

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Remediación de Suelos
Clave de la asignatura:	AMG-1020
SATCA¹:	3-3-6
Carrera:	Ingeniería Ambiental

2. Presentación

<p>Caracterización de la asignatura</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Ambiental los elementos y competencias necesarios para la identificación de los tipos de suelos, la caracterización, investigación y muestreo de los sitios contaminados, así como de los criterios, técnicas analíticas y de tratamiento de los mismos más apropiados para su descontaminación y remediación. • La integración de esta asignatura al plan de la carrera de ingeniería ambiental, responde a los resultados del diagnóstico e investigación a nivel nacional de atender el problema creciente de pasivos ambientales generados por la contaminación de suelos causada por diferentes actividades industriales, derrames de productos químicos e inadecuada disposición de residuos. En particular, en algunas regiones y localidades del país existen pasivos ambientales que han dado lugar a suelos improductivos y que constituyen focos de contaminación y riesgo ambiental. • Esta asignatura necesita el soporte y conocimiento de asignaturas previas. De manera adicional, lo trabajado en esta asignatura necesita del conocimiento de asignaturas como: química inorgánica, química instrumental, balance de materia y energía, diseño de experimentos ambientales, microbiología, toxicología ambiental y bioquímica. • Esta asignatura incluye el manejo de tecnologías informáticas, conocimiento de los conceptos e implicaciones de temas relacionados a la química del ambiente, preparación de soluciones, aplicación de métodos gravimétricos y volumétricos, toxicología de contaminantes, uso de equipo de laboratorio, conocimiento de microbiología ambiental, aplicaciones de métodos ópticos y electroquímicos, conocimiento e identificación de los pasos del método científico. • Esta asignatura aporta al perfil del ingeniero ambiental las competencias para explicar fenómenos involucrados en la remediación de suelos contaminados, así como conocer los principios básicos de remediación de suelos, las diferentes metodologías, y tecnologías utilizadas en la remediación, biorremediación y rehabilitación de suelos contaminados.
<p>Intención didáctica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se organiza el temario en 4 temas, agrupando los contenidos conceptuales de Edafología en el primer tema, dando peso a la descripción y conocimientos acerca de los factores que dan origen a los suelos y sus características fisicoquímicas y biológicas, así como la relación de sus características entre ellas y con el ambiente. En este tema se tiene como primera intención que el estudiante conozca y haga suyo el conocimiento sobre la formación y composición de los suelos los cuales al final proporcionarán los diferentes tipos de suelos y funciones. • Tal conocimiento proporcionara al estudiante que potencie su nivel de análisis, selección y discriminación de qué tipo de suelos son susceptibles al proceso de remediación en función de

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

su origen, características fisicoquímicas y biológicas. Al estudiar los tipos de suelos y sus características el estudiante podrá entender y reconocer también que los contaminantes se comportan de distinta manera en cada suelo en función de sus características fisicoquímicas y biológicas.

- El segundo tema es de naturaleza aplicativa y de integración de conocimientos previos que ya posee y domina el alumno. Es un recordatorio de conceptos, definiciones, habilidades sobre las características y clasificación de moléculas tanto orgánicas como inorgánicas como su transformación (ver temas como bioquímica ambiental, biología ambiental, química ambiental, etc.). El contenido también tiene la intención de que el estudiante reconozca las diversas propiedades y funciones de los contaminantes, los cuales son debidas a las diferentes estructuras moleculares e interacción de ellas con otras moléculas y el ambiente. El contenido en esta sección también aborda que la capacidad o tecnología utilizada para su posible remediación, remoción o mitigación, está también en función de sus perfiles de transporte o migración en direcciones 3D (x,y,z) en el suelo.
- La segunda parte del tema está bien intencionado didácticamente para que el estudiante aplique competencias procedimentales, como el usar métodos de extracción, detección y cuantificación de contaminantes, y a su vez, que asocie los resultados obtenidos con la parámetros fisicoquímicos y biológicos de los suelos presentes y bajo el marco legal.
- En referencia a las formas de migración o transporte de los contaminantes (dinámicas ecológicas y físicas) en suelos, podemos encontrar que este segundo tema toma como punto principal el transporte y la dinámica de los diversos contaminantes que definen la factibilidad, operación y mantenimiento de las tecnologías de remediación, así como la velocidad de remoción de los contaminantes in situ o ex situ.
- Al término del tema se atiende al marco legal referente a contaminación de los suelos, abordando temas como el impacto de los contaminantes, requerimientos de remediación bajo el marco legal, efectos negativos de la contaminación del suelo y los lineamientos legales de cómo tratarlos. Es importante puntualizar que el docente no deberá dejar a la ligera este tema ya que es base teórico/conceptual de las restantes.
- Por otro lado en el tercer tema se aborda la forma en la cual se caracterizan los sitios contaminados; haciendo énfasis en la unión entre el marco conceptual y el práctico, sobre todo cuando se abordan temas como muestreo y caracterización de suelos. También y como refuerzo del aprendizaje este tema va acompañado de diversas prácticas de laboratorio y de campo sobre la caracterización de suelos y suelos contaminados o erosionados. Por último este tema vincula lo teórico con lo practica a través de realizar de manera consciente y responsable un análisis e interpretación de los resultados de los parámetros físicos, químicos y biológicos de los suelos y suelos contaminados encontrados en la bibliografía u obtenidos a partir de las prácticas de laboratorio y fuentes de investigación en el área.
- Al final como producto de esta unidad el alumno hace uso de su conocimiento y capacidad de análisis al interpretar datos e información pertinente en el tema para lograr un entendimiento acerca del transporte y dinámica de contaminantes en función no solo de las características de los suelos sino también de las características de los contaminantes presentes en él.
- El tema cuatro aborda desde un punto de vista integral e ingenieril los fundamentos, criterios de dimensionamiento, operación y costos de las diversas tecnologías de remediación de suelos para lo cual lo divide en 3 categorías principales: remediación térmica, remediación fisicoquímica y remediación biológica.

