos contaminados de hoy en día, el manejo de las incertidumbres y la disponibilidad de datos representativos que reflejen las verdaderas condiciones de los terrenos es crítica en las transacciones de las propiedades. Se puede utilizar con éxito la representatividad de los datos para generar datos científicamente sólidos capaces de respaldar decisiones defendibles para el proyecto con sustanciales ahorros de costos, en comparación con la práctica habitual actual.

La mayor eficiencia en la toma de muestras con tecnologías innovadoras se consigue al minimizar la recolección y el manejo de muestras que agregan poco a los objetivos de calidad de datos específicos para un sitio. Se obtiene mayor productividad en el análisis en campo cuando se afina el tipo



de análisis a realizar de modo que puedan analizarse más muestras por día, agilizando así la caracterización de los sitios y la verificación de la limpieza.

Cuando se establecen claramente las necesidades de datos y hay opciones modernas para la toma y el análisis de muestras es posible optimizar la recolección de datos de manera que la información producida sea exacta para los fines a los que será destinada y aun así siga siendo menos costosa que lo que era posible tiempo atrás. Cuando se aplican cuidadosamente, los métodos de análisis en el campo ofrecen datos representativos con la

Sinopsis

- La calidad de los datos es una función del contenido de información de los datos y su capacidad para representar el verdadero estado del emplazamiento.
- La representatividad de los datos es una medida que indica hasta qué punto las muestras pueden utilizarse para estimar las características del verdadero estado en el que se encuentra un emplazamiento con residuos peligrosos.
- La revitalización de terrenos contaminados se considera una aplicación creciente en la cual la calidad y representatividad de los datos jugará un papel importante.

calidad adecuada para la toma de decisiones, con el beneficio adicional de una mayor densidad de muestras y la disponibilidad de resultados en tiempo real.

Aunque los enfoques tradicionales tienden a concentrarse fuertemente en las capacidades de los métodos analíticos finales, se debería considerar también el efecto del error de la toma de muestras sobre la representatividad de las actividades de monitoreo y medición. Es importante determinar de qué manera pueden utilizarse los datos obtenidos de muestras tomadas para evaluación de calidad para identificar y controlar fuentes de error e incertidumbre en la toma de muestras en el proceso de medición.

Aumentando la densidad en la toma de muestras, que ha sido posible y efectiva mediante el uso de nuevas herramientas para la toma y análisis de muestras, los encargados de tomar decisiones pueden reducir la incertidumbre y aumentar el nivel de conocimiento de las verdaderas condiciones de un emplazamiento. Esto debería aumentar la confianza entre los propietarios, compradores y reguladores de los sitios y las comunidades próximas a ellos, así como reducir la probabilidad de errores y omisiones que podrían afectar al emplazamiento con posterioridad.

Para mayor información véanse los recursos con los números 33, 34 y 69 del Índice de Recursos que aparece a partir de la página I-1.