

Colección de Energía Nuclear del OIEA

Nº NW-T-3.8

Principios
básicos

Objetivos

Guías

Informes
técnicos

**Preparación
de estimaciones de
costos para proyectos
de rehabilitación
ambiental**



IAEA

Organismo Internacional de Energía Atómica

PUBLICACIONES DE LA COLECCIÓN DE ENERGÍA NUCLEAR DEL OIEA

ESTRUCTURA DE LA COLECCIÓN DE ENERGÍA NUCLEAR DEL OIEA

Conforme a lo establecido en los artículos III.A.3 y VIII.C de su Estatuto, el OIEA está autorizado a “alentar el intercambio de información científica y técnica en materia de utilización de la energía atómica con fines pacíficos”. Las publicaciones de la *Colección de Energía Nuclear del OIEA* presentan buenas prácticas y avances en la tecnología, así como ejemplos prácticos y experiencias en las esferas de los reactores nucleares, el ciclo del combustible nuclear, la gestión de desechos radiactivos y la clausura, y sobre cuestiones de interés para la energía nuclear. La estructura de la *Colección de Energía Nuclear del OIEA* consta de cuatro niveles:

- 1) En la publicación *Principios básicos de la energía nuclear* se describen el fundamento y la visión de los usos pacíficos de la energía nuclear.
- 2) En las publicaciones de la categoría “**Objetivos**” de la *Colección de Energía Nuclear* se describe lo que es preciso tener en cuenta y los objetivos específicos que han de alcanzarse en los ámbitos temáticos en las diferentes etapas de la aplicación.
- 3) En la categoría “**Guías y Metodologías**” de la *Colección de Energía Nuclear* se ofrece orientación o métodos de alto nivel sobre las formas de lograr los objetivos relativos a los diferentes temas y ámbitos relacionados con los usos pacíficos de la energía nuclear.
- 4) En los “**Informes Técnicos**” de la *Colección de Energía Nuclear* se ofrece información adicional y más detallada sobre las actividades relacionadas con los temas analizados en la *Colección de Energía Nuclear del OIEA*.

Los códigos de las publicaciones de la *Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA* son los siguientes: **NG** (energía nuclear en general); **NR** (reactores nucleares —antiguamente **NP** - energía nucleoelectrónica—); **NF** (ciclo del combustible nuclear); **NW** (gestión de desechos radiactivos y clausura). Además, las publicaciones pueden consultarse en el sitio web del OIEA:

<https://www.iaea.org/es/publicaciones>

Para más información, póngase en contacto con el OIEA en la dirección Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Viena, Austria.

Se invita a todos los lectores de las publicaciones de la *Colección de Energía Nuclear del OIEA* a que transmitan al OIEA sus experiencias a fin de garantizar que las publicaciones sigan satisfaciendo sus necesidades. La información podrá proporcionarse a través del sitio web del OIEA, por correo postal o por correo electrónico a la dirección Official.Mail@iaea.org.

PREPARACIÓN DE ESTIMACIONES
DE COSTOS PARA PROYECTOS
DE REHABILITACIÓN AMBIENTAL

Los siguientes Estados son Miembros del Organismo Internacional de Energía Atómica:

AFGANISTÁN	FILIPINAS	PAKISTÁN
ALBANIA	FINLANDIA	PALAU
ALEMANIA	FRANCIA	PANAMÁ
ANGOLA	GABÓN	PAPUA NUEVA GUINEA
ANTIGUA Y BARBUDA	GEORGIA	PARAGUAY
ARABIA SAUDITA	GHANA	PERÚ
ARGELIA	GRANADA	POLONIA
ARGENTINA	GRECIA	PORTUGAL
ARMENIA	GUATEMALA	QATAR
AUSTRALIA	GUYANA	REINO UNIDO DE
AUSTRIA	HAITÍ	GRAN BRETAÑA E
AZERBAIYÁN	HONDURAS	IRLANDA DEL NORTE
BAHAMAS	HUNGRÍA	REPÚBLICA ÁRABE SIRIA
BAHREIN	INDIA	REPÚBLICA
BANGLADESH	INDONESIA	CENTROAFRICANA
BARBADOS	IRÁN, REPÚBLICA	REPÚBLICA CHECA
BELARÚS	ISLÁMICA DEL	REPÚBLICA DE MOLDOVA
BÉLGICA	IRAQ	REPÚBLICA DEMOCRÁTICA
BELICE	IRLANDA	DEL CONGO
BENIN	ISLANDIA	REPÚBLICA DEMOCRÁTICA
BOLIVIA, ESTADO	ISLAS MARSHALL	POPULAR LAO
PLURINACIONAL DE	ISRAEL	REPÚBLICA DOMINICANA
BOSNIA Y HERZEGOVINA	ITALIA	REPÚBLICA UNIDA
BOTSWANA	JAMAICA	DE TANZANÍA
BRASIL	JAPÓN	RUMANIA
BRUNEI DARUSSALAM	JORDANIA	RWANDA
BULGARIA	KAZAJSTÁN	SAMOA
BURKINA FASO	KENYA	SAN MARINO
BURUNDI	KIRGUISTÁN	SAN VICENTE Y
CAMBOYA	KUWAIT	LAS GRANADINAS
CAMERÚN	LESOTHO	SANTA LUCÍA
CANADÁ	LETONIA	SANTA SEDE
COLOMBIA	LÍBANO	SENEGAL
COMORAS	LIBERIA	SERBIA
CONGO	LIBIA	SEYCHELLES
COREA, REPÚBLICA DE	LIECHTENSTEIN	SIERRA LEONA
COSTA RICA	LITUANIA	SINGAPUR
CÔTE D'IVOIRE	LUXEMBURGO	SRI LANKA
CROACIA	MACEDONIA DEL NORTE	SUDÁFRICA
CUBA	MADAGASCAR	SUDÁN
CHAD	MALASIA	SUECIA
CHILE	MALAWI	SUIZA
CHINA	MALÍ	TAILANDIA
CHIPRE	MALTA	TAYIKISTÁN
DINAMARCA	MARRUECOS	TOGO
DJIBOUTI	MAURICIO	TRINIDAD Y TABAGO
DOMINICA	MAURITANIA	TÚNEZ
ECUADOR	MÉXICO	TURKMENISTÁN
EGIPTO	MÓNACO	TURQUÍA
EL SALVADOR	MONGOLIA	UCRANIA
EMIRATOS ÁRABES UNIDOS	MONTENEGRO	UGANDA
ERITREA	MOZAMBIQUE	URUGUAY
ESLOVAQUIA	MYANMAR	UZBEKISTÁN
ESLOVENIA	NAMIBIA	VANUATU
ESPAÑA	NEPAL	VENEZUELA, REPÚBLICA
ESTADOS UNIDOS	NICARAGUA	BOLIVARIANA DE
DE AMÉRICA	NÍGER	VIET NAM
ESTONIA	NIGERIA	YEMEN
ESWATINI	NORUEGA	ZAMBIA
ETIOPÍA	NUEVA ZELANDIA	ZIMBABWE
FEDERACIÓN DE RUSIA	OMÁN	
FIJI	PAÍSES BAJOS	

El Estatuto del Organismo fue aprobado el 23 de octubre de 1956 en la Conferencia sobre el Estatuto del OIEA celebrada en la Sede de las Naciones Unidas (Nueva York); entró en vigor el 29 de julio de 1957. El Organismo tiene la Sede en Viena. Su principal objetivo es “acelerar y aumentar la contribución de la energía atómica a la paz, la salud y la prosperidad en el mundo entero”.

COLECCIÓN DE ENERGÍA NUCLEAR DEL OIEA N° NW-T-3.8

PREPARACIÓN DE ESTIMACIONES DE COSTOS PARA PROYECTOS DE REHABILITACIÓN AMBIENTAL

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA
VIENA, 2022

DERECHOS DE AUTOR

Todas las publicaciones científicas y técnicas del OIEA están protegidas en virtud de la Convención Universal sobre Derecho de Autor aprobada en 1952 (Berna) y revisada en 1972 (París). Desde entonces, la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (Ginebra) ha ampliado la cobertura de los derechos de autor, que ahora incluyen la propiedad intelectual de obras electrónicas y virtuales. Para la utilización de textos completos, o parte de ellos, que figuren en publicaciones del OIEA, impresas o en formato electrónico, deberá obtenerse la correspondiente autorización y, por lo general, dicha utilización estará sujeta a un acuerdo de pago de regalías. Se aceptan propuestas relativas a la reproducción y traducción sin fines comerciales, que se examinarán individualmente. Las solicitudes de información deben dirigirse a la Sección Editorial del OIEA:

Dependencia de Mercadotecnia y Venta
Sección Editorial
Organismo Internacional de Energía Atómica
Vienna International Centre
PO Box 100
1400 Viena, Austria
fax: +43 1 26007 22529
tel.: +43 1 2600 22417
correo electrónico: sales.publications@iaea.org
<https://www.iaea.org/es/publicaciones>

© OIEA, 2022

Impreso por el OIEA en Austria

Febrero de 2022

STI/PUB/1857

PREPARACIÓN DE ESTIMACIONES DE COSTOS PARA
PROYECTOS DE REHABILITACIÓN AMBIENTAL

OIEA, VIENA, 2022

STI/PUB/1857

ISBN 978-92-0-330320-0 (papel) | ISBN 978-92-0-330420-7

(PDF) | ISBN 978-92-0-300822-8 (EPUB)

ISSN 2708-2016

PREFACIO

Uno de los objetivos que en su Estatuto se asigna al OIEA es “acelerar y aumentar la contribución de la energía atómica a la paz, la salud y la prosperidad en el mundo entero”. Una forma de lograr este objetivo es mediante la publicación de diversas colecciones de documentos técnicos. Dos de ellas son la *Colección de Energía Nuclear del OIEA* y la *Colección de Normas de Seguridad del OIEA*.

De conformidad con el artículo III.A.6 del Estatuto del OIEA, las normas de seguridad constituyen “normas de seguridad para proteger la salud y reducir al mínimo el peligro para la vida y la propiedad”. Estas normas se dividen en Nociones Fundamentales de Seguridad, Requisitos de Seguridad y Guías de Seguridad. Están redactadas fundamentalmente en un estilo normativo y son vinculantes para el OIEA en lo que respecta a sus propios programas. Los principales usuarios son los órganos reguladores de los Estados Miembros y otras autoridades nacionales.

La *Colección de Energía Nuclear del OIEA* comprende informes elaborados para promover y facilitar la I+D en relación con la energía nuclear y su aplicación con fines pacíficos, e incluye ejemplos prácticos para ser utilizados por los propietarios y explotadores de empresas de servicios públicos en los Estados Miembros, las organizaciones implicadas, el sector académico y los funcionarios gubernamentales, entre otros. Esa información se presenta en guías, informes sobre la situación y los avances tecnológicos, y mejores prácticas relativas a los usos pacíficos de la energía nuclear, sobre la base de las aportaciones de expertos internacionales. La *Colección de Energía Nuclear del OIEA* complementa la *Colección de Normas de Seguridad del OIEA*.

Se preparan estimaciones de los costos de la rehabilitación ambiental para evaluar las decisiones sobre la selección de rehabilitaciones y las opciones de limpieza de emplazamientos de desechos o determinar las obligaciones ambientales. La calidad y, en última instancia, la precisión de esas estimaciones dependerá de la calidad de la información disponible en el momento en que se realizan y de la aplicación de una metodología adecuada de estimación de los costos.

La presente publicación está dedicada a la preparación y documentación de las estimaciones de los costos vinculados con las fases esenciales del ciclo de vida de un proyecto de rehabilitación ambiental. Su objetivo es ayudar al lector a adoptar decisiones fundamentadas sobre la manera de elaborar y documentar estimaciones de los costos de los proyectos de rehabilitación ambiental. Para contribuir a este logro, la publicación presenta procedimientos claros e incorpora una lista de comprobación de los elementos de los costos, ejemplos de estructuras de desglose de tareas, planes y enfoques de estimación de los costos y un panorama general de posibles tecnologías de rehabilitación adecuadas.

La información que figura en la presente publicación va dirigida a ayudar a profesionales con distintos niveles de especialización en estimación de los costos, en particular estimadores de costos, ingenieros de diseño, contratistas que prestan apoyo técnico, gestores de proyectos de rehabilitación y gestores de programas.

El OIEA da las gracias a todas las personas que han contribuido a la redacción y la revisión del presente informe, en particular a L. Martino (Estados Unidos de América). El oficial del OIEA responsable de esta publicación fue H. Monken-Fernandes, de la División del Ciclo del Combustible Nuclear y de Tecnología de los Desechos.

NOTA EDITORIAL

Esta publicación ha sido editada por el personal de los servicios editoriales del OIEA en la medida en que se ha juzgado necesario para facilitar su lectura. En él no se abordan cuestiones de responsabilidad, jurídica o de otra índole, por actos u omisiones por parte de persona alguna.

Aunque se ha puesto gran cuidado en mantener la exactitud de la información contenida en esta publicación, ni el OIEA ni sus Estados Miembros asumen responsabilidad alguna por las consecuencias que puedan derivarse de su uso.

Las orientaciones que aquí se ofrecen, en las que se describen buenas prácticas, representan la opinión de los expertos, pero no constituyen recomendaciones formuladas sobre la base de un consenso entre los Estados Miembros.

El uso de determinadas denominaciones de países o territorios no implica juicio alguno por parte de la entidad editora, el OIEA, sobre la situación jurídica de esos países o territorios, sus autoridades e instituciones o el trazado de sus fronteras.

La mención de nombres de empresas o productos específicos (se indiquen o no como registrados) no entraña intención alguna de violar derechos de propiedad ni debe interpretarse como una aprobación o recomendación por parte del OIEA.

El OIEA no es responsable de la continuidad o exactitud de las URL de los sitios web externos o de terceros en Internet a que se hace referencia en este libro y no garantiza que el contenido de dichos sitios web sea o siga siendo preciso o adecuado.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Antecedentes	1
1.2.	Objetivo	2
1.3.	Alcance	3
1.4.	Estructura	4
2.	EL PROCESO DE REHABILITACIÓN	4
2.1.	Introducción	4
2.2.	Etapas del proceso de rehabilitación	4
2.2.1.	Evaluación histórica del emplazamiento	5
2.2.2.	Criterios de rehabilitación	6
2.2.3.	Caracterización del emplazamiento	7
2.2.4.	Planificación de la rehabilitación	8
2.2.5.	Aplicación de las medidas de rehabilitación; explotación y mantenimiento; y fases de monitorización y mantenimiento posteriores a la rehabilitación	8
2.2.6.	Explotación y mantenimiento	9
2.2.7.	Monitorización y gestión posteriores a la rehabilitación	10
2.3.	Estado final de la rehabilitación (criterios de rehabilitación)	10
2.3.1.	Consideraciones generales	10
2.3.2.	Evaluación de los riesgos	11
2.3.3.	Participación de las partes interesadas en la determinación del estado final ..	12
2.3.4.	Estabilidad del estado final a largo plazo	12
2.4.	Estudio de las opciones	13
2.4.1.	Estudio de las opciones: preselección de modalidades de rehabilitación	14
2.4.2.	Estudio de las opciones: Selección de la rehabilitación (optimización)	14
3.	PROCESO DE ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS	15
3.1.	Consideraciones para la planificación	15
3.2.	Determinación y conceptualización de problemas	16
3.3.	Objetivos y enfoques para la elaboración de estimaciones de los costos	16
3.3.1.	Pronóstico presupuestario	17
3.3.2.	Evaluación y comparación de las opciones	18
3.3.3.	Evaluación de las propuestas de costos con fines de adjudicación de contratos	20
3.4.	Etapas en el proceso de estimación de los costos	21
3.4.1.	Introducción	21
3.4.2.	Preselección de alternativas	23
3.4.3.	Análisis detallado de las alternativas	33
3.4.4.	Etapas del proceso de estimación de los costos de la opción de rehabilitación seleccionada (fase de diseño final)	33
3.4.5.	Lista de comprobación de los costos	49
3.4.6.	Documentación de la estimación de los costos	49

4.	FINANCIACIÓN.....	49
4.1.	Fuentes de financiación de proyectos de rehabilitación ambiental.....	49
4.2.	Financiación de los costos de gestión a largo plazo.....	50
4.3.	Supervisión externa de las fuentes de financiación.....	50
4.4.	Establecimiento de parámetros de referencia para el proyecto por parte de las fuentes de financiación.....	51
APÉNDICE I:	POSIBLES OPCIONES DE REHABILITACIÓN.....	53
APÉNDICE II:	EJEMPLO DE PLAN DE ELABORACIÓN DE ESTIMACIONES DE LOS COSTOS.....	56
APÉNDICE III:	EJEMPLOS DE ESTIMACIONES DE LOS COSTOS RELACIONADAS CON UN TRATAMIENTO IN SITU ALTERNATIVO.....	61
APÉNDICE IV:	EJEMPLO DE ESTRUCTURA DE DESGLOSE DE TAREAS PARA ESTIMACIONES DE LOS COSTOS DE REHABILITACIÓN AMBIENTAL.....	68
APÉNDICE V:	COSTOS DE LA TECNOLOGÍA DE REHABILITACIÓN.....	73
REFERENCIAS.....		81
ANEXO I:	DICCIONARIO DE ESTRUCTURAS DE DESGLOSE DE TAREAS.....	83
ANEXO II:	LISTA DE COMPROBACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE UN PROYECTO DE REHABILITACIÓN.....	86
GLOSARIO.....		95
COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y LA REVISIÓN.....		103
ESTRUCTURA DE LA COLECCIÓN DE ENERGÍA NUCLEAR DEL OIEA.....		104

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

Las actividades que se tratan en la presente publicación son las siguientes: extracción y procesamiento de minerales y cierre de las instalaciones conexas; fuentes de radiación/producción ionizante y su uso, importación y exportación; transporte de materiales radiactivos; rehabilitación de emplazamientos, y gestión de desechos. Las instalaciones tratadas en la publicación son plantas de fabricación de combustible; centrales nucleares y otros reactores; plantas de procesamiento de combustible gastado; instalaciones de gestión de desechos radiactivos, e instalaciones nucleares y de irradiación para la investigación médica o industrial. El OIEA aconseja a los Estados Miembros que establezcan un marco estatutario y regulador que ponga de relieve las responsabilidades en relación con las actividades e instalaciones mencionadas.

En algunos casos, puede que prácticas y accidentes anteriores obliguen a rehabilitar el emplazamiento, incluso en instalaciones modernas gestionadas y diseñadas de la mejor manera posible. En función del carácter de la instalación, la rehabilitación podrá consistir en la gestión de desechos tanto radiactivos como no radiactivos (combinación que suele denominarse “desechos mixtos”). En todo el mundo se llevan a cabo en más de 30 países actividades de prospección, extracción y procesamiento de uranio que constan de proveedores tanto actuales como anteriores y de nuevos proyectos con recursos establecidos [1]. Actualmente, estas actividades generan millones de toneladas de desechos mixtos. En el caso de algunos complejos nucleares de la época de la Guerra Fría, se eliminaron desechos muy tóxicos resultantes de la producción de armas en cisternas mal diseñadas y zanjas, hoyos, estanques y lagunas sin revestimiento, a raíz de lo cual quedaron contaminados elementos de la infraestructura de la central, el suelo, el agua subterránea y el agua superficial. La presencia de desechos mixtos en el medio ambiente ha suscitado preocupación por los posibles efectos negativos en el medio ambiente y en la salud y el bienestar social y económico de las personas, especialmente en las comunidades ubicadas en las proximidades de estas actividades.

En muchos entornos internacionales y nacionales se llevan a cabo o están previstas actividades de rehabilitación ambiental, pero la orientación, la supervisión y la vigilancia del proceso de rehabilitación incumbe a menudo a las autoridades locales.

Las medidas de rehabilitación no solo deben garantizar la seguridad de los humanos y el medio ambiente con respecto a los riesgos radiológicos y de los desechos mixtos, sino que sus beneficios (para cada emplazamiento y para los programas nacionales en su conjunto) deben potenciarse al máximo con los fondos limitados de que se dispone. En algunos casos es preciso un cambio de paradigma que convenga a las partes implicadas de que la rehabilitación no supone simplemente un gasto o incluso una pérdida de dinero, sino que representa una inversión estratégica para garantizar a los humanos y los ecosistemas un entorno sano; reconvertir terrenos e infraestructuras antes contaminados, y obtener beneficios a largo plazo. Puede que estos beneficios sean o no fáciles de cuantificar. Sin embargo, por lo menos puede estimarse el costo de las alternativas de rehabilitación para que las partes interesadas puedan comparar y contrastar fácilmente los costos correspondientes a diversas opciones.

La rehabilitación puede o no comportar la restauración de las condiciones prístinas del emplazamiento que existían antes de su desarrollo (en el caso, por ejemplo, de plantas de fabricación de combustible, centrales nucleares y otros reactores, plantas de procesamiento de combustible gastado, instalaciones de gestión de desechos radiactivos e instalaciones nucleares y de irradiación para la investigación médica o industrial). Según la sección 5 de la *Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSR Part 3, Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales de seguridad* [2], “La aplicación de medidas de rehabilitación no comporta la eliminación de toda la radiactividad o todas las trazas de sustancias radiactivas. El proceso de optimización puede desembocar en una rehabilitación amplia, pero no obligatoriamente en la restauración de las condiciones previas”.

En el proceso de adopción de decisiones, las autoridades encargadas de gestionar la rehabilitación elaboran a menudo varias estrategias de investigación de los emplazamientos y diversas alternativas de rehabilitación para que las partes interesadas puedan elegir. Por lo general, cada alternativa de rehabilitación tiene un costo propio. El costo es normalmente uno de los criterios que se emplean para comparar las distintas alternativas de rehabilitación que se han elaborado. En consecuencia, la estimación de los costos es un elemento central de la preparación y determinación de la solución de rehabilitación preferida entre una serie de opciones viables. Además, el costo de aplicar una alternativa puede acabar ejerciendo una enorme influencia en el proceso de planificación, pues el enfoque de rehabilitación utilizado para un único emplazamiento puede convertirse en enfoque de referencia para otros emplazamientos en un programa nacional. En fases posteriores del ciclo de vida de un proyecto de rehabilitación las estimaciones de los costos suelen ser más realistas cuando las incertidumbres decrecen a medida que el proyecto madura. Esta publicación está dedicada a la metodología de estimación de los costos en las diversas fases de los proyectos de rehabilitación ambiental.

1.2. OBJETIVO

La presente publicación ofrece información sobre los enfoques que pueden emplearse para estimar los costos de rehabilitación para todas las partes que se dedican a la rehabilitación ambiental, entre ellas:

- Los encargados de ejecutar proyectos de rehabilitación ambiental;
- Los reguladores y las autoridades que conceden permisos;
- Las fuentes de financiación y los inversores;
- Otras partes interesadas (por ejemplo, el público u organizaciones no gubernamentales (ONG)).

Se examinan los costos resultantes de las distintas fases de un proyecto, la manera de calcularlos y la manera de estructurarlos. Se abarcan no solo los gastos técnicos evidentes, sino también los costos no técnicos y los valores (económicos) correspondientes a aspectos conexos, así como los beneficios obtenidos. Combinando el ciclo de vida de la rehabilitación con su efecto dentro de un marco económico, es posible asignar con eficiencia fondos limitados y establecer prioridades entre los emplazamientos. Las ventajas y desventajas de los distintos enfoques de rehabilitación, como la disyuntiva entre control y eliminación, pueden determinarse de forma más integral cuando el futuro uso del terreno se incorpora en la metodología.

La planificación y la ejecución de las medidas de rehabilitación abarcan normalmente un período prolongado durante el cual se investigan las características del emplazamiento, y puede que cambien las condiciones límite en relación con el proceso de adopción de decisiones e incluso el alcance del proyecto. Ello añade a la evaluación económica notables incertidumbres, lo cual a menudo dificulta la estimación de los costos de la rehabilitación. Sin embargo, si se pueden determinar e (idealmente) cuantificar las incertidumbres, pueden aplicarse métodos económicos y estadísticos apropiados para incorporar la incertidumbre en el procedimiento de evaluación. En última instancia, ello facilitará una aplicación de la rehabilitación que sea fiable y óptima desde el punto de vista de los costos. En consecuencia, la publicación se plantea como meta especial el esclarecimiento de las distintas fuentes de incertidumbre y la descripción de la manera de tratarlas de forma efectiva en un contexto económico.

La rehabilitación alcanza idealmente un equilibrio entre objetivos diversos como la reducción de los riesgos y las restricciones impuestas por un presupuesto fijo o limitado. Es preferible un procedimiento flexible y estructurado que pueda adaptarse a las condiciones específicas de cada emplazamiento a fin de plantearse de forma transparente los distintos componentes de los costos y sus sensibilidades. Ello es fundamental para la comunicación entre los reguladores, los responsables, las fuentes de financiación o que aportan fondos y las partes interesadas. También permite comparar de manera objetiva un conjunto de alternativas de rehabilitación distintas, todas las cuales permitirían cumplir los objetivos de rehabilitación.

Ese tipo de análisis de escenarios se complementa idealmente con un análisis de sensibilidad basado en los costos para determinar y gestionar los factores sensibles desde el punto de vista económico.

Así pues, la publicación se propone presentar los pasos que deben seguirse para trazar el proceso de rehabilitación y estimar efectivamente los costos. Solo si se comprende el proceso de rehabilitación ambiental en su conjunto pueden elaborarse o perfeccionarse estimaciones válidas de los costos en cada fase sucesiva.

1.3. ALCANCE

Con la presente publicación se pretende aportar información sobre la manera de estimar y documentar los costos. Se resume el ciclo de vida del proceso de rehabilitación solo en la medida en que es preciso para comprender el proceso de estimación de los costos y presentar los antecedentes de la metodología general empleada para estimar los costos de la rehabilitación. Sin embargo, no se ofrece un conjunto de instrumentos de estimación de los costos, pues la mecánica detallada al respecto dependerá de cada país y cada emplazamiento.

Los antecedentes básicos de justificación de una medida de rehabilitación y sus criterios de ejecución pueden consultarse en GSR Part 3 [2]. La publicación *Proceso de rehabilitación de zonas afectadas por actividades y accidentes pasados (Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° WS-G-3.1)* [3] está dedicada al procedimiento de rehabilitación en su conjunto, así como a determinados aspectos de la planificación, la tecnología, la reglamentación, la gestión y la fase posterior a la rehabilitación. La publicación del OIEA dedicada a los factores no técnicos que repercuten en los procesos de adopción de decisiones relacionadas con la rehabilitación ambiental [4] está dedicada a indagar en los aspectos económicos de un proyecto de rehabilitación que no guardan relación directa con la tecnología. Se trata del empleo, la educación, la infraestructura, el impacto ambiental, los riesgos ocupacionales y la participación pública. En este contexto, se examinan los métodos que pueden contribuir a la adopción de decisiones, como el análisis de criterios múltiples y la valoración económica, como se demuestra de forma detallada en el informe del proyecto sobre la protección radiológica dirigido a la Comisión Europea del Enfoque común para la rehabilitación de los emplazamientos contaminados (CARE) [5]. En la referencia [3] se presentan descripciones más detalladas del proceso de rehabilitación; las opciones tecnológicas se describen en la referencia [6], y la referencia [7] aporta ideas relativas a la práctica de levantar el control reglamentario de los emplazamientos al término de la rehabilitación.

En la presente publicación se describe el cálculo de los costos de la rehabilitación ambiental en general, pero se hace especial hincapié en la contaminación radiactiva. De hecho, aunque el enfoque general de rehabilitación ambiental es el mismo para la contaminación convencional y la radiactiva, esta última presenta las siguientes peculiaridades:

- Las tecnologías de investigación y rehabilitación del emplazamiento pueden ser más exigentes en la medida en que debe tenerse en cuenta la radiactividad, además de los contaminantes convencionales. Ello se traduce tanto en tiempo como en la estimación de los costos. Las incertidumbres en cuanto al calendario y las estimaciones de los costos también suelen ser mayores.
- La concesión de permisos es un proceso más complejo cuando se rehabilitan emplazamientos contaminados radiactivamente. Exige a todas las partes implicadas un conjunto de aptitudes más amplio, suele comportar plazos más prolongados y necesita más recursos de los que corresponden a los proyectos de rehabilitación ambiental convencionales.
- Las expectativas de la sociedad y las autoridades son más altas, y la radiación suscita preocupaciones que pueden comportar plazos más prolongados y mayores costos. Como es normal que las preocupaciones vengan determinadas en parte por factores emocionales, las incertidumbres vinculadas con el tiempo y los costos suelen ser más acusadas.

1.4. ESTRUCTURA

La publicación se estructura en cuatro secciones. En la sección 1 figuran la introducción y los antecedentes de la guía. En la sección 2 se resumen el proceso de rehabilitación y la fijación de objetivos de rehabilitación como condición previa a la planificación de la rehabilitación y la estimación de sus costos. También se describen brevemente los principios de las políticas y estrategias y la interacción con los reguladores. En la sección 3 se describen los pasos que conforman la estimación de los costos básicos de una opción de rehabilitación, con inclusión de la descripción de la alternativa, la determinación de la estructura de los elementos de los costos, las estimaciones de estos elementos, la aplicación de contingencias, el análisis del valor actual, el análisis de sensibilidad y la revisión de las estimaciones. En la sección 4 figura una visión panorámica de las fuentes y mecanismos de financiación, incluida la financiación de los costos de gestión a largo plazo, y se examinan sucintamente determinados requisitos como el control y la supervisión de las fuentes de financiación.

La presente publicación también incorpora cuatro apéndices y dos anexos. El apéndice I se refiere a las posibles opciones de rehabilitación. El apéndice II ofrece un ejemplo de estimación de los costos en la planificación de ensayos de secuestro de uranio. En el apéndice III figura una alternativa de tratamiento in situ. En el apéndice IV se expone una estructura de desglose de tareas que representa la secuencia de las actividades y su ejecución. El apéndice V ofrece una sinopsis de los costos de algunas tecnologías de rehabilitación. En el anexo I figura una lista de términos empleados en la estructura de desglose de tareas, mientras que el anexo II presenta una lista de comprobación de todos los costos estimados en relación con un proyecto de rehabilitación.

2. EL PROCESO DE REHABILITACIÓN

2.1. INTRODUCCIÓN

El párrafo 3.1 de la publicación WS-G-3.1 [3] dice lo siguiente:

“El proceso general de rehabilitación [...] consta de cuatro actividades principales: a) caracterización inicial del emplazamiento y selección de los criterios de rehabilitación; b) determinación de las opciones de rehabilitación y su optimización, seguida por la elaboración y la aprobación posteriores del plan de rehabilitación; c) aplicación del plan de rehabilitación, y d) gestión posterior a la rehabilitación”.

En la figura 1 se presenta una sinopsis del proceso de rehabilitación del OIEA [3]. Como corolario del proceso de rehabilitación del OIEA representado en la figura 1, se da seguimiento al proceso de investigación y estudio de viabilidad con fines de rehabilitación (RI/FS) en relación con emplazamientos de desechos peligrosos no controlados de los Estados Unidos de América. Se aplica el proceso RI/FS a emplazamientos abarcados por la versión enmendada de la Ley General de Indemnización y Responsabilidad en la Respuesta Ambiental (CERCLA, conocida con el nombre de “superfondo”) de los Estados Unidos de América. El proceso RI/FS aparece representado en las figuras 2 y 3 [8].

2.2. ETAPAS DEL PROCESO DE REHABILITACIÓN

En esta subsección se describen sucintamente los elementos del diagrama de la figura 1. Los elementos “estado final de rehabilitación” y “estudio de opciones”, que son especialmente pertinentes en el contexto de la estimación de los costos, se explican con más detalle en las secciones 2.3 y 2.4, respectivamente.

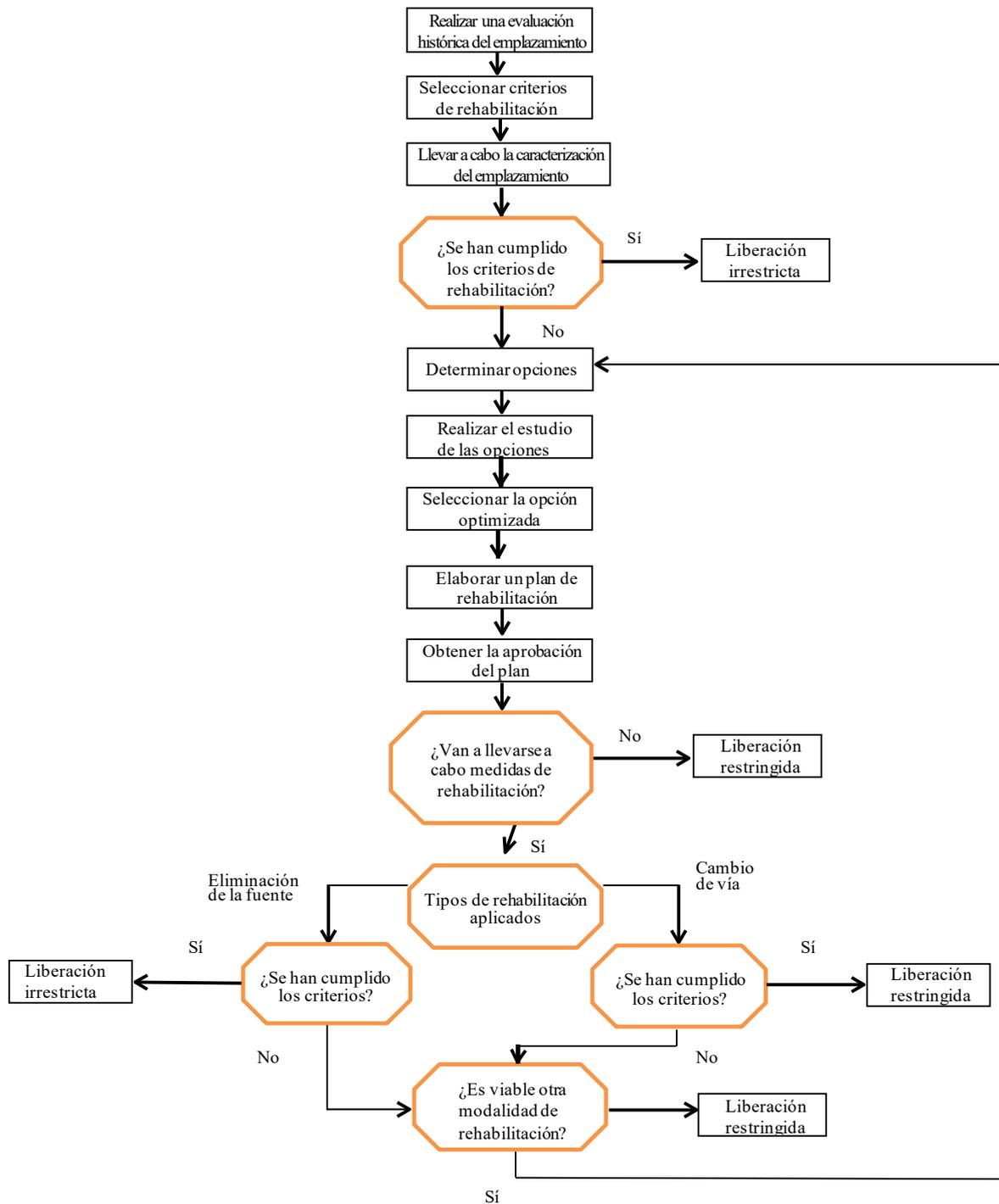


Fig. 1. El proceso de rehabilitación del OIEA.

2.2.1. Evaluación histórica del emplazamiento

La primera etapa del proceso de rehabilitación del OIEA consiste en evaluar la historia del emplazamiento. Los principales objetivos de la evaluación histórica del emplazamiento consisten en determinar las posibles fuentes de contaminación radiactiva y no radiactiva, documentar las actividades o accidentes anteriores conexos que hayan tenido lugar en la zona y ofrecer una evaluación cualitativa de la

posible presencia de contaminantes en el emplazamiento o de su migración fuera de él en concentraciones preocupantes desde el punto de vista de la salud humana o el medio ambiente. La evaluación preliminar, que es una etapa de la inspección del emplazamiento en el proceso RI/FS (figuras 2 y 3), se asemeja a la etapa de evaluación histórica del emplazamiento (figura 1).

2.2.2. Criterios de rehabilitación

Los criterios de rehabilitación definen los aspectos radioactivos y no radioactivos del estado final que se busca. Puede consultarse información de referencia sobre contaminantes radioactivos en GSR Part 3 [2] y otros reglamentos y principios de orientación de países específicos. También se dispone de referencias respecto de contaminantes no radioactivos en reglamentos de países específicos.