- En este tema se enfatiza el carácter de integración y aplicación de la información manejada, buscando ya aterrizar en sus diferentes actividades de aprendizaje el desarrollar capacidades cognoscitivas, procedimentales, sistémicas y actitudinales. Convirtiéndose así esta asignatura en parte fundamental del perfil de egreso del ingeniero ambiental.
- En este tema se propone que dentro de su esquema de evaluación se considere además de la evaluación teórica también la práctica con la integración de un proyecto de investigación de campo o bibliográfica sobre alguna tecnología para la remediación de suelos ya sea in situ o ex situ y que dé como actividades extraclase: investigaciones de campo (individual y en equipo), visitas a empresas e instituciones de educación superior o centros de investigaciones avanzadas en el área de remediación de suelos así como la asistencia y participación en congresos o seminarios del área.
- También se contempla la realización de prácticas de laboratorio, elemento substancial en la adquisición de habilidades técnicas y de interpretación, que representan la fase esencial de la materia.
- En esta asignatura es sumamente recomendable, que el profesor propicie en sus alumnos la búsqueda, tanto de la información técnica como la del desarrollo e interpretación del experimento, permitiendo un aprendizaje más significativo.
- Finalmente, el contenido de esta asignatura, proporciona competencias conceptuales, prácticas, actitudinales y sistémicas al estudiante para que pueda seguir tomando una segunda materia como parte del módulo de especialización en algunos institutos sin inconveniente (movilidad académica o espacio común).

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico de Villahermosa del 7 al 11 de septiembre de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Celaya, Mérida, Minatitlán, Nuevo León, Santiago Papasquiaro y Villahermosa.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Ambiental, Ingeniería Bioquímica, Ingeniería Química e Ingeniería en Industrias Alimentarias.
Instituto Tecnológico de Celaya del 8 al 12 de febrero de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Celaya, Mérida, Minatitlán, Nuevo León, Santiago Papasquiaro y Villahermosa.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de Carreras de Ingeniería Ambiental, Ingeniería Bioquímica, Ingeniería Química e Ingeniería en Industrias Alimentarias.

<p>Instituto Tecnológico de Villahermosa, del 19 al 22 de marzo de 2013.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de:</p> <p>Cajeme, Campeche, Cd. Guzmán, Cd. Madero, Celaya, Centla, Champotón, Coacalco, Colima, Ixtapaluca, Lerdo, Los Ríos, Matamoros, Mérida, Minatitlán, Morelia, Múzquiz, Nuevo León, Oriente del Estado de México, San Andrés Tuxtla, San Martín Texmelucan, Santiago Papasquiario, Tehuacán, Tlajomulco y Villahermosa.</p>	<p>Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de las carreras de Ingeniería Ambiental, Ingeniería Bioquímica, Ingeniería en Industrias Alimentarias e Ingeniería Química, del SNIT.</p>
<p>Tecnológico Nacional de México, del 25 al 26 de agosto de 2014.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de:</p> <p>Aguascalientes, Apizaco, Boca del Río, Celaya, Cerro Azul, Cd. Juárez, Cd. Madero, Chihuahua, Coacalco, Coatzacoalcos, Durango, Ecatepec, La Laguna, Lerdo, Matamoros, Mérida, Mexicali, Motúl, Nuevo Laredo, Orizaba, Pachuca, Poza Rica, Progreso, Reynosa, Saltillo, Santiago Papasquiario, Tantoyuca, Tlalnepantla, Toluca, Veracruz, Villahermosa, Zacatecas y Zacatepec.</p> <p>Representantes de Petróleos Mexicanos (PEMEX).</p>	<p>Reunión de trabajo para la actualización de los planes de estudio del sector energético, con la participación de PEMEX.</p>

