

Descontaminación de suelos y acuíferos.

Procesos de remediación

Elaborado por:

Eduard Bes Fuster

FUNDACIÓN VÉRTICE EMPRENDE

ISBN: 978-84-94073-76-2

Edición: 5.0

No está permitida la reproducción total o parcial de esta obra bajo cualquiera de sus formas gráficas o audiovisuales sin la autorización previa y por escrito de los titulares del depósito legal.

Índice

Descontaminación de suelos y acuíferos. Procesos de remediación

<i>Introducción</i>	7
---------------------------	---

UD1. Método de aprendizaje: Study Case

1.1. Relación entre el tema a desarrollar y la metodología.....	13
1.1.1. Introducción al contenido.....	13
1.1.2. Miscelánea de disciplinas como base del contenido	13
1.1.3. Metodología del <i>Study Case</i>	13
1.2. Alcance y objetivo del <i>Study Case</i>	15

UD2. Establecimiento del caso

2.1. Presentación	25
2.2. Marco legal	25

UD3. Investigación previa

3.1. Climatología regional	35
3.2. Indicios históricos	36

UD4. Visita de campo

4.1. Parcela afectada	41
4.2. Entorno industrial. Polígono	42
4.3. Orígenes de la contaminación	44

UD5. El suelo. Degradación y contaminación

5.1. El suelo.....	55
5.1.1. Generalidades.....	55
5.1.2. Evolución.....	55
5.2. Degradación.....	57
5.3. Contaminación	61
5.3.1. Características básicas de la contaminación de suelos	61
5.3.2. Tipos de contaminantes que afectan al suelo	62
5.4. Campaña de muestreo y análisis	84
5.4.1. Muestreo.....	84
5.4.2. Información extraída de los muestreos	87
5.4.3. Interacciones entre las diferentes fase presentes en el suelo	99
5.5. La materia orgánica del suelo. Humus	100

UD6. Planificación de una descontaminación de suelos y acuíferos

6.1. Características de la zona	112
6.2. Particularidades de la contaminación.....	112
6.3. Tipo y propiedades de los contaminantes	112
6.4. Dirigir esfuerzos en la descontaminación	112
6.5. Gestión del riesgo.....	112
6.6. Desarrollo sostenible	113
6.7. Punto de vista de los afectados	114
6.8. Factibilidad y estado de la técnica	114

UD7. Tecnologías de descontaminación de suelos y acuíferos

7.1. Bases	119
7.1.1. Diferenciación de las técnicas.....	119
7.1.2. Costes.....	120

7.2. Tecnologías de descontaminación.....	120
7.2.1. Tratamientos in situ	121
7.2.2. Tratamientos off site y ex situ	132
7.3. Resumen de las tecnologías.....	141
7.4. Relación entre contaminantes y técnicas de tratamiento	145
<i>UD8. Cierre de una descontaminación</i>	153
<i>Anexo</i>	161
<i>Bibliografía</i>	241



medio ambiente

Descontaminación de suelos y acuíferos. Procesos de remediación

Introducción

A vertical line runs down the left side of the page. It consists of a thin green line that is interrupted by a thicker, solid green rectangular segment.

medio ambiente

Uso de este manual


La información que se suministra en este volumen pretende ser útil no sólo al alumno (como material documental y de aprendizaje) sino también al docente que conduzca el tema mediante sesiones académicas.


El manual se seguirá de manera secuencial, según la pauta lineal y cronológica del texto. Tan sólo será necesario acceder puntualmente, cuando sea conveniente, a los anexos para completar o recordar los datos y las referencias que allí se exponen.

A menudo se intercalan ejercicios o cuestiones desarrollados en consonancia con la metodología *Study Case* que se hallan enmarcados por dos líneas separadoras. Estos ejercicios permiten fijar los conocimientos expuestos hasta el momento, cruzan datos e informaciones de la materia que se ha trabajado hasta entonces o solicitan al alumno el desarrollo de hipótesis o supuestos que, posteriormente cuando el nivel de información haya aumentado y sido más preciso, serán corroborados o descartados.

En las soluciones se resuelven dichas cuestiones, dando una explicación razonada a la cuestión planteada, incluso añadiendo alternativas para dotar al sistema de mayor versatilidad.

Así, pues, las diferentes aportaciones se distinguirán según se indica en este ejemplo (encabezado con el símbolo ):

 Cuestión que se plantea al estudiante.

 Exposición pormenorizada de la respuesta que debería ser capaz de proporcionar el alumno si ha adquirido los conocimientos desarrollados hasta este punto.

En algunos casos se describen alternativas u opciones que pueden facilitar al docente el planteo de nuevas circunstancias con las que abundar en el tema.

Esta exposición se encuentra en las soluciones al final del manual.

Asimismo, para proporcionar alternativas al profesor, en el anexo II (en donde se recogen diversos boletines analíticos) se ha indicado en cada uno de ellos un “código interno” que consta de las siglas ENS seguidas de un número. Concretamente, se han elaborado dos conjuntos de boletines, denominados ENS-1 y ENS-2. Cada agrupación se refiere a un episodio de contaminación específico. El caso de ENS-1 es el que se despliega en el presente *Study Case*, pero ENS-2 ofrece una opción para desarrollar un escenario diferente, siempre bajo la decisión expresa del profesor.

Es importante tener en cuenta que un docente experimentado y conocedor de la temática puede crear diferentes conjuntos de boletines analíticos (ENS-x) y, por supuesto, modificar a conveniencia los datos expuestos a lo largo del manual para, de esta forma, enriquecer al alumno.

Precisamente, en el anexo V se recoge una manera de disponer de dichos conjuntos ENS. En él se expone como el autor de este manual puede proporcionar al docente otra posibilidad para ampliar las potencialidades educativas del texto para dotarlo de mayor versatilidad y dinamismo. Se trata de la referencia a un software creado específicamente para este sistema de estudio

que permite elaborar boletines analíticos diversos de forma infinita a partir de dos serie de premisas previas: grado de contaminación y actividades industriales generadoras. En el mismo anexo se amplía la información y el procedimiento de uso.

Cabe reparar en que los datos aportados en este texto para desarrollar la historia del *Study Case* se han elaborado a partir de informaciones realistas (basadas en simulaciones de lugares, procesos, escenarios de contaminación...) pero no reales (a excepción de la legislación), y que cualquier parecido con alguna circunstancia real es pura coincidencia.

Al final de cada capítulo se recogen resumidas las ideas más importantes del mismo en el apartado "Lo más importante" y se presenta un test de autoevaluación con diez preguntas para confirmar el aprendizaje.

UD1

Método de aprendizaje: Study Case

- 1.1. Relación entre el tema a desarrollar y la metodología
 - 1.1.1. Introducción al contenido
 - 1.1.2. Miscelánea de disciplinas como base del contenido
 - 1.1.3. Metodología del Study Case
- 1.2. Alcance y objetivo del Study Case



medio ambiente

1.1. Relación entre el tema a desarrollar y la metodología

1.1.1. Introducción al contenido

El suelo es un componente dinámico de la biosfera que se encuentra en constante evolución, tanto natural como antrópica, a través de las múltiples interacciones con su entorno, responsables del intercambio y transformación de materiales y energías, y que presenta un servicio de soporte esencial a los seres vivos (vegetación, fauna y ser humano) y a sus actividades.

Es, de todas maneras, muy frágil y su sometimiento a los cambios rápidos provoca alteraciones que lo pueden degradar, a menudo de manera irreversible.

Su cuidado mediante la prevención y la corrección son indispensables para mantener la salud de los seres vivos y ecosistemas que se desarrollan, incluido el ser humano y, en consecuencia, del planeta.

1.1.2. Miscelánea de disciplinas como base del contenido

La disciplina técnico científica que se dedica a la investigación de suelos y acuíferos contaminados y a su recuperación se ha desarrollado enormemente en las últimas décadas, en parte debido a la concienciación de entes públicos y privados sobre la necesidad de actuar ante los importantes ataques que ha sufrido el suelo a lo largo de la Historia, pero también por un incremento de la presión legislativa especialmente en los países más avanzados.

Grandes episodios de contaminación de subsuelos y masas de aguas subterráneas han sido una constante en la prensa de los últimos años; las sanciones elevadísimas y actuaciones colosales, también. Internet y el acercamiento de la información han contribuido a su conocimiento.

El estudio del suelo y acuíferos y de los fenómenos de transporte de contaminantes que en ellos se dan contemplan una gran variedad de aspectos que son analizados desde diferentes ámbitos técnicos, dado que no existe una única argumentación que permita su explicación ni un único método que facilite su tratamiento. De ahí que se trate de un trabajo multidisciplinar que engloba un conjunto de profesionales tan diversos como los que intervienen en: Edafología, Geología, Hidrogeología, Geoquímica, Química, Biología, Bioquímica, Ingenierías Mecánica, Química y Geotécnica, Toxicología, etc.

Ello hace que el estudio de los suelos contaminados sea un atractivo foco para técnicos y científicos, para universidades e ingenierías, para el sector privado y el público y se proyecte, en un futuro cercano, como una fuente de empleo considerable.

1.1.3. Metodología del *Study Case*

Sin abundar demasiado en la teoría del método, sí se indican a continuación una serie de aspectos relevantes que son los que se han tomado en consideración para el uso de la metodología del *Study Case* al tema a desarrollar. Se puede obtener una mayor información sobre este método de aprendizaje en las referencias de la bibliografía.

La aplicación de situaciones realistas en los procesos de enseñanza-aprendizaje forma parte de las técnicas que a lo largo de los últimos años se han ido empleando con éxito en la educación, sobretudo a nivel de bachillerato y universitario.

La combinación de éstas con las tecnologías informáticas y de comunicaciones más novedosas aporta una plusvalía de asertividad y motivación que potencia su asimilación por parte del estudiante que, si además, se envuelve de los métodos más clásicos de recepción de información (textos, manuales, congresos, seminarios...) ofrecen al receptor un abanico completo de formas y modelos, contenidos y propuestas que le permiten desarrollar sus capacidades desde todos los puntos de vista posibles.

Esta metodología, aplicable a multitud de materias, se desarrolla siguiendo unas pautas estructuradas bien claras. Así, pues, el contenido de este manual de estudio dedicado a la contaminación de suelos y acuíferos se desarrollará a modo de caso realista, según se expone esquematizadamente a continuación:

Desarrollo del <i>Study Case</i>	
Problemática/planteamiento del problema	Una empresa adquiere unos terrenos presuntamente contaminados y solicita a una ingeniería especializada su evaluación.
Desarrollo del proyecto	Mediante la exposición de situaciones realistas, siguiendo una programación cronológica y utilizando herramientas adecuadas (planimetría, información histórica, software, reglamentación...) se va desarrollando el proyecto hasta su concepción final
Participación del estudiante	Mediante una serie de preguntas/ejercicios que se van planteando a lo largo del texto, el alumno tendrá que ir desarrollándolas para establecer la línea de trabajo y dar respuesta a las situaciones que deberán solucionarse. Se consolidan los contenidos aprendidos.
Conclusión del <i>Study Case</i>	Las respuestas desarrolladas serán la amplia base que formará el proyecto-informe final, es decir, deberán concatenarse adecuadamente para elaborar el documento definitivo.
Seguimiento del docente	Será el coordinador del proyecto aportando, por un lado, su conocimiento y experiencia basado en el texto y, por otro, las fuentes documentales que crea convenientes. Dispondrá en este manual de respuestas argumentadas a cada cuestión planteada al alumno para poder confirmar sus avances.
Posibilidad de aumentar la versatilidad	El método admite diversas variaciones de los contenidos, en función de los conocimientos y experiencia del profesor, así como dependiendo del tiempo dedicado y del nivel académico de los receptores. Esto lo hace útil para ir complementado la información, y ofrecer diferentes puntos de vista, ya sea en un mismo curso o en diferentes.

1.2. Alcance y objetivo del Study Case

Por supuesto, en este temario no se desarrollarán todas las disciplinas referidas anteriormente, pero sí se hará hincapié y se expondrán los aspectos que sean de interés de cada una para complementar el contenido de este manual.

Como consecuencia del amplio acervo de información necesario, en este texto se hará referencia a multitud de nociones y conceptos pero que en muchos casos deberán ya pertenecer al conocimiento consolidado del alumno, de manera que tan sólo se especificarán algunas particularidades o se resumirán para garantizar el seguimiento y comprensión del *Study Case*.

De hecho, la clave del proceso cognitivo del *Study Case* encaja perfectamente en este proceso, ya que trata de entrelazar la multiplicidad de aspectos técnicos que lo conforman para poder dar respuesta a los interrogantes que se desprenden del mismo, bien sean puntuales, concretos o globales. Por lo tanto, se concatenarán los temas para dar cuerpo y apoyo al proceso de estudio e investigación sin profundizar más de lo necesario en aquellos aspectos que no sean específicos de este texto.

En definitiva, el alumno, al contestar y solucionar los ejercicios, va avanzando en el proceso de investigación propuesto en el *Study Case*, hasta desarrollarlo completamente, de manera que las respuestas razonadas y argumentadas a todas de las cuestiones construirán el proyecto de investigación del caso planteado.

Cabe mencionar que el nivel del curso esta concebido para el grado universitario o especialización posterior. También es adecuado para los profesionales del sector que requieran aposentar conocimientos y método.

UD1

lo más importante...

- ↻ El suelo es un medio necesario para la vida y su cuidado mediante la prevención es indispensable para su conservación, conjuntamente con la de los acuíferos.
- ↻ Su estudio implica una gran variedad de disciplinas y conocimientos científicos y técnicos.
- ↻ El método de estudio de este texto, *Study Case*, permite el aprendizaje de la materia en base a un caso realista, o proyecto, que hay que desarrollarlo como si de un escenario real se tratara, estableciendo pautas, procedimientos, calendario y replanteamiento a medida que se avanza.

UD1

autoEvaluación

- 1.** La evolución del suelo es:
 - a. Exclusivamente natural.
 - b. Exclusivamente antrópica.
 - c. Natural y antrópica.
 - d. Estática.

- 2.** El suelo debe protegerse y conservarse porque:
 - a. El planeta Tierra es frágil.
 - b. Es el sustento físico de los animales.
 - c. El desarrollo de todos los seres vivos depende de él.
 - d. Se degrada siempre.

- 3.** Para estudiar los fenómenos contaminantes de suelos y acuíferos es necesario conocer:
 - a. Diferentes disciplinas técnicas y científicas, así como la evolución histórica y social del lugar.
 - b. Hidrogeología y geoquímica, básicamente.
 - c. Las características del suelo cuando se encontraba en buen estado.
 - d. Las noticias aparecidas en la prensa al respecto.

4. El sistema de aprendizaje *Study Case* se presenta en este texto como:
- Un conjunto de casos reales de contaminación de suelos sobre los que se pretende estudiar sus consecuencias.
 - Un proceso de trabajo basado en unas circunstancias reales que facilitan la obtención de resultados correctos.
 - El mejor sistema de aprendizaje.
 - Un proceso de aprendizaje basado en un escenario muy cercano a la realidad sobre el que se van tratando los diversos aspectos de la materia que se pretenden enseñar.
5. El método *Study Case* se utiliza para:
- Disciplinas técnicas.
 - Casos reales de contaminaciones, ya sean de aire, agua o suelos.
 - Asegurar un buen conocimiento del tema de estudio.
 - Todo tipo de materias y disciplinas que permitan proyectar la realidad en el estudio.
6. No será un posible *Study Case*:
- Estudio de la contaminación de un acuífero situado bajo una zona residencial.
 - Estudio de la contaminación de un río y su subsuelo debido al vertido de una fábrica ya subsanado y recuperado.
 - Estudio de la contaminación del subsuelo de un complejo industrial abandonado.
 - Estudio de la contaminación de los pozos de una zona agrícola por indicios de purines.
7. Indicar quién o qué puede tener más importancia a la hora de establecer los procedimientos de estudio de un proceso contaminante del suelo:
- La profundidad del acuífero.
 - La intervención humana previa.
 - El conjunto de datos, informaciones, documentación, presente e histórica, recogidos en la fase previa.
 - Las afectaciones naturales que hayan acontecido hasta la fecha.
8. ¿Quién puede ser el responsable de una contaminación?
- El ser humano.
 - La evolución histórica natural de dicho suelo.
 - Las políticas medioambientales.
 - Básicamente el ser humano y los fenómenos naturales.