La elaboración de criterios de rehabilitación va íntimamente ligada al concepto que tienen las partes interesadas con respecto al estado final del emplazamiento, el historial de este, los contaminantes presentes en él y la interacción entre el concepto de las partes interesadas y los resultados de la caracterización. La caracterización del emplazamiento se examina en la sección 2.2.3. La elaboración de criterios de rehabilitación se examina con más detenimiento en la sección 2.3. La selección de criterios de rehabilitación tiene lugar en fases iniciales del proceso de limpieza del OIEA. Asimismo, en el proceso RI/FS se determinan los objetivos de las medidas de rehabilitación y los criterios de rehabilitación aplicables (conocidos como requisitos aplicables o pertinentes y apropiados) durante las etapas de exploración y caracterización del emplazamiento en el marco del proceso RI/FS.

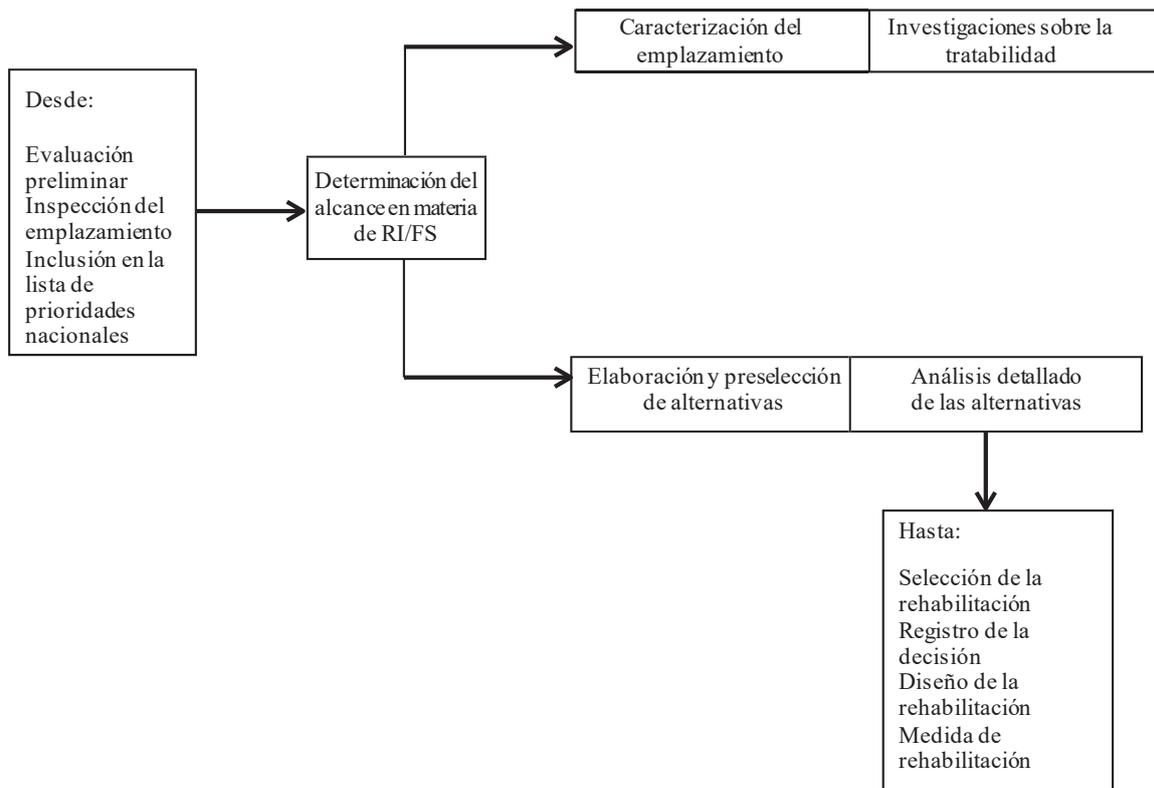


Fig. 2. Resumen general del proceso RI/FS [8].

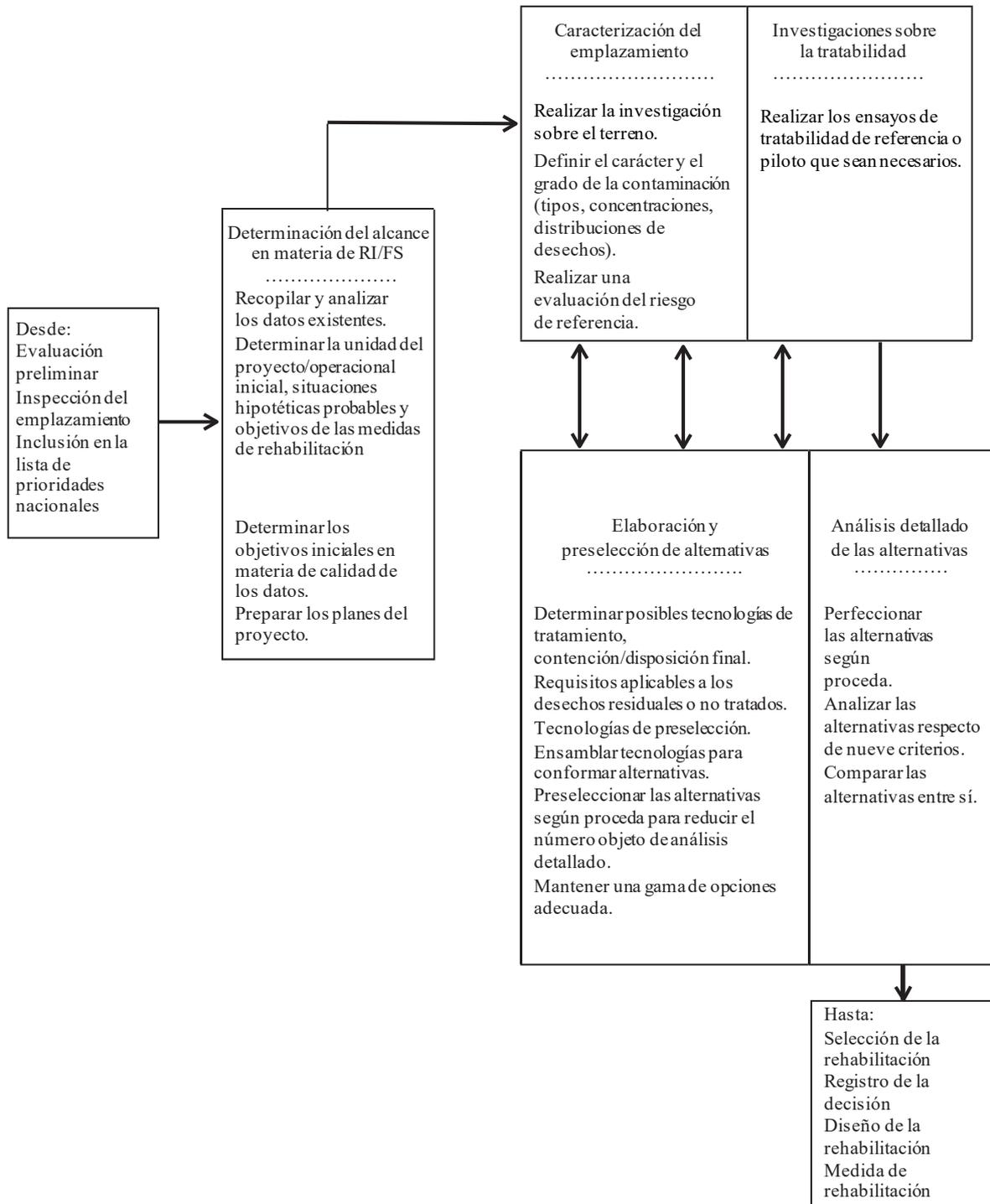


Fig. 3. Resumen detallado del proceso RI/FS [8].

2.2.3. Caracterización del emplazamiento

Además de la evaluación histórica del emplazamiento, debe llevarse a cabo un estudio de caracterización del emplazamiento para recopilar información actual y validar la información procedente de la evaluación histórica. La etapa de caracterización del emplazamiento en el proceso del OIEA desemboca en la etapa de investigación con fines de rehabilitación en el proceso RI/FS. La caracterización

puede ser un proceso prolongado y costoso que entraña la recopilación y análisis de numerosos medios naturales, como muestras de suelo, agua superficial, sedimento, aire y agua subterránea. Puede que la caracterización del emplazamiento exija la preparación de planes detallados de muestreo y análisis vinculados con planes de garantía de calidad que aborden todos los aspectos de la evaluación, desde el muestreo hasta el análisis en laboratorios analíticos y la reducción de datos y su comunicación. La caracterización del emplazamiento puede comportar investigaciones geofísicas y geotécnicas, así como el muestreo y análisis de todos los medios naturales: aire, suelo, sedimento y agua superficial. También puede exigir la instalación de pozos de monitorización de las aguas subterráneas para reunir información sobre la hidrogeología de un emplazamiento. Los resultados de la labor de caracterización del emplazamiento contribuyen a la preparación de evaluaciones de los riesgos para la salud humana y los riesgos ecológicos y a la elaboración de posibles opciones de rehabilitación e informan a las partes interesadas sobre los posibles estados finales del emplazamiento. Como consecuencia de ello, los resultados de la caracterización del emplazamiento normalmente se comunican al órgano regulador y las partes interesadas; constituyen una etapa fundamental en el proceso de adopción de decisiones. Aunque la presente publicación se centra en la estimación de los costos de la fase de rehabilitación, los lectores deben tener en cuenta que la fase de caracterización del emplazamiento puede ser prolongada y costosa. Por ejemplo, Aerojet-General Corporation desembolsó 30 millones de dólares en concepto de costos de investigación de un emplazamiento ubicado en Rancho Cordova (California) [9].

2.2.4. Planificación de la rehabilitación

De conformidad con el enfoque del OIEA, cuando se ha adoptado una decisión a efectos de rehabilitar una zona contaminada, debe prepararse un plan de rehabilitación. La primera fase en la elaboración de este plan ha de ser la determinación y evaluación de opciones de rehabilitación. Estas opciones podrán ir de la rehabilitación completa y la liberación del emplazamiento sin restricciones a una rehabilitación más limitada acompañada de restricciones en cuanto a algunos usos posteriores del emplazamiento. La rehabilitación debe planificarse en función del objetivo final que se persigue. Lo normal es que, a efectos de comparación, en el proceso de adopción de decisiones también se tenga en cuenta la opción de no hacer nada. Conforme al proceso RI/FS, se evalúan y preseleccionan posibles opciones de rehabilitación en el marco de la etapa de estudio de viabilidad que se representa en la figura 3. En esa fase se elaboran y preseleccionan alternativas de rehabilitación. De ser necesario, pueden llevarse a cabo estudios de tratabilidad en el marco del proceso de preselección. Lo normal es que se preseleccionen alternativas para que su análisis detallado pueda limitarse a un subconjunto de las opciones determinadas inicialmente. Véase también la sección 2.4.

2.2.5. Aplicación de las medidas de rehabilitación; explotación y mantenimiento; y fases de monitorización y mantenimiento posteriores a la rehabilitación

Una vez se ha seleccionado la opción preferible y la rehabilitación se ha terminado de planificar y se ha aprobado, deberá empezarse a aplicar la rehabilitación dentro de un plazo apropiado. Conforme al proceso del OIEA, estas etapas se denominan “elaboración del plan de rehabilitación” y “tipo de rehabilitación aplicado”. Conforme al proceso RI/FS, estas etapas de planificación y aplicación de la rehabilitación se denominan fases de “registro de la decisión”, “diseño de la rehabilitación” y “medidas de rehabilitación” que aparecen representadas en la figura 3. Cuando se ha adoptado una decisión con respecto a la rehabilitación que se va a aplicar, desde el punto de vista de la planificación y la estimación de los costos, el proyecto de rehabilitación puede dividirse en tres fases: construcción de medidas de rehabilitación, explotación y mantenimiento y monitorización a largo plazo.

Los costos correspondientes a la fase de construcción de medidas de rehabilitación también suelen denominarse “costos de capital” o costos de “categoría 1”, descritos en la sección 3.4.4.1. En la siguiente

lista figuran ejemplos de las cuestiones y los inductores de costos que deben abordarse en la fase de medidas de rehabilitación:

- Planes de medidas de reparación, permisos, licencias, aprobaciones, documentos de diseño, etc.;
- Movilización y desmovilización de equipo y personal (por ejemplo, equipo de transporte al emplazamiento donde se trabaja);
- Mejoras en el emplazamiento que exigen la construcción de medidas previas a la rehabilitación (como estructuras y personal de seguridad física, control de los sedimentos y la erosión, electricidad, agua y mejoras en los servicios de aguas residuales);
- Construcción de medidas de rehabilitación (como construcción de un sistema de extracción de aguas subterráneas u ordenanzas para las restricciones en el uso de las tierras);
- Manipulación de desechos residuales (como el transporte fuera del emplazamiento de desechos excavados y desechos derivados de las investigaciones);
- Seguimiento y supervisión de la salud y la seguridad de los trabajadores del emplazamiento (como capacitación de los trabajadores, monitorización con fines de protección frente a los peligros radiológicos o químicos);
- Supervisión de la construcción y control de calidad (como supervisión por parte de profesionales especializados, lo cual también se conoce como gestión profesional del trabajo);
- Ensayos del funcionamiento de las medidas de rehabilitación construidas (por ejemplo, ensayos de la permeabilidad de los revestimientos de arcilla);
- Gestión de proyectos;
- Tasas de compra y contratación;
- Estimaciones de las contingencias (en caso de condiciones imprevistas).

2.2.6. Explotación y mantenimiento

Una vez se ha aplicado una medida de rehabilitación, debe procederse a su explotación y mantenimiento. Las actividades y cuestiones correspondientes pueden y deben entenderse como fase aparte y distinta de la fase de medidas de rehabilitación. Lo normal es que la fase de construcción de medidas de rehabilitación conlleve gastos reducidos de fondos, por ejemplo los que se desembolsan durante la fase de construcción de una tecnología de rehabilitación. En cambio, la fase de explotación y mantenimiento consta normalmente de cuestiones y medidas que pueden prolongarse durante un período extenso de años, decenios e incluso siglos. Como consecuencia de ello, el valor temporal del dinero, es decir, las variaciones en el valor del dinero a medida que pasa el tiempo, pasa ser un concepto central, especialmente cuando se comparan medidas de rehabilitación que obedecen a calendarios diversos. La fase de explotación y mantenimiento a menudo se divide en lo que se conoce como costos recurrentes anuales y costos periódicos (costos correspondientes a un intervalo superior al anual). Estos costos se denominan también costos de “categoría 2” y “categoría 3”, como se observa en la sección 3.4.4.1.

En la siguiente lista figuran algunas de las cuestiones e inductores de costos que deben abordarse en la fase de explotación y mantenimiento [10]:

- Seguimiento del funcionamiento de la tecnología de rehabilitación (como la eficiencia en la eliminación de contaminantes);
- Descargas de la tecnología de rehabilitación (por ejemplo, en el agua superficial o en el aire);
- Monitorización de un subconjunto de sistemas de pozos para la monitorización de las aguas subterráneas;
- Labor de explotación y mantenimiento (como sistemas de extracción de vapor del suelo);
- Piezas y materiales para la reparación de equipo prevista;
- Materiales fungibles (productos químicos a granel);
- Requisitos en cuanto a los servicios públicos (como las tarifas eléctricas y las tarifas por descarga en el alcantarillado sanitario);

- Transporte y eliminación fuera del emplazamiento de los residuos del tratamiento;
- Costos periódicos (los correspondientes a intervalos normalmente superiores a un intervalo anual, como la sustitución y actualización de componentes de la rehabilitación);
- Mantenimiento de los controles del uso de las tierras (por ejemplo, vallas, señalización, controles institucionales).

2.2.7. Monitorización y gestión posteriores a la rehabilitación

El proceso de rehabilitación puede tener varios puntos finales posibles:

- Seguimiento de los medios naturales (por ejemplo, puede que deba procederse al muestreo de las aguas subterráneas y superficiales para corroborar la eficacia de la medida de rehabilitación);
- Uso irrestricto de la zona;
- Uso restringido y tal vez controlado de partes o la totalidad de la zona, por ejemplo, mediante un sistema de consentimientos para la planificación;
- Acceso restringido a la zona, junto con medidas que garanticen el cumplimiento.

En cada caso, puede que se precise de vigilancia y seguimiento para confirmar la eficacia a largo plazo del programa de rehabilitación, y puede que deban imponerse controles adicionales en función de los resultados del seguimiento (véase también la sección 4.2). El grado, el alcance y la duración del control, si este existe (desde el seguimiento y la vigilancia hasta la restricción del acceso), deberán examinarse y fortalecerse teniendo debidamente en cuenta el riesgo residual. Debe comprenderse la duración del control para estimar los futuros costos correspondientes a esta fase.

Al igual que la fase de explotación y mantenimiento, la fase posterior a la rehabilitación puede constar de diversas cuestiones y medidas durante un período prolongado. A continuación figuran algunas de las cuestiones e inductores de costos que deben abordarse en la fase de monitorización y gestión posteriores a la rehabilitación [10]:

- Mantenimiento de los controles del uso de las tierras (por ejemplo, vallas, señalización, controles institucionales);
- Monitorización (es decir, muestreo de aire, agua superficial y agua subterránea para verificar el funcionamiento de la rehabilitación);
- Exámenes periódicos en caso de que persistan contaminantes con posterioridad a la rehabilitación (por ejemplo, exámenes de los sistemas de contención y los sistemas de monitorización y de los supuestos de evaluación de los riesgos para velar por que la rehabilitación siga teniendo un efecto protector).

2.3. ESTADO FINAL DE LA REHABILITACIÓN (CRITERIOS DE REHABILITACIÓN)

En el contexto de la presente publicación, se entiende por estado final un criterio determinado de antemano por el que se define el punto en el que se da por acabado un proceso o tarea determinado. Sin embargo, se necesitará algún tipo de gestión a largo plazo en muchos casos de rehabilitación de un emplazamiento. Esta definición de estado final comprende riesgos residuales que se consideran aceptables y, en consecuencia, pueden asumirse tal cual.

2.3.1. Consideraciones generales

Es esencial una definición clara del estado final que se pretende al término de la rehabilitación, pues de otro modo no podrán definirse las opciones técnicas para lograr dicho estado final y, en consecuencia, no podrán estimarse los costos conexos. Un objetivo último de la rehabilitación podría ser

la liberación irrestricta de una zona. Sin embargo, puede que factores como las limitaciones tecnológicas o presupuestarias no permitan lograr este objetivo. La determinación de los niveles de contaminación residual permisibles está sujeta a menudo a las perspectivas de la sociedad en cuanto a la vuelta al funcionamiento de un emplazamiento. La evaluación de los niveles de contaminación residual debe llevarse a cabo mediante una metodología de evaluación de los riesgos. Los aspectos relativos a la evaluación de los riesgos se tratan en la sección 2.3.2.

La contaminación residual permisible presentará variaciones en funciones de la legislación, el uso de la tierra previsto y las vías de exposición previsibles. Por ejemplo, la tierra que se pretende sellar y reservar para un uso industrial puede dejarse con un mayor nivel de contaminación residual que la tierra destinada a usos residenciales, recreativos o agrícolas. Los criterios deberán comprender el establecimiento de niveles de contaminantes residuales que den lugar a dosis de radiación inferiores a lo indicado en las directrices reglamentarias para humanos, por lo que se considerarán aceptables para las actividades humanas especificadas.

En la sección 6.1 de WS-G-3.1 [3] figura un examen de posibles estados finales. Puede que la definición del estado final deseado de un emplazamiento rehabilitado y el procedimiento de optimización deban ser objeto de varias revisiones. Por ejemplo, si se determina que un estado final definido inicialmente plantea dificultades tecnológicas considerables o solo puede alcanzarse a un costo excepcionalmente alto, puede que deba modificarse el estado final para reducir los costos a una cuantía aceptable. En consecuencia, los costos de la rehabilitación no solo vienen determinados por la definición del estado final, sino que, a la inversa, puede que el estado final viable dependa de la relación del costo estimado con el presupuesto disponible.

2.3.2. Evaluación de los riesgos

Deben realizarse evaluaciones de los riesgos para la salud humana a fin de determinar las exposiciones radiológicas y químicas anteriores, actuales y posibles en el aire, el suelo y el agua. Las evaluaciones cuantitativas o cualitativas de los riesgos van dirigidas a proteger la salud pública y normalmente se realizan de modo que no sea probable subestimar el riesgo efectivo.

Las evaluaciones de los riesgos dependen de la comprensión científica del destino de los contaminantes (es decir, la toxicidad y el ciclo de vida del contaminante cuando se emite al medio ambiente) y del transporte, la exposición, la dosis y la toxicidad. Por lo general, el riesgo depende de los siguientes factores:

- La cantidad presente en un medio natural (por ejemplo, suelo, agua, aire);
- El grado de exposición de una persona al contaminante presente en el medio;
- La toxicidad del contaminante.

Se obtienen datos sobre la cantidad de un contaminante presente durante la fase del proyecto de caracterización del emplazamiento. Partiendo de la cantidad (es decir, la masa o la actividad) presente, junto con características fisicoquímicas y relativas al destino y el transporte y a la toxicidad de la sustancia, puede estimarse la exposición potencial. En vista de que no siempre se dispone de estos datos, muchas evaluaciones de los riesgos exigen realizar estimaciones o determinaciones en relación con algunas aportaciones o caracterizaciones de datos. En consecuencia, los resultados de las evaluaciones de los riesgos presentan incertidumbres conexas que deberán describirse en la medida de lo posible.

Pese a estas incertidumbres, las evaluaciones de los riesgos para la salud humana pueden ayudar a responder a preguntas básicas sobre los posibles peligros derivados de la exposición a productos químicos, como:

- ¿Qué exposiciones plantean los mayores riesgos?
- ¿Qué riesgos se derivan de beber agua o ingerir suelo que estén contaminados por estas sustancias?
- ¿Cuáles son las medidas apropiadas de respuesta a una emergencia?

- ¿Debería procederse a la rehabilitación del suelo o el agua subterránea contaminados?
- ¿Qué límites de exposición (objetivos de rehabilitación) deben establecerse para limitar la exposición humana a estos contaminantes químicos y radiactivos?

La primera etapa cuantitativa en el proceso de evaluación de los riesgos consiste en realizar una evaluación de la exposición para determinar el grado en que las personas están en contacto con contaminantes potencialmente peligrosos, por qué vía (por ingestión, inhalación o contacto cutáneo), en qué medios (aire, agua o suelo) y durante cuánto tiempo. A partir de la evaluación se determina la concentración de la exposición, que es la concentración de un contaminante en un medio con el que está en contacto una persona. Idealmente se obtendrán las concentraciones de la exposición en relación con todos los medios, ubicaciones y duraciones que sean representativos de posible contacto humano con un contaminante preocupante.

La fase de caracterización de los riesgos en una evaluación de los riesgos para la salud humana es normalmente una estimación cuantitativa de la exposición en relación con el valor de orientación basado en la salud o específico para un medio que resulte más apropiado o se determina calculando el exceso de riesgo de cáncer durante toda la vida vinculado con la exposición estimada.

A partir de esta fase de caracterización de los riesgos puede determinarse el grado de rehabilitación correspondiente al suelo y al agua subterránea. Lo normal es determinar la cantidad (masa) de suelo que es preciso tratar, retirar o estabilizar, así como el volumen de agua subterránea que debe rehabilitarse.

2.3.3. Participación de las partes interesadas en la determinación del estado final

Es importante determinar el estado final de un emplazamiento en consulta con la comunidad afectada. Si la comunidad no participa en este proceso, se corre el riesgo de utilizar el emplazamiento rehabilitado para algo para lo que no estaba pensada la solución de rehabilitación, que de ese modo podría resultar ineficaz o incluso inservible.

Cuando se define el estado final de un emplazamiento deben tenerse en cuenta varios aspectos que pueden variar notablemente de un proyecto de rehabilitación a otro y deben estudiarse en función de cada emplazamiento. Cabe mencionar los siguientes:

- Aspectos locales y regionales de la planificación que pueden reflejar una escasez de recursos terrestres;
- La proximidad a zonas residenciales, agrícolas o industriales;
- El estilo de vida de la población local y el uso tradicional o futuro de zonas semejantes;
- Consideraciones socioeconómicas, que pueden comprender la mejora del valor del emplazamiento a raíz de la rehabilitación;
- La duración prevista del control institucional (o el tiempo durante el que este puede garantizarse);
- Los valores y preferencias de la sociedad.

El grado de detalle con que se define el estado final podrá variar considerablemente en función del parecer de los reguladores, el presupuesto disponible y la opinión de las partes interesadas. Existen numerosos instrumentos y directrices con respecto a las modalidades de consulta con las comunidades y participación de las partes interesadas. Por ejemplo, el Consejo Internacional sobre Minería y Metales ofrece un instrumental completo al respecto [11].

2.3.4. Estabilidad del estado final a largo plazo

Otro aspecto a tener en cuenta al determinar el estado final de la rehabilitación es su estabilidad a largo plazo. No existe información concluyente sobre el período de diseño durante el que debe garantizarse el estado final. Está claro que el plazo durante el que es pertinente el estado final dependerá del período de semidesintegración radiactiva de los radionucleidos presentes en el emplazamiento. Se dispone de

algo de información de ámbito nacional, como el reglamento de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América [12], según el cual los criterios de desempeño deben cumplirse durante un mínimo de 200 años, mientras que la vida de diseño típica debe ser de 1000 años. En Alemania, el programa WISMUT de rehabilitación de emplazamientos de extracción y tratamiento de minerales radiactivos ha adoptado este requisito [13]. Ofrece otro ejemplo Rumania, donde se precisa una vida de diseño de por lo menos 300 años para algunos componentes de estanques cerrados de colas de tratamiento de uranio [14].

Es fundamental entender que las estimaciones de los costos deben abarcar la totalidad del ciclo de vida de un proyecto de rehabilitación, incluidos los costos de explotación y mantenimiento y de monitorización a largo plazo. Puede que hayan de adoptarse medidas a largo plazo que deberán estar provistas de fondos suficientes. Constan de lo siguiente:

- El funcionamiento de la tecnología de rehabilitación seleccionada, como plantas de tratamiento de aguas;
- La monitorización de los medios naturales, como el agua superficial, el agua subterránea o la vigilancia del aire y el emplazamiento;
- El mantenimiento de la revegetación en las zonas cubiertas;
- Medidas correctivas en caso de que falle alguno de los controles técnicos;

En la referencia [15] figura una sección dedicada a la vigilancia de emplazamientos de extracción y tratamiento de minerales cerrados y rehabilitados. En ella se enumera una amplia gama de cuestiones que pueden ser pertinentes y adaptarse con facilidad a otros emplazamientos rehabilitados.

A lo largo de todo el proceso de adopción de decisiones y de diseño debe estar claro que también debe garantizarse la financiación de cualquiera de los requisitos a largo plazo y de todos ellos en conjunto, junto con los requisitos en cuanto a gastos de capital a corto plazo. Es preciso llegar a comprender los plazos probables correspondientes a los costos de explotación y mantenimiento, los costos periódicos y los costos de monitorización y gestión a largo plazo. Pueden emplearse modelos de predicción para calcular la duración de estos períodos. Sin embargo, el establecimiento, la calibración y el funcionamiento de estos modelos exige personal especializado dotado de un alto grado de preparación y una base de datos adecuada. En la práctica, la propiedad de un emplazamiento cambia a menudo después de la aplicación de las medidas de rehabilitación a corto plazo. Deben planificarse con cuidado la transferencia de la propiedad y la posible responsabilidad en relación con las medidas a largo plazo. Una parte importante de la participación de las partes interesadas examinada en la sección 2.3.3 consiste en determinar a los futuros propietarios del emplazamiento rehabilitado y dotarlos de medios suficientes para aplicar medidas a largo plazo. Deben determinarse y garantizarse fuentes de financiación adecuadas para la fase posterior a la rehabilitación, de ser posible en el marco de un compromiso vinculante para que las sumas estén disponibles cuando se necesiten y donde se necesiten. Pueden surgir costos de administración más altos si la gestión de un emplazamiento corresponde a una entidad aparte, algo que debe tenerse en cuenta al planificar los costos.

Al evaluar opciones alternativas que plantean distintas necesidades de financiación a largo plazo, la solución preferible deberá ser la más sólida frente a una posible falta de fondos.

2.4. ESTUDIO DE LAS OPCIONES

Al término de la caracterización del emplazamiento en su totalidad y de la determinación de los objetivos de la rehabilitación comienza la determinación de posibles alternativas de rehabilitación y su evaluación. Si sobre la base de la caracterización del emplazamiento la zona debe someterse a medidas de rehabilitación, se debe determinar medidas de ese tipo adecuadas y realizar un estudio de las opciones para comparar los beneficios e inconvenientes de estas medidas (figura 4). Estas opciones deberán abarcar una amplia gama de situaciones y basarse en un conjunto de hipótesis de exposición plausibles que sean

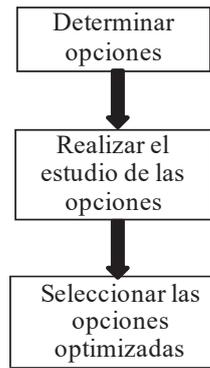


Fig. 4. Parte del proceso de rehabilitación del OIEA [3].

consonantes con los límites de dosis. Al mismo tiempo, deberán tomarse en consideración otros efectos biofísicos (no radiológicos) y sociales. En relación con todas las opciones determinadas debe realizarse un estudio para seleccionar la opción que mejor cuadre con la zona. El estudio debe incorporar tanto la justificación como la optimización [3].

Todo estudio de las opciones consta de dos fases principales que se explican con más detenimiento a continuación: la sección 2.4.1, dedicada a la preparación y preselección de opciones de rehabilitación, y la sección 2.4.2, relativa a la comparación entre cada una de las opciones seleccionadas en un análisis detallado. En el apéndice I se presenta una lista de posibles opciones de rehabilitación.

2.4.1. Estudio de las opciones: preselección de modalidades de rehabilitación

De conformidad con el proceso del OIEA expuesto en las figuras 1 y 4 para el conjunto de opciones sujetas a examen, debe procederse a la optimización de la protección radiológica y no radiológica en relación con las opciones justificadas para determinar la opción que reporta el máximo beneficio neto. Sobre la base de esta optimización, se seleccionará una opción preferible que también tenga en cuenta consideraciones no cuantitativas, como aspectos sociales, económicos y políticos. Se elaboran criterios específicos para el emplazamiento con los que pueden compararse las opciones de rehabilitación a fin de reducir el número de alternativas, que a continuación se someten a un análisis de las opciones más riguroso y detallado. En esta fase puede realizarse una estimación aproximada de los costos a fin de excluir las opciones cuyo costo superaría claramente el presupuesto disponible.

Durante una fase conexas dentro del proceso RI/FS se elaboran y preseleccionan las alternativas; las preseleccionadas se someten a un análisis detallado como se indica en la figura 3. Como ocurre con el estudio de opciones del OIEA, se elaboran estimaciones aproximadas de los costos, especialmente en la fase de preselección de las alternativas. En el proceso RI/FS se preseleccionan las alternativas en función de su eficacia, viabilidad de aplicación y costo.

2.4.2. Estudio de las opciones: Selección de la rehabilitación (optimización)

En la fase del estudio de las opciones centrado en la selección de la rehabilitación se lleva a cabo un análisis más detenido de las opciones de rehabilitación. Este análisis detenido tiene por objeto aportar a los encargados de adoptar decisiones información adecuada para que seleccionen una modalidad de rehabilitación apropiada para el emplazamiento.

Este análisis detenido permite evaluar las opciones a la luz de los rasgos de justificación y optimización. La justificación del riesgo supone que las opciones de rehabilitación vendrán determinadas por la estimación del nivel de riesgo ligado a la posible exposición a la radiación. El segundo rasgo o elemento es la optimización, también conocida como práctica ALARA (“tan bajo como sea

razonablemente posible”). Ello supone que las exposiciones a la radiación residual deben reducirse al nivel más bajo posible a la luz de los factores sociales y económicos.

En el marco de la fase de selección de la modalidad de rehabilitación, debe realizarse una estimación integral de los costos correspondientes al número reducido de alternativas. A efectos del análisis de las opciones en cuanto al costo y el rendimiento de las alternativas tecnológicas, los estudios de tratabilidad en laboratorios y los estudios piloto sobre el terreno pueden ayudar a reducir las incertidumbres.

El proceso RI/FS presenta una etapa de optimización semejante. El subconjunto de alternativas preseleccionadas en relación con la eficacia, la viabilidad de su aplicación y el costo se evalúa con mayor detenimiento. En el marco de los análisis detallados se emplean los nueve criterios siguientes:

- Protección de la salud humana y el medio ambiente;
- Cumplimiento de los reglamentos;
- Eficacia y permanencia a largo plazo;
- Reducción de la toxicidad, la movilidad o el volumen;
- Eficacia a corto plazo;
- Viabilidad de la aplicación;
- Costo;
- Aceptación por el Estado;
- Aceptación por la comunidad.

Lo normal es analizar una a una las alternativas en función de cada criterio antes de compararlas todas entre sí [8].

3. PROCESO DE ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS

3.1. CONSIDERACIONES PARA LA PLANIFICACIÓN

El proceso de planificación es importante para la ejecución satisfactoria de cualquier proyecto. El proceso de adopción de decisiones, fijación de objetivos, estrategias y prioridades y definición de tareas y calendarios para el cumplimiento de estos objetivos es objeto de muchas fuentes de información. Muchos procesos formales de adopción de decisiones se centran en la planificación estratégica como piedra angular del éxito de todo programa de rehabilitación.

La gestión o planificación del ciclo de vida obliga a tener en cuenta conceptos más amplios relativos a la fijación de los costos, entre ellos los costos correspondientes al establecimiento y puesta en marcha de un proyecto desde la fase de planificación inicial hasta las fases de rehabilitación y gestión a largo plazo. El concepto de fijación de los costos para el ciclo de vida es esencial para tener en cuenta todos los elementos de la planificación necesaria y los costos conexos.

Las consideraciones en materia de planificación temprana obedecen en parte a la determinación de fuentes de financiación. El aporte de fondos no solo para las medidas de rehabilitación inmediatas, sino también para las necesidades derivadas de las responsabilidades a largo plazo, debe planificarse en una fase temprana. Estos costos de planificación iniciales, junto con los costos de aplicación de la rehabilitación y los costos de gestión a largo plazo, se estiman calculando su valor actual. El costo equivale al valor actual de los costos en que deberá incurrirse hasta el fin de la vida del proyecto de rehabilitación (incluida la fase de gestión) desde la óptica de la fijación de los costos para el ciclo de vida. Entre las principales cuestiones a las que deben hacer frente los reguladores cabe mencionar la manera de mantener el control institucional durante períodos que superen varios decenios (es decir, la cuestión de velar por el cumplimiento de las “normas” y garantizar la financiación de las medidas a largo plazo).

3.2. DETERMINACIÓN Y CONCEPTUALIZACIÓN DE PROBLEMAS

Cada proyecto de rehabilitación ambiental empieza por la determinación de su problema específico, tras lo cual debe conceptualizarse el problema que se aspira a solucionar. Los problemas pueden derivarse de muchas fuentes, entre ellas datos que muestran un incremento de las normas reglamentarias; concentraciones en el medio ambiente de productos de desecho que superan lo normal; efectos sanitarios y biológicos negativos ligados a determinadas emisiones de las operaciones, y los conocimientos actuales sobre las emisiones involuntarias y las prácticas de disposición final con potencial de contaminar el medio ambiente. En esta fase de determinación de problemas deben emplearse todos los datos disponibles, y, de ser necesario, puede que se necesiten datos preliminares adicionales para complementar la información existente.

Tras la determinación de los problemas se procede a la conceptualización, que consiste en una imagen o modelo sencillo pero claro del problema específico que repercute en forma de contaminación, el estado final que se precisa, el examen de las opciones de rehabilitación y un rango aproximado de costos de la rehabilitación por orden de magnitud. El rango por orden de magnitud deberá basarse en todos los datos disponibles, incluidos los datos aplicables y los conocimientos procedentes de proyectos semejantes. El rango de costos limitantes debe tener en cuenta el peor de los escenarios posibles y las contingencias del proyecto.

Las partes interesadas deben participar en la elaboración de la fase de conceptualización e, idealmente, llegar a un consenso. A continuación, se parte de la conceptualización para preparar la propuesta de financiación dirigida al organismo de financiación que corresponda. En consecuencia, es de importancia capital persuadir al organismo de financiación de que su inversión redundará en el éxito de la ejecución del proyecto. El costo del desarrollo de la conceptualización del proyecto no forma parte del costo total del proyecto, pues es anterior a la aprobación de este. En cambio, este costo forma parte del costo de los programas de la organización, y lo más probable es que lo financie el titular del proyecto u otra fuente.

La propuesta debe ir dirigida a convencer al organismo de financiación de que: el problema de contaminación existe; está justificada la rehabilitación y esta es asequible; la gestión del proyecto y los controles de este permiten controlar los costos, y se tienen garantías para la gestión de las actividades posteriores a la rehabilitación, según proceda.

La capacidad de defender creíblemente la conceptualización es esencial para obtener financiación y obtener el visto bueno para que se ejecute el proyecto. En consecuencia, es imperativo dedicar los esfuerzos más asequibles que sea posible a la elaboración de esta fase. Estos esfuerzos deben incluir no solo el estudio de los historiales de aplicación del proyecto en cuestión, sino también la inversión en la obtención de datos adicionales mediante una caracterización ulterior, si bien limitada, según proceda.

Sin embargo, en los países en los que se sigue rigurosamente el principio de que quien contamina paga, puede que el responsable de la contaminación esté obligado a sufragar la limpieza. En este caso, el responsable será la fuente de financiación del proyecto. Por ejemplo, en el marco del proceso RI/FS lo normal es que el responsable se encargue de la investigación, elabore y evalúe las alternativas de rehabilitación colaborando con las partes interesadas y a continuación aplique la rehabilitación. Con independencia de la fuente de financiación del proyecto de rehabilitación, es esencial preparar una estimación sólida de los costos.

3.3. OBJETIVOS Y ENFOQUES PARA LA ELABORACIÓN DE ESTIMACIONES DE LOS COSTOS

Deben elaborarse estimaciones de los costos de los proyectos de rehabilitación por tres motivos principales:

- 1) Con fines de pronóstico presupuestario desde el punto de vista de la planificación en aras de la mejor utilización posible de un conjunto finito de recursos financieros para la rehabilitación de un único emplazamiento o de todos los emplazamientos que conforman una cartera nacional de limpieza;

- 2) Como un criterio característico entre otros muchos que se emplean al evaluar y comparar opciones de rehabilitación;
- 3) Para su utilización al evaluar propuestas presentadas por proveedores para construir la modalidad de rehabilitación seleccionada tras la selección de la correspondiente opción.

Estos aspectos se analizan en las subsecciones que siguen.

3.3.1. Pronóstico presupuestario

La asignación de fondos a determinados proyectos ambientales se basa en estimaciones de los costos correspondientes. Estos costos constan de costos de capital, costos anuales de explotación y mantenimiento, costos periódicos y costos de mano de obra relacionados con la monitorización y la gestión a largo plazo, así como gastos en concepto de materiales y otros gastos conexos. El presupuesto global del proyecto se desglosa a menudo en tareas específicas a cada una de las cuales se asigna un presupuesto. Se utiliza una estimación de los costos para establecer el presupuesto de un proyecto. En el caso de los proyectos de rehabilitación pueden emplearse varios enfoques para pronosticar los costos, entre ellos:

- La estructura de desglose de tareas, que se examina con más detenimiento en la sección 3.3.1.1 y en el apéndice IV.
- Una estimación análoga, consistente en estimar los costos sobre la base del desempeño o la experiencia anteriores.
- Una estimación paramétrica, basada en el costo por unidad (por ejemplo, el costo por metro cuadrado, metro cúbico, hectárea o litro). Dependiendo del proyecto, este método, que funciona bastante bien en el sector de la construcción, puede funcionar bien en situaciones de rehabilitación ambiental.
- La estimación en tres puntos (conocida también como técnica de evaluación y examen de programas), que consiste en elaborar estimaciones sobre la base de las opciones más probables, las opciones probables y las opciones menos probables.
- Estimaciones categorizadas (una estimación optimista, probable o pesimista).
- Estimación basada en el juicio emitido por expertos.
- Método híbrido o combinación de las técnicas enumeradas.

A continuación se describen algunos de estos enfoques.

3.3.1.1. Estructura de desglose de tareas

Puede construirse una estructura de desglose de tareas empleando una combinación de presupuestación ascendente y descendente. La presupuestación ascendente consiste en determinar todas las tareas constitutivas que forman parte de la ejecución de un proyecto y determinar los recursos y los fondos necesarios para cada tarea. En el caso de la estimación ascendente, lo normal es que, cuanto menor sea la tarea, más fácil será comprender y calcular los costos. Sin embargo, en vista de que la presupuestación ascendente a veces comporta una serie de grupos de trabajo aparte que se encargan de tareas específicas, puede que la estimación ascendente no se ocupe de cuestiones como el camino crítico de un proyecto y las medidas redundantes. Puede que deba combinarse la presupuestación descendente con la ascendente para encajar con fluidez las estimaciones de distintos grupos de trabajo en una estimación del proyecto coherente. En el apéndice IV figura un examen pormenorizado del enfoque de estructura de desglose de tareas.

3.3.1.2. Estimación análoga

Si un programa de rehabilitación goza de madurez, puede que pueda recurrirse a un historial de proyectos de rehabilitación para informar a las partes interesadas y los encargados de adoptar decisiones

sobre los posibles estados finales, los niveles de limpieza óptimos, las tecnologías de rehabilitación y los costos. Puede que, en consecuencia, sea posible extraer enseñanzas de los costos en que han incurrido proyectos semejantes (análogos) al proyecto en cuestión. Si el proyecto en cuestión es semejante a un proyecto ultimado en la cartera de rehabilitación de un país, la estimación análoga puede resultar relativamente precisa.

3.3.1.3. *Estimación paramétrica de los costos*

La estimación paramétrica de los costos puede consistir en el cálculo manual de los costos a partir de una comprensión de los costos correspondientes a operaciones por unidad (por ejemplo, extrapolando los costos que supone retirar 1000 metros cúbicos de suelo cuando se sabe que la excavación cuesta cerca de 300 dólares por m³) o de la utilización de modelos de estimación de los costos. Un ejemplo de instrumento de estimación paramétrica de los costos es el modelo de ingeniería y requisitos para los costos de las medidas de rehabilitación (RACER) [16]. RACER es un instrumento de estimación de los costos verificado, validado, acreditado y basado en Windows que está pensado para generar el costo total de la investigación y limpieza de un emplazamiento. Está acreditado por Price-Waterhouse Coopers [17] y por el Centro de Ingeniería Civil de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos [18].

El modelo RACER es un sistema de estimación paramétrica de los costos integrado por dos componentes que funcionan al unísono: una base de datos pormenorizados sobre precios por unidad y un sistema experto que puede estimar la cantidad y el carácter de la labor que debe llevarse a cabo en atención a obligaciones ambientales. El usuario puede introducir información específica para el emplazamiento a efectos de personalizar las soluciones de ingeniería y calcular las cantidades en cuanto a la mano de obra, el equipo y los materiales necesarios para ejecutar el proyecto. A continuación se utilizan las cantidades de trabajo y la base de datos de precios por unidad para calcular los costos. Los usuarios pueden seleccionar entre 130 módulos de estimación de los costos en relación con los estudios de viabilidad, las obras en el emplazamiento, la eliminación de desechos, la contención, el tratamiento y la disposición final. Mediante el sistema RACER se pueden elaborar actualmente modelos de costos correspondientes a las tecnologías enumeradas en las figuras 5 y 6.

Las tecnologías enumeradas en la figura 6 en calidad de “Estudios” se refieren a estudios vinculados con programas nacionales de limpieza en los Estados Unidos. Incluyen las fases de RI/FS a las que se hace referencia en las figuras 2 y 3. Sin embargo, los estudios basados en los Estados Unidos tienen equivalencias en el proceso de rehabilitación del OIEA, así como en entornos internacionales. Por lo general, las tecnologías se corresponden con las siguientes categorías generales: investigaciones de emplazamientos, medidas de eliminación acelerada, construcción de medidas de rehabilitación, operaciones y monitorización a largo plazo y cierre del emplazamiento.

3.3.1.4. *Estimación en tres puntos*

La estimación en tres puntos puede ser un enfoque especialmente útil de estimación de los costos cuando existe cierta incertidumbre con respecto a un proyecto de rehabilitación ambiental (por ejemplo, en relación con el grado de contaminación en el emplazamiento o cuando el objetivo de las partes interesadas en cuanto al estado final es incierto). Los ingenieros de costos pueden preparar estimaciones para contener la incertidumbre asignando criterios como lo más probable, lo probable y lo menos probable o pesimista, probable y optimista. En el cuadro 1 figuran algunos ejemplos.

3.3.2. **Evaluación y comparación de las opciones**

Deben elaborarse estimaciones de los costos de todo proyecto de rehabilitación por dos motivos:

- 1) En algunas circunstancias no se estima un presupuesto en función de las necesidades del proyecto. En cambio, se diseña el proyecto en función de los fondos disponibles. La estimación de los costos

de los distintos elementos de un proyecto permitirá al gestor del proyecto ajustar el número de muestras, el tipo de especies químicas o el volumen del material contaminado con el objeto de determinar la adquisición óptima de datos o el alcance de las medidas de rehabilitación en función de los fondos disponibles.

- 2) Las decisiones en materia de gestión de los riesgos exigirán la elaboración de distintas opciones de rehabilitación y la evaluación de los escenarios sobre la base de factores como la viabilidad de aplicación técnica, la eficacia a corto y a largo plazo, la aceptación pública y el costo.

<p>Contención Cubrimiento Biodegradación in situ Barreras permeables Muros pantalla Instalación de cisternas de almacenamiento</p> <p>Demolición Demolición de edificios Demolición de colectores Demolición de estanques/pozos Demolición de vallas Demolición de tuberías subterráneas Demolición de aceras</p> <p>Descarga Descarga a las OPT Galería de infiltración Pozos de inyección</p> <p>Disposición final Transporte de desechos fuera del emplazamiento Gestión de desechos residuales</p> <p>Documentación Registro administrativo Examen quinquenal Consejo asesor sobre rehabilitación Documentación del cierre del emplazamiento de bidones Excavación Retirada de productos libres Desagüe francés Pozos de extracción de aguas subterráneas Selección del emplazamiento de las MPE Gestión de desechos residuales Perforación e instalación de pozos especiales Transporte Cierre/retirada de DSA</p>	<p>Artefactos explosivos Informe de investigación en archivos de MPE Controles institucionales de MPE Vigilancia de MPE Medidas de retirada de MPE Caracterización del emplazamiento de las MPE y evaluación para su retirada Selección del emplazamiento de las MPE</p> <p>Material radiactivo DyD, conductos, tuberías, sistemas de conducción DyD, materiales contaminados de edificios DyD, estudio de la situación final DyD, edificio contaminado por radiación DyD, retirada de materiales peligrosos adheridos DyD, muestreo y análisis DyD, reducción del tamaño DyD, equipo para procesos especializados DyD, descontaminación de superficies</p>	<p>Apoyo a la rehabilitación Controles administrativos del uso de tierras Almacenamiento de material a granel DyD, muestreo y análisis Instalaciones de descontaminación Pozos de monitorización de aguas subterráneas Controles institucionales de MPE Vigilancia de MPE Instalaciones varias sobre el terreno Seguimiento de la atenuación natural Explotación y mantenimiento Gestión profesional de la mano de obra Diseño de la rehabilitación Gestión de desechos con fines de rehabilitación Construcción de sistemas de tratamiento Excavación de zanjas/tuberías Estimación definida por el usuario</p> <p>Retirada Retirada de amianto Recuperación de bidones enterrados DyD, materiales contaminados de edificios DyD, contaminación superficial Manipulación intermedia</p>
--	---	--

Fig. 5. Tecnologías RACER-1 (cortesía de AECOM [16]). DyD — demolición y desmantelamiento; MPE — municiones con potencial explosivo; OPT — obras públicas de tratamiento; DSA — depósito subterráneo de almacenamiento.

<p>Obras en el emplazamiento y utilización</p> <ul style="list-style-type: none"> Caminos de acceso Limpieza y paisajismo Despeje y desbroce Terraplenado Vallado Carga y acarreo Gastos eléctricos generales Distribución Aparcamientos Reasfaltado de vías/aparcamientos Alcantarillado sanitario Sistema de aspersores Desagües de lluvia Sistemas para casos de escasez de agua Abandono de pozos <p>Estudios</p> <ul style="list-style-type: none"> Estudio de medidas correctivas DyD, estudio de la situación final DyD, estudio de caracterización del emplazamiento Estudio de viabilidad Pozo de monitorización del agua subterránea Informe de investigación en archivos de MPE Caracterización del emplazamiento de MPE y evaluación para su retirada Monitorización Evaluación del emplazamiento de DSA de petróleo Evaluación preliminar Gestión profesional de la mano de obra Investigación de instalaciones conforme a la LCRC Investigación con fines de rehabilitación Inspección del emplazamiento Perforación e instalación de pozos especiales Gestión de desechos con fines de disposición final Estimación definida por el usuario 	<p>Tratamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> Proceso de oxidación avanzada Inyección de aire comprimido Separación por aire Bioventilación Adsorción de carbono (gas) Adsorción de carbono (líquido) Coagulación/floculación Compostaje Deshidratación (lodo) Biorreactores ex situ Cultivo de tierras ex situ Solidificación/estabilización ex situ Extracción de vapor ex situ Extracción de vapor potenciada por calor Biodegradación in situ Cultivo de tierras in situ Solidificación in situ Tratamiento de suelos con bajo nivel de radiación Filtración de medios Precipitación de metales Neutralización Transporte y tratamiento térmico fuera del emplazamiento Separación de aceite/agua Incineración en el emplazamiento Desorción a baja temperatura en el emplazamiento Tratamiento pasivo de aguas Fitorremediación Lavado del suelo in situ Extracción de vapor del suelo Lavado del suelo ex situ Oxidación térmica y catalítica
--	---

Fig. 6. Tecnologías RACER-2 (cortesía de AECOM [16]). DyD — demolición y desmantelamiento; MPE — municiones con potencial explosivo; LCRC — Ley de Conservación y recuperación de Recursos; DSA — depósito subterráneo de almacenamiento.

Normalmente se comparan las opciones a la luz de los factores indicados. El valor actual del costo del ciclo de vida permite comparar distintas alternativas de rehabilitación que podrían tener calendarios distintos sobre la base de una única cifra de costos para cada una de ellas. Esta cifra, denominada valor actual neto (VAN), puede entenderse como la cuantía de la financiación que debe apartarse al comienzo de un proyecto de rehabilitación para velar por que se disponga de fondos para la duración total del proyecto teniendo en cuenta determinadas condiciones económicas. El concepto de VAN se examina con más detenimiento en la sección 3.4.4.3.

3.3.3. Evaluación de las propuestas de costos con fines de adjudicación de contratos

El costo es uno de los principales elementos empleados para evaluar las propuestas en relación con un proyecto de rehabilitación. Sin embargo, no puede dependerse exclusivamente de una propuesta de

CUADRO 1. INCERTIDUMBRE EN LAS ESTIMACIONES DE LOS COSTOS

Parámetro	Impacto del emplazamiento en el medio natural		
	Impacto mínimo — evaluación optimista	Impacto moderado — evaluación probable	Impacto considerable — evaluación pesimista
Número de muestras de suelo necesarias	x	$2x$	$10x$
Número de pozos de monitorización necesarios	x	$2x$	$10x$
Profundidad del suelo contaminado (m)	x	$2x$	$4x$
Volumen de agua subterránea contaminada (m ³)	x	$2x$	$4x$

costos, pues puede que haya diferencias en el enfoque del proyecto, en la comprensión del alcance de las tareas, en la exposición a las obligaciones del titular del proyecto de rehabilitación y en la calidad de las obras del contratista.

3.4. ETAPAS EN EL PROCESO DE ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS

3.4.1. Introducción

Antes de la preparación de una estimación integral de los costos de un proyecto puede utilizarse un estudio de las opciones para caracterizar la naturaleza y el alcance de los riesgos de las sustancias radiactivas y otro tipo de sustancias peligrosas en el medio ambiente y evaluar posibles opciones de rehabilitación. Un estudio de opciones o de viabilidad se basa en la fase mencionada de reconocimiento y conceptualización de problemas, y debe entenderse como punto de partida para la elaboración de una estimación más detallada de los costos de un proyecto de rehabilitación.

Como se indicaba en la sección 2.4, un estudio de opciones o de viabilidad consta de dos fases principales: elaboración y preselección de alternativas de medidas de rehabilitación y comparación de cada alternativa preseleccionada en un análisis detallado. Durante este estudio se preparan distintas alternativas de medidas de rehabilitación según se dispone de datos procedentes de la caracterización del emplazamiento y se recurre a estudios piloto para reducir las incertidumbres relativas al costo y el rendimiento de las alternativas tecnológicas. En algunos casos la mejor opción de rehabilitación es evidente de inmediato, y puede procederse a la rehabilitación determinada haciendo especial hincapié en la optimización de los costos.

La estimación de los costos puede calificarse de evaluación de todos los elementos de los costos de un proyecto definidos y acordados al determinar el alcance. El costo total estimado de un proyecto depende principalmente de lo bien definido que esté el proyecto o del grado en que lo esté (es decir, del “alcance” o la exhaustividad del diseño). Está claro que todo cambio en la definición del proyecto comportará un cambio en la estimación de los costos del proyecto.

A medida que el proyecto pasa de la fase de planificación a la de diseño y ejecución, su grado de definición aumenta. Ello permite mayor precisión en la estimación de los costos. Durante el estudio de las opciones o de viabilidad se lleva a cabo una estimación inicial de los costos del ciclo de vida del proyecto para seleccionar el enfoque de rehabilitación.

Como en el marco de este estudio, el diseño del proyecto de rehabilitación sigue siendo conceptual (es decir, el nivel de detalle no es todavía muy alto), se considera que la estimación de los costos entra dentro de un “orden de magnitud”. El ingeniero de costos formulará supuestos sobre el diseño detallado para preparar la estimación de los costos. A medida que se procede a la ejecución del proyecto (por ejemplo, en la fase RI/FS de diseño de la rehabilitación), el diseño gana en exhaustividad y la estimación de los costos adquiere un carácter más definitivo, a la vez que cabe esperar mayor precisión.

Durante el estudio de las opciones, se preparan estimaciones de los costos para cada alternativa de medidas de rehabilitación a efectos comparativos. La precisión de estas estimaciones va ligada a la calidad de los datos de la caracterización del emplazamiento, fase de importancia capital para definir el alcance de cada alternativa. Dado que la investigación del emplazamiento y el estudio de las opciones no pueden eliminar toda la incertidumbre, por buena que sea la calidad de los datos, la precisión prevista de las estimaciones de los costos durante el estudio de las opciones es menor que la de las estimaciones elaboradas en etapas posteriores.

Se preparan estimaciones de los costos en las fases tempranas de preselección y en etapas más detalladas del proceso RI/FS, con rangos de precisión previstos de -50 % a +100 % y -30 % a +50 %, respectivamente, como se observa en la figura 7. Las estimaciones de los costos elaboradas durante estas dos fases se describen con más detalle en las siguientes secciones. En la figura 7 también se aprecia que la precisión de la estimación de los costos aumenta a medida que avanza el proyecto.

Al término del proceso RI/FS debe obtenerse una estimación detallada de los costos, normalmente con arreglo a las siguientes fases, que se describen de forma más detallada en la sección 3.4.4:

- 1) Establecer los parámetros de la planificación.
- 2) Estimar las cantidades y los costos por unidad — estimaciones puntuales.
- 3) Analizar el ciclo de vida.

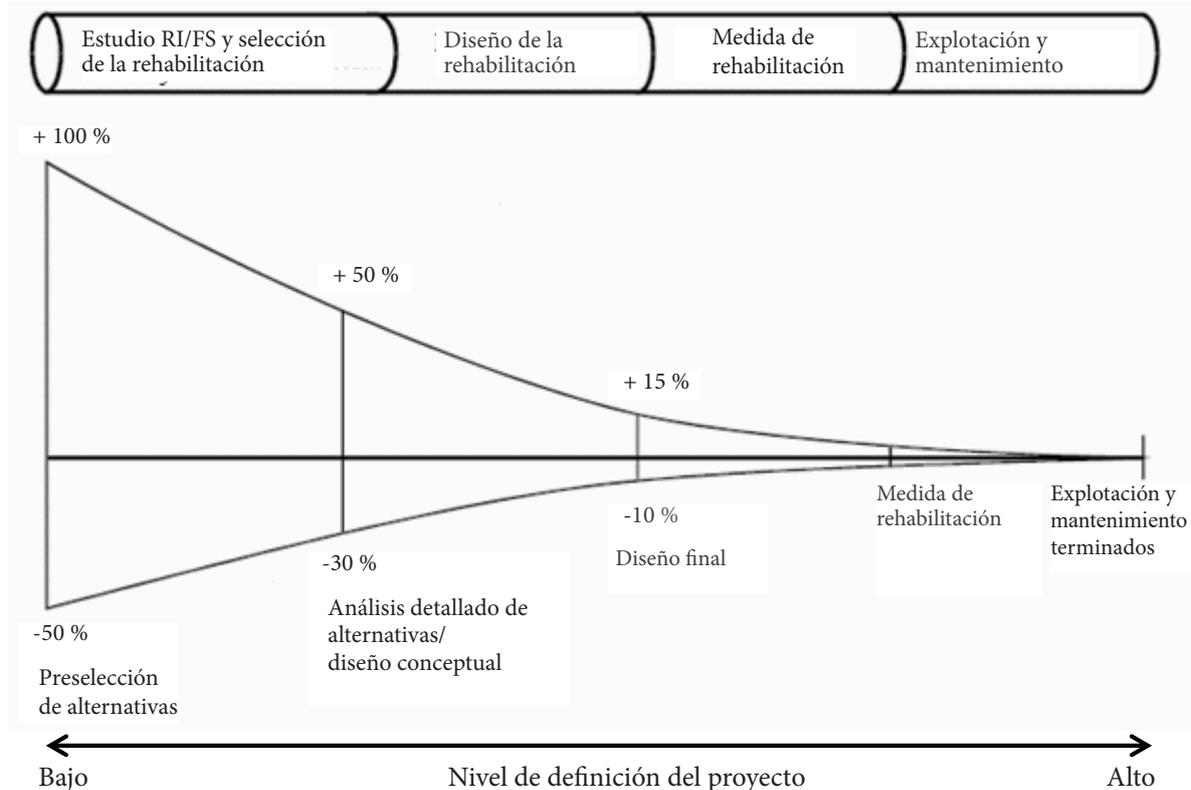


Fig. 7. Mejora en la precisión de la estimación de los costos a medida que avanza el proyecto [8].

- 4) Analizar los factores de riesgo.
- 5) Revisar y verificar (a cargo de un órgano independiente).

3.4.2. Preselección de alternativas

Se utilizan estimaciones de los costos en la fase de preselección para descartar las alternativas desproporcionadamente caras a fin de poder retener otras más apropiadas para profundizar en su examen. Las estimaciones de los costos en la fase de preselección hacen hincapié en la precisión relativa para poder realizar estimaciones comparadas. Los procedimientos utilizados al respecto son semejantes a los utilizados para el análisis pormenorizado, excepto que las alternativas no están bien perfiladas y los componentes de los costos no están bien elaborados. El rango de precisión en el ámbito de la preselección va normalmente de -50 % a +100 %.

La estimación de los costos en la fase de preselección puede basarse en fuentes distintas, como curvas de costos, costos genéricos por unidad, información sobre los proveedores, guías y modelos para la estimación de los costos estándar, datos sobre los costos históricos y estimaciones para proyectos semejantes, todo ello modificado para el emplazamiento de que se trate. Cuando proceda, en la fase de preselección deben tenerse en cuenta tanto los costos de capital como los costos de explotación y mantenimiento. En vista de que estos últimos pueden dominar el costo global, especialmente durante períodos prolongados, debe prepararse una estimación del plazo en el que son necesarios.

Los costos de capital y los costos de explotación y mantenimiento correspondientes a muchas tecnologías de rehabilitación pueden determinarse mediante una matriz de preselección disponible en un sitio web de la Mesa redonda federal de los Estados Unidos sobre tecnologías de rehabilitación [19]. La matriz de preselección ofrece información relativa a las tecnologías que pueden utilizarse para rehabilitar tanto las aguas subterráneas como el suelo. Estas tecnologías se categorizan en mayor medida para configuraciones in situ y ex situ. Se presentan los costos de construcción y de funcionamiento de las tecnologías de los emplazamientos “fáciles” y “difíciles” (distinguidos en función de las diferencias entre los contextos hidrogeológicos). También se presentan los costos de construcción y de funcionamiento de las tecnologías de emplazamientos “pequeños” y “grandes” (distinguidos en función de la cantidad del medio contaminado que se rehabilita). Debe advertirse a los investigadores de que este enfoque simplifica los inductores de costos, que pueden variar considerablemente de un emplazamiento a otro. Como consecuencia de ello, debe considerarse que toda estimación de los costos obtenida exclusivamente a partir de los costos incluidos en la matriz variará por un orden de magnitud. A efectos ilustrativos, en el cuadro 2 figura un resumen de los costos de construcción y de funcionamiento correspondientes a varias tecnologías indicadas en la matriz. Cabe señalar que los valores de los costos del cuadro 2 son de 2007.

En la misma fuente de la Mesa redonda federal de los Estados Unidos sobre tecnologías de rehabilitación [19] también se indican costos (en valores de 2007) correspondientes a otras tecnologías que podrían aplicarse al tratamiento de radionucleidos o desechos mixtos presentes en el agua. Esos costos del tratamiento de agua dependen de las tasas de flujo, las concentraciones de contaminantes y los objetivos deseados de concentración de efluentes. Se comunican costos en concepto de intercambio iónico de 0,08 dólares a 0,21 dólares/1000 L. Se comunican costos en concepto de separación o filtración de 0,36 dólares a 1,20 dólares /1000 L. Se comunican costos en concepto de tratamiento del agua mediante carbón activo granulado a una tasa de flujo de 0,4 millones de litros al día que varían de 1,70 dólares a 32,0 dólares/1000 L. Partiendo de esta información y de la información que figura en el cuadro 2, un gestor de proyectos podría investigar y predecir los costos correspondientes a la construcción, el diseño y el funcionamiento de muchas tecnologías de rehabilitación ambiental. Los costos de cada una de las tecnologías del cuadro están supeditados al grado de contaminación; se indican en consecuencia los costos por unidad de medio contaminado (es decir, dólares/m³ de suelo o dólares/L de agua subterránea).

El texto continúa en la página 33.

CUADRO 2. ESTIMACIONES DE LOS COSTOS DE DISTINTAS TECNOLOGÍAS DE REHABILITACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SUELOS

	Emplazamiento pequeño		Emplazamiento grande	
	Fácil	Difícil	Fácil	Difícil
Tecnología para el agua subterránea: Inyección de aire comprimido				
Volumen contaminado (m ³)	841	3 899	16 821	77 989
Costo de construcción con recargo de la inyección de aire comprimido (en dólares)	30 648	79 300	174 047	1 178 583
Costo de explotación y mantenimiento (en dólares)	30 169	53 869	206 194	797 662
Duración de la explotación y el mantenimiento (años)	2	2	5	5
Costo del diseño de la rehabilitación (en dólares)	10 000	10 000	19 145	94 287
Costo total con recargo (en dólares)	70 817	143 169	399 386	2 070 532
Costo por unidad (dólares/m ³)	84,20	36,72	23,74	26,55
Tecnología para el agua subterránea: Oxidación química				
Tasa de flujo entrante (L/min)	76	76	379	379
Duración de la explotación y el mantenimiento (años)	2	2	5	5
Costo de construcción con recargo de la oxidación química (en dólares)	181 842	180 030	335 248	330 597
Costo de explotación y mantenimiento (en dólares)	127 638	170 520	446 198	668 839
Costo del diseño de la rehabilitación (10 % o 10 000 dólares)	18 184	18 003	33 525	33 060
Costo total de construcción con recargo (en dólares)	327 664	368 553	814 971	1 032 496

CUADRO 2. ESTIMACIONES DE LOS COSTOS DE DISTINTAS TECNOLOGÍAS DE REHABILITACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SUELOS (cont.)

	Emplazamiento pequeño		Emplazamiento grande	
	Fácil	Difícil	Fácil	Difícil
Cantidad procesada (L)	79 575 840	79 575 840	994 698 000	994 698 000
Costo por unidad (dólares/10 000 L)	41,18	46,31	8,19	10,38
Tecnología para el agua subterránea: Separación por aire ex situ — pila de bandejas de bajo perfil				
Tasa de flujo entrante (L/min)	189	189	1 892	1 892
Duración de la explotación y el mantenimiento (años)	2	2	5	5
Costo con recargo de la construcción de la separación por aire ex situ (en dólares)	42 109	49 610	165 160	209 031
Costo de explotación y mantenimiento (en dólares)	52 966	52 966	341 127	341 127
Costo del diseño de la rehabilitación (10 % o 10 000 dólares)	10 000	10 000	16 516	20 903
Costo total con recargo (en dólares)	105 075	112 576	522 803	571 061
Cantidad tratada (L)	198 939 600	198 939 600	4 973 490 000	4 973 490 000
Costo por unidad (dólares/10 000 L)	5,28	5,66	1,05	1,15
Tecnología para el agua subterránea: Separación por aire ex situ — torre compactada				
Tasa de flujo entrante (L/min)	189,25	189,25	1892,5	1892,5
Duración de la explotación y el mantenimiento (años)	2	2	5	5

CUADRO 2. ESTIMACIONES DE LOS COSTOS DE DISTINTAS TECNOLOGÍAS DE REHABILITACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SUELOS (cont.)

	Emplazamiento pequeño			Emplazamiento grande		
	Fácil	Difícil		Fácil	Difícil	
Costo de construcción con recargo de la separación por aire ex situ (en dólares)	56 304	105 433		124 371	301 156	
Costo de explotación y mantenimiento (en dólares)	60 346	60 346		388 942	388 942	
Costo del diseño de la rehabilitación (10 % o 10 000 dólares)	6 756	11 598		13 681	30 116	
Costo total con recargo (en dólares)	123 406	177 377		526 994	720 214	
Cantidad tratada (L)	198 939 600	198 939 600		4 973 490 000	4 973 490 000	
Costo por unidad (dólares/10 000 L)	6,08	8,98		1,06	1,32	
Tecnología para el agua subterránea: Muros de tratamiento pasivo/reactivo						
Longitud de la puerta (m)	30	30		182	182	
Anchura de la puerta (m)	0,608	0,608		0,608	0,608	
Profundidad de la puerta (m)	4,56	4,56		7,60	7,60	
Esfagno (m ³)	49,70	0,00		917,52	0,00	
Limaduras de hierro (m ³)	0,00	48,52		0,00	895,68	
Frecuencia con que se sustituyen los medios (meses)	120	120		120	120	
Duración de la explotación y el mantenimiento (años)	2	2		5	5	

CUADRO 2. ESTIMACIONES DE LOS COSTOS DE DISTINTAS TECNOLOGÍAS DE REHABILITACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SUELOS (cont.)

	Emplazamiento pequeño			Emplazamiento grande		
	Fácil	Difícil	Fácil	Fácil	Difícil	Difícil
Costos de construcción con recargo de los muros de tratamiento pasivo/reactivo (en dólares)	96 889	128 843	954 942	1 526 539		
Costo de explotación y mantenimiento (en dólares)	4 885	6 813	278 475	603 659		
Costo del diseño de la rehabilitación (en dólares)	5 813	7086	42 972	61 062		
Costo total con recargo (en dólares)	107 587	142 742	1 276 389	2 191 260		
Tamaño del muro de tratamiento (m ³)	85	85	849	849		
Costo del muro de tratamiento (dólares/m ³)	1 267	1 681	1 503	2 580		
Volumen de agua subterránea tratada (m ³)	520 119,15	520 119,15	13 002 978,75	13 002 978,75		
Costo del tratamiento del agua subterránea (dólares/m ³)	0,21	0,27	0,10	0,17		
Tecnología para el agua subterránea: Fitorremediación						
Zona de rehabilitación (m ²)	12 150	12 150	243 000	243 000		
Costo de construcción con recargo de la fitorremediación (en dólares)	43 148	67 480	556 722	1 037 020		
Costo de la atenuación natural (muestreo) (en dólares)	151 541	149 886	594 330	594 330		
Duración de la explotación y el mantenimiento	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.		
Costo del diseño de la rehabilitación (en dólares)	10 000	11 095	59 020	90 886		

CUADRO 2. ESTIMACIONES DE LOS COSTOS DE DISTINTAS TECNOLOGÍAS DE REHABILITACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SUELOS (cont.)

	Emplazamiento pequeño			Emplazamiento grande		
	Fácil	Difícil		Fácil	Difícil	
Costo total con recargo (en dólares)	204 689	228 461		1 210 072	1 722 236	
Costo por unidad (dólares/m ²)	16,85	18,80		4,98	7,09	
Tecnología para suelos: Lavado del suelo in situ						
Total parcial del costo (en dólares)	34 844	57 612		91 278	134 266	
Costo del diseño (en dólares)	10 000	10 000		10 953	14 769	
Costo total de construcción con recargo (en dólares)	44 844	67 612		102 231	149 035	
Cantidad procesada (m ³)	1 061,3	1 061,3		4 243,5	4 243,5	
Costo por unidad (dólares/m ³)	42,26	63,71		24,09	35,12	
Tecnología para suelos: bioventilación						
Volumen contaminado (m ³)	63,08	63,08		1 266,92	1 266,92	
Costo de construcción con recargo de la bioventilación (en dólares)	16 547	18 919		41 044	76 171	
Costo de explotación y mantenimiento (en dólares)	40 237	40 237		53 954	53 954	
Duración de la explotación y el mantenimiento (años)	2	2		5	5	
Costo del diseño de la rehabilitación (en dólares)	2 317	2 649		5 336	9 141	

CUADRO 2. ESTIMACIONES DE LOS COSTOS DE DISTINTAS TECNOLOGÍAS DE REHABILITACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SUELOS (cont.)

	Emplazamiento pequeño		Emplazamiento grande	
	Fácil	Difícil	Fácil	Difícil
Costo total con recargo (en dólares)	59 101	61 805	100 334	139 266
Costo por unidad (dólares/m ³)	937	980	79	110
Tecnología para suelos: Extracción de vapor del suelo				
Suelo contaminado (m ³)	64	64	382	382
Duración (años)	2	2	2	2
Costo de explotación y mantenimiento (en dólares)	51 689	62 094	78 404	180 087
Costo del diseño de la rehabilitación (10 % o 10 000 dólares)	10 000	10 000	10 000	17 125
Costo de construcción con recargo de la extracción de vapor del suelo (en dólares)	18 606	21 442	64 585	171 253
Costo total con recargo (en dólares)	80 295	93 536	152 989	368 465
Costo por unidad (dólares/m ³)	1 275	1 485	405	975
Tecnología para suelos: solidificación/estabilización				
Tipo de desecho	Sólido	Lodo	Sólido	Lodo
Cantidad del desecho (m ³)	764,6	764,6	38 230	38 230
Tiempo por cada lote (min)	20	20	20	20
Volumen de desechos objeto de disposición final (m ³)	971,0	1 022,3	48 542,2	51 117,3

CUADRO 2. ESTIMACIONES DE LOS COSTOS DE DISTINTAS TECNOLOGÍAS DE REHABILITACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SUELOS (cont.)

	Emplazamiento pequeño			Emplazamiento grande		
	Fácil	Difícil		Fácil	Difícil	
Proporción cemento/desecho	0,15 : 1	0,40 : 1		0,15 : 1	0,40 : 1	
Proporción agua/cemento	0,40 : 1	n.a.		0,40 : 1	n.a.	
Proporción productos químicos patentados/desechos	0,01 : 1	0,01 : 1		0,01 : 1	0,01 : 1	
Costo con recargo de la solidificación/estabilización (en dólares)	149 546	171 663		4 280 064	6 555 059	
Costo del diseño de rehabilitación — detallado, en el emplazamiento (en dólares)	16 450	18 883		342 405	458 854	
Costo total con recargo (en dólares)	165 996	190 546		4 622 469	7 013 913	
Costo por unidad (dólares/m ³)	216	248		124	190	
Tecnología para suelos: tratamiento térmico						
Cantidad de suelo contaminado (m ³)	4 245	4 245		12 735	12 735	
Total parcial del costo (en dólares)	257 050	310 305		441 586	574 864	
Porcentaje del diseño	10	10		10	11	
Costo del diseño (en dólares)	25 705	31 031		44 159	51 738	
Costo total con recargo (en dólares)	282 755	341 336		485 745	626 602	
Costo por unidad (dólares/m ³)	66,70	81,09		37,93	49,70	

CUADRO 2. ESTIMACIONES DE LOS COSTOS DE DISTINTAS TECNOLOGÍAS DE REHABILITACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SUELOS (cont.)

	Emplazamiento pequeño			Emplazamiento grande		
	Fácil	Difícil		Fácil	Difícil	
Tecnología para suelos: extracción de productos químicos						
Cantidad de material (m ³)	760	760		38 000	38 000	
Duración del tratamiento (meses)	1	1		12	23	
Duración de la explotación y el mantenimiento (años)	n.a.	n.a.		n.a.	n.a.	
Costo con recargo de la extracción de productos químicos (en dólares)	1 093 102	1 186 027		12 363 101	12 480 085	
Costo de explotación y mantenimiento (en dólares)	n.a.	n.a.		n.a.	n.a.	
Diseño de la rehabilitación (10 % o 10 000 dólares)	109 310	118 603		1 236 310	1 248 009	
Costos totales con recargo (en dólares)	1 202 412	1 304 630		13 599 411	13 728 094	
Tecnología para suelos: incineración						
Volumen total de material de desecho (m ³)	11 469,00	11 469,00		76 460,00	76 460,00	
Contenido de humedad (porcentaje)	20	55		20	55	
Contenido de cenizas (porcentaje)	78	40		78	40	
Distancia de movilización (km)	80	80		80	80	
Duración de la explotación y el mantenimiento (años)	n.a.	n.a.		n.a.	n.a.	
Costo de explotación y mantenimiento (en dólares)	n.a.	n.a.		n.a.	n.a.	

CUADRO 2. ESTIMACIONES DE LOS COSTOS DE DISTINTAS TECNOLOGÍAS DE REHABILITACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SUELOS (cont.)

	Emplazamiento pequeño		Emplazamiento grande	
	Fácil	Difícil	Fácil	Difícil
Diseño de la rehabilitación (3 %, en dólares)	347 647	511 396	2 024 029	3 096 904
Costo con recargo de la incineración (en dólares)	11 588 242	17 046 523	67 467 651	103 230 123
Costo total con recargo (en dólares)	11 935 889	17 557 919	69 491 680	106 327 027
Costo por unidad (dólares/m ³)	1 047	1 540	914	1 399
Tecnología para suelos: fitorremediación				
Volumen contaminado (m ³)	382,3	382,3	7 646	7 646
Costo de construcción con recargo de la fitorremediación (en dólares)	26 181	26 181	272 226	272 226
Costo de la atenuación natural (muestreo) (en dólares)	176 367	770 691	770 720	3 079 798
Costo de explotación y mantenimiento (en dólares)	29 590	83 255	39 191	297 578
Duración de la explotación y el mantenimiento (años)	5	20	5	20
Costo del diseño de la rehabilitación (en dólares)	7 344	7 554	39 709	41 888
Costo total con recargo (en dólares)	239 482	887 681	1 121 846	3 691 490
Costo por unidad (dólares/m ³)	626	2322	147	483

Nota: Todos los costos se indican en dólares de los Estados Unidos (valores de 2007). n.a.— no aplicable.

3.4.3. Análisis detallado de las alternativas

A continuación se utilizan las estimaciones de costos elaboradas durante la fase de análisis detallado para comparar distintas alternativas y facilitar la selección de las opciones de rehabilitación. Las estimaciones de los costos de las alternativas de medidas de rehabilitación van dirigidas a aportar una medición de los costos totales a lo largo del tiempo (es decir, los “costos del ciclo de vida”) vinculados con toda alternativa específica. En consecuencia, estas estimaciones se basan normalmente en información más elaborada y deben presentar un mayor nivel de precisión en comparación con las estimaciones de la fase de preselección. El rango de precisión en el ámbito del análisis detallado oscila normalmente de -30 % a +50 %.

3.4.4. Etapas del proceso de estimación de los costos de la opción de rehabilitación seleccionada (fase de diseño final)

Antes de proceder a estimar los costos, debe responderse a diversas preguntas relativas al alcance del proyecto. Estas preguntas pueden agruparse en fases concretas, indicadas en la figura 8. En cada fase se hacen preguntas esenciales que deben responderse para llevar a cabo la estimación.

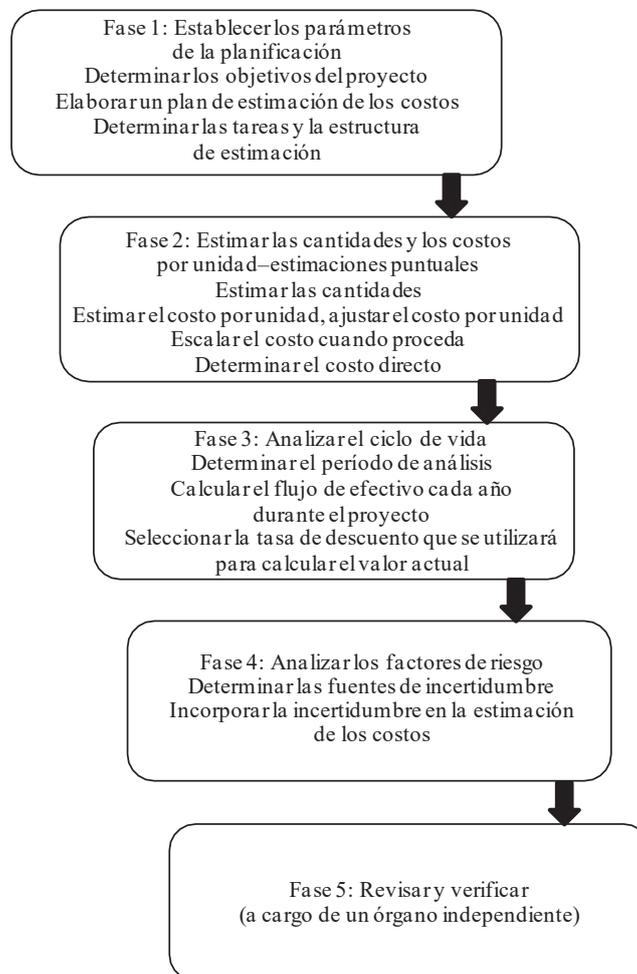


Fig. 8. Etapas del proceso de estimación de los costos de la opción de rehabilitación seleccionada.

3.4.4.1. Fase I: Establecimiento de los parámetros de planificación

La validez de la estimación de los costos es consonante con la precisión del alcance determinado. La fase inicial en la elaboración de la estimación de los costos consiste en preparar un alcance detallado del proyecto. Un componente esencial de la precisión del alcance del proyecto es asegurarse de que el nivel de detalle es suficiente para elaborar la estimación de los costos. Para que la estimación de los costos de un proyecto determinado sea precisa, debe contarse con la siguiente información:

- Objetivos del proyecto;
- Planes de estimación de los costos;
- Tareas y estructura de estimación;
- Calendario de actividades.

a) Determinación de los objetivos del proyecto

La primera fase consiste en determinar los objetivos y metas del proyecto. Son ejemplos de objetivos comunes de un proyecto:

- Determinar la naturaleza de la especie contaminante presente en el emplazamiento;
- Determinar el grado de contaminación, tanto en el ámbito horizontal como en el vertical (y, en última instancia, el volumen del medio contaminado);
- Detectar las vías de migración, las vías de exposición y los posibles receptores;
- Detectar las propiedades del emplazamiento que afectan a la selección de las opciones de rehabilitación (por ejemplo, características del acuífero, características del suelo);
- Recopilar datos cuyo tipo y calidad permitan su utilización con fines de recuperación de los costos;
- Proteger la salud y la seguridad de los trabajadores en el emplazamiento y de los residentes o trabajadores cercanos durante el proyecto;
- Respetar la normativa ambiental.

b) Elaborar un plan de estimación de los costos

Para elaborar una buena estimación de los costos se necesitan requisitos de programas establecidos. Ello supone el acceso a documentación detallada y datos históricos, analistas de costos capacitados y con experiencia, un análisis de los riesgos y la incertidumbre, la determinación de una serie de niveles de confianza y reservas adecuadas de contingencia y gestión. A menudo se preparan estimaciones de los costos con un conocimiento preciso de la solución técnica final. En consecuencia, el equipo de evaluación de los costos debe gestionar un gran volumen de riesgos, especialmente en el caso de los programas que son muy complejos o utilizan tecnología puntera. Para abordar las incertidumbres y complejidades de un proyecto, los evaluadores profesionales de los costos recomiendan encarecidamente que se elabore un plan de estimación de los costos al comienzo del proyecto. En el plan se indican las funciones, las responsabilidades, el alcance y los supuestos que se emplearán al estimar los costos, así como los requisitos en materia de documentación, control de calidad y gestión de los datos. En el apéndice II figura un ejemplo de plan de estimación de los costos. El apéndice III ofrece un ejemplo de desglose de los costos correspondientes a una alternativa de tratamiento in situ mediante la técnica de inyección de aire comprimido en combinación con la extracción de vapor del suelo para tratar el suelo y el agua subterránea en la zona fuente.

En algunos casos puede que los proyectos carezcan de recursos suficientes para reunir al equipo completo del proyecto descrito en el apéndice II. Los gestores de proyectos pueden utilizar datos históricos sobre los costos para aumentar sus conocimientos en materia de estimación de los costos y dar cuenta de las incertidumbres en la conceptualización del proceso de rehabilitación. Por ejemplo, los instrumentos paramétricos pueden permitir a un usuario preparar una estimación detallada de los costos

seleccionando tecnologías de presunción e introduciendo a continuación información mínima específica sobre el emplazamiento o el proyecto. Podría indicarse lo siguiente:

- La profundidad del agua subterránea (información útil para la construcción de pozos);
- Número y tipos de pozos que deben construirse (información útil para la monitorización del agua subterránea);
- Número de muestras de suelo que deben reunirse (información útil para la caracterización del emplazamiento);
- El aparato del paquete analítico (información útil para determinar la naturaleza de la contaminación del emplazamiento);
- El grado volumétrico de contaminación de la zona vadosa (información útil para los sistemas de extracción de vapor del suelo);
- El volumen de agua subterránea contaminada y la tasa de flujo prevista de un pozo de extracción de agua subterránea (información útil para un sistema de bombeo y tratamiento de agua subterránea);
- La duración de la operación (información útil para los costos de explotación a largo plazo);
- La distancia a los centros de logística (información útil para los costos de personal y de transporte de equipo).

El sistema experto utilizará a continuación la información específica sobre el proyecto en un modelo de estimación de los costos históricos para calcular las necesidades de personal específicas del proyecto, las necesidades de equipo y los costos en concepto de materiales y explotación y mantenimiento a partir de una base de datos donde figuran los precios actuales por unidad en concepto de personal, equipo y materiales. Por ejemplo, además de ofrecer un resumen de categorías como costos de capital, costos de explotación y mantenimiento y costos de monitorización a largo plazo, RACER ofrece un registro denominado ensamblaje de RACER que es un resumen de los precios por unidad y los requisitos que sirven de base a los costos determinados. Esta información del ensamblaje puede servir de fuente de información en el plan de estimación de los costos susceptible de utilización en lugar de los conocimientos especializados que no están disponibles de otro modo en un equipo del proyecto.

c) Determinación de las tareas y la estructura de estimación

En última instancia, la totalidad del proyecto deberá separarse en sus componentes individuales mínimos para elaborar una estimación precisa de los costos. La primera etapa al respecto consiste en determinar las principales tareas. En el caso de las actividades efectivas sobre el terreno, ello comprenderá categorías amplias como:

- Recolección y análisis de muestras;
- Monitorización de las instalaciones de pozos;
- Excavación del suelo contaminado;
- Retirada de las fuentes de desechos en el emplazamiento (por ejemplo, bidones);
- Instalación de sistemas de tratamiento en el emplazamiento.

Un procedimiento habitual de elaboración de una estimación de los costos consiste en preparar una estructura de desglose de tareas detallada (véase también el apéndice IV). A continuación se divide cada tarea en sus componentes. En la fase de caracterización del emplazamiento, ello comprenderá, entre otras cosas:

- El tipo y la cantidad de los materiales que deben comprarse;
- El personal profesional y técnico necesario, junto con el número de horas y el costo por hora, los subsidios para viajes y las dietas;
- Los medios naturales en los que se centra la investigación;

- La cantidad de análisis para cada medio, con inclusión del paquete analítico, las necesidades en materia de calidad de los datos y los plazos de procesamiento necesarios;
- Los volúmenes de desechos que se generarán y su gestión, incluida la disposición final;
- La movilización y desmovilización del equipo sobre el terreno (por ejemplo, equipo de perforación o un laboratorio móvil).

Los proyectos de rehabilitación podrán constar de los siguientes elementos de los costos:

- Todos los elementos mencionados para los proyectos de investigación;
- La superficie y el volumen de los medios afectados en cuestión;
- El modo de transporte y la distancia que deberá recorrerse al trasladar los desechos residuales a una instalación de disposición final o tratamiento;
- El costo de la estabilización o el tratamiento en el emplazamiento;
- La duración de la explotación y el mantenimiento;
- La duración de la monitorización a largo plazo y la gestión.

Para cada actividad sobre el terreno son precisas en las oficinas diversas tareas de planificación y análisis, entre ellas:

- Revisión de los datos, mapas e informes existentes;
- Elaboración de planes de muestreo de la labor, salud, seguridad y garantía de calidad;
- Adquisición de servicios de contratistas sobre el terreno y en laboratorios, desde contactos telefónicos sencillos y órdenes de compra hasta la preparación de especificaciones del diseño y de pliegos de ofertas de licitación;
- Adquisición o mantenimiento de equipo sobre el terreno de muestreo y monitorización de la salud y la seguridad;
- Actividades de análisis de datos, entre ellas de cartografía de los contaminantes y preparación de modelos al respecto, validación de datos y cálculos de evaluación del riesgo;
- Asistencia a todas las reuniones del proyecto y a las reuniones con los reguladores;
- Elaboración de los informes o diseños finales, con inclusión de la garantía de calidad o el control de calidad.

d) Determinación del momento en que deben tener lugar las actividades

Puede que sea apropiado organizar las actividades en distintas categorías en función del momento en que se prevé su realización. Un ejemplo se refiere a las actividades que se llevan a cabo al comienzo de un proyecto durante las fases iniciales de construcción y funcionamiento. Podrían separarse de las actividades ligadas a la explotación y el mantenimiento anuales de una rehabilitación funcional. Asimismo, las actividades periódicas que tienen lugar en años posteriores, como la sustitución de equipo, también pueden separarse de las dos primeras categorías de trabajo. Es apropiado que las actividades se estructuren en función de las tres categorías siguientes (examinadas a continuación) con el mayor nivel de detalle posible:

- Categoría 1: Las actividades iniciales son actividades de construcción relacionadas con un proyecto de medida de rehabilitación. Estas actividades incorporan las relacionadas con el diseño y la aplicación iniciales de una medida de rehabilitación, pero no comprenden las necesarias para el funcionamiento o el mantenimiento de la rehabilitación durante la totalidad de su vida útil. Los costos correspondientes a estas actividades se denominan normalmente costos de capital.
- Categoría 2: Las actividades anuales son actividades de explotación y mantenimiento posteriores a la construcción que son necesarias para garantizar la eficacia constante de la rehabilitación. Los costos correspondientes a estas actividades se denominan normalmente costos de explotación y mantenimiento.

- Categoría 3: Las actividades periódicas son las que tienen lugar una vez cada cierto número de años (por ejemplo, evaluaciones de la rehabilitación cada 5 años, sustitución del equipo cada 10 o 15 años) o una sola vez durante la duración total del proyecto (por ejemplo, el cierre del emplazamiento o el fallo o sustitución de una modalidad de rehabilitación). Los costos ligados a las actividades de este tipo pueden considerarse costos de explotación y mantenimiento o nuevos costos de capital.

3.4.4.2. Fase 2: Estimación de las cantidades y los costos por unidad (estimaciones puntuales)

Ahora que las actividades y el calendario del proyecto han quedado determinados, debe estimarse el alcance de las diversas actividades y sus costos por unidad.

a) Estimación de las cantidades

La estimación de las cantidades guarda relación con la calidad y la cantidad de los datos de la caracterización del emplazamiento. La cantidad de suelo o agua subterránea que debe limpiarse para cumplir un objetivo de limpieza dependerá de los datos recopilados para determinar el carácter y el alcance de la contaminación. Los cálculos de las cantidades utilizados al estimar un costo deberán documentarse debidamente. La información puede consistir en un análisis químico del barrenado, así como registros y mapas a escala para mostrar el alcance lateral y vertical de la contaminación y determinar las características físicas, como el peso por unidad seca y la porosidad, que afectan a la estimación de las cantidades. Los supuestos a partir de los cuales se estiman las cantidades deben presentarse con claridad.

Serían ejemplos de ello el número de zonas de despeje y desbroce, los pozos de monitorización, el volumen de medios reactivos y la longitud del sistema de tuberías. Las actividades anuales comprenderían aspectos como el número de meses de funcionamiento, la mano de obra necesaria para el sistema de bombeo y actividades de muestreo de agua subterránea con fines de monitorización del emplazamiento.

b) Estimación de los costos por unidad

Se asignan a cada actividad específica (inicial, anual o periódica) costos que pueden ser de capital o de explotación y mantenimiento. Los datos sobre los costos por unidad pueden proceder de diversas fuentes, entre ellas:

- Guías o referencias de estimación de los costos;
- Presupuestos presentados por proveedores o contratistas;
- La experiencia de proyectos semejantes;
- Programas informáticos o bases de datos para la estimación de costos, como RACER.

Las guías o referencias de estimación de los costos (por ejemplo, catálogos de precios por unidad) indican los costos de una amplia gama de actividades de construcción, incluidas las relacionadas con la limpieza de emplazamientos. Algunas de estas guías están personalizadas para estimar los costos de los proyectos de rehabilitación ambiental. Los datos sobre los costos a veces aparecen en estas referencias divididos en equipo, mano de obra y categorías de material, y puede que se incluyan o no se incluyan recargos relacionados con los contratistas. Por lo general, cada costo va ligado a una plantilla específica de trabajo y equipo y a una determinada tasa de producción. Los costos representan normalmente un promedio nacional correspondiente al año de publicación de la referencia. Los presupuestos aportados por contratistas o proveedores en el ámbito de la construcción pueden aportar valores más específicos para el emplazamiento que los costos procedentes de guías y referencias generales. Estos presupuestos contienen normalmente recargos relacionados con los contratistas (en lugar de caracterizarlos como mano de obra, equipo o materiales) y normalmente indican el costo total. Lo ideal es obtener el presupuesto de más de un proveedor.

Puede determinarse el promedio de los presupuestos aportados por diversas fuentes. También es posible utilizar el presupuesto más alto para estimar los costos si se sospecha que los presupuestos recabados tienden a un nivel bajo en el ámbito del sector, o eso parece. Los proveedores o contratistas pueden aportar información relacionada con el diseño. Estas fuentes también pueden aportar información sobre la capacidad operativa, las tasas de producción, la vida operacional y los calendarios de mantenimiento que tal vez influya en los costos de explotación y mantenimiento.

La experiencia derivada de proyectos semejantes, con inclusión tanto de estimaciones como de costos reales, también puede ser una fuente de datos sobre los costos. Por otro lado, debe recurrirse al criterio de expertos teniendo en cuenta parámetros para un emplazamiento o tecnología específicos si se consideran como indicador los datos sobre costos de otro proyecto.

Por último, las bases de datos y los programas informáticos de estimación de los costos pueden servir de fuentes de datos sobre los costos. La mayoría de los programas informáticos disponibles está pensada para estimar el costo de determinados elementos de los costos de una alternativa o de todos ellos.

c) Ajuste de los costos por unidad

Deben incorporarse algunos ajustes en los datos sobre los costos por unidad en caso de que procedan de fuentes distintas a fin de poder incluirlos en la estimación de los costos del proyecto:

- Aplicar factores de productividad en función del nivel de seguridad y salud de la protección;
- Aplicar factores de costos en función de la zona;
- Revisar los costos en función del año de referencia de la estimación;
- Añadir los recargos correspondientes a los contratistas.

Obsérvese que, a medida que aumenta el nivel de protección de la seguridad y la salud (mediante, por ejemplo, requisitos en materia de monitorización o equipo de protección individual), disminuye la productividad y, en consecuencia, aumentan los costos. Por lo tanto, deben aplicarse a los costos en concepto de mano de obra y equipo factores que reflejen la disminución de la productividad derivada del aumento de los niveles de protección en el ámbito de la salud y la seguridad. Los costos por unidad que procedan de fuentes de un año de antigüedad o más deberán actualizarse o revisarse en función del año de referencia, que es por lo general el año en curso. Puede que las variaciones estacionales de los costos por unidad sean pertinentes. Asimismo, deberán aplicarse factores de costos en función de la zona a los costos por unidad partiendo de fuentes basadas en un promedio nacional (por ejemplo, guías de costos generales) o de otras ubicaciones geográficas (por ejemplo, proyectos semejantes).

Deben agregarse los recargos relacionados con contratistas (gastos generales y beneficios), que variarán entre distintos costos de las actividades. Los recargos incluirán los gastos generales y los beneficios correspondientes al contratista principal y a todo subcontratista. Los recargos deberán aplicarse al costo de cada actividad, pero también podrán aplicarse a la totalidad de los costos de esas actividades si la fuente de los datos sobre los costos de cada una es la misma. Debe ejercerse la precaución para no duplicar los recargos ni aplicarlos a costos que ya han sido objeto de recargo.

La fuente de los datos sobre los costos determinará la manera de aplicar recargos o si es preciso aplicarlos. Puede que el presupuesto de un proveedor o contratista incluya gastos generales y beneficios, mientras que un precio por unidad procedente de una guía general de estimación de costos tal vez no los incluya. Los costos procedentes de guías de fijación de precios normalmente llevarán añadidos los gastos generales y los beneficios. Los gastos generales se dividen en dos tipos principales:

- 1) Condiciones generales (por ejemplo, gastos generales correspondientes a la función o a la oficina sobre el terreno);
- 2) Costos generales y administrativos (por ejemplo, gastos generales correspondientes a la oficina central).

Los gastos generales correspondientes a la oficina sobre el terreno pueden constar de costos correspondientes a la supervisión sobre el terreno y el personal de oficina, servicios públicos e instalaciones temporales, telefonía y comunicaciones, licencias y permisos, viajes y dietas, equipo de protección individual, seguros, control de calidad, impuestos y bonos. El costo global correspondiente a las labores de los contratistas se presenta como los gastos generales correspondientes a la oficina central y a las oficinas sobre el terreno y se comparte en el ámbito de todo el proyecto. El rendimiento de la inversión del contratista en el proyecto constituirá el beneficio.

d) Escalación de los costos según proceda

De ser necesario proceder a una escalación de los costos a causa de la inflación, los proyectos pueden dividirse en dos tipos:

- 1) Proyectos de duración breve en una sola etapa: esta categoría consta de proyectos de investigación y obras de rehabilitación, como la retirada del suelo (cuando se retira del emplazamiento toda la contaminación). Está previsto que estas actividades no duren más de un año. En consecuencia, no es preciso escalar los costos de distintas partes del proyecto. En este caso, se escalará el costo del proyecto en su totalidad sobre la base de la fecha del comienzo del proyecto frente a la fecha en que se preparó la estimación de los costos.
- 2) Proyectos en varias etapas o de duración muy extensa: se trata de proyectos de rehabilitación que necesitan mucho tiempo (como en el caso de la rehabilitación de aguas subterráneas) para el cumplimiento de los objetivos fijados. También forman parte de esta categoría los proyectos que exigen actividades periódicas de monitorización a lo largo de los años. En estos casos deben escalarse los costos de distintas partes del proyecto mediante diversos factores de ampliación. En el caso de partidas de costos únicos, como los costos de laboratorio, los costos suelen tener validez durante un período determinado. Debe determinarse el período típico durante el cual son válidos los costos, que por lo general va de uno a seis meses.

e) Determinación de los costos directos

Los costos directos se refieren al alquiler o compra de material o equipo, a los sueldos de profesionales y de técnicos sobre el terreno, a los viajes, a la gestión de desechos (incluida su disposición final) y al análisis.

Los costos en concepto de material y equipo constan normalmente de lo siguiente:

- Adquisición de materiales de planificación del proyecto (mapas, informes y fotografías aéreas), equipo de protección individual (botas, guantes y monos de trabajo), materiales para los pozos (PVC, bentonita y bombas), equipo para el muestreo (tubos de extracción, tarros para las muestras y fluidos de descontaminación), equipo de monitorización (como medidores de pH), bidones para el almacenamiento de desechos y materiales de construcción (suelo de relleno, suelo de cubrimiento, vallas y material de escollera).
- Alquiler de equipo de perforación o construcción, en particular, entre otros artículos, de taladros de perforación rotatoria, generadores, bombas, buldócers, motoniveladoras y otro equipo para mover tierras, cisternas para someter a ensayo los pozos, equipo geofísico y retroexcavadoras. Estos costos se presentan normalmente por hora, día o semana, pero también pueden combinarse con el costo correspondiente a las cuadrillas y los operarios.

Los costos del tiempo aportado por profesionales y técnicos abarcan normalmente el de los siguientes:

- Ingenieros, geólogos y otros profesionales encargados de elaborar planes del proyecto (planes de trabajo, planes de salud y seguridad, planes de garantía de calidad), contratar y gestionar a subcontratistas sobre el terreno y especializados en análisis, realizar o supervisar actividades sobre el terreno, analizar datos (cartografía de contaminantes, validación de datos, evaluación de los riesgos, elaboración de modelos informáticos, estimación de los costos y análisis de alternativas de rehabilitación), prestar apoyo en las relaciones con la comunidad, asistir junto al cliente y los reguladores a reuniones de planificación del proyecto e información sobre su situación y redactar informes. Los costos directos de mano de obra constan exclusivamente de los sueldos en concepto de personal, normalmente expresados en forma de tarifa por hora.
- En cuanto a los técnicos que se dedican a tomar muestras sobre el terreno, instalar pozos, realizar estudios geofísicos y llevar a cabo actividades de construcción, sus costos aparecen directamente como costos directos por hora o se combinan dentro del costo total en concepto de alquiler de equipo.

Los costos en concepto de viajes constan normalmente de:

- Alojamiento y dietas para el personal sobre el terreno;
- Viajes en avión, alquiler de vehículos o costos del kilometraje de los vehículos.

La estimación de estos costos depende de una determinación precisa del volumen de la plantilla sobre el terreno, la cantidad y los tipos de equipo de alquiler, los vehículos y la duración de su presencia sobre el terreno.

Es probable que los costos en concepto de tratamiento o disposición final de desechos comprendan el transporte de medios contaminados fuera del emplazamiento y la disposición final de desechos, las propiedades, planta y equipo contaminados, la purga de pozos o agua para el desarrollo, detritos de la perforación, fluidos de descontaminación y materiales de desecho (como bidones, suelos contaminados y aguas subterráneas contaminadas).

La disposición final de materiales contaminados (desechos) fuera del emplazamiento representaba en varias ocasiones la mayor proporción de los costos de rehabilitación. En consecuencia, es de importancia capital no solo para la elaboración de una estimación razonable de estos costos, sino también para el examen de toda opción viable de reducción. Una manera habitual de reducir los costos de disposición final es la segregación de desechos. En consecuencia, el consiguiente diseño de la rehabilitación podrá contemplar procedimientos durante la excavación de los desechos para el muestreo y segregación de los materiales de desecho peligrosos apartándolos del resto de los desechos. El recurso a la segregación de desechos durante toda la ejecución de un proyecto de rehabilitación puede suponer considerables ahorros de costos. Los costos de los análisis de muestras constan normalmente de:

- Análisis de los medios naturales, con el objeto de detectar y localizar la contaminación durante la investigación. Ello puede incluir muestras de suelo de la superficie y capas más profundas, aguas subterráneas, aguas superficiales, sedimentos, aire, biota o fuentes de agua.
- Análisis de los desechos, los suelos contaminados y los fluidos utilizados en los procesos de descontaminación, así como la monitorización del agua para el desarrollo de pozos y otros medios con fines de caracterización de desechos peligrosos.
- Análisis de muestras de las paredes de una excavación o de los suelos situados por debajo de una fuente de desechos para cerciorarse de la retirada de la parte contaminada del material.
- Análisis del agua de superficie o subterránea en el marco de la monitorización a largo plazo en lugar de una medida de rehabilitación o con posterioridad a esta.
- Análisis del trasfondo apropiado y garantía de calidad/control de calidad (GC/CC) a partir de las muestras.

- Alquiler o compra de otro tipo de equipo para el emplazamiento con fines de monitorización, muestreo y ensayo sobre el terreno.

Los costos del análisis presentan grandes variaciones en función de:

- El número de muestras, que puede ser difícil de estimar. Debe tenerse en cuenta el número necesario de muestras de trasfondo y de GC/CC cuando se calculan los costos de un proyecto (normalmente, el 10 % del conjunto total de muestras).
- El paquete de análisis: los costos pueden limitarse si se emplea solo un paquete limitado.
- Las necesidades de calidad de los datos frente a la oportunidad de los resultados: el costo de los análisis de preselección sobre el terreno que aportan información en tiempo real sobre la presencia o ausencia de un contaminante normalmente se calcula por muestra y no es elevado. Generalmente, se dispone de laboratorios móviles, que pueden realizar análisis completos en un plazo breve, a una tarifa diaria o semanal. Puede obtenerse mayor precisión mediante laboratorios fijos, pero se rigen por plazos más prolongados si se desea mantener el nivel de los precios ordinarios. Si se quiere acortar los plazos para los resultados de los laboratorios fijos, estos costos aumentan. Pueden obtenerse resultados agilizados a un costo considerablemente mayor.

Por lo general, los costos de los análisis constituyen una parte notable del presupuesto de los proyectos de caracterización y rehabilitación del emplazamiento. Este costo puede reducirse disminuyendo el número de muestras, la gama de análisis y las necesidades de GC/CC. La determinación de niveles de trasfondo reviste gran importancia para determinar el alcance de la contaminación. La reducción de los costos analíticos es el método más habitual para disminuir los costos de una investigación. También es la causa más habitual de los sobrecostos y el incumplimiento de los plazos, pues es preciso que en el marco de la investigación se emprendan nuevas rondas de muestreo.

f) Cálculo de los costos indirectos

Cuando se utiliza una fuente de datos sobre los costos para realizar una estimación de costos, es importante comprender si en la fuente de los datos se enumeran los costos directos e indirectos o solo los primeros. Los componentes de los costos indirectos que deben tenerse en cuenta con respecto a los contratistas son los siguientes:

- Gastos generales: constan de los costos de los contratistas en concepto de espacio de oficinas y otras instalaciones, administración de los contratos, computadoras, gestión, seguros, comercialización y otros costos relativos a la continuidad de las operaciones.
- Administración general: estos costos se refieren al apoyo administrativo a los contratistas (por ejemplo, contabilidad y contratación). Los costos generales y administrativos pueden constar de partidas que van de los impuestos, la depreciación y las tasas jurídicas y para conferencias a los gastos en concepto de licitación y propuesta. Estos costos variarán de una compañía u organización a otra.
- Adquisición y manipulación: En la mayoría de las situaciones los contratistas añaden un recargo al costo directo de los artículos o materiales que se compran para una tarea específica.
- Beneficio.

Cuando una partida de costos procede de una fuente de datos que incluye únicamente los costos directos, deben estimarse y añadirse los costos indirectos. En ocasiones, la fuente de datos no indica con claridad si los costos son directos o están plenamente incorporados. En tales casos, hay que ejercer el propio criterio y realizar comparaciones aceleradas para calcular los costos conocidos y, con ello, determinar si un costo incluido en la lista se ha incorporado o no. La diferencia entre costos directos e indirectos se explica con más detalle en las dos subsecciones siguientes.

g) Inclusión de costos adicionales

Los costos adicionales constan de servicios técnicos y profesionales como la gestión y el diseño de un proyecto. Estos costos pueden entenderse como porcentaje del costo total o desglosarse por cada actividad especificada. Son ejemplos de ello:

- Gestión del proyecto: incluye la planificación y la presentación e informes, la participación de los interesados y el apoyo a la comunicación durante la construcción o la explotación y el mantenimiento, la administración de la contratación o las licitaciones, los permisos (de los que no se encargue de antemano el contratista encargado de la construcción o la explotación y el mantenimiento) y los distintos servicios jurídicos que escapan al control institucional (por ejemplo, la concesión de licencias).
- Diseño de la rehabilitación: podría constar de la recopilación y el análisis de datos sobre el terreno antes del diseño, un estudio de ingeniería con fines de diseño, un estudio de tratabilidad (por ejemplo, a escala experimental) y varios componentes del diseño, como el análisis del diseño, planes, especificaciones, estimaciones de los costos y calendarios en las distintas fases de los proyectos (por ejemplo, fases de diseño preliminar, intermedia y final).
- Gestión de la construcción: incluye el examen de presentaciones, modificaciones del diseño, observaciones o supervisiones de la construcción, estudios de ingeniería para la construcción y la preparación de manuales de explotación y mantenimiento, planos registrales y la documentación del control de calidad o la garantía de calidad.
- Apoyo técnico: consta de la supervisión de las actividades de explotación y mantenimiento, la actualización de los manuales de explotación y mantenimiento y la comunicación de los progresos.

h) Contabilidad de los ingresos y compensaciones parciales de los costos de rehabilitación

Además de estimarse los costos de un proyecto de rehabilitación, deben tomarse en consideración los beneficios económicos de la rehabilitación, que pueden ayudar a recuperar parte de los gastos. Cabe mencionar, entre otros, los siguientes:

- El uso de edificios e infraestructuras para emprender actividades comerciales alternativas;
- La recuperación del valor de los metales (chatarra);
- La generación de ingresos de actividades turísticas llevadas a cabo en un emplazamiento rehabilitado;
- La recuperación de valiosos recursos procedentes de los desechos (por ejemplo, colas o vertederos de desechos) mediante reprocesamiento.

Sin embargo, deben evaluarse los aspectos jurídicos de estas oportunidades y el marco regulador imperante a fin de no generar expectativas demasiado optimistas. Además, estas oportunidades deben evaluarse críticamente en función del emplazamiento de que se trate.

3.4.4.3. Fase 3: Análisis del ciclo de vida

Los proyectos de rehabilitación ambiental constan por lo general de costos que se desembolsan al comienzo de un proyecto (como costos de capital iniciales) y costos desembolsados en años subsiguientes que van dirigidos a la aplicación y el mantenimiento de la solución de rehabilitación al término del período de construcción inicial (por ejemplo, costos anuales de explotación y mantenimiento, costos periódicos).

El análisis del valor actual es un mecanismo para agregar gastos correspondientes a distintos períodos. Esta metodología normalizada permite comparar los costos de distintas alternativas de rehabilitación sobre la base de una única cifra de costos para cada una de las alternativas examinadas. Esta cifra única, conocida como valor actual, es la cantidad que deberá apartarse en un principio (el año de referencia) para garantizar la disponibilidad de fondos a medida que se necesiten teniendo en cuenta una serie de condiciones económicas.

a) Determinación del período de análisis

El período de análisis que se tendrá en cuenta es, esencialmente, el período durante el cual se calcula el valor actual. Por lo general, el período de análisis deberá coincidir con la duración del proyecto, a raíz de lo cual se obtiene una estimación de los costos del ciclo de vida completo a efectos de la aplicación de la alternativa de rehabilitación. La duración del proyecto comienza por lo general con la planificación, el diseño y la construcción de la alternativa de rehabilitación. Continúa con la explotación y el mantenimiento a corto y a largo plazo y culmina en la terminación y cierre del proyecto. Puede que cada alternativa de rehabilitación tenga una duración del proyecto distinta.

b) Cálculo del flujo de efectivo correspondiente a cada año del proyecto

La siguiente etapa del análisis del valor actual consiste en agregar los flujos de efectivo anuales para el proyecto. Se compondrán de los costos de capital iniciales ligados a la alternativa de rehabilitación, los costos anuales de explotación y mantenimiento correspondientes a la alternativa de rehabilitación durante su vida prevista y los costos periódicos en los que se incurre una sola vez cada cierto número de años. Pueden constar igualmente de ingresos procedentes de la venta de activos. Normalmente, la mayoría de los costos de capital o todos ellos corresponden a la construcción y puesta en marcha del proyecto (es decir, antes del comienzo de la explotación y el mantenimiento anuales). Pese al hecho de que el valor actual de los costos periódicos es inferior en el caso de los costos correspondientes al final del proyecto (por ejemplo, los costos de cierre), estos costos deberán tenerse en cuenta en el análisis del valor actual.

Los análisis de los costos parten del supuesto de que la duración de la construcción inicial y la puesta en marcha no superarán un año (es decir, las obras de construcción tendrán lugar en el “año cero” del proyecto). El supuesto del “año cero” podrá modificarse en caso de que se haya preparado un calendario preliminar del proyecto y se entienda que pasado un año se incurrirá en costos de capital en concepto de construcción.

c) Selección de la tasa de descuento que se utilizará en el cálculo del valor actual

La siguiente etapa consiste en seleccionar una tasa de descuento (semejante a un tipo de interés). Se utiliza una tasa de descuento para tener en cuenta el valor temporal del dinero. A ello subyace la idea general de que una unidad monetaria tiene hoy mayor valor del que tendrá en el futuro porque, de invertirse hoy en un uso alternativo, el dinero podría generar un rendimiento (es decir, intereses). En consecuencia, el descuento reflejará la productividad del capital. Si el capital no se emplea en un uso específico, tendrá un valor productivo en usos alternativos. La tasa de descuento también reflejará el efecto de la inflación de los precios.

La selección de una tasa de descuento revestirá gran importancia porque la tasa seleccionada repercute directamente en el valor actual de una estimación de los costos, que a continuación se utiliza para seleccionar una opción de rehabilitación. Cuanto mayor sea la tasa de descuento, menor será el valor actual de los futuros flujos de efectivo.

También pueden aplicarse tasas de descuento que disminuyan con el paso del tiempo. La justificación de esta opción es que la incertidumbre respecto de las futuras tasas de crecimiento puede plantear problemas. Como consecuencia de ello, es posible adoptar un descuento que disminuya con el tiempo, lo cual reduce el problema de la reducción de los valores de las consecuencias que tengan lugar en el futuro (lejano). Sin embargo, otro enfoque consiste en remitirse a la Circular N° A-94 de la Oficina de Gestión y Presupuesto, que proporciona una tasa de descuento recomendada para la estimación de los costos de los proyectos con calendarios distintos [20]. La circular proporciona una tasa de descuento recomendada para los proyectos con un ciclo de vida de 3, 5, 7, 10, 20 y 30 años. No es absoluta la necesidad de utilizar la misma tasa de descuento para todos los costos y beneficios (por ejemplo, económicos y de salud).

d) Cálculo del valor actual neto

La etapa final del proceso consiste en calcular el VAN. El VAN de una alternativa de rehabilitación representa la suma de los valores actuales de todos los gastos futuros asociados con el proyecto. El valor actual de un pago futuro es el valor real que se desembolsará, descontado a un tipo de interés apropiado. El VAN para el pago C_t en un año t a una tasa de descuento de i se calcula mediante la fórmula:

$$NPV = \sum_t C_t (1+i)^{-t}$$

El operando $(1+i)^{-t}$ puede entenderse como “factor de descuento”. Este método de cálculo del VAN parte del supuesto de que los gastos totales de un año determinado tendrán lugar al inicio de ese año.

En el cuadro 3 figura un ejemplo de cálculo del VAN correspondiente a una alternativa con costos de construcción de 1 800 000 dólares en el año cero, costos de explotación y mantenimiento de 50 000 dólares durante 10 años y costos periódicos de 10 000 dólares en el año quinto y 40 000 dólares en el año décimo.

Como alternativa, se puede crear una hoja de cálculo con los flujos de efectivo anuales previstos mientras dure el proyecto y utilizar a continuación una fórmula incrustada para calcular el VAN. Por ejemplo, Microsoft Excel puede calcular el VAN sobre la base de los flujos de efectivo anuales previstos para el ciclo de vida de un proyecto.

CUADRO 3. EJEMPLO DE CÁLCULO DEL VALOR ACTUAL DE UNA ALTERNATIVA DE REHABILITACIÓN

Año	Costo de capital (en dólares)	Costos anuales de explotación y mantenimiento (en dólares)	Costos anuales periódicos (en dólares)	Costo por año (en dólares)	Factor de descuento al 7 %	Costo neto del valor actual al 7 % (en dólares)
0	1 800 000	0	0	1 800 000	1,000	1 800 000
1	0	50 000	0	50 000	0,935	46 800
2	0	50 000	0	50 000	0,873	43 700
3	0	50 000	0	50 000	0,816	40 800
4	0	50 000	0	50 000	0,763	38 200
5	0	50 000	10 000	60 000	0,713	42 800
6	0	50 000	0	50 000	0,666	33 300
7	0	50 000	0	50 000	0,623	31 200
8	0	50 000	0	50 000	0,582	29 100
9	0	50 000	0	50 000	0,544	27 200
10	0	50 000	50 000	100 000	0,508	50 800
Total	0	500 000		2 360 000		2 183 900

En la figura 9 se representa en una hoja de cálculo el resumen de un proyecto con un ciclo de vida de 31 años. El costo en dólares actuales en 31 años es de 1 550 123 dólares. El VAN de esos costos asciende a 938 544 dólares. Como se observa en la barra de fórmulas, este valor se obtuvo empleando la fórmula para el VAN disponible en Excel. En este caso, el cálculo se basa en una tasa de descuento del 4,5 %.

3.4.4.4. Fase 4: Análisis de los factores de riesgo

a) Determinación de las fuentes de incertidumbre

Varios factores presentan dificultades para la elaboración de estimaciones precisas de los costos y contribuyen a la incertidumbre y el riesgo:

- Una estructura de desglose de tareas del proyecto incompleta o imprecisa;
- La incertidumbre reglamentaria;
- La falta de fuentes fiables de datos sobre los costos;
- Retrasos en la planificación y la ejecución del proyecto.

Portapapeles	Fuente			Alineación	
B17	f _x = NPV(0.045,D14:AH14)				
A	B	C	D	E	
			Informe de la cobertura temporal (con recargos)		
Fase	Nombre de la fase		Año civil 1 2014	Año civil 2 2015	
Monitorizar una vez 18 pozos (valor de referencia)			36 624 dólares		
Monitorizar 10 pozos 2 veces al año durante cinco años				33 505 dólares	
Monitorizar 7 pozos 1 vez al año para un diseño de 29 años			28 214 dólares		
Explotación y mantenimiento de pozos de extracción, seguimiento del dispositivo desorbente en el SNEDC y examen quinquenal periódico				1491 dólares	
Construcción de un pozo de extracción, instalación del dispositivo desorbente			116 073 dólares		
Costo total			180 911 dólares	34 996 dólares	
Con un 35 % en concepto de contingencia			244 230 dólares	47 245 dólares	
Costo total para 31 años	1 550 123 dólares				
Costo en valor actual	938 544 (61% del costo total)				

Fig. 9. Representación en una hoja de cálculo del cálculo del valor actual neto correspondiente a un proyecto en el curso de 31 años de costos. SNEDC — sistema nacional de eliminación de descargas contaminantes.

b) Una estructura de desglose de tareas del proyecto incompleta o imprecisa

Al elaborar una estimación precisa de los costos, es esencial velar por que la estructura de desglose de tareas del proyecto sea precisa y detallada y esté totalmente definida. Las partidas que suelen olvidarse o estar mal calculadas de otro modo son:

- Se subestima el tiempo de empleados profesionales dedicado a elaborar y redactar planes de trabajo, asistir a reuniones, analizar datos y redactar informes.
- Los datos sobre el emplazamiento son imprecisos o inadecuados. Posibles ejemplos de ello son estimaciones deficientes de los volúmenes de desechos, las tasas de flujo de las minas u otras características sobre el terreno que tienen gran repercusión en la estimación de los costos totales.
- El número de muestras de trasfondo y de GC/CC es inadecuado.
- Se subestiman los plazos y los costos correspondientes a la movilización y la desmovilización sobre el terreno.
- Se pasan por alto los costos detallados en concepto de propiedades, planta y equipo, equipo de muestreo, etc.
- No se tiene en cuenta toda la gama de cuestiones relativas a la descontaminación sobre el terreno (como la construcción de una parcela de descontaminación, el tiempo de descontaminación y la reunión de material y la disposición final de agua de descontaminación fuera del emplazamiento).
- No se tienen en cuenta los elementos necesarios para la restauración del emplazamiento al término de una medida de retirada o proyecto de excavación.

c) Incertidumbre reglamentaria

Los proyectos de rehabilitación ambiental exigen el cumplimiento de una amplia gama de reglamentos ambientales nacionales, regionales y locales. En los costos del proyecto pueden repercutir aspectos distintos como los siguientes:

- El tiempo necesario para obtener aprobaciones y permisos: se precisa dedicar suficiente tiempo profesional a la preparación de documentos reglamentarios de permiso o gestión.
- Se permite corregir defectos antes de la aprobación: puede que deba cambiarse el diseño de algunas características sobre el terreno en atención a cuestiones relativas al cumplimiento o a la construcción de nuevas instalaciones necesarias para el cumplimiento.
- Comprensión insuficiente de la reglamentación aplicable: cuando no se determinan ni se atienden las cuestiones relativas al cumplimiento antes del comienzo del proyecto es frecuente que se retrase la ejecución del proyecto y que los costos se vean afectados negativamente.
- Reglamentos y normas definidos de forma ambigua (o falta de ellos): sin un marco regulador claro los encargados de la ejecución nunca podrán determinar si se han alcanzado estados finales aceptables.
- Responsabilidades cambiantes u opuestas entre las autoridades competentes: puede que distintos reguladores tengan perspectivas distintas sobre el mismo aspecto, lo cual genera exigencias distintas (y a veces opuestas).
- Comprensión insuficiente del proyecto por parte de los órganos reguladores y otras autoridades encargadas de conceder los permisos: sin una comprensión clara de los aspectos técnicos que rodean a un proyecto, los reguladores suelen asumir una actitud conservadora. Ello puede elevar el tiempo necesario para ultimar el proyecto y generar, en última instancia, sobrecostos derivados de retrasos en la construcción, la ultimación y la ejecución del proyecto.

d) Falta de fuentes fiables de datos sobre los costos

La situación conducirá inevitablemente a dificultades en la estimación de los verdaderos costos de capital al valorar cada proyecto o comparar conjuntos de tecnologías alternativas que se emplearán en el

proyecto. Al no tenerse debidamente en cuenta la inflación, los aumentos de los precios y los incrementos de los niveles salariales afectarán al costo global del proyecto. Los datos sobre los costos por unidad pueden proceder de diversas fuentes, como se observa en el cuadro 4.

Todos los datos sobre los costos deben verificarse y actualizarse para reflejar las tasas más recientes y aplicar correctamente las extrapolaciones en cuanto a escala y tiempo.

e) Retrasos en la planificación y la ejecución del proyecto

Todo retraso en la planificación o la ejecución del proyecto contribuye a la incertidumbre de las estimaciones de los costos, principalmente por los siguientes motivos:

- Puede que cambien las expectativas de las partes interesadas y los reguladores. Puede que un nuevo regulador desee modificar un consenso alcanzado antes. También es posible que cambien las preferencias de la comunidad en cuanto a la solución de rehabilitación.
- Puede que se viertan desechos industriales o domésticos en un antiguo emplazamiento. Ello ampliaría la cantidad de desechos o la zona contaminada que deben recibir atención.
- Los penachos contaminantes que en un principio estaban restringidos a una zona relativamente reducida pueden dispersarse con el tiempo. Como consecuencia de ello, puede que deba bombearse y tratarse más agua subterránea contaminada.
- Puede que la nueva planificación obligue a cambiar o actualizar los diseños.
- Tal vez se deban reactivar los procedimientos de adopción de decisiones, consulta pública y concesión de permisos.

Todos estos elementos exigen que se sucedan con diligencia las fases necesarias de planificación, concesión de permisos y ejecución del proyecto.

f) Incorporación de la incertidumbre en la estimación de los costos

Existen distintas maneras de dar cuenta de la incertidumbre en una estimación de los costos. La primera opción consiste en un análisis de sensibilidad cuantitativo que puede llevarse a cabo al término del proceso de estimación. El análisis de sensibilidad puede centrarse en todos los factores que presentan un grado de incertidumbre pertinente y un valor que con apenas un cambio pequeño podría repercutir

CUADRO 4. FUENTES DE DATOS SOBRE LOS COSTOS POR UNIDAD

• Guías o referencias de estimación de los costos	→	Deben tenerse en cuenta las variaciones regionales y estacionales
• Presupuestos presentados por proveedores o contratistas	→	Velar por que los supuestos en los que se fundaban los anteriores presupuestos son aplicables al proyecto actual
• Experiencia de proyectos semejantes	→	Los proyectos deben ser comparables en cuanto a alcance y complejidad
• Programas informáticos o bases de datos para estimar los costos	→	Las bases de datos deben ser aplicables al proyecto en cuestión, lo cual obliga a comprender los tipos de actividades y materiales utilizados, incluir los gastos generales y los costos de movilización o desmovilización, etc.

espectacularmente en el costo general del proyecto. Los resultados de un análisis de sensibilidad deberían documentarse de manera que se aprecie mejor la incertidumbre ligada a la estimación de los costos del proyecto.

Otro factor que incorpora la incertidumbre en la estimación de los costos de un proyecto de rehabilitación ambiental es el costo de “contingencia”. Se utiliza la contingencia en una estimación de los costos para cubrir las incógnitas, las circunstancias imprevistas o las condiciones inesperadas que no pueden evaluarse a partir de los datos disponibles cuando se estima el costo. Reduce el riesgo de sobrecostos. En la figura 9 se utilizó una contingencia del 35 % para los costos correspondientes a cada año en el ejemplo. Partiendo de la contingencia del 35 %, el costo de la medida de rehabilitación, de 180 911 dólares, pasa a ser de 244 230 dólares. Como alternativa, puede aplicarse un enfoque probabilista.

En el caso de las estimaciones de costos realizadas en las fases iniciales del ciclo de vida de un proyecto, la contingencia se aplica por lo general como porcentaje del costo total en lugar de plasmarse en actividades o partidas individuales (si bien no cabe duda de que este tipo de análisis sería posible con más datos). También puede recurrirse al criterio de expertos para determinar el porcentaje de contingencia correspondiente a estimaciones tempranas de los costos.

Existen dos tipos de contingencia principales: de alcance y de licitación. La contingencia en su modalidad de alcance abarca los costos desconocidos que pueden derivarse de cambios en el alcance de un proyecto durante la fase de diseño. La contingencia en su modalidad de licitación se refiere a los costos desconocidos vinculados con la construcción o aplicación del alcance de un proyecto determinado. La contingencia en su modalidad de alcance se refiere a los riesgos que van ligados a un diseño incompleto. Este tipo de contingencia representa los costos que pueden calificarse de imprevisibles y se van conociendo a medida que avanza el diseño de la rehabilitación. En consecuencia, la contingencia de alcance a veces se denomina contingencia de “diseño”. Por lo general, la contingencia de alcance debería disminuir a medida que avanza el diseño y aproximarse a un valor de 0 % al término de la etapa de diseño. Una contingencia de alcance baja supone que el alcance del proyecto probablemente sufrirá cambios mínimos durante el diseño. Una contingencia de alcance alta supone que puede que el alcance del proyecto cambie considerablemente entre las opciones y el diseño final.

3.4.4.5. Fase 5: Revisión y verificación por parte de un órgano independiente

En este momento es importante verificar los cálculos para velar por que los supuestos estén documentados claramente y no falte nada. Deberán plantearse entonces preguntas como las siguientes:

- ¿Se ha aportado una descripción clara de la alternativa?
- ¿Se han determinado las actividades iniciales, anuales y periódicas de la alternativa y los costos conexos de capital y de explotación y mantenimiento?
- ¿Se han estimado con suficiente respaldo las cantidades correspondientes a las actividades?
- ¿Se han estimado con suficiente respaldo los costos por unidad correspondientes a las actividades?
- ¿Se ha aplicado la contingencia a la totalidad de los costos correspondientes a las actividades iniciales, anuales y periódicas?
- ¿Se han agregado debidamente otros costos?
- ¿Se siguieron directrices al analizar el VAN?
- ¿Es suficiente el grado de incertidumbre correspondiente a determinados factores para justificar un análisis de sensibilidad? Si se realizó un análisis de sensibilidad, ¿se presentan claramente los resultados en forma de VAN de la alternativa?

Al término de la fase de examen y verificación puede ofrecerse un resumen de la estimación completa.

3.4.5. Lista de comprobación de los costos

Se utilizan listas de comprobación para facilitar la evaluación de los costos de capital y de explotación y mantenimiento para cada medida de rehabilitación alternativa. También se utilizan para reducir las posibilidades de exclusión de importantes elementos de los costos. Por lo general, una estimación de los costos será más “completa” si en ella puede darse cuenta del mayor número posible de elementos de los costos, aunque persista la incertidumbre en cuanto a su cantidad o el costo por unidad. Las listas de comprobación también hacen posible la coherencia entre estimaciones. En el apéndice III figuran ejemplos de listas de comprobación en relación con los elementos de los costos de capital, los costos anuales de explotación y mantenimiento y los costos periódicos, respectivamente. Se pretende que las listas de comprobación sean flexibles y que deliberadamente no se ajusten a una estructura de desglose de tareas o sistema de numeración determinados. Como las listas de comprobación no lo engloban todo, no debe suponerse que los elementos de los costos incluidos en ellas sean aplicables a cualquier alternativa de medida de rehabilitación. Más bien, las listas pueden utilizarse para determinar los elementos de los costos aplicables, que a continuación pueden añadirse o modificarse según proceda.

3.4.6. Documentación de la estimación de los costos

Es importante que el equipo del proyecto documente la estimación de los costos a medida que esta evolucione durante el ciclo de vida del proyecto. La manera de documentar la estimación de los costos de un proyecto y presentarla a las partes interesadas dependerá de las necesidades específicas del proyecto y de la transparencia prevista o exigida por las partes interesadas. Para documentar la estimación de los costos puede recurrirse a métodos como listas completadas de comprobación de los costos o un resumen del contenido de la estructura de desglose de tareas. Independientemente del método de documentación, las fases 1 a 5 representadas en la figura 8 deben registrarse y presentarse a efectos de examen fácil y comunicación a las partes interesadas.

4. FINANCIACIÓN

4.1. FUENTES DE FINANCIACIÓN DE PROYECTOS DE REHABILITACIÓN AMBIENTAL

Las fuentes de financiación de proyectos de rehabilitación ambiental son variadas y dependen del tamaño, el alcance y la ubicación del proyecto en cuestión. Entre otras fuentes, se trata de:

- Gobiernos;
- Instituciones financieras internacionales (IFI);
- Fondos establecidos por operadores de rehabilitación ambiental;
- Fondos fiduciarios establecidos por los operadores pero administrados por fideicomisarios independientes u organismos gubernamentales;
- Partes responsables.

Es probable que el gobierno del país en que está ubicado el proyecto ocupe un lugar destacado en la financiación del proyecto de rehabilitación ambiental en calidad de gestor del proyecto y participante destacado en la rehabilitación. Los gobiernos pueden financiar proyectos ambientales mediante métodos diversos. Los gobiernos pueden recaudar fondos estableciendo impuestos selectivos, comisiones o regalías en relación con las actividades de una industria determinada. Algunos gobiernos pueden recurrir a fondos fiduciarios sobre medio ambiente creados expresamente para financiar proyectos de rehabilitación ambiental. Los gobiernos también pueden imponer multas por violación de leyes ambientales o recuperar

fondos emprendiendo litigios contra los operadores responsables de mala conducta en el ámbito del medio ambiente. Puede que también tengan la posibilidad de obtener fondos de pólizas de seguros, bonos o cartas de crédito emitidas con fines de rehabilitación del emplazamiento.

Las IFI como el Banco Mundial y los bancos de desarrollo internacionales de ámbito regional son otras fuentes de financiación. También son fuentes de financiación la ayuda exterior aportada por otros países, préstamos concedidos por bancos privados y fondos aportados por ONG o particulares.

En vista de que la misión de estas IFI consiste en estimular el desarrollo y mejorar la calidad de vida en diversos países, son fuentes primarias de financiación de esos proyectos, en particular si existe un riesgo considerable de que el préstamo para el proyecto no se reintegre en su totalidad. Las IFI suelen imponer requisitos y normas rigurosos de financiación en cuanto al funcionamiento de un proyecto de rehabilitación ambiental antes de aportar los fondos. Además, puede que otras fuentes de financiación hagan uso de IFI para vigilar el desembolso de los fondos a un determinado proyecto de rehabilitación ambiental al que tanto la IFI en cuestión como otras fuentes de financiación aporten fondos.

Una opción para aportar financiación inicial a fin de poner en marcha proyectos ambientales y realizar evaluaciones preliminares, así como financiación adicional durante la fase de ingeniería del proyecto, es el recurso a organizaciones gubernamentales y no gubernamentales internacionales.

4.2. FINANCIACIÓN DE LOS COSTOS DE GESTIÓN A LARGO PLAZO

El alcance de la rehabilitación de algunos proyectos exigirá la monitorización y la gestión del emplazamiento a largo plazo. Las actividades de rehabilitación a largo plazo necesitan financiación suficiente, pues de otro modo se corre el riesgo de que se reviertan los beneficios ambientales obtenidos al término del segmento principal del proyecto de rehabilitación. Dependiendo del proyecto, los costos de la gestión a largo plazo podrían ser considerables, en particular si son altos para las actividades de duración indefinida (como bombear y tratar grandes volúmenes de agua durante un período prolongado). Es fundamental que la entidad que supervise el proyecto de rehabilitación ambiental tenga en cuenta las fuentes de financiación de los futuros costos de gestión en las fases iniciales del proceso de planificación, pues puede que el acceso a financiación a largo plazo tenga efecto en la selección de una estrategia de rehabilitación apropiada, en vista de la disponibilidad de fondos.

Puede que las IFI y las ONG estén dispuestas a asumir compromisos a largo plazo de financiación de los costos de gestión; sin embargo, suelen recelar de asumir compromisos indefinidos de financiación a largo plazo que podrían prolongarse durante decenios. En consecuencia, las entidades gubernamentales de ámbito nacional y local en las que está ubicado un proyecto son las fuentes más probables de financiación de los costos de gestión a largo plazo.

4.3. SUPERVISIÓN EXTERNA DE LAS FUENTES DE FINANCIACIÓN

Cuando entidades gubernamentales o no gubernamentales internacionales aportan financiación a proyectos de rehabilitación ambiental, es habitual la práctica de que exijan la supervisión externa del proyecto para asegurarse de que la financiación se destine a cumplir los objetivos del proyecto y no se desvíe ni malgaste. Además de la supervisión externa de los aspectos financieros de un proyecto, puede que una fuente de financiación imponga obligaciones adicionales como condición para aportar fondos al proyecto de rehabilitación ambiental. La mayoría de los proyectos de rehabilitación ambiental financiados por el gobierno de ámbito nacional o local en el que está ubicado el proyecto estará sujeta a los controles y la supervisión de carácter financiero propios de las instituciones del país en cuestión.

4.4. ESTABLECIMIENTO DE PARÁMETROS DE REFERENCIA PARA EL PROYECTO POR PARTE DE LAS FUENTES DE FINANCIACIÓN

El establecimiento de parámetros de referencia es el proceso de comparación del proceso y las mediciones del desempeño de un proyecto, desde una óptica tanto cualitativa como cuantitativa, con las mejores prácticas del mismo sector o de otro semejante. En el caso de los proyectos de rehabilitación ambiental, el establecimiento de parámetros se centra normalmente en los costos, el calendario y la calidad de la labor llevada a cabo por el proyecto en comparación con otros proyectos semejantes (el “grupo equivalente”) conforme a lo definido en la labor de establecimiento de parámetros. Las entidades crediticias u otras fuentes de financiación utilizan normalmente el establecimiento de parámetros de referencia para velar por que el desempeño del proyecto se ajuste al plan especificado para el proyecto en cuestión y compararán un proyecto determinado con otros del grupo equivalente.

Apéndice I

POSIBLES OPCIONES DE REHABILITACIÓN

En la lista de opciones de rehabilitación que figura en el cuadro 5 se muestran tecnologías de posible aplicación a un proyecto de rehabilitación. Se agrupan por el carácter químico, físico, térmico o biológico del tratamiento, y son aplicables a la rehabilitación del suelo o del agua subterránea. También se especifican los contaminantes de los que puede ocuparse cada tecnología.

CUADRO 5. POSIBLES OPCIONES DE REHABILITACIÓN

Tipo de tratamiento	Tecnología	Medio	Contaminante	Breve caracterización
Químico	Solidificación in situ	Suelo, lodo	Radionucleidos, metales pesados	El objetivo es reducir la movilidad de los contaminantes inyectando materiales aglutinantes (cemento, soluciones salinas supersaturadas con precipitación controlada o polímeros orgánicos o inorgánicos) que reaccionan con el contaminante, el agua o el suelo para producir un sólido de solubilidad baja.
	Solidificación ex situ	Suelo, lodo	Radionucleidos, metales pesados (compuestos orgánicos)	Se produce un sólido de solubilidad baja partiendo del suelo contaminado, etc., mezclándolo con un aglutinante reactivo (cemento, yeso o polímeros orgánicos o inorgánicos) La disposición final del material sólido puede realizarse in situ o en un repositorio designado.
	Tratamiento químico ex situ	Aguas subterráneas	Radionucleidos, metales pesados (compuestos orgánicos)	Aplicación de intercambio iónico, precipitación, ósmosis inversa, etc. para concentrar los contaminantes con fines de su ulterior acondicionamiento.
	Barreras reactivas	Aguas subterráneas	Compuestos, metales pesados, radionucleidos	Método in situ para canalizar el flujo de agua subterránea natural o enriquecida mediante una barrera física que contiene productos químicos reactivos (con fines de oxidación o precipitación), catalizadores de metales (para reacciones de reducción-oxidación), bacterias (con fines de biodegradación) o adsorbentes.
	Oxidación química in situ	Suelo, agua subterránea	Compuestos orgánicos (metales pesados, radionucleidos)	Una inyección de compuestos de ozono (O ₃), peróxido de hidrógeno (H ₂ O ₂) o cloro induce una reacción de reducción-oxidación que convierte químicamente los contaminantes en compuestos menos tóxicos. Ello puede reducir la movilidad de los contaminantes en la totalidad del penacho.

CUADRO 5. POSIBLES OPCIONES DE REHABILITACIÓN (cont.)

Tipo de tratamiento	Tecnología	Medio	Contaminante	Breve caracterización
Físico	Excavación	Suelo, lodo	Todos los tipos	Se retiran los materiales contaminados del emplazamiento y se transfieren a un emplazamiento designado para su disposición final. Puede que sea necesario su acondicionamiento antes de la disposición final.
	Bombeo y tratamiento	Aguas subterráneas	Todos los tipos	Se bombea a la superficie el agua subterránea, que se trata mediante métodos diversos. La eficiencia depende del tipo del contaminante y de las concentraciones.
	Sistemas de canalización y compuerta	Aguas subterráneas	Todos los tipos	Los métodos de bombeo y tratamiento y las barreras reactivas pueden mejorarse construyendo paredes impenetrables o canalizando el flujo del agua hacia el pozo o la barrera reactiva.
	Aislamiento	Suelo	Todos los tipos	Instalación de barreras físicas como muros pantalla o tablestacas para impedir el movimiento de contaminantes.
	Segregación física	Suelo	Radionucleidos, metales pesados	A menudo los contaminantes (incluidos los radionucleidos) adsorben fracciones del suelo de tamaño granular. En consecuencia, a raíz del fraccionamiento mediante criba o flotación el material contaminado que debe tratarse puede reducirse a un volumen muy inferior.
	Lavado del suelo in situ	Suelo	Todos los tipos	Consiste en el lavado in situ de materiales contaminados. Comporta la inyección y extracción de soluciones ácidas o básicas con agregación de surfactantes, quelatos, etc. para disolver, desorber y retirar contaminantes.
	Lavado del suelo ex situ	Suelo	Todos los tipos	Esta técnica ex situ emplea soluciones controladas por el pH a las que se añaden surfactantes o quelatos ácidos o básicos para disolver, desorber y retirar contaminantes. Pueden utilizarse disolventes orgánicos para los contaminantes orgánicos. Si antes se emplea el fraccionamiento, mejora la eficiencia y disminuyen los volúmenes de material que deben tratarse.
	Filtración ex situ	Aguas subterráneas	Radionucleidos, metales pesados	Se pasa el agua subterránea o superficial contaminada por una columna de filtración a fin de eliminar los sólidos suspendidos contaminados. La torta de filtración resultante debe someterse a tratamiento y disposición final ulteriores.

CUADRO 5. POSIBLES OPCIONES DE REHABILITACIÓN (cont.)

Tipo de tratamiento	Tecnología	Medio	Contaminante	Breve caracterización
Térmico	Vitrificación	Suelo, lodo	Radionucleidos, metales pesados	El material contaminado se mezcla con constituyentes y flujos que forman vidrio a fin de crear bloques de vidrio sólido o productos parecidos a la escoria.
	Vitrificación in situ	Suelo, lodo	Radionucleidos, metales pesados	Se vitrifica el suelo in situ para inmovilizar los contaminantes aplicando una resistencia eléctrica o derretimiento por inducción.
Biológico	Biosorción	Agua superficial y subterránea	Radionucleidos, metales pesados	Determinados microorganismos absorben en sus paredes celulares o en su superficie iones de metal, proceso que puede utilizarse para concentrar estos contaminantes. Pueden diseñarse plantas como biorreactores o como plantas de tratamiento de aguas negras (fase estacionaria orgánica).
	Humedales construidos	Agua superficial y subterránea	Radionucleidos, metales pesados	Se dirigen las aguas contaminadas a “pantanos” artificiales donde el tejido vegetal absorbe los metales. Las plantas se cosechan e incineran. Las cenizas resultantes se someten a disposición final.

Apéndice II

EJEMPLO DE PLAN DE ELABORACIÓN DE ESTIMACIONES DE LOS COSTOS

II.1. EJEMPLO DE PLAN DE ELABORACIÓN DE ESTIMACIONES DE LOS COSTOS DE UN ENSAYO DE SECUESTRO DE URANIO

II.1.1. Finalidad de la estimación

En el presente plan se expone la labor necesaria para elaborar una estimación para un ensayo de secuestro de uranio por infiltración mediante un sistema de goteo de soluciones de fosfato procedentes de la superficie del suelo y la inyección en pozos en la zona vadosa más profunda. Se ha demostrado que las soluciones de fosfato reducen la solubilidad y, en consecuencia, la movilidad del uranio de la zona vadosa y las aguas subterráneas en el curso de ensayos anteriores y a menor escala realizados en el emplazamiento. En caso de que los ensayos demuestren que esta metodología es eficaz para reducir la lixiviabilidad del uranio, podrían obtenerse las reducciones de los riesgos necesarias ahorrando un volumen de costos considerable en comparación con métodos tradicionales de excavación y acarreo.

La estimación comprenderá el diseño, la construcción, la puesta en marcha, la explotación y el mantenimiento y un resumen de las conclusiones en relación con el ensayo de secuestro de uranio. La precisión de la estimación y el esfuerzo ligado a la obtención de ese nivel de precisión vendrán determinados por el uso más restringido de la estimación, que es la estimación gubernamental independiente (EGI), a efectos de modificación del contrato. Idealmente, una EGI relativa a la adquisición tendría como mínimo una categoría 2 (control o propuesta/licitación), y su margen previsto de precisión iría de -15 % a -5 % y +5 % a +20 %. Sin embargo, esta categoría de estimación necesita un estado de diseño del proyecto bastante avanzado. En vista del momento en que deberá efectuarse la modificación del contrato, el diseño de los proyectos será, en el mejor de los casos, conceptual. En consecuencia, esta estimación será de categoría 4 o 3 en el mejor de los casos, y su margen previsto de precisión iría de -20 % a -15 % y +20 % a +50 %. En vista de que se trata de un contrato de costos reembolsables, este nivel de precisión se considera aceptable. En el cuadro 6 figura la definición de las distintas categorías.

La elaboración y aprobación de la estimación se corresponderá con el nivel C conforme al enfoque graduado para la elaboración de estimaciones [21]. Esta determinación del nivel C se basa en el siguiente análisis:

- Longevidad de la estimación: la EGI es una actividad de carácter puntual, y la solicitud presupuestaria y el informe sobre el ciclo de vida se presentan un año antes de que entre en vigor la modificación del contrato.
- Grado de importancia de la adopción de decisiones en materia de gestión: la sede del Departamento de Energía se servirá de la estimación para seguir adelante con el proyecto.
- Importancia en el proceso de gestión: la EGI cumple una función secundaria en el informe sobre el análisis del precio del costo, pero su uso a efectos de planificación podría ser considerable, pues puede contribuir a las determinaciones del proyecto por partidas.
- Importancia en el proceso presupuestario: puede emplearse para el presupuesto del año económico.

En vista de su posible uso para adoptar decisiones de gestión en relación con el presupuesto del año económico, se necesita el nivel C según el enfoque graduado.

CUADRO 6. CLASIFICACIÓN DE LAS ESTIMACIONES DE LOS COSTOS GENÉRICOS Y CARACTERÍSTICAS PRIMARIAS [21]

Clasificación de las estimaciones de los costos	Características principales	
	Nivel de definición (porcentaje de definición completa)	Descripción de la estimación de los costos (técnicas)
Categoría 5 Preselección conceptual	0–2 %	Estocástico: paramétrico en el máximo grado, criterios (paramétrico, analogía específica, opinión de expertos, análisis de tendencias)
Categoría 4 Estudio de viabilidad	1–15 %	Diverso: más paramétrico (paramétrico, analogía específica, opinión de expertos, análisis de tendencias)
Categoría 3 Autorización presupuestaria preliminar	10–40 %	Diverso: incluye combinaciones (detallado, basado en el costo por unidad o en las actividades, paramétrico, analogía específica, opinión de expertos, análisis de tendencias)
Categoría 2 Control o propuesta/licitación	30–70 %	Diverso: más definitivo (detallado, basado en el costo por unidad o en las actividades, opinión de expertos, curva de aprendizaje ^a)
Categoría 1 Estimación de comprobación o propuesta/licitación	50–100 %	Determinista: el más definitivo (detallado, basado en el costo por unidad o en las actividades, opinión de expertos, curva de aprendizaje)

^a La “teoría de la curva de aprendizaje” procede de la observación de que la experiencia facilita la realización de tareas repetitivas. Cuando se repite sin interrupción una determinada tarea o secuencia de tareas, se precisa menos tiempo y esfuerzo para las operaciones subsiguientes.

II.1.2. Hitos más destacados en la elaboración de la estimación

Las diversas fases del alcance de la estimación constan de actividades de recopilación de datos y de decisión sobre los enfoques que deben superarse antes de la elaboración de la estimación o durante esta. Estas actividades del camino crítico figuran en el cuadro 7 en relación con cada fase de la estimación.

II.1.3. Equipo de elaboración de la estimación

Los miembros y productos del equipo constan de:

- Un estimador principal de los costos encargado de elaborar estimaciones del costo del diseño, la construcción, la prueba de aceptación y la explotación y el mantenimiento de la expansión de los sistemas de bombeo y tratamiento;
- Grupo de auxiliares del estimador, según proceda;
- Experto en la materia en cuanto a la dirección técnica respecto del alcance;
- Conformidad de la dirección;
- Elaboraciones y calibración de modelos de estimación de los costos y hojas de cálculo al respecto;
- Expertos adicionales en esferas temáticas con fines de estimación de los costos de las partes mecánicas, eléctricas y de ingeniería civil de la estimación (de ser preciso);
- Gestor de la estimación encargado de estimar las revisiones, la aprobación y la vigilancia del plan de desarrollo y de garantizar la aceptación de la calidad del producto final.

CUADRO 7. HITOS MÁS DESTACADOS EN LA ELABORACIÓN DE LA ESTIMACIÓN

Medida	Fecha del hito
Elaboración y presentación del plan de preparación de la estimación	Mar 9
Revisar/aprobar el plan de elaboración de la estimación	Mar 12
Llegar a un consenso sobre el alcance necesario	Cumplido
Reunirse con representantes de los contratistas	Mar 13
Obtener la información sobre los contratistas solicitada	Mar 14
Obtener presupuestos de los proveedores e información sobre los precios actuales	Mar 19
Utilizar los conocimientos especializados en materia de estimación de los costos del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos de América (USACE) (por ejemplo, costos eléctricos)	Por determinar
Preparar ensamblajes del sistema de estimación de los costos asistido por microordenador (MCACES)	Mar 23
Recabar un consenso inicial sobre los resultados	Mar 26
Presentar formalmente la estimación con fines de examen de GC/CC por estimadores superiores	Mar 27
Revisar según proceda HR-3 — zona D — Preparar un ensamblaje de MCACES con fines de explotación y mantenimiento y estimar en función de la duración acordada	Mar 28
Obtener la aprobación de la estimación final por parte del gestor de estimaciones	Mar 29
Revisar según proceda (es decir, cuando el registro de las capacidades de decisión y las duraciones haya quedado ultimado)	Por determinar

II.1.4. Resumen del alcance y el plan de ejecución del proyecto

Alcance que debe estimarse:

- Diseño del sistema de suministro de fosfatos;
- Publicación de los diseños y especificaciones de construcción;
- Construcción y supervisión;
- 57 pozos de inyección nuevos hasta 152 cm (zonas de 952 cm por 952 cm, pozos en centros de 127 cm) y seis pozos de monitorización situados aguas abajo hasta 190 cm.
- Líneas de distribución, colección y transferencia;
- Costos de los productos químicos;
- Costos del muestreo en el laboratorio;
- Costos de explotación y mantenimiento;
- Demolición y disposición final;
- Informe de conclusión resumido.

II.1.5. Plan de adquisiciones

La estimación se basará en el diseño y la construcción, a cargo de subcontratistas, y la explotación y el mantenimiento, a cargo del contratista principal.

II.1.6. Fundamento del calendario de ejecución del proyecto

Está previsto que el diseño y la instalación de esta labor tengan lugar en un determinado año económico (280 000 dólares actuales como valor de referencia del diseño y las medidas de rehabilitación (plan de trabajo)). La infiltración comenzará en el tercer trimestre del año económico, y los ensayos se llevarán a cabo durante el tercer trimestre del año económico. El calendario efectivo estará supeditado a la financiación.

II.1.7. Metodología de elaboración de las estimaciones para las obras directas

Las estimaciones serán, esencialmente, análogas (suponiendo que los costos anteriores son indicadores de los costos futuros) o estarán determinadas por factores de los costos, sobre la base de los coeficientes de capacidad de tratamiento entre el flujo presente y el futuro mediante tasas. Los contratos de construcción del sistema de bombeo y tratamiento expedidos recientemente se recopilarán y examinarán para determinar los precios por unidad aplicables. Se consultará a subcontratistas experimentados en requisitos operacionales de los emplazamientos a fin de obtener información para la estimación de los costos reales.

Los precios del diseño ascenderán a una suma fija de 200 000 dólares sobre la base de la experiencia del estimador e información aportada por contratistas. (Se ha reunido el 90 % de los planos y especificaciones de diseño. La aplicación de esta tecnología es casi idéntica a la infiltración por goteo que aquí se prevé).

Los costos de los productos químicos y el sistema de suministro se basarán en presupuestos actuales de los proveedores derivados de los precios determinados en el año especificado y escalados al año del proyecto a razón del 2,8 % por cada año económico. Los costos de la perforación de los pozos se estimarán mediante el modelo de estimación de los costos elaborado con dicho fin. Los costos de explotación y mantenimiento se basarán en las aplicaciones de fosfatos en primavera y otoño (cuando los niveles del agua subterránea se encuentran en sus niveles máximo y mínimo y el flujo está cambiando de dirección). De ese modo, se dispondrá del máximo “tiempo de contacto” para que el fosfato reaccione con el uranio. Durante el resto del año se drenarán las líneas y cisternas.

Se parte del supuesto de una tasa de aplicación de 300 galones (1136 L) por minuto de una solución de fosfato de 52 mM (12,3 % monosódico, 77,4 % disódico y 10,3 % tripolifosfato; 2,43, 15,30 y 2,045 g/L, respectivamente). Se da por supuesto que se dispone fácilmente de agua con fines de disolución procedente de fuentes municipales cercanas de agua potable.

Los costos de trabajo directos en concepto de gestión del proyecto y apoyo de ingeniería se basarán en el rango histórico del 11,5 % al 14 % de los costos del proyecto totales, como se ha determinado en relación con los 271 millones de dólares gastados en proyectos de construcción de bombeo y tratamiento. Los costos del análisis en laboratorios se basarán en un calendario de ensayos suministrado por contratistas escalado a los años que corresponda.

Se parte del supuesto de que un informe resumido del análisis de la reducción de la lixiviabilidad cuesta una suma fija de 500 000 dólares, sobre la base de la experiencia del estimador e información aportada por contratistas.

II.1.8. Metodología de estimación de los costos indirectos

Los servicios en el emplazamiento no superarán la EGI, pero se aplicarán al margen del programa informático de estimación a título de tasa de recargo a efectos del informe sobre el ciclo de vida y la

solicitud presupuestaria en el año seleccionado. Los servicios basados en el uso, como los análisis en los laboratorios, se estimarán directamente sobre la base de datos históricos.

II.1.9. Año para la fijación de los precios y recargos en concepto de escalación

Está previsto que varíe el año correspondiente a la fijación de precios en relación con los precios por unidad de material y subcontratación. Los recargos en concepto de escalación se aplicarán individualmente en el programa de estimación a cada partida de material y subcontratación para situar todos los precios de ese archivo en un nivel de precios común. En los archivos del programa de estimación utilizado para las estimaciones se indicarán siempre precios del año económico que corresponda.

II.1.10. Programa informático para la estimación

Para la estimación se utilizará la segunda generación del programa informático del sistema de estimación de los costos asistido por microordenador (MCACES–MII).

II.1.11. Tasas en concepto de mano de obra y equipo

Normalmente, la estimación gubernamental correspondiente a la EGI de la modificación del contrato hará uso de las tasas de mano de obra exactas que utiliza el contratista para la propuesta (es decir, tasas aprobadas actualmente). Sin embargo, en esta situación se desconoce cuándo se presentará la solicitud de propuesta de modificación. En consecuencia, la estimación se basará en tasas del año económico utilizado como valor de referencia para el ciclo de vida.

II.1.12. Estructura de desglose de tareas

Las estimaciones emplearán la estructura de desglose de tareas de los contratistas del emplazamiento que refleje las configuraciones por unidad operables más recientes en la zona.

II.1.13. Supuestos relativos al perfil de financiación

Los valores de referencia para el ciclo de vida y el informe del ciclo de vida del año seleccionado presentan perfiles de financiación que cumplen la reglamentación. En ese sentido, no se prevé ningún límite de financiación. Se da por supuesto que se financiarán las actividades que se indiquen en el registro de decisiones pendientes y que se necesiten para cumplir los hitos.

II.1.14. Enfoque para la estimación de los riesgos previstos

Se preparará aparte un análisis de los riesgos para determinar los riesgos, y se aplicará un análisis conforme al método de Montecarlo (fuera del alcance del presente plan de preparación de la estimación).

II.1.15. Archivo de la estimación y ubicación de la copia de seguridad de la información

En vista del posible uso de la presente estimación con muy diversos fines, se guardarán los archivos del programa MCACES–MII y las correspondientes copias de seguridad de la información con fines de un previsible uso local inmediato.

Apéndice III

EJEMPLOS DE ESTIMACIONES DE LOS COSTOS RELACIONADAS CON UN TRATAMIENTO IN SITU ALTERNATIVO

En el presente apéndice figura un ejemplo de la referencia [10] sobre los costos correspondientes a un tratamiento in situ alternativo mediante la técnica de inyección de aire comprimido en combinación con la extracción de vapor del suelo para tratar el suelo y el agua subterránea en la zona fuente. La técnica incluye también una pared de tratamiento pasivo situada a lo largo del borde de ataque del penacho para tratar la migración de agua subterránea fuera del emplazamiento. Los costos de capital tienen lugar en el año cero. Los costos anuales de explotación y mantenimiento tienen lugar en los años 1 a 15. Los costos periódicos tienen lugar en los años 5, 10 y 15. La información que sigue procede de la sección 4 de la referencia [19].

La inyección de aire comprimido es una tecnología in situ consistente en inyectar aire en un acuífero contaminado. El aire inyectado pasa horizontal y verticalmente por canales atravesando la columna de suelo, con lo cual se crea un dispositivo desorbente que elimina contaminantes por volatilización. Este aire inyectado ayuda a lavar (por burbujeo) los contaminantes elevándolos a la zona no saturada, donde normalmente se aplica un sistema de extracción de vapor combinado con la inyección de aire comprimido para eliminar la contaminación de la fase del vapor generado. La tecnología está pensada para tasas de flujo altas a fin de mantener un mayor contacto entre el agua subterránea y el suelo y desorber más agua subterránea por inyección comprimida. El oxígeno añadido al agua subterránea contaminada y los suelos de la zona vadosa también puede favorecer la biodegradación de los contaminantes situados por debajo y por encima de la superficie freática. La inyección de aire comprimido tiene una duración media a larga que puede extenderse hasta unos cuantos años. Los grupos de contaminantes a los que va dirigida son compuestos orgánicos volátiles y combustibles. Solo se dispone de información limitada sobre el proceso. Puede utilizarse metano como modificación de la inyección de aire comprimido para propiciar el cometabolismo de las sustancias orgánicas cloradas.

Los factores que pueden limitar la aplicabilidad y la eficacia del proceso son:

- La falta de uniformidad en el flujo de aire que atraviesa la zona saturada, lo cual puede suponer un movimiento no controlado de vapores potencialmente peligrosos;
- La profundidad de los contaminantes y la geología específica del emplazamiento;
- Pozos de inyección de aire que no están diseñados para las condiciones específicas del emplazamiento;
- Una heterogeneidad de los suelos que puede hacer que, relativamente, algunas zonas no se vean afectadas.

Las características que deben determinarse son la permeabilidad del gas de la zona vadosa, la profundidad del agua, la tasa de flujo del agua subterránea, la influencia radial del pozo de inyección comprimida, la permeabilidad y las heterogeneidades del acuífero, la presencia de capas de permeabilidad baja, la presencia de líquidos densos de fase no acuosa, la profundidad de la contaminación y volatilidad y solubilidad de los contaminantes. Además, suele ser útil recopilar datos sobre la saturación del aire en la zona saturada mediante una sonda de neutrones durante un ensayo de inyección de aire comprimido.

Esta tecnología se ha demostrado en numerosos emplazamientos, aunque solo se ha documentado bien en unos pocos. La inyección de aire ha demostrado sensibilidad a cambios ínfimos en la permeabilidad, lo cual puede dar lugar a una desorción localizada entre los pozos de inyección comprimida y de monitorización.

La información sobre los principales inductores de costos y el análisis de los costos que figura en los cuadros 8 a 11 se elaboró en 2006 mediante el programa informático RACER. Los principales inductores de costos son: a) superficie (orientación de los contaminantes), principal inductor de los costos

que afecta directamente a la cantidad de puntos de inyección de aire comprimido, y b) profundidad de la contaminación, factor secundario que eleva los costos en la medida en que la profundidad repercute en los costos de perforación.

CUADRO 8. COSTOS DE CAPITAL

Medidas	Cantidad	Unidad	Costo por unidad (en dólares)	Total (en dólares)	Notas
Movilización/ desmovilización					
Equipo de construcción e instalaciones	1	Suma fija	8 829	8 829	Excavadoras, palas cargadoras, etc.
Presentaciones/planes de ejecución	1	1	33 761	33 761	Plan del proyecto de garantía de calidad (PPGC), energía hidráulica a pequeña escala, etc.
Instalaciones temporales y servicios públicos	1	1	49 664	49 664	Vallas, caminos, señales, remolques, etc.
Presentaciones posteriores a la construcción	1	1	14 469	14 469	Informes posteriores a la construcción
Total parcial-1				106 723	
Monitorización, muestreo, ensayos y análisis					
Pozos de monitorización — extracción de vapor del suelo	7	Cada una	1 577	11 040	Instalación al nivel de la superficie freática
Pozos de monitorización — muro de tratamiento — poco profundo	5	Cada una	2 965	14 826	Pozo poco profundo en cada uno de los cinco polos
Pozos de monitorización — muro de tratamiento — profundo	5	Cada una	6 212	31 061	Pozo profundo en cada uno de los cinco polos
Ensayos geotécnicos	17	Cada una	230	3 910	Muestras de suelo a intervalos de los filtros de los pozos de monitorización
Total parcial-2				60 838	
Obras en el emplazamiento					
Despeje y desbroce	2	ha	2 900	5 800	Zona de trabajo

CUADRO 8. COSTOS DE CAPITAL (cont.)

Medidas	Cantidad	Unidad	Costo por unidad (en dólares)	Total (en dólares)	Notas
Siembra/mantillo/ fertilizante	2	ha	3 570	7 140	Revegetación de la zona de las obras
Total parcial-3				12 940	
Inyección de aire comprimido/extracción de vapor del suelo					
Movilización del sistema de extracción de vapor del suelo	1	Cada una	1 534	1 534	Unidad móvil
Cubierta superficial impermeable	9 755	m ²	9	88 200	Revestimiento de polietileno de baja densidad
Pozos de extracción de vapor del suelo	8	Cada una	3 725	29 803	Pozos de 10 cm al nivel de la superficie freática
Pozos para la inyección de aire comprimido	2	Cada una	4 645	9 290	Profundidad del pozo = punto medio del acuífero
Sistema de extracción de vapor del suelo	1	Cada una	93 510	93 510	Unidad móvil (400 Nm ³ /hora)
Inyector de aire comprimido	1	Cada una	5 712	5 712	
Tuberías para la extracción de vapor del suelo	122	m	28,40	3 464	Tuberías, válvulas, accesorios, etc.
Tuberías para la inyección de aire comprimido	30,5	m	16,5	503	Tuberías, válvulas, accesorios, etc.
Conexiones eléctricas	0,3	m	9 898	9 898	
Puesta en marcha y ensayo	1	Suma fija	10 936	10 936	
Total parcial-4				252 850	
Pared de tratamiento pasivo					
Construcción de una zanja pantalla	1 376	m ³	245,25	337 460	Funcionamiento de la excavadora/bivalva
Instalación de medios reactivos	1 376	m ³	1 229	1 691 104	Preparar e inyectar goma guar/hierro en una pantalla
Total parcial-5				2 028 564	

CUADRO 8. COSTOS DE CAPITAL (cont.)

Medidas	Cantidad	Unidad	Costo por unidad (en dólares)	Total (en dólares)	Notas
Tratamiento/disposición final fuera del emplazamiento					
Transporte de detritos del suelo fuera del emplazamiento	25	Cada una	15	375	Transporte de bidones a un vertedero de desechos sólidos
Disposición final de detritos del suelo	25	Cada una	35	875	Tasa de disposición final de bidones en el vertedero de desechos sólidos
Descarga/ensayo de aguas residuales	1 135	L	0,26	300	Tasa municipal — agua para las operaciones
Total parcial-6				1 550	
Total de totales parciales (1-6)				2 463 464	
Contingencia para lo anterior	25 %			615 866	10 % alcance + 15 % licitación
Total-I				3 079 330	
Gestión del proyecto	5 %			153 967	
Diseños de rehabilitación	8 %			246 346	
Gestión de la construcción	6 %			184 760	
Controles institucionales					
Plan de controles institucionales	1	Cada una	5 000	5 000	Descripción de los controles/ aplicación
Restricción del uso de agua subterránea	1	Suma fija	3 200	3 200	Tasas legales
Base de datos informativos sobre el emplazamiento	1	Suma fija	4 800	4 800	Establecimiento del sistema de gestión de datos
Total-II				598 073	
Total de costos de capital = Total (I+II)				3 677 403	

CUADRO 9. COSTOS ANUALES DE EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo por unidad (en dólares)	Total (en dólares)	Notas
Vigilancia del desempeño					
Monitorización del vapor extraído del suelo	96	Cada una	308	29 532	1 muestra al mes de 8 pozos de extracción
Monitorización de las emisiones de vapor extraído del suelo	12	Cada una	308	3 692	1 muestra al mes — tubo de escape de extracción de vapor del suelo
Pared de tratamiento — muestreo de agua subterránea	4	Trimestre	2 449	9 795	Muestra de 10 pozos/trimestre
Pared de tratamiento — análisis de agua subterránea en el laboratorio	4	Trimestre	5 714	22 856	Análisis de lo anterior
Total parcial-1				65 875	
Monitorización del emplazamiento					
Muestreo de agua subterránea	4	Trimestre	1 820	7 280	Muestras y pozos/trimestre Calidad del trabajo con los compuestos orgánicos volátiles, metales
Análisis de agua subterránea en el laboratorio	4	Trimestre	5 460	21 839	Análisis de lo anterior
Total parcial-2				29 119	
Inyección de aire comprimido/extracción de vapor del suelo					
Mano de obra para las operaciones	12	Meses	6 120	73 440	136 horas de trabajo por persona/mes
Mano de obra para el mantenimiento	12	Meses	720	8 640	16 horas de trabajo por persona/mes
Reparación de equipo	1	Suma fija	500	500	
Servicios públicos	12	Meses	1 928	23 134	Electricidad y combustible
Total parcial-3				105 714	

CUADRO 9. COSTOS ANUALES DE EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO (cont.)

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo por unidad (en dólares)	Total (en dólares)	Notas
Tratamiento/disposición final fuera del emplazamiento, descarga/ensayo de aguas residuales	6 150	L	0,26	1 600	Tasa municipal, agua para purgas y separaciones
Total de totales parciales (1-3)				202 308	
Contingencia en relación con lo anterior	30 %			60 692	10 % alcance + 20 % licitación
Total-I				263 000	
Gestión del proyecto	5 %			13 150	
Apoyo técnico	10 %			26 300	
Controles institucionales — base de datos de información sobre el emplazamiento	1	Suma fija	3 600	3 600	Actualización y mantenimiento de la base de datos
Total-II				43 050	
Total de costos anuales de explotación y mantenimiento = Total (I+II)				306 050	

CUADRO 10. COSTOS PERIÓDICOS

Descripción	Año	Cantidad	Unidad	Costo por unidad (en dólares)	Total (en dólares)	Notas
Informe de examen quinquenal	5	1	Cada una	12 000	12 000	Informe al término del año 5
Actualización del plan de controles institucionales	5	1	Cada una	2 800	2 800	Actualización del plan
Total parcial-1					14 800	
Informe de examen quinquenal	10	1	Cada una	12 000	12 000	Informe al término del año 10
Actualización del plan de controles institucionales	10	1	Cada una	2 800	2 800	Actualización del plan
Total parcial-2					14 800	

CUADRO 10. COSTOS PERIÓDICOS (cont.)

Descripción	Año	Cantidad	Unidad	Costo por unidad (en dólares)	Total (en dólares)	Notas
Desmovilización del sistema de inyección de aire comprimido/ extracción de vapor del suelo	15	1	Suma fija	21 375	21 375	Retirada de equipo y tuberías
Abandono de los pozos	15	27	Cada una	350	9 450	
Contingencia en relación con lo anterior		25 %			7 706	Porcentaje de actividades de construcción
Gestión del proyecto (Porcentaje de suma + contingencia)		5 %			1 927	Porcentaje de construcción + contingencia
Informe sobre las medidas de rehabilitación	15	1	Cada una	8 000	8 000	
Total parcial-3					48 458	
Costos periódicos totales = Total de totales parciales (1-3)					78 058	

CUADRO 11. ANÁLISIS DEL VALOR ACTUAL

Tipo de costo	Año	Costo total (en dólares)	Costo total anual (en dólares)	Factor de descuento (7 %)	Valor actual (en dólares)
Costo de capital	0	3 677 404	3 677 404	1,000	3 677 404
Costos anuales de explotación y mantenimiento	1-15	4 590 765	306 051	9,108	2 787 511
Costos periódicos	5	14 800	14 800	0,713	10 552
Costos periódicos	10	14 800	14 800	0,508	7 518
Costos periódicos	15	48 458	48 458	0,362	17 542
Costo total		8 346 000			
Valor actual total					6 501 000

Apéndice IV

EJEMPLO DE ESTRUCTURA DE DESGLOSE DE TAREAS PARA ESTIMACIONES DE LOS COSTOS DE REHABILITACIÓN AMBIENTAL

IV.1. INTRODUCCIÓN

La estructura de desglose de tareas muestra las tareas comprendidas en el proyecto. Se trata de un instrumento que ayuda a comunicar fácilmente las tareas y los procesos necesarios para ejecutar el proyecto. La estructura de desglose de tareas sirve para determinar el calendario, las necesidades de recursos y los costos del proyecto. En el apéndice figuran diversos modelos que pueden emplearse, así como un ejemplo de estructura de desglose de tareas para un diseño de rehabilitación.

Para ahorrar espacio en el esquema, los ejemplos de estructuras de desglose de tareas se muestran solo hasta el tercer nivel. En el proyecto real la estructura llegaría a un nivel mucho más detallado conforme a la norma 8 a 80 (según la cual la estructura de desglose de tareas se desglosa en un paquete de tareas que contiene de 8 a 80 horas de trabajo para su ejecución).

IV.2. VISTA SINÓPTICA

La vista sinóptica es una representación de la estructura de desglose de tareas fácil de visualizar y comprender. También resulta útil al preparar la estructura de desglose de tareas, pues es fácil incorporar cambios, especialmente porque la función de autonumeración de los procesadores de texto generará de forma automática a la izquierda el código de la estructura.

1. Sistema de gestión de aparatos

1.1. Iniciación

- 1.1.1. Evaluar y formular recomendaciones
- 1.1.2. Elaborar la carta del proyecto
- 1.1.3. Presentar la carta del proyecto
- 1.1.4. Revisar la carta del proyecto (a cargo del patrocinador)
- 1.1.5. Firmar/aprobar la carta del proyecto

1.2. Planificación

- 1.2.1. Crear la declaración preliminar del alcance
- 1.2.2. Determinar el equipo del proyecto
- 1.2.3. Reunión de puesta en marcha del equipo del proyecto
- 1.2.4. Elaborar el plan del proyecto
- 1.2.5. Presentar el plan del proyecto
- 1.2.6. Recibir la aprobación del plan del proyecto

1.3. Ejecución

- 1.3.1. Reunión de puesta en marcha del proyecto
- 1.3.2. Verificar y validar los requisitos del usuario
- 1.3.3. Diseñar el sistema
- 1.3.4. Adquirir equipo y programas informáticos
- 1.3.5. Instalar el sistema de desarrollo
- 1.3.6. Ensayo

- 1.3.7. Instalar el sistema para su entrada en funcionamiento
- 1.3.8. Capacitar a los usuarios
- 1.3.9. Entrada en funcionamiento

- 1.4. Control
 - 1.4.1. Tareas de gestión del proyecto
 - 1.4.2. Reuniones sobre la marcha del proyecto
 - 1.4.3. Tareas de gestión de los riesgos
 - 1.4.4. Actualización del plan de gestión del proyecto

- 1.5. Cierre
 - 1.5.1. Auditoría de las adquisiciones
 - 1.5.2. Documentar las enseñanzas extraídas
 - 1.5.3. Actualizar los archivos/registros
 - 1.5.4. Obtener la aceptación formal
 - 1.5.5. Archivar los archivos/documentos

IV.3. ESTRUCTURA JERÁRQUICA

La estructura jerárquica que figura en el cuadro 12 incorpora una columna en la que se indica el nivel de la fase en la estructura de desglose de tareas. Resulta más trabajoso conseguir que funcione en este formato la función de autonumeración de un procesador de texto.

CUADRO 12. EJEMPLO DE ESTRUCTURA JERÁRQUICA

Nivel	Código en la estructura de desglose de tareas	Nombre del elemento
1	1.	Sistema de gestión de aparatos
2	1.1.	Iniciación
3	1.1.1.	Evaluar y formular recomendaciones
3	1.1.2.	Elaborar la carta del proyecto
3	1.1.3.	Presentar la carta del proyecto
3	1.1.4.	Revisar la carta del proyecto (a cargo del patrocinador)
3	1.1.5.	Firmar/aprobar la carta del proyecto
2	1.2.	Planificación
3	1.2.1.	Crear la declaración preliminar del alcance
3	1.2.2.	Determinar el equipo del proyecto
3	1.2.3.	Reunión de puesta en marcha del equipo del proyecto

CUADRO 12. EJEMPLO DE ESTRUCTURA JERÁRQUICA (cont.)

Nivel	Código en la estructura de desglose de tareas	Nombre del elemento
3	1.2.4.	Elaborar el plan del proyecto
3	1.2.5.	Presentar el plan del proyecto
3	1.2.6.	Recibir la aprobación del plan del proyecto
2	1.3.	Ejecución
3	1.3.1.	Reunión de puesta en marcha del proyecto
3	1.3.2.	Verificar y validar los requisitos del usuario
3	1.3.3.	Diseñar el sistema
3	1.3.4.	Adquirir equipo y programas informáticos
3	1.3.5.	Instalar el sistema de desarrollo
3	1.3.6.	Ensayo
3	1.3.7.	Instalar el sistema para su entrada en funcionamiento
3	1.3.8.	Capacitar a los usuarios
3	1.3.9.	Entrada en funcionamiento
2	1.4.	Control
3	1.4.1.	Tareas de gestión del proyecto
3	1.4.2.	Reuniones sobre la marcha del proyecto
3	1.4.3.	Tareas de gestión de los riesgos
3	1.4.4.	Actualización del plan de gestión del proyecto
2	1.5.	Cierre
3	1.5.1.	Auditoría de las adquisiciones
3	1.5.2.	Documentar las enseñanzas extraídas
3	1.5.3.	Actualizar los archivos/registros
3	1.5.4.	Obtener la aceptación formal
3	1.5.5.	Archivar los archivos/documentos

IV.4. VISTA TABULAR

La vista tabular que aparece en el cuadro 13 consta de un cuadro bien organizado que separa visualmente los niveles de la estructura de desglose de tareas. Es una buena opción para una organización que prefiere los formatos tabulares. El procesador de texto puede automatizar la numeración (asignación de códigos).

IV.5. VISTA DE LA ESTRUCTURA ARBÓREA

La vista de la estructura arbórea que aparece en la figura 10 es el formato más popular de la estructura de desglose de tareas. Representa la estructura de desglose de tareas de forma sencilla, pero no resulta fácil crearla sin una aplicación diseñada específicamente para crear esta estructura de organigrama. La estructura arbórea que aparece en la figura 10 se creó utilizando solo Microsoft Word y la opción de gráficos SmartArt que aparece en la pestaña “Insertar” de la cinta.

CUADRO 13. EJEMPLO DE VISTA TABULAR

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
1. Sistema de gestión de aparatos	1.1. Iniciación	1.1.1. Evaluar y formular recomendaciones 1.1.2. Elaborar la carta del proyecto 1.1.3. Presentar la carta del proyecto 1.1.4. Revisar la carta del proyecto (a cargo del patrocinador) 1.1.5. Firmar/aprobar la carta del proyecto
	1.2. Planificación	1.2.1. Crear la declaración preliminar del alcance 1.2.2. Determinar el equipo del proyecto 1.2.3. Reunión de puesta en marcha del equipo del proyecto 1.2.4. Elaborar el plan del proyecto 1.2.5. Presentar el plan del proyecto 1.2.6. Recibir la aprobación del plan del proyecto
	1.3. Ejecución	1.3.1. Reunión de puesta en marcha del proyecto 1.3.2. Verificar y validar los requisitos del usuario 1.3.3. Diseñar el sistema 1.3.4. Adquirir equipo y programas informáticos 1.3.5. Instalar el sistema de desarrollo 1.3.6. Ensayo 1.3.7. Instalar el sistema para su entrada en funcionamiento 1.3.8. Capacitar a los usuarios 1.3.9. Entrada en funcionamiento
	1.4. Control	1.4.1. Tareas de gestión del proyecto 1.4.2. Reuniones sobre la marcha del proyecto 1.4.3. Tareas de gestión de los riesgos 1.4.4. Actualización del plan de gestión del proyecto
	1.5. Cierre	1.5.1. Auditoría de las adquisiciones 1.5.2. Documentar las enseñanzas extraídas 1.5.3. Actualizar los archivos/registros 1.5.4. Obtener la aceptación formal 1.5.5. Archivar los archivos/documentos

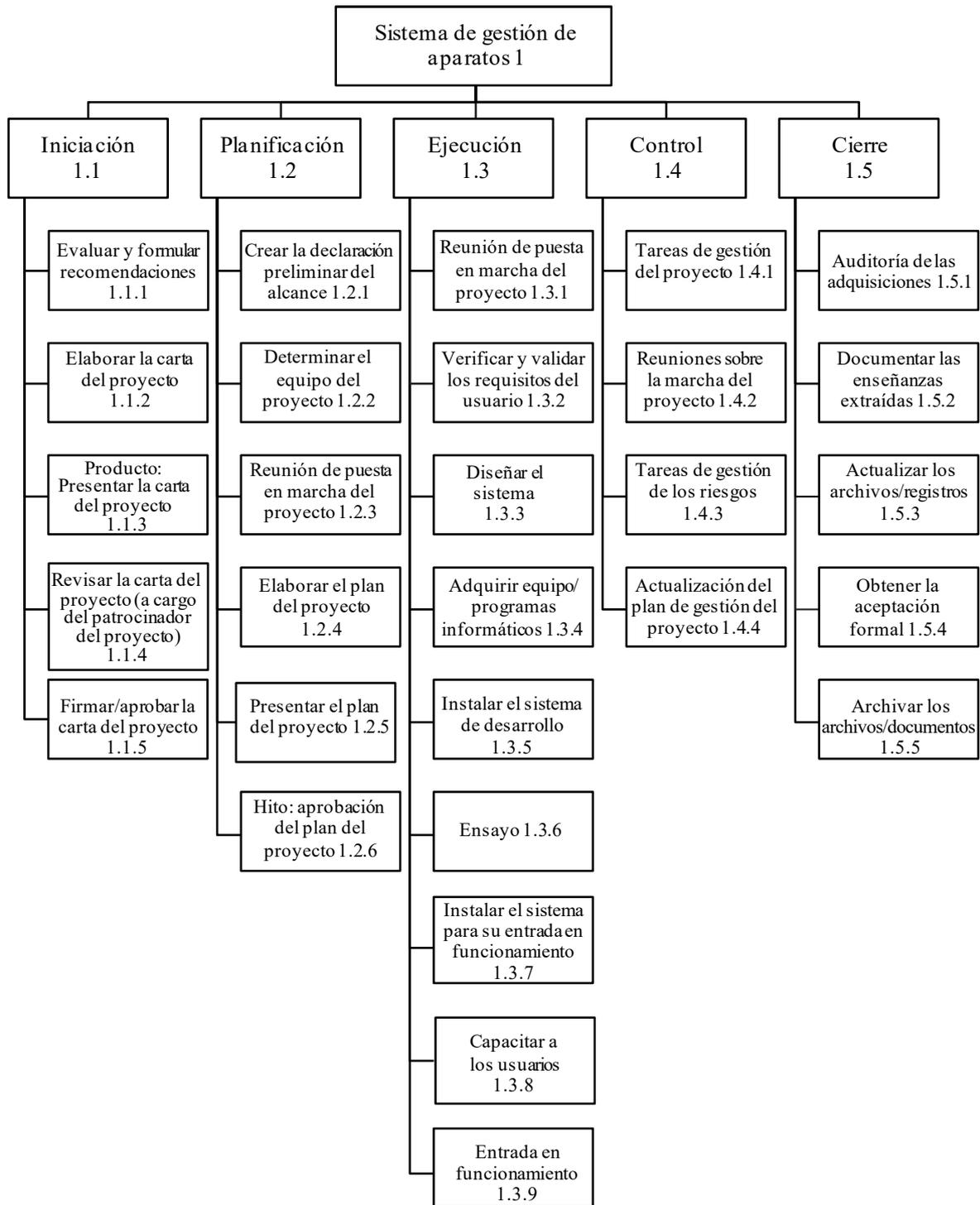


Fig. 10. Vista de la estructura arbórea.

Apéndice V

COSTOS DE LA TECNOLOGÍA DE REHABILITACIÓN

Con este apéndice se pretende presentar una sinopsis de los costos de determinadas tecnologías de rehabilitación y los factores que los determinan. La información procede principalmente del cuadro 2-7 de la referencia [19] y de la referencia [22]. Se alienta encarecidamente a los lectores a que dediquen tiempo a revisar con detenimiento estas referencias para obtener más información sobre las tecnologías examinadas, su rendimiento, el costo, etc. Normalmente se procederá a la determinación de los costos de una tecnología específica en el marco de una labor amplia de documentación de los costos totales del proyecto. Algunos costos de una tecnología específica son subconjuntos de los costos generales del proyecto que se obtienen desglosando las cifras correspondientes a todo el proyecto.

Las partidas de costos de capital correspondientes a tecnología incluyen gran parte de los costos fijos en los que se incurre durante la construcción y la puesta en marcha de una actividad de rehabilitación, como la movilización y desmovilización de equipo y personal de tecnología a un emplazamiento o desde este, la preparación del emplazamiento y la compra de equipo. Los costos de explotación y mantenimiento incluyen gran parte de los costos en curso o recurrentes de una actividad de rehabilitación, como los costos en concepto de mano de obra, materiales y servicios públicos.

En el cuadro 14 aparece un ejemplo de los elementos que contribuyen a la configuración de los costos de una tecnología de rehabilitación determinada. El formato se basa en la documentación de los costos de capital y los costos de explotación y mantenimiento para la aplicación de la tecnología. En el marco de esas categorías principales, en el cuadro 15 se muestran todos los tipos de elementos que normalmente deben tenerse en cuenta, como el equipo y los accesorios en calidad de costos de capital y la mano de obra, los materiales y los servicios públicos en calidad de costos de explotación y mantenimiento.

Se utilizan costos por unidad calculados para comparar y contrastar las tecnologías de rehabilitación. Por lo general, los costos por unidad deben expresarse como el costo total de una aplicación tecnológica específica dividido por la unidad de medida que corresponda. Los costos por unidad dependen en gran medida de las condiciones específicas del emplazamiento y deben extrapolarse a otros emplazamientos con cautela. Para dotar de coherencia al cálculo de los costos por unidad, es importante la coherencia entre la base empleada para elaborar el costo total y la empleada para elaborar la unidad de medida. Para simplificar el cálculo de los costos por unidad, al calcular los costos por unidad de una tecnología específica basta con incluir los elementos de los costos de capital y de explotación y mantenimiento. El costo total de una aplicación no deberá incluir otras fases o actividades del proyecto, como la evaluación preliminar o investigación del emplazamiento, la fase RI/FS, el diseño de la rehabilitación o la vigilancia y la monitorización a largo plazo después del cierre. Como se mencionaba antes, la base adecuada para calcular la unidad de medida para cada aplicación variará en cada emplazamiento en función de la tecnología de rehabilitación empleada, el medio tratado y los datos de rendimiento disponibles.

Los costos por unidad habituales en la rehabilitación de aguas subterráneas consisten en un costo por miles de metros cúbicos de agua tratada y un costo por kilogramo de contaminante retirado. En el caso de la rehabilitación de suelos, los costos por unidad habituales consisten en un costo por metro cúbico de suelo tratado y un costo por kilogramo de contaminante retirado.

Los costos por unidad deben calcularse y comunicarse en relación con una aplicación tecnológica determinada junto con información suficiente (acompañada de una explicación detallada de la base del cálculo del costo por unidad) para que puedan compararse los niveles de los costos por unidad calculados con los de otras aplicaciones tecnológicas con fines de rehabilitación.

CUADRO 14. ELEMENTOS DE LOS COSTOS DE UNA TECNOLOGÍA DE REHABILITACIÓN [23]

Categoría/elemento de los costos	Ejemplos de partidas
Costo de capital de la tecnología	
Movilización, establecimiento y desmovilización de la tecnología	Se incluyen el transporte (franco a bordo) o la entrega de equipo, instalaciones y personal al emplazamiento o desde este, así como el establecimiento de las instalaciones temporales y los servicios públicos necesarios para la construcción y la puesta en marcha de la tecnología de rehabilitación.
Planificación y preparación	Se incluyen los permisos y licencias, con inclusión de los permisos en materia de emisión de aire y descarga de agua; las tasas de las licencias correspondientes al uso de una tecnología; la interacción reglamentaria, y diversos planes escritos, como planes de trabajo, planes de muestreo y análisis, planes de salud y seguridad, planes de relaciones con las comunidades y planes de gestión del emplazamiento.
Obras en el emplazamiento	Se incluyen todas las obras necesarias para el establecimiento de la infraestructura física para la aplicación de una tecnología y las actividades necesarias para devolver a un emplazamiento las condiciones previas a la contaminación o cumplir las especificaciones de un plan de rehabilitación del emplazamiento. Se incluyen las actividades ligadas a la preparación de un emplazamiento determinado, como el despeje y desbroce; el terraplenado, y la construcción de servicios públicos, alcantarillado, parcelas de tratamiento, cimientos y estructuras de control de los derrames.
Equipo y accesorios; estructuras; equipo y accesorios para los procesos/construcción; otros artículos	Se incluyen las estructuras y accesorios; la construcción o instalación de componentes y materiales de la tecnología de la rehabilitación, con inclusión de piezas y suministros para el funcionamiento de la tecnología y los accesorios; la compra (amortización), el alquiler o el arrendamiento de equipo, y las renovaciones, modificaciones o sustituciones de la planta. En cuanto a la contención, deberá interpretarse en un sentido amplio que comprende estructuras como muros o remates pantalla; en el caso del bombeo y el tratamiento, se incluyen la construcción e instalación de pozos de extracción.
Puesta en marcha y ensayo	Se incluyen las actividades ligadas a la puesta en marcha de la tecnología de tratamiento, como el establecimiento de las condiciones de funcionamiento, la puesta a prueba y la capacitación del personal de explotación y mantenimiento.
Otros (incluido el equipo no relacionado con procesos)	Se incluyen los demás costos de capital vinculados con la tecnología en cuestión que no se han indicado antes. Por lo general, se incluirán los costos correspondientes a equipo no relacionado con procesos. Este consta de equipo de oficina y administrativo, como equipo informático y de procesamiento de datos, equipo de seguridad y vehículos.
Costo de explotación y mantenimiento de la tecnología	
Mano de obra	Se incluyen la mano de obra encargada del funcionamiento y el mantenimiento de la tecnología y el equipo conexas, la supervisión de la mano de obra y los gastos en concepto de nómina de sueldos. Están comprendidas las operaciones en curso, así como las actividades preventivas y de mantenimiento correctivo.

CUADRO 14. ELEMENTOS DE LOS COSTOS DE UNA TECNOLOGÍA DE REHABILITACIÓN [23]
(cont.)

Categoría/elemento de los costos	Ejemplos de partidas
Materiales	Se incluyen los suministros de artículos fungibles, los materiales para los procesos, los productos químicos a granel y las materias primas. Están comprendidas las operaciones en curso, así como las actividades preventivas y de mantenimiento correctivo.
Servicios públicos y combustible	Se incluyen los suministros de energía fungible, como el combustible, la electricidad, el gas natural y el agua. Están comprendidas las operaciones en curso, así como las actividades preventivas y de mantenimiento correctivo.
Propiedad, alquiler o arrendamiento de equipo	Se incluyen la compra (amortización), el alquiler o el arrendamiento del equipo necesario para la explotación y el mantenimiento de componentes de la tecnología de rehabilitación.
Ensayos y análisis del rendimiento	Se incluyen la monitorización, el muestreo, los ensayos y los análisis que tienen por objeto evaluar el rendimiento de una tecnología. No se incluyen actividades semejantes dirigidas a demostrar el cumplimiento de los reglamentos aplicables y los permisos específicos para la aplicación de la tecnología.
Otros (incluido el equipo no relacionado con procesos)	Se incluyen todos los costos de explotación y mantenimiento vinculados con una tecnología determinada que no se han indicado antes. Los costos constan generalmente de gastos generales en concepto de equipo no relacionado con procesos y en concepto de salud y seguridad relacionadas con el equipo y de la labor de explotación y mantenimiento de una tecnología. Los gastos generales en concepto de equipo no relacionado con procesos constan del mantenimiento y la reparación del equipo de oficina y administrativo, como equipo informático y de procesamiento de datos, equipo de seguridad y vehículos. Los costos en concepto de salud y seguridad incluyen los correspondientes a equipos de protección individual y al seguimiento de la salud y la seguridad del personal.
<hr/>	
Otros costos de una tecnología específica	
Ensayos y análisis del cumplimiento	Se incluyen el seguimiento, el muestreo, los ensayos y análisis dirigidos a demostrar el cumplimiento de los reglamentos aplicables y los permisos específicos para la aplicación de la tecnología. No se incluyen las actividades semejantes dirigidas a vigilar el rendimiento de una tecnología.
Excavación, agrupación y control de suelo, lodo y escombros	Se incluyen las actividades ligadas a la excavación, agrupación y control de suelo, lodo y escombros contaminados antes del tratamiento ex situ, incluida la manipulación intermedia de los medios contaminados. Este elemento incluye la reunión de bidones que contienen medios contaminados.
Disposición final de residuos	Se incluyen las actividades ligadas a la disposición final de los residuos de desechos primarios y secundarios procedentes del funcionamiento de la tecnología, como el suelo tratado que se somete a disposición final fuera del emplazamiento. Comprende la disposición final de residuos de desecho en el emplazamiento y fuera de él.

CUADRO 14. ELEMENTOS DE LOS COSTOS DE UNA TECNOLOGÍA DE REHABILITACIÓN [23]
(cont.)

Categoría/elemento de los costos	Ejemplos de partidas
Otros costos del proyecto	Se incluyen todas las actividades ligadas a la rehabilitación de un emplazamiento contaminado que no se atribuyen directamente a una tecnología específica, como la movilización y desmovilización, las obras en el emplazamiento y las actividades de restauración del emplazamiento. Puede que estos costos sirvan para comparar los costos de los proyectos de rehabilitación en su totalidad y los costos de una tecnología específica con los del proyecto en su totalidad.

En un estudio realizado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América para analizar los costos de las distintas tecnologías de rehabilitación, se tuvo en cuenta lo siguiente [24]:

- Determinación de los proyectos en relación con los cuales se disponía de datos sobre los costos para cada tecnología;
- Determinación de los proyectos en relación con los cuales se disponía de costos plenamente definidos para cada tecnología;
- Normalización de los costos totales de los proyectos con datos sobre los costos plenamente definidos en función del momento y la ubicación;
- Determinación de los costos por unidad para los proyectos con datos sobre los costos plenamente definidos;
- Aplicación de un análisis de los costos para cada tecnología.

Gracias al estudio fue posible formular conclusiones generales, que se presentan a continuación.

Las correlaciones entre los costos por unidad y la cantidad tratada o la masa retirada eran evidentes en cuatro de las tecnologías estudiadas. Se observaron economías de escala para las cuatro tecnologías en las que los costos por unidad disminuían a medida que se trataban cantidades mayores. Los costos por unidad más altos en los casos de cantidades menores se atribuyen al efecto de los costos fijos (los costos de referencia para la construcción y la instalación de la tecnología). Los costos de las aplicaciones tecnológicas son específicos para cada emplazamiento y se ven determinados por muchos factores. El alto grado de variabilidad relativa demuestra que, en potencia, varios factores repercuten en el costo de una aplicación tecnológica, que esos factores varían en función de la tecnología y que la repercusión de esos factores es específica para cada emplazamiento. Son ejemplos de factores de otro tipo las propiedades del contaminante presente y las características de la matriz tratada; las concentraciones de contaminantes y la distribución de la contaminación subsuperficial; el tipo y las propiedades del suelo, y la hidrogeología del emplazamiento, incluidas las características del acuífero. Las tecnologías de rehabilitación se ven afectadas por otros factores diversos. Entre estos otros factores que afectan a los costos de todas las tecnologías de rehabilitación cabe mencionar las fuerzas de mercado, como la oferta y la demanda, el estado de desarrollo de la tecnología y los requisitos de reglamentación. El efecto específico de esos factores en los costos del proyecto es difícil de cuantificar, pues puede que varíen de una ubicación a otra y que cambien con el tiempo.

En cuanto a tecnologías concretas, para los tipos de tratamiento por biorremediación distintos de la bioventilación no se ha observado correlación alguna entre el costo por unidad y la cantidad tratada de suelo o agua subterránea. Los datos sobre los costos de distintos tipos de proyectos de biorremediación (suelo in situ, suelo ex situ y agua subterránea in situ) fueron limitados. Mientras que no era evidente la correlación cuantitativa, los costos por unidad correspondientes a la biorremediación se veían afectados en potencia por otros factores, entre ellos el tipo de suelo y la composición química del acuífero, la

hidrogeología del emplazamiento, el tipo y la cantidad de las modificaciones empleadas y el tipo y el alcance de la contaminación.

En el caso de los sistemas de bombeo y tratamiento de agua subterránea, se observó una correlación entre el costo por unidad y la cantidad de agua subterránea tratada, tanto para el costo de capital por unidad como para el costo de explotación anual medio por unidad. El costo de capital por unidad disminuyó de cerca de 60-700 dólares por 3785 litros al año para los proyectos en los que se trataba hasta 114 millones de litros de agua subterránea al año a menos de 20 dólares por 3785 litros al año para los proyectos en los que se trataban cantidades relativamente mayores de agua subterránea. El costo de explotación anual medio por unidad disminuyó de cerca de 10-120 dólares por 3785 litros al año para los proyectos en los que se trataba menos de 76 millones de litros de agua subterránea al año a menos de 5 dólares por 3785 litros al año para los proyectos en los que se trataban cantidades mayores de agua subterránea.

En relación con las barreras reactivas permeables, no se disponía de datos para realizar un análisis cuantitativo del costo por unidad en comparación con la cantidad de agua subterránea tratada, pues faltaba información sobre la cantidad tratada. Se disponía de los costos de capital en relación con 16 proyectos de este tipo, y de costos de explotación anuales con respecto a 2. Sin embargo, los estudios de casos de barreras reactivas permeables no aportan información sobre la longevidad prevista del proyecto ni sobre la cantidad de agua subterránea tratada o la masa de contaminantes tratados, como tampoco indican los costos por unidad ni la información necesaria para su cálculo. Aunque no pudieron establecerse correlaciones, los costos por unidad correspondientes a las barreras reactivas permeables se ven afectados potencialmente por otros factores, entre ellos las propiedades de los contaminantes y el grado de contaminación, la necesidad de control de las fuentes, el entorno hidrogeológico y la geoquímica del acuífero.

En el cuadro 15 figura una sinopsis de las tecnologías utilizadas para la rehabilitación de medios ambientales contaminados por radionucleidos. Puede que las características de emplazamientos y contaminantes específicos limiten la aplicabilidad y la eficacia de cualquiera de los tratamientos y tecnologías enumerados en el cuadro. El emplazamiento advierte de que la matriz debe utilizarse siempre en combinación con las secciones del texto correspondientes, en las que figura información adicional que puede ser útil para determinar las tecnologías de posible aplicación.

Tratamiento físico/químico in situ — solidificación/estabilización

Los costos de los procesos con sistemas con cabezas de reactivos/inyectores auger/caisson varían en gran medida en función de los materiales o reactivos utilizados, su disponibilidad, el tamaño del proyecto y el carácter químico de los contaminantes (por ejemplo, los tipos y los niveles de concentración para las aplicaciones poco profundas). El promedio de las técnicas auger/mezcla de suelos es de 50 a 80 dólares por metro cúbico (40 a 60 dólares por yarda cúbica) para las aplicaciones poco profundas y de 190 a 330 dólares por metro cúbico (150 a 250 dólares por yarda cúbica) para las aplicaciones más profundas.

La técnica de mezcla de suelos poco profundos procesa una media de 36 a 72 toneladas métricas (40 a 80 toneladas) por hora, y la técnica de mezcla de suelos profundos presenta un promedio de 18 a 45 toneladas métricas (20 a 50 toneladas) por hora.

El costo de inyectar lechada varía en función de las condiciones de cada emplazamiento. Los costos de la perforación oscilan de 50 a 150 dólares/30 cm, y los de la lechada de 50 a 75 dólares/30 cm, sin inclusión de los gastos por movilización, disposición final del lavado o condiciones adversas en el emplazamiento. En el caso de la vitrificación in situ, los costos medios de los ensayos de tratabilidad (todos los tipos) son de 25 000 dólares más tasas de análisis. Los costos en concepto de movilización y desmovilización de equipo van de 200 000 a 300 000 dólares combinados. Los costos de explotación relacionados con la vitrificación varían en función de los costos de la electricidad, la cantidad de agua y la profundidad del proceso. Se propusieron costos de vitrificación estimados en 415 a 472 dólares por tonelada de suelo tratado; los valores de otras estimaciones de los costos de la vitrificación rondan los 350 dólares por m³.

CUADRO 15. MATRIZ PARA LA PRESELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO — TRATAMIENTO DE RADIONUCLEIDOS [19]

Tecnología	Estado de desarrollo	Calificación del uso	Aplicabilidad	Fiabilidad	Tiempo de limpieza	Función de la tecnología
Suelo, sedimento y lodo						
Tratamiento físico/químico in situ						
Solidificación/estabilización	Pleno	Limitada	Mejor	Medio	Medio	Inmovilización
Tratamiento físico/químico ex situ						
Solidificación/estabilización	Pleno	Limitada	Mejor	Mejor	Mejor	Extracción/inmovilización
Agua subterránea, agua superficial y lixiviado						
Tratamiento físico/químico ex situ (supuesto de bombeo)						
Intercambio iónico	Pleno	Amplia	Media	Mejor	Media	Extracción
Precipitación/coagulación/floculación	Pleno	Amplia	Media	Mejor	Media	Extracción
Separación	Pleno	Limitada		Media	Mejor	Extracción
Inyección en pozos profundos	Pleno	Limitada	Media	Media	NA	Inmovilización

Tratamiento físico/químico ex situ — solidificación/estabilización

La información sobre los principales inductores de costos y los análisis de los costos dependen del tipo de desecho y del tamaño del sistema móvil:

- Tipo de desecho:
 - El contenido de humedad del lodo eleva los costos en comparación con los sólidos;
 - La concentración y el tipo de los contaminantes determinan el número de reactivos añadidos a los desechos para cumplir las normas de tratamiento establecidas.
- Tamaño del sistema móvil de solidificación/estabilización:
 - Tamaño correcto del sistema móvil de solidificación/estabilización para gestionar debidamente el volumen de desechos producido.

En el cuadro 16 se indican los costos correspondientes al tratamiento ex situ en cuatro situaciones hipotéticas distintas.

Intercambio iónico

El costo de un sistema normal de intercambio iónico oscila de 0,08 a 0,21 dólares por cada 1000 litros tratados [19, sección 4.48].

Precipitación/coagulación/floculación

En el cuadro 17 se representan los costos estimados (por unidad de medida común) que deben aplicarse a las tecnologías de precipitación/coagulación/floculación en emplazamientos de tamaño y complejidad diversos.

Separación

Los costos habituales de la filtración oscilan entre 0,36 y 1,20 dólares por cada 1000 L tratados. El costo de la desvitrificación congelada se estima en apenas 8 dólares por 1000 L en una instalación donde se tratan 150 L por minuto.

Inyección en pozos profundos

No se dispone de costos en relación con esta tecnología.

CUADRO 16. COSTO DEL TRATAMIENTO [19]

Parámetros	Situación hipotética A	Situación hipotética B	Situación hipotética C	Situación hipotética D
	Emplazamiento pequeño		Emplazamiento grande	
Costo por metro cúbico (en dólares)	216	248	124	190

CUADRO 17. COSTOS ESTIMADOS APLICABLES A LA TECNOLOGÍA DE PRECIPITACIÓN/COAGULACIÓN/FLOCULACIÓN [19]

Tecnología para aguas subterráneas	Precipitación/coagulación/floculación			
	Situaciones hipotéticas A y B		Situaciones hipotéticas C y D	
	Emplazamiento pequeño		Emplazamiento grande	
Volumen (1000 L/a)	40 000		130 000	
Costo por 1000 L/a (en dólares)	11		4	

REFERENCIAS

- [1] OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Uranium 2009: Resources, Production and Demand, OECD/NEA and IAEA, Vienna (2010).
- [2] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, COMISIÓN EUROPEA, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, *Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales de seguridad, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° GSR Part 3, OIEA, Viena, 2016.
- [3] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Proceso de rehabilitación de zonas afectadas por actividades y accidentes pasados, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° WS-G-3.1, OIEA, Viena, 2009.
- [4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Non-Technical Factors Impacting on the Decision Making Processes in Environmental Remediation, IAEA-TECDOC-1279, IAEA, Vienna (2002).
- [5] EUROPEAN COMMISSION, Radiation Protection 115, CARE Final Report, European Commission, Belgium (1999).
- [6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Remediation of Sites with Mixed Contamination of Radioactive and Other Hazardous Substances, Technical Reports Series No. 442, IAEA, Vienna (2006).
- [7] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Liberación de los emplazamientos del control reglamentario después de la finalización de las prácticas, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° WS-G-5.1, OIEA, Viena, 2010.
- [8] UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, Guidance for Conducting Remedial Investigations and Feasibility Studies under CERCLA, October, EPA 540/G-89/004, OSWER 9355.3-01, EPA, Washington, DC (1988).
- [9] EGLIN, E.B., STRAUS, S.D., Classifying RI/FS costs under a policy of general liability insurance: Indemnity or defense?, *Fordham Environmental Law Review* 5 2 (2011).
- [10] UNITED STATES ARMY CORPS OF ENGINEERS, A Guide to Developing and Documenting Cost Estimates During the Feasibility Study, EPA 540-R-00-002, OSWER 9355.0-75, EPA, Washington, D.C. (2000).
- [11] INTERNATIONAL COUNCIL ON MINING AND METALS, Planning for Integrated Mine Closure: Toolkit, ICMM, London (2008).
- [12] UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, Title 40: Protection of Environment, Code of Federal Regulations (2018), <https://ecfr.io/>
- [13] BIELE, H., HURST, S., “Long-term aspects of uranium mining remediation”, *Uranium in the Environment: Mining Impact and Consequences* (MERKEL, B., HASCH-BERGER, A. (Eds), Springer Verlag, Berlin (2006) 1—9.
- [14] MINISTRY OF WATER AND ENVIRONMENTAL PROTECTION, National Commission for the Control of Nuclear Activities: Safety Norms Regarding the Management of Radioactive Wastes from Mining and Processing Activities of Uranium and Thorium, Norm NMR-02, Official Gazette of Romania, Part I, No. 867 (2002).
- [15] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Monitoring and Surveillance of Residues from the Mining and Milling of Uranium and Thorium, Safety Reports Series No. 27, IAEA, Vienna (2002).
- [16] AECOM, Overview of the Remedial Action Cost Engineering Requirements (RACER®) Software, AECOM, Denver, CO (2014).
- [17] PRICE-WATERHOUSE COOPERS, LLP, Racer Accreditation Recommendation, prepared for the Department of the Air Force, Civil Engineering Support Agency, Tyndal Air Force Base, 2001.
- [18] UNITED STATES AIR FORCE CIVIL ENGINEER CENTER, Final Accreditation Report Version 3.0 for Remedial Action Cost Engineering and Requirements (RACER™), Air Force Civil Engineering Center (AFCEC/CZR), Lackland AFB, TX (2014).
- [19] VAN DEUREN, J., LLOYD, T., CHHETRY, S., LIOU, R., PECK, J., Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide, 4th edn, US Army Environmental Center, Aberdeen, MD (2002), http://www.frtr.gov/matrix2/top_page.html
- [20] UNITED STATES OFFICE OF MANAGEMENT AND BUDGET, Memorandum for the Heads of Departments and Agencies, 2015 Discount Rates for OMB Circular No. A-94 (January, 2015).
- [21] UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY, Cost Estimating Guide, DOE G 430.1-1 (1997).

- [22] UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, Remedial Design/Remedial Action Statement of Work (2017),
<https://www.justice.gov/enrd/consent-decree/file/1028736/download>
- [23] UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, Guide to Documenting and Managing Cost and Performance Information for Remediation Projects, EPA 542-B-98-007 (1998).
- [24] UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, Remediation Technology Cost Compendium — Year 2000, EPA 542-R-01-009, EPA, Washington, DC (2000).

Anexo I

DICCIONARIO DE ESTRUCTURAS DE DESGLOSE DE TAREAS

En el diccionario de estructuras de desglose de tareas que se presenta en el cuadro I-1 figuran todos los detalles de la estructura de desglose de tareas necesarios para la ejecución satisfactoria del proyecto. Lo que es más importante, en él figura una definición de cada paquete de tareas que puede entenderse como minideclaración sobre el alcance. En vista de que los participantes en el proyecto se remitirán al diccionario para determinar el alcance del paquete de tareas que se les ha asignado, es importante la claridad en la redacción de la definición. La mayoría de los diccionarios para estructuras de desglose de tareas contienen más información de la que se indica en la siguiente muestra. Son elementos normales, entre otros, el nivel de esfuerzo, cifras sobre el control de los costos, asignaciones de recursos y asignación de responsabilidades.

CUADRO I-1. TERMINOLOGÍA APLICABLE A UNA ESTRUCTURA DE DESGLOSE DE TAREAS

Nivel	Código en la estructura de desglose de tareas	Nombre del elemento	Definición
1	1	Sistema [de gestión de aparatos]	El código 1 es el nombre del proyecto. En el presente ejemplo se nombran todas las tareas necesarias para implantar un nuevo sistema [de gestión de aparatos]
2	1.1	Iniciación	Tareas de puesta en marcha del proyecto
3	1.1.1	Evaluar y formular recomendaciones	Un grupo de trabajo evalúa los conjuntos de soluciones y formula recomendaciones.
3	1.1.2	Elaborar la carta del proyecto	Un gestor del proyecto define los parámetros, principios y propósitos del proyecto.
3	1.1.3	Presentar la carta del proyecto	Se entrega la carta del proyecto al patrocinador del proyecto.
3	1.1.4	Revisar la carta del proyecto (a cargo del patrocinador)	El patrocinador del proyecto revisa la carta del proyecto.
3	1.1.5	Firmar/aprobar la carta del proyecto	El patrocinador del proyecto autoriza al gestor del proyecto el paso a la fase de planificación.
2	1.2	Planificación	Tareas de planificación del proyecto.
3	1.2.1	Crear la declaración preliminar del alcance	El gestor del proyecto describe los parámetros del proyecto de manera que puedan revisarse a medida que se reúna más información.
3	1.2.2	Determinar el equipo del proyecto	El gestor del proyecto determina los miembros del equipo del proyecto y les pide participar.

CUADRO I-1. TERMINOLOGÍA APLICABLE A UNA ESTRUCTURA DE DESGLOSE DE TAREAS (cont.)

Nivel	Código en la estructura de desglose de tareas	Nombre del elemento	Definición
3	1.2.3	Reunión de puesta en marcha del equipo del proyecto	El proceso de planificación se inaugura oficialmente con una reunión de puesta en marcha del proyecto a la que asisten el gestor del proyecto, el equipo del proyecto y el patrocinador del proyecto (optativo).
3	1.2.4	Elaborar el plan del proyecto	Bajo la dirección del gestor del proyecto, el equipo elabora el plan del proyecto.
3	1.2.5	Presentar el plan del proyecto	El gestor del proyecto presenta el plan del proyecto con fines de aprobación.
3	1.2.6	Recibir la aprobación del plan del proyecto	El gestor del proyecto obtiene permiso para proceder con arreglo al plan del proyecto.
2	1.3	Ejecución	Tareas orientadas a ejecutar el proyecto.
3	1.3.1	Reunión de puesta en marcha del proyecto	El gestor del proyecto celebra una reunión formal de puesta en marcha con el equipo del proyecto, las partes interesadas en el proyecto y el patrocinador del proyecto.
3	1.3.2	Verificar y validar los requisitos del usuario	El gestor del proyecto y el equipo revisan los requisitos del usuario originales, que a continuación son validados junto con los usuarios y las partes interesadas. Puede que en este punto sean necesarias aclaraciones adicionales.
3	1.3.3	Diseñar el sistema	Los expertos técnicos diseñan el sistema.
3	1.3.4	Adquirir equipo y programas informáticos	Obtención de todo el equipo y programas informáticos e instalaciones necesarios para el proyecto.
3	1.3.5	Instalar el sistema de desarrollo	El equipo instala un sistema de desarrollo para someter a ensayo y personalizar las interfaces del usuario.
3	1.3.6	Ensayo	El sistema se somete a ensayo con un conjunto selecto de usuarios.
3	1.3.7	Instalar el sistema para su entrada en funcionamiento	Se instala y configura el sistema propiamente dicho.
3	1.3.8	Capacitar a los usuarios	Se imparte a todos los usuarios una clase de capacitación. Asimismo, se imparte a los gestores una clase adicional de formación en aspectos avanzados de la presentación de informes.
3	1.3.9	Entrada en funcionamiento	El sistema entra en funcionamiento con todos los usuarios.
2	1.4	Control	Tareas relacionadas con la comprobación frente a las especificaciones del proyecto.
3	1.4.1	Tareas de gestión del proyecto	Gestión general del proyecto.

CUADRO I-1. TERMINOLOGÍA APLICABLE A UNA ESTRUCTURA DE DESGLOSE DE TAREAS (cont.)

Nivel	Código en la estructura de desglose de tareas	Nombre del elemento	Definición
3	1.4.2	Reuniones sobre la marcha del proyecto	Reuniones semanales del equipo sobre la marcha del proyecto en las que se presenta a todos información actualizada sobre los avances, las dificultades encontradas y las etapas siguientes.
3	1.4.3	Tareas de gestión de los riesgos	Actividades de gestión de los riesgos definidas en el plan de gestión de los riesgos.
3	1.4.4	Actualización del plan de gestión del proyecto	El gestor del proyecto actualiza el plan de gestión del proyecto a la luz de las nuevas dificultades y las estimaciones revisadas a medida que avanza el proyecto.
2	1.5	Cierre	Tareas de ultimación del proyecto.
3	1.5.1	Auditoría de las adquisiciones	El inventario de todo el equipo y los programas informáticos obtenidos para el proyecto garantiza la contabilidad completa y figura en el sistema de gestión de bienes.
3	1.5.2	Documentar las enseñanzas extraídas	El gestor del proyecto, junto con el equipo del proyecto, celebra una reunión sobre las enseñanzas extraídas y documenta los conocimientos y conclusiones derivados del proyecto que deberán tenerse en cuenta en adelante.
3	1.5.3	Actualizar los archivos/ registros	Se actualizan todos los archivos y registros en función de la situación real y el estado del proyecto.
3	1.5.4	Obtener la aceptación formal	El patrocinador del proyecto acepta formalmente la ultimación del proyecto firmando el documento de aceptación que figura en el plan del proyecto.
3	1.5.5	Archivar los archivos/ documentos	Se archivan formalmente todos los documentos y archivos relacionados con el proyecto.

Anexo II

LISTA DE COMPROBACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE UN PROYECTO DE REHABILITACIÓN

La “lista de comprobación para la estimación de los costos” tiene por objeto ayudar a los estimadores, los gestores de proyectos, los encargados de la ejecución y otros profesionales competentes a elaborar estimaciones preliminares y detalladas de los costos y tener en cuenta todas las actividades de rehabilitación conexas. Su principal objeto es velar por que en la estimación final no falte ningún elemento del alcance. La útil lista de comprobación que figura en el cuadro II-1 es aplicable a cualquier proyecto de rehabilitación. Gracias a la lista se garantiza la cobertura de todas las bases cuando se recopila una estimación, así como la coherencia del producto o los resultados finales de la labor de estimación.

CUADRO II-1. LISTA DE COMPROBACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS

Elemento de los costos	Descripción	Ejemplo de subelemento
Servicios profesionales/técnicos para la construcción		
Gestión del proyecto	Servicios de apoyo a la construcción o instalación de medidas de rehabilitación que no guardan relación específica con el diseño de la rehabilitación o la gestión de la construcción	<ul style="list-style-type: none">— Planificación;— Relaciones con la comunidad;— Administración de licitaciones/contratos;— Presentación de informes sobre los costos y el desempeño;— Permisos;— Aspectos jurídicos;— Informe de terminación de la construcción.
Diseño de la rehabilitación	Servicios de diseño de la medida de rehabilitación, incluidas actividades anteriores al diseño para reunir los datos necesarios	<ul style="list-style-type: none">— Recopilación y análisis de datos sobre el terreno.— Estudio sobre el diseño.— Estudio de tratabilidad:<ul style="list-style-type: none">• A escala de las zanjas;• A escala experimental;• Sobre el terreno.— Diseño preliminar/intermedio/final<ul style="list-style-type: none">• Análisis del diseño;• Planes y especificaciones;• Estimación de los costos de construcción;• Calendario de construcción.

CUADRO II-1. LISTA DE COMPROBACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS (cont.)

Elemento de los costos	Descripción	Ejemplo de subelemento
Gestión de la construcción	Servicios de gestión de la construcción o instalación de medidas de rehabilitación, excluidos los servicios semejantes ofrecidos en el marco de las actividades de construcción	<ul style="list-style-type: none"> — Examen de la presentación; — Examen del orden de los cambios; — Modificaciones del diseño; — Observación de la construcción; — Estudio de la construcción; — Vigilancia del calendario de construcción; — Documentación de GC/CC; — Manual de explotación y mantenimiento; — Planos registrales.
Controles institucionales	Medidas distintas de las de ingeniería (es decir, administrativas o jurídicas) para reducir al mínimo la posible exposición de humanos a la contaminación o los peligros del emplazamiento (es decir, limitación o restricción del acceso al emplazamiento)	<ul style="list-style-type: none"> — Planificación; — Relaciones con la comunidad; — Administración de licitaciones/contratos; — Presentación de informes sobre los costos y el desempeño; — Permisos; — Aspectos jurídicos; — Informe de terminación de la construcción; — Recopilación y análisis de datos sobre el terreno; — Estudio sobre el diseño; — Estudio de tratabilidad; — Diseño preliminar/intermedio/final; — Examen de la presentación; — Examen del orden de los cambios; — Modificaciones del diseño; — Observación de la construcción; — Estudio de la construcción; — Vigilancia del calendario de construcción; — Documentación de GC/CC; — Manual de explotación y mantenimiento; — Planos registrales.

CUADRO II-1. LISTA DE COMPROBACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS (cont.)

Elemento de los costos	Descripción	Ejemplo de subelemento
Actividades de construcción		
Movilización/desmovilización	Transporte de equipo y personal al emplazamiento (movilización) o retirada de equipo y personal (desmovilización) con fines de construcción o instalación de la medida de rehabilitación. Se incluyen el establecimiento o construcción y la retirada de instalaciones temporales o servicios públicos. No se incluye la movilización o desmovilización vinculada específicamente con la construcción o establecimiento de una instalación de tratamiento en el emplazamiento	<ul style="list-style-type: none"> — Equipo de construcción. — Presentaciones/planes de ejecución: <ul style="list-style-type: none"> • Plan de monitorización del aire; • Plan de control de calidad de la construcción; • Calendario de construcción; • Plan de protección ambiental; • Materiales; • Plan de manipulación/ transporte/disposición final; • Permisos; • Plan de muestreo y análisis; • Plan de seguridad tecnológica y salud en el emplazamiento; • Plan de seguridad física en el emplazamiento; • Plan de trabajo en el emplazamiento; • Plan de prevención de la contaminación del agua de lluvia; • Certificaciones de capacitación y médicas. — Instalaciones temporales: <ul style="list-style-type: none"> • Oficinas ubicadas en remolques; • Instalaciones de almacenamiento; • Vallas y señales de seguridad; • Caminos y zonas de aparcamiento; • Instalaciones de descontaminación. — Servicios públicos temporales. — Reubicación temporal de caminos/ estructuras/servicios públicos. — Presentaciones posteriores a la construcción: <ul style="list-style-type: none"> • Planos de la obra acabada; • Manuales de explotación y mantenimiento; • Documentación de GC/CC. — Personal de seguridad del emplazamiento.

CUADRO II-1. LISTA DE COMPROBACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS (cont.)

Elemento de los costos	Descripción	Ejemplo de subelemento
Monitorización, muestreo, ensayos y análisis	Muestreo, ensayos, análisis en el emplazamiento y fuera de él, gestión de datos y garantía de calidad/control de calidad. Se incluye la monitorización para evaluar el rendimiento de la rehabilitación o el cumplimiento de los reglamentos	<ul style="list-style-type: none"> — Vigilancia meteorológica; — Monitorización y muestreo del aire; — Monitorización radiológica; — Vigilancia de la salud y la seguridad; — Equipo de protección individual; — Pozos de monitorización; — Instrumentación geotécnica; — Muestreo de suelos; — Muestreo de sedimentos; — Muestreo de aguas superficiales; — Muestreo de aguas subterráneas; — Muestreo de desechos radiactivos; — Muestreo de amianto; — Análisis químico en un laboratorio; — Análisis químico en el emplazamiento; — Análisis de los desechos radiactivos; — Ensayos geotécnicos; — Gestión de los datos químicos.
Obras en el emplazamiento	Actividades dirigidas a establecer la infraestructura necesaria para el proyecto (es decir, preparación del emplazamiento). También se incluyen las mejoras permanentes del emplazamiento y la restauración de zonas o elementos del emplazamiento alterados durante su rehabilitación. Se parte del supuesto general de que las obras en el emplazamiento son “obras limpias”, por lo cual se entiende que no hay contacto con medios o materiales contaminados. Se excluyen todas las obras en el emplazamiento vinculadas específicamente con la construcción o el establecimiento de una instalación de tratamiento en el emplazamiento	<ul style="list-style-type: none"> — Demolición. — Despeje y desbroce. — Terraplenado: <ul style="list-style-type: none"> • Desorción; • Amontonamiento; • Excavación; • Excavación de hoyos auxiliares; • Aplanamiento; • Relleno; • Capa superficial del suelo. — Caminos/aparcamientos/bordillos/senderos. — Vegetación y plantación: <ul style="list-style-type: none"> • Capa superficial del suelo; • Siembra/mantillo/fertilizante; • Colocación de césped; • Malla de control de la erosión; • Arbustos/árboles/capa vegetal. — Vallas/señales/puertas. — Servicios públicos: <ul style="list-style-type: none"> • Electricidad; • Teléfono/comunicaciones; • Agua/alcantarillado/gas. — Desagüe superficial o subterráneo de aguas de lluvia. — Barreras de sedimentos.

CUADRO II-1. LISTA DE COMPROBACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS (cont.)

Elemento de los costos	Descripción	Ejemplo de subelemento
Reunión o contención de agua superficial	Reunión o contención de agua superficial contaminada. Se excluyen el tratamiento, el transporte fuera del emplazamiento o el tratamiento o disposición final fuera del emplazamiento de agua superficial contaminada	<ul style="list-style-type: none"> — Bombeo; — Desagüe; — Canal/vía navegable; — Berma/dique; — Laguna/cuenca/cisterna.
Extracción o contención de aguas subterráneas	Extracción o contención de aguas subterráneas contaminadas. Se excluyen el tratamiento, el transporte fuera del emplazamiento o el tratamiento o disposición final fuera del emplazamiento de agua subterránea contaminada	<ul style="list-style-type: none"> — Pozo de extracción/inyección: <ul style="list-style-type: none"> • Vertical; • Horizontal. — Zanja de extracción. — Bombas. — Tuberías. — Laguna/cuenca/cisterna. — Desagües subterráneos. — Barrera subterránea: <ul style="list-style-type: none"> • Muro pantalla; • Cortina de lechada; • Tablestacas.
Excavación del suelo	Excavación y manipulación de suelo contaminado. Se excluyen el tratamiento, el transporte fuera del emplazamiento o el tratamiento o disposición final fuera del emplazamiento de suelo contaminado	<ul style="list-style-type: none"> — Excavación; — Acarreo; — Amontonamiento.
Retirada o contención de sedimentos/lodo	Retirada o contención de sedimentos o lodo contaminados. Se excluyen el tratamiento, el transporte fuera del emplazamiento o el tratamiento o disposición final fuera de sedimentos o barro contaminados	<ul style="list-style-type: none"> — Excavación; — Dragado; — Aspiración; — Laguna/cuenca/cisterna.
Demolición y retirada	Demolición o retirada de materiales o estructuras contaminados o peligrosos. Se excluyen el tratamiento, el transporte fuera del emplazamiento o la disposición final fuera del emplazamiento de materiales o estructuras contaminados o peligrosos	<ul style="list-style-type: none"> — Retirada de bidones; — Retirada de cisternas; — Retirada de tuberías; — Retirada de estructuras; — Eliminación de amianto; — Retirada de pintura contaminada; — Retirada y destrucción de artefactos explosivos.

CUADRO II-1. LISTA DE COMPROBACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS (cont.)

Elemento de los costos	Descripción	Ejemplo de subelemento
Tapa o cubierta	Construcción de una tapa o cubierta de capas múltiples para colocarla sobre los materiales o medios contaminados (por ejemplo, suelo, sedimento o lodo) a fin de prevenir o reducir la exposición y reducir al mínimo la infiltración de agua superficial y la producción de lixiviado	<ul style="list-style-type: none"> — Preparación de la subrasante; — Capa de concentración de gases; — Capa de arcilla de permeabilidad baja; — Bentonita; — Capa de arcilla geosintética; — Geomalla; — Geomembrana; — Capa de drenaje granular; — Georred; — Colocación de desechos (corte/relleno); — Capa de suelo protector; — Pavimento de asfalto/hormigón; — Capa superficial del suelo; — Malla de control de la erosión; — Siembra/mantillo/fertilizante.
Tratamiento en el emplazamiento	Construcción o establecimiento de una instalación completa y utilizable en el emplazamiento con fines de tratamiento de medios contaminados (por ejemplo, suelo, sedimentos, lodo, agua superficial o agua subterránea), incluidas técnicas in situ y ex situ. Se incluyen todas las obras en el emplazamiento y de movilización necesarias para la instalación de tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> — Movilización/desmovilización; — Obras en el emplazamiento; — Estructuras; — Equipo y accesorios relacionados con procesos; — Equipo no relacionado con procesos; — Puesta en marcha y ensayo; — Modernización o sustitución de equipo.
Tratamiento/disposición final fuera del emplazamiento	Colocación final de medios, materiales o residuos del tratamiento contaminados en instalaciones comerciales fuera del emplazamiento, como vertederos e incineradores de desechos sólidos o peligrosos que cobran por aceptar desechos	<ul style="list-style-type: none"> — Manipulación/carga de materiales; — Transporte a una instalación fuera del emplazamiento; — Tasas por tratamiento/disposición final.
Contingencia	Costos añadidos en atención a factores desconocidos, circunstancias imprevistas o condiciones no esperadas en relación con la construcción o instalación de la medida de rehabilitación	<ul style="list-style-type: none"> — Contingencia de alcance; — Contingencia de licitación.

CUADRO II-1. LISTA DE COMPROBACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS (cont.)

Elemento de los costos	Descripción	Ejemplo de subelemento
Actividades anuales de explotación y mantenimiento		
Monitorización, muestreo, ensayos y análisis	Muestreo, ensayos, análisis en el emplazamiento y fuera de él, gestión de datos y garantía de calidad/control de calidad durante la explotación y el mantenimiento. Puede incluirse la monitorización para evaluar el rendimiento de la rehabilitación, el cumplimiento de los reglamentos o la monitorización para vigilar la migración del penacho contaminante	<ul style="list-style-type: none"> — Vigilancia meteorológica; — Monitorización y muestreo del aire; — Monitorización radiológica; — Vigilancia de la salud y la seguridad; — Equipo de protección individual; — Pozos de monitorización; — Muestreo de suelos; — Muestreo de sedimentos; — Muestreo de aguas superficiales; — Muestreo de aguas subterráneas; — Muestreo de agua del proceso; — Muestreo de aire del proceso; — Análisis químico en un laboratorio; — Análisis químico en el emplazamiento; — Gestión de los datos químicos.
Sistemas de extracción, contención o tratamiento	Explotación y mantenimiento de sistemas en el emplazamiento para extraer, contener o tratar medios contaminados (como suelo, sedimentos, lodo, agua superficial y agua subterránea)	<ul style="list-style-type: none"> — Mano de obra para la explotación; — Mano de obra para el mantenimiento; — Modernización, sustitución o reparación de equipo; — Piezas de repuesto; — Propiedad, alquiler o arrendamiento de equipo; — Suministros de artículos fungibles; — Productos químicos a granel; — Materias primas/materiales para los procesos; — Servicios públicos.
Tratamiento/disposición final fuera del emplazamiento	Tratamiento o disposición final de desechos generados durante la explotación y el mantenimiento (por ejemplo, residuos del tratamiento en el emplazamiento, desechos de la monitorización) en instalaciones comerciales fuera del emplazamiento, como vertederos e incineradores de desechos sólidos o peligrosos	<ul style="list-style-type: none"> — Manipulación/carga de materiales; — Transporte a una instalación fuera del emplazamiento; — Tasas por tratamiento/disposición final.
Contingencia	Fondos para atender factores desconocidos, circunstancias imprevistas o condiciones no esperadas en relación con la explotación y el mantenimiento de la medida de rehabilitación, calculados normalmente como porcentaje del total parcial del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> — Contingencia de alcance; — Contingencia de licitación.

CUADRO II-1. LISTA DE COMPROBACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS (cont.)

Elemento de los costos	Descripción	Ejemplo de subelemento
Servicios profesionales/técnicos para la explotación y el mantenimiento		
Gestión del proyecto	Servicios para gestionar las actividades de explotación y mantenimiento que no guardan relación específica con el apoyo técnico enumerado a continuación	<ul style="list-style-type: none"> — Planificación; — Relaciones con la comunidad; — Presentación de informes sobre los costos y el desempeño; — Permisos; — Aspectos jurídicos.
Apoyo técnico	Servicios de seguimiento, evaluación y comunicación de la marcha de la medida de rehabilitación	<ul style="list-style-type: none"> — Actualizaciones del manual de explotación y mantenimiento; — Supervisión de la explotación y el mantenimiento; — Informes sobre la marcha de los trabajos.
Controles institucionales	Actualización o mantenimiento anuales de las medidas distintas de las de ingeniería para rebajar o reducir al mínimo la posible exposición a la contaminación o los peligros del emplazamiento	<ul style="list-style-type: none"> — Plan de controles institucionales; — Acuerdos restrictivos; — Establecimiento de zonas; — Derechos de servidumbre para las propiedades; — Declaración escritural; — Advertencias; — Restricciones del uso de agua subterránea; — Base de datos informativos sobre el emplazamiento.
Actividades periódicas de explotación y mantenimiento		
Fallo o sustitución de la rehabilitación	Actividad de construcción para sustituir una rehabilitación instalada o componentes esenciales de esta	<ul style="list-style-type: none"> — Movilización/desmovilización; — Obras en el emplazamiento; — Estructuras; — Equipo y accesorios relacionados con procesos; — Equipo no relacionado con procesos; — Puesta en marcha y ensayo.
Desmovilización de los sistemas de extracción, contención o tratamiento en el emplazamiento	Actividades de construcción para dismantelar o desmontar las instalaciones o el equipo de extracción, contención o tratamiento al término de la medida de rehabilitación	<ul style="list-style-type: none"> — Demolición y retirada; — Abandono de los pozos.
Contingencia	Fondos para atender factores desconocidos, circunstancias imprevistas o condiciones no esperadas en relación con actividades de explotación y mantenimiento, calculados normalmente como porcentaje del total parcial del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> — Contingencia de alcance; — Contingencia de licitación.

CUADRO II-1. LISTA DE COMPROBACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS (cont.)

Elemento de los costos	Descripción	Ejemplo de subelemento
Servicios profesionales/técnicos para las actividades periódicas de explotación y mantenimiento		
Exámenes quinquenales	Servicios para preparar informes quinquenales de examen (si las sustancias peligrosas, agentes o contaminantes permanecen en el emplazamiento por encima de los niveles que permiten un uso irrestricto y una exposición ilimitada)	<ul style="list-style-type: none"> — Visita al emplazamiento; — Reunión de datos sobre el terreno; — Examen y análisis de datos; — Preparación de informes.
Estudio del desempeño y la optimización de las aguas subterráneas	Servicios para analizar y optimizar los sistemas en funcionamiento de bombeo y tratamiento de aguas subterráneas	<ul style="list-style-type: none"> — Visita al emplazamiento; — Reunión de datos sobre el terreno; — Examen y análisis de datos; — Preparación de informes.
Informe sobre las medidas de rehabilitación	Servicios para preparar el informe sobre la medida de rehabilitación al término de esta	<ul style="list-style-type: none"> — Visita al emplazamiento; — Reunión de datos sobre el terreno; — Examen y análisis de datos; — Preparación de informes.
Controles institucionales	Actualización o mantenimiento periódicos de las medidas distintas de las de ingeniería para reducir al mínimo la posible exposición a contaminación o peligros del emplazamiento	<ul style="list-style-type: none"> — Plan de controles institucionales; — Acuerdos restrictivos; — Aplicaciones para el establecimiento de zonas; — Derechos de servidumbre para las propiedades; — Declaración escritural; — Advertencias; — Restricciones del uso de agua subterránea; — Mantenimiento de la base de datos informativos sobre el emplazamiento.

GLOSARIO

Los términos que siguen son habituales en relación con las estimaciones de los costos, y algunos pueden utilizarse indistintamente.¹

aceptación de los riesgos. Una decisión fundamentada y deliberada a efectos de aceptar las consecuencias y probabilidades de un riesgo determinado.

alcance. Suma de todo lo que va a invertirse o se ha invertido en una actividad o proyecto o lo que esa actividad o proyecto va a aportar o ha aportado. Al planificar el proyecto suele documentarse el alcance (es decir, el documento de alcance), pero este también puede comunicarse y determinarse verbalmente o de otro modo. Por lo general, está limitado a lo que acuerdan las partes interesadas en una actividad o proyecto (es decir, si algo no se acuerda queda fuera del alcance). En las contrataciones y adquisiciones el alcance comprende todo lo que una empresa se compromete por contrato a realizar o entregar.

análisis de la incertidumbre. Análisis que tiene en cuenta todas las actividades ligadas a la estimación de un costo y sus riesgos conexos. También puede entenderse como parte de un análisis o evaluación de los riesgos.

análisis de los riesgos. Proceso de examen más detenido de los riesgos para determinar su alcance, la relación que guardan entre sí y los que son más peligrosos.

asunción del riesgo. Toda expectativa correspondiente al riesgo en sí.

beneficio o tasa. Cantidad en dólares superior a todos los costos admisibles pagados a un contratista por su desempeño. Tiene por objeto remunerar al contratista por los riesgos asumidos durante la ejecución del contrato y estimular la eficiencia en el desempeño. A falta de otros datos, un porcentaje razonable del beneficio con respecto a los contratos a precio fijo es de cerca del 5 % al 10 % para las empresas grandes y del 10 % al 15 % para las pequeñas.

carga de trabajo. El costo conexo de los empleados al margen del sueldo, con inclusión de los impuestos en concepto de nómina de sueldos, los impuestos por desempleo y diversas formas de seguro, remuneración de los trabajadores y prestaciones de los empleados. Los factores de la carga de trabajo coinciden en gran medida con las políticas y reglamentos de adquisición correspondientes a la contratación de servicios; en consecuencia, podrán consolidarse para formar una partida expresada como porcentaje del costo total. A efectos de la estimación general, pueden expresarse como 50 % a 60 % de los costos de mano de obra directos.

categoría del riesgo. Método de categorización de los diversos riesgos para el proyecto a fin de permitir su agrupación con fines de distintas técnicas de análisis, como una estructura de desglose de los riesgos o un diagrama de redes de riesgos.

¹ Los términos proceden de las siguientes publicaciones: INNIS, P.S., Overview of Cost Estimating for Abandoned Mine Lands and Hazardous Materials Cleanup Projects, Nota técnica 441, Oficina de Gestión de las Tierras, Centro Nacional de Operaciones, Denver, CO (2011), y DEPARTAMENTO DE ENERGÍA DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA, Cost Estimating Guide, DOE G 413.3-21, USDOE, Washington, DC (2011).

ciclo de vida. Las etapas de la vida de un objeto o una labor. Un ciclo de vida supone una serie de principios y finales; cada final comporta un nuevo principio. En los análisis del costo o la inversión con respecto al ciclo de vida este es el período durante el cual se analiza una inversión.

código de la estructura de desglose de tareas. Identificador único asignado a cada elemento de una estructura de desglose de tareas con el objeto de determinar la ubicación jerárquica del elemento en la estructura.

componente de la estructura de desglose de tareas. Elemento de una estructura de desglose de tareas ubicado en cualquier nivel. Puede ser un paquete de tareas o un elemento de la estructura, y no hay restricciones en cuanto a lo que constituye un elemento de la estructura.

conciliación. Comparación de una estimación actual con una estimación anterior para velar por que las diferencias entre ambas sean apropiadas y razonablemente previsibles. Toda conciliación formal puede incluir una relación de esas diferencias.

condiciones generales. Tareas sobre el terreno de que se encarga el contratista en el ejercicio de su labor, incluidas, entre otras posibles, las siguientes (a no ser que se desglosen como costo estimado de una partida específica): administración y supervisión del emplazamiento, bonos, permisos, viajes, estipendios/dietas, vehículos, remolques/mobiliario/equipo de oficina, instalaciones de saneamiento y salud, construcción temporal, seguridad tecnológica, seguridad física, electricidad, telefonía, agua, disposición final de desechos, control de calidad/ensayos/inspecciones y prospección. Las condiciones generales tienen normalmente un rango de costos expresado como el 4 % al 20 % de la suma total de los costos directos (en función del tamaño, la ubicación y la complejidad del proyecto y de otras variables).

contingencia. Suma añadida a una estimación a fin de mitigar costos imprevistos. Por lo general, el factor de contingencia disminuirá a medida que se perfeccionen los documentos de diseño y avance la investigación en el emplazamiento. Las contingencias se expresan, por lo general, como porcentaje de los costos directos e indirectos totales y pueden oscilar de 0 % a 10 % (diseño e investigación en el emplazamiento finalizados al 100 %) a más del 50 % en la fase preliminar de diseño e investigación.

contratista. Persona, organización, departamento, división o empresa que tiene un contrato, un acuerdo o un memorando de entendimiento con otra parte.

contrato de fianza. Garantía jurídica aportada por un tercero en el sentido de que el responsable principal o contratista cumplirá una obligación determinada o resarcirá al titular del proyecto en caso de no hacerlo. El contrato de fianza podrá comprender el pago a los trabajadores, así como la ultimación de la tarea.

costo de puesta en marcha. Costos de carácter excepcional desembolsados durante la transición de la ultimación de la construcción a la explotación de una instalación.

costo del ciclo de vida. a) El costo general estimado para una determinada alternativa programática durante la vida del programa, incluidos los costos directos y los costos iniciales indirectos, más todo costo periódico o permanente en concepto de explotación y mantenimiento; b) la suma total de los costos directos, indirectos, recurrentes, no recurrentes y de otro tipo, de desembolso efectivo o estimado, en relación con el diseño, el desarrollo, la producción, el funcionamiento, el mantenimiento, el apoyo y la disposición final de un sistema principal a lo largo de su vida útil

prevista. Cuando la planificación del sistema o el proyecto prevea el uso de emplazamientos o instalaciones existentes, deberán incluirse los costos de rehabilitación y renovación.

costo indirecto. Costos correspondientes a objetivos comunes o colectivos que no pueden adscribirse a una actividad o proyecto determinado.

costo real. Los costos desembolsados efectivamente y registrados en el marco de la realización de la labor.

costos de capital. Gastos totales necesarios para ejecutar una actividad de limpieza.

costos de construcción directos. Costos relacionados directamente con el proyecto, con inclusión de los costos en concepto de mano de obra, materiales, equipo y subcontratistas, así como las contingencias en el diseño.

costos de mano de obra directos. Se basan en el número total de horas de trabajo por persona disponibles en un año (2080 horas) e incluyen los costos correspondientes a vacaciones, feriados y licencias de enfermedad. Normalmente se determinan mediante tablas salariales federales publicadas en las que se indican la tarifa mínima por hora y las prestaciones complementarias aplicables en la zona geográfica del trabajo que se propone.

costos de movilización. Constan de los costos directos vinculados con el transporte de equipo, materiales y personal y la implantación o desmantelamiento del equipo y las instalaciones de apoyo correspondientes a obras de construcción contratadas. La movilización normalmente aparece como partida aparte en una estimación y depende del acceso al emplazamiento y la ubicación de este y de los costos de transporte correspondientes. En el caso de las estimaciones preliminares (a no ser que se disponga de información más específica sobre el emplazamiento), esta cantidad puede expresarse como el 10 % de la suma total de costos directos.

detalle de los trabajos. Descripción narrativa de los productos o servicios contratados.

determinación del riesgo. Proceso de averiguación, enumeración y caracterización de los elementos del riesgo.

diseño preliminar. Esta actividad es una prolongación de la labor de diseño mediante criterios conceptuales y de diseño del proyecto como base del desarrollo del proyecto; elabora datos topográficos y subterráneos, determina los requisitos y criterios por los que se regirá el diseño definitivo, e incluye la preparación de estudios preliminares de planificación e ingeniería, planos preliminares y especificaciones esquemáticas, análisis de los costos del ciclo de vida, estimaciones preliminares de los costos y el calendario de ejecución del proyecto. En el diseño preliminar se indican las partidas que deben adquirirse con mucha antelación y el análisis de los riesgos vinculados con el desarrollo constante del proyecto.

documentación de los riesgos. Incluye el registro, el mantenimiento y la comunicación de las evaluaciones, la gestión de los análisis y planes y los resultados de la monitorización.

EGI. Estimación gubernamental independiente.

elaboración de modelos de riesgo. Creación de una representación física o descripción matemática de un riesgo. La elaboración de estimaciones de los costos y calendarios de caminos críticos debe

entenderse como práctica de elaboración de modelos y no como representación exacta de los costos, progresos y resultados futuros.

elemento de la estructura de desglose de tareas. Un componente único de la estructura de desglose de tareas y sus atributos conexos, ubicado en cualquier parte de la estructura. Un elemento de la estructura puede contener trabajo o contener otros elementos de la estructura o paquetes de tareas.

escalación. Provisión, en costos reales o estimados, en concepto de aumentos del costo del equipo, el material, la mano de obra, etc. como consecuencia de cambios constantes del nivel de los precios en el curso del tiempo. La inflación puede ser un componente de la escalación, pero a menudo tienen cabida influencias de políticas no monetarias, como la oferta y la demanda.

estimación de los costos. a) Una relación documentada de los costos necesarios para ejecutar un proyecto o una porción de un proyecto determinada; b) elemento de un presupuesto, contrato o planificación de la gestión de un proyecto con fines de referencia y cambio en relación con el cual podrá medirse el desempeño.

estimación de los precios. Cantidad en dólares prevista para el costo de los suministros, el equipo y los servicios sencillos que se ofrecen normalmente en el mercado libre a precios competitivos. La estimación de los precios no se desglosa en elementos de los costos, y por lo general se basa en precios de catálogos o información sobre el mercado.

estrategia de gestión de los riesgos. Proceso de determinación, evaluación, selección y aplicación de opciones para fijar un nivel aceptable de riesgo en función de las limitaciones y los objetivos del proyecto. Incluye medidas, calendarios, la titularidad y los costos específicos.

estructura de desglose de tareas. Agrupación de elementos de un proyecto orientada a la obtención de productos en virtud de la cual se organiza y define el alcance total del proyecto; marco de niveles múltiples que organiza y muestra gráficamente elementos que representan las relaciones lógicas entre las tareas que van a llevarse a cabo. Cada nivel descendente de la estructura representa una definición cada vez más detallada de un componente del proyecto (productos o servicios). La estructura ofrece un código para cada elemento que está integrado, guarda relación con todas las tareas del proyecto (aspectos técnicos, calendario y costos) y se usa durante todo el ciclo de vida de un proyecto para determinar y vigilar el alcance de tareas específicas. Nota: La estructura de desglose de tareas no debe prepararse ni organizarse en función de parámetros financieros u orgánicos. Debe dividirse en bloques organizados de alcance de las tareas y actividades relacionadas con el alcance. Las necesidades de determinación financiera u orgánica deben adjuntarse mediante códigos aparte relacionados con el elemento de la estructura de desglose de tareas.

evaluación del riesgo. Determinación y análisis de los riesgos de los proyectos y programas velando por que se comprenda cada uno en cuanto a la probabilidad y las consecuencias.

factores de la escalación. En vista de que deben tenerse en cuenta los efectos de la inflación al preparar la estimación gubernamental independiente de los costos, debe agregarse la escalación a toda estimación de los costos que incluya obras programadas para el futuro. Para predecir el costo del año o años posteriores (es decir, el costo correspondiente al año posterior al año económico en curso), se aplican factores de escalación apropiados a los elementos de los costos para obtener valores realistas. Un factor medio del 2 % al 4 % anual se considerará, por lo general, "razonable".

garantía de cumplimiento. Garantía jurídica de que el contratista dará cumplimiento al contrato conforme a lo previsto en él, en particular en cuanto a precios y tiempo.

garantía de pago. Garantía jurídica de que se dispone de dinero para pagar a los subcontratistas y proveedores.

gastos generales y administrativos. Costos, con inclusión de cualquier gasto financiero, de gestión o de otro tipo, correspondientes al funcionamiento general de una empresa, como servicios públicos, paquetes de remuneración, capacitación de los empleados, impuestos empresariales, obligaciones y otro tipo de seguro empresarial, costos jurídicos y arrendamientos, equipo y suministros no ligados a contratos específicos. Estos costos se distribuyen por igual entre todos los contratos, el gobierno y el sector privado. Aunque los gastos generales y administrativos varían en función del tipo de contrato, la propiedad de las instalaciones, la ubicación del emplazamiento de las obras, etc., lo normal es que supongan un 15 % del total, a no ser que se disponga de información más específica.

gestión de riesgos. Manejo de los riesgos mediante métodos y técnicas específicos.

información sobre los costos históricos. Base de datos con información procedente de proyectos terminados que se ha normalizado en función de algún tipo de baremo (promedio geográfico, nacional, etc.) y se ha ajustado temporalmente (por ejemplo, pasándola a valores del año en curso) mediante índices de costos históricos.

labor de estimación de los costos. Proceso utilizado para cuantificar cantidades, costos y precios en relación con los recursos exigidos por el alcance de una opción, actividad o proyecto de inversión de activos. En tanto proceso de predicción, la estimación debe abordar los riesgos e incertidumbres. El producto de la estimación se utiliza principalmente como aportación con fines de presupuestación, análisis del costo o el valor, adopción de decisiones en la planificación de las operaciones, los activos y el proyecto o control de los costos y el calendario del proyecto.

manejo del riesgo. Estrategias elaboradas con fines de eliminación o, por lo menos, reducción de los mayores niveles de riesgo determinados durante el análisis de los riesgos. Las estrategias pueden consistir en la reducción o mitigación del riesgo, la transferencia o reparto del riesgo, la evitación del riesgo y su aceptación.

métodos de análisis de los riesgos. Técnica utilizada para analizar los riesgos vinculados con un proyecto. Las categorías específicas de métodos de análisis de los riesgos son: a) cualitativos: basados en las características del proyecto y los datos históricos (listas de comprobación, situaciones hipotéticas, etc.); b) modelos de riesgos: combinación de riesgos adscritos a partes de la estimación o proyecto para definir el riesgo del proyecto total; c) modelos probabilistas: combinación de riesgos de distintas fuentes y sucesos (por ejemplo, Montecarlo, hipercubo latino, árbol de decisión, diagramas de influencia).

mitigación de los riesgos. Proceso dirigido a reducir la consecuencia o la probabilidad de un riesgo.

nivel de esfuerzo. Alcance de referencia de carácter general o de apoyo cuyo desempeño no tiene medición o tiene una medición inviable mediante métodos basados en actividades. Las necesidades de recursos se representan mediante un presupuesto por fases programado en función del tiempo durante el que es probable que sea necesario el apoyo. El valor, que se acumula con el paso del tiempo, equivale al presupuesto programado en cada período.

optimización. Mediante esta técnica se analiza un sistema para determinar el mejor resultado posible. La determinación de un resultado óptimo obliga normalmente a evaluar elementos del diseño, estrategias de ejecución, métodos y otros insumos del sistema para establecer sus consecuencias

para los costos, el calendario, la seguridad o algún otro conjunto de resultados u objetivos; emplea simulaciones por computadora y modelos matemáticos.

otros costos directos (OCD). Costos no calificados antes de costos directos en concepto de material, costos directos en concepto de mano de obra o costos indirectos. Todos los materiales utilizados en calidad de apoyo directo al contrato, como los vehículos, las computadoras, el mobiliario de oficina, los viajes, el arrendamiento de equipo, las dietas, etc., deberán aparecer como OCD. Los OCD pueden estimarse por lo general como un 2 % a un 4 % de los costos totales en concepto de mano de obra.

otros costos directos gubernamentales. Costos gubernamentales necesarios para el proyecto, como servicios, artículos y equipo aportados por el gobierno, servicios públicos suministrados por el gobierno (si se miden directamente) y las tasas aplicables por disposición final de desechos.

paquete de tareas. Todo producto o componente de trabajo ubicado en el nivel más bajo de la estructura de desglose de tareas.

plan de gestión de riesgos. Documento en el que se expone la manera en que se emprenderán los procesos de riesgo durante el proyecto.

planificación de riesgos. Proceso de elaboración y documentación de una estrategia y métodos organizados, amplios e interactivos para detectar y vigilar el riesgo, realizar evaluaciones permanentes del riesgo a fin de determinar su evolución, elaborar planes de manejo de riesgos, vigilar los resultados de las medidas de manejo del riesgo y asignar recursos suficientes.

presupuestación. Proceso dirigido a asignar costos estimados de recursos a cuentas (es decir, el presupuesto de los costos) en relación con las cuales se medirá y evaluará el comportamiento de los costos. La presupuestación a menudo tiene en cuenta la diferenciación de fases temporales en función de un calendario o de requisitos y limitaciones de orden financiero determinados temporalmente.

programa. Conjunto organizado de actividades dirigidas a un fin o meta común que se persigue o propuestas en relación con una misión determinada y caracterizadas por una estrategia de cumplimiento de objetivos concretos, en el marco de lo cual se determinan los medios de consecución, especialmente en términos cuantitativos, en relación con los requisitos en materia de mano de obra, materiales e instalaciones. Los programas incluyen normalmente un elemento de actividad en curso y se componen habitualmente de tecnología, proyectos y operaciones de apoyo.

proyecto. Esfuerzo concreto de apoyo a una misión del programa que tiene puntos establecidos de principio y de fin y se emprende para crear un producto, instalación o sistema; consta de actividades interdependientes previstas para cumplir un objetivo o misión común. Todo proyecto es un componente básico de un programa y se planifica, aprueba y gestiona individualmente. El proyecto no está circunscrito a ningún elemento específico de la estructura presupuestaria (por ejemplo, gastos de funcionamiento o equipo de capital o de la instalación). De ser necesaria, la construcción forma parte del proyecto total. Los proyectos autorizados y provistos, al menos en parte, de consignaciones pueden dividirse en dos categorías: proyectos de sistemas principales y otros proyectos. Los proyectos comprenden la planificación y la ejecución de la construcción y la rehabilitación.

registro de riesgos. Base de datos sobre los riesgos vinculados con un proyecto. (Conocida también como base de datos sobre los riesgos o archivo de riesgos.)

Reglamento Federal de Adquisiciones. El Reglamento Federal de Adquisiciones es el principal conjunto de normas por el que se rigen las compras gubernamentales en los Estados Unidos de América.

rehabilitación. Cualquier medida puesta en práctica para reducir la exposición a la radiación derivada de la contaminación existente actuando sobre la propia contaminación (la fuente) o sobre las vías de exposición de los seres humanos. Comporta la gestión de la contaminación mediante retirada, fijación, tratamiento o monitorización. El proceso de rehabilitación se aplica a los contaminantes tanto radioactivos como no radioactivos con potencial de afectar a la salud humana y al medio ambiente. La rehabilitación no consiste obligatoriamente en la retirada completa de la contaminación ni en la devolución del emplazamiento a su estado preindustrial.

riesgo. Todo factor, elemento, limitación o línea de actuación que rodee de incertidumbre al resultado, de signo positivo o negativo. Esta definición de riesgo se limita estrictamente a las aplicaciones de la gestión de los proyectos en la elaboración del plan general de gestión de los riesgos y su documentación e informes conexos.

seguimiento y vigilancia de los riesgos. Proceso de observación sistemática de la evaluación de los riesgos de un proyecto y de evaluación de la eficacia de las estrategias de manejo de los riesgos en función de mediciones establecidas.

suceso de riesgo. Toda condición (amenaza u oportunidad) posible (determinada o por determinar) que puede surgir o no durante un proyecto.

tasa de descuento. Tipo de interés utilizado al calcular el valor actual de las prestaciones y los costos anuales previstos.

tipo de interés nominal. Tipo que no se ajusta para eliminar los efectos de la inflación real o prevista. Los tipos de interés de mercado son, por lo general, tipos de interés nominales.

titular de un riesgo. Entidad responsable de gestionar un riesgo determinado y garantizar la elaboración y aplicación de planes de tratamiento efectivos.

transferencia de riesgos. El traspaso de la titularidad de un riesgo a otro elemento orgánico. Para que surta efecto, la organización a la que se transfiere el riesgo deberá aceptarlo.

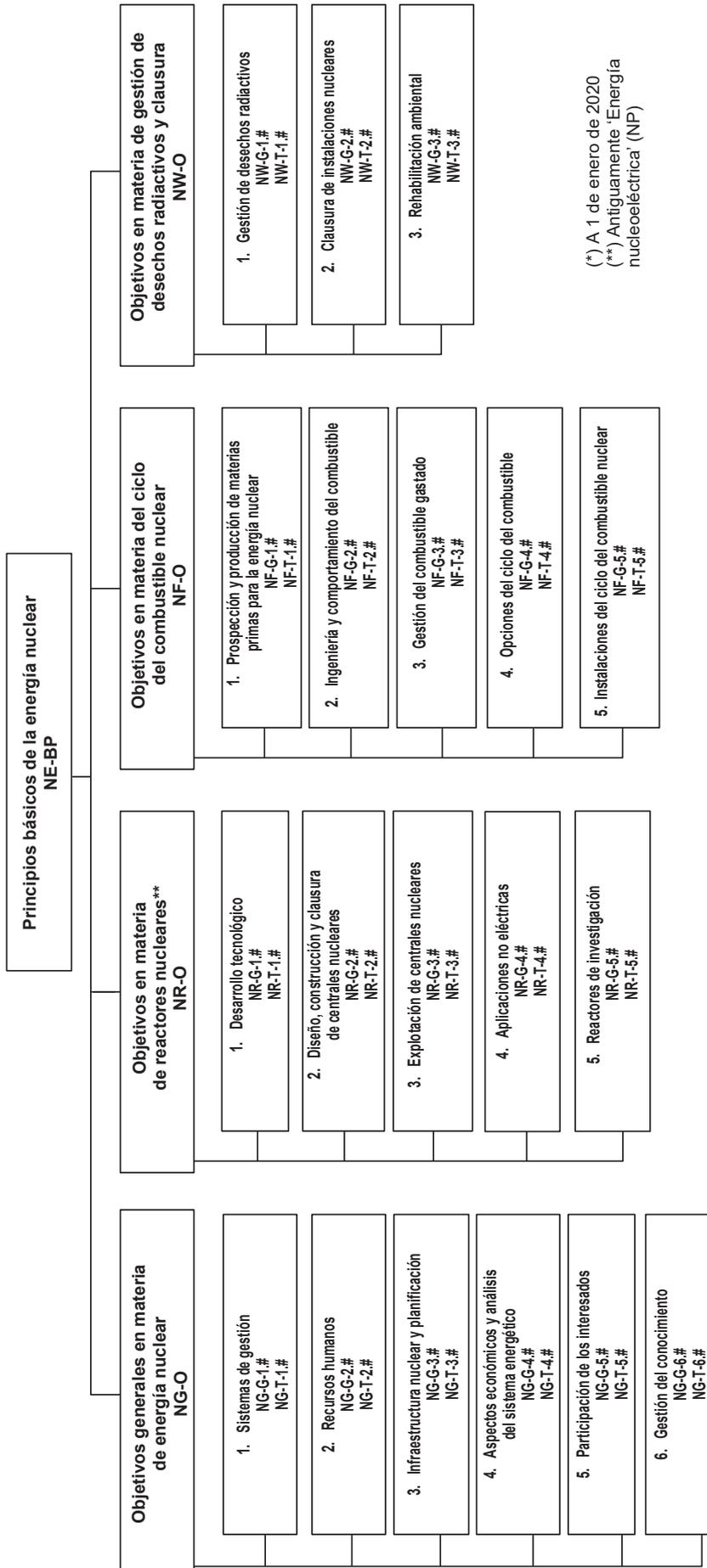
COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y LA REVISIÓN

Adams, V.,	Departamento de Energía de los Estados Unidos (Estados Unidos de América)
Al-Masri, M.S.,	Comisión de Energía Atómica (República Árabe Siria)
Bayer, P.,	Universidad de Zúrich (Suiza)
Charles, A.,	Organismo Internacional de Energía Atómica
Day, J.,	CH2M HILL (Alemania)
Dutra, M.,	UX Consulting (Estados Unidos de América)
Dzhumabaev, A.,	Programa de Mitigación del Riesgo de Desastres (Kirguistán)
Harrington, M.,	Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (Estados Unidos de América)
Howard, B.,	Universidad de Lancaster (Reino Unido)
Johansson, M.V.,	Universidad de Estocolmo (Suecia)
Kunze, C.,	AMEC (Reino Unido)
Martino, L.,	Consultor (Estados Unidos de América)
Monken-Fernandes, H.,	Organismo Internacional de Energía Atómica
Morse, J.,	Departamento de Energía de los Estados Unidos (Estados Unidos de América)

Reuniones de consultores

Viena (Austria): 2 a 6 de agosto de 2010 y 21 a 25 de mayo de 2012

Estructura de la Colección de Energía Nuclear del OIEA *



Leyenda

BP: Principios básicos

O: Objetivos

G: Guías y metodologías

T: Informes técnicos

N^{os} 1 a 6: Designación de temas

#: Número de guía o informe

Ejemplos

NG-G-3.1:

Energía nuclear general (NG), Guías y metodologías (G), Infraestructura nuclear y planificación (tema 3), #1

NR-T-5.4:

Reactores nucleares (NR), Informe técnico (T), Reactores de investigación (tema 5), #4

NF-T-3.6:

Combustible nuclear (NF), Informe técnico (T), Gestión del combustible gastado (tema 3), #6

NW-G-1.1:

Gestión de desechos radiactivos y clausura (NW), Guías y metodologías (G), Gestión de desechos radiactivos (tema 1) #1



IAEA

Organismo Internacional de Energía Atómica

Nº 26

PEDIDOS DE PUBLICACIONES

Las publicaciones de pago del OIEA pueden adquirirse a través de los proveedores que se indican a continuación o en las principales librerías locales.

Los pedidos de publicaciones gratuitas deben hacerse directamente al OIEA. Al final de la lista de proveedores se proporcionan los datos de contacto.

AMÉRICA DEL NORTE

Bernan / Rowman & Littlefield

15250 NBN Way, Blue Ridge Summit, PA 17214, EE. UU.

Teléfono: +1 800 462 6420 • Fax: +1 800 338 4550

Correo electrónico: order@renoufbooks.com • Sitio web: www.renoufbooks.com

Renouf Publishing Co. Ltd

22-1010 Polytek Street, Ottawa, ON K1J 9J1, CANADÁ

Teléfono: +1 613 745 2665 • Fax: +1 613 745 7660

Correo electrónico: order@renoufbooks.com • Sitio web: www.renoufbooks.com

RESTO DEL MUNDO

Póngase en contacto con su proveedor local de preferencia o con nuestro distribuidor principal:

Eurospan Group

Gray's Inn House

127 Clerkenwell Road

Londres EC1R 5DB

Reino Unido

Pedidos comerciales y consultas:

Teléfono: +44 (0)176 760 4972 • Fax: +44 (0)176 760 1640

Correo electrónico: eurospan@turpin-distribution.com

Pedidos individuales:

www.eurospanbookstore.com/iaea

Para más información:

Teléfono: +44 (0)207 240 0856 • Fax: +44 (0)207 379 0609

Correo electrónico: info@eurospangroup.com • Sitio web: www.eurospangroup.com

Los pedidos de publicaciones, tanto de pago como gratuitas, pueden enviarse directamente a:

Dependencia de Mercadotecnia y Venta

Organismo Internacional de Energía Atómica

Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Viena, Austria

Teléfono: +43 1 2600 22529 o 22530 • Fax: +43 1 26007 22529

Correo electrónico: sales.publications@iaea.org • Sitio web: <https://www.iaea.org/es/publicaciones>

**ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA
VIENA**