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
<ul style="list-style-type: none"> • Conoce y aplica de manera teórico-práctica los principios básicos de remediación y biorremediación de suelos, así como las diferentes metodologías, y tecnologías sobre la remediación, biorremediación y rehabilitación de suelos contaminados. • Promueve un respeto y actitud adecuada en la prevención y restauración de los recursos naturales con apego a la legislación ambiental vigente

5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> • Maneja tecnologías informáticas y software especializados, hojas de cálculo, internet, entre otras NTICs (Nuevas Tecnologías de Informática y Comunicación). • Conoce y aplica los conceptos y fundamentos de diversos temas en áreas como física, matemáticas, biología ambiental, bioquímica ambiental, química ambiental, toxicología ambiental, fisicoquímica, química analítica, análisis instrumental y microbiología ambiental. • Conoce y aplica los términos y conceptos de ingeniería básica. • Prepara soluciones. • Aplica protocolos experimentales. • Usa los métodos gravimétricos y volumétricos para la caracterización del suelo. • Maneja equipos e instrumentos especializados en el área de suelos • Conoce y maneja técnicas fisicoquímicas, microbiología, en general. • Aplica métodos ópticos y electroquímicos. • Conoce e identifica los pasos del método científico.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Introducción a la Edafología	1.1 Definiciones 1.2 Principios de formación de los suelos. 1.3 Composición de suelos. 1.4 Propiedades fisicoquímicas y biológicas. 1.5 Clasificación de suelos.
2	Transporte y dinámica de contaminantes en suelos	2.1 Contaminantes 2.1.1 Tipos y clasificación de contaminantes 2.1.2 Características físico-químicas de los contaminantes 2.1.3 Mecanismos de transporte y migración de contaminantes en suelos 2.1.4 Destino de los contaminantes en suelos 2.1.5 Rutas de degradación biológica y química de contaminantes 2.2 Impactos de la contaminación del suelo 2.3 Marco legal en materia de contaminación del suelo
3	Caracterización del sitio contaminado	3.1 Muestreo

		<p>3.2 Conservación del sitio</p> <p>3.3 Caracterización de suelos: física, química y biológica</p> <p>3.4 Manejo y conservación de muestras de contaminantes</p> <p>3.5 Interpretación de los resultados o datos de parámetros de suelos</p> <p>3.6 Monitoreo de suelos</p> <p>3.7 Análisis de contaminantes</p> <p>3.7.1 Métodos de extracción</p> <p>3.7.2 Métodos de detección, cuantificación y límites de detección</p> <p>3.7.3 Análisis de datos o de mediciones e interpretación</p>
4	Tecnologías de Remediación de Suelos	<p>4.1 Muestreo</p> <p>4.2 Conservación del sitio</p> <p>4.3 Caracterización de suelos: física, química y biológica</p> <p>4.4 Manejo y conservación de muestras de contaminantes</p> <p>4.5 Interpretación de los resultados o datos de parámetros de suelos</p> <p>4.6 Monitoreo de suelos</p> <p>4.7 Análisis de contaminantes</p> <p>4.7.1 Métodos de extracción</p> <p>4.7.2 Métodos de detección, cuantificación y límites de detección</p> <p>4.7.3 Análisis de datos o de mediciones e interpretación.</p>

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Introducción a la edafología	
Competencias	Actividades de aprendizaje



<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplica los conceptos básicos y fundamentos edafológicos, para categorizar los suelos en base a los conocimientos edafológicos: composición y propiedades fisicoquímicas y biológicas. • Maneja los diferentes conceptos y teorías de la formación de los suelos, así como conoce sus componentes o perfiles que lo constituyen. • Categoriza o clasifica los tipos de suelos. • Identifica las características fisicoquímicas y biológicas de los suelos. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. Solución de Problemas. Habilidad para búsqueda de información. Capacidad para trabajar en equipo. Habilidad en el uso de tecnologías de información y comunicación. Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. Comunicación oral y escrita. Sentido ético de la vida. Habilidades de investigación. Capacidad de aprender. Capacidad de plantear y desarrollar nuevas ideas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar acerca de las características de los suelos en diferentes regiones de la localidad y de México. • Investigar acerca de las propiedades de los suelos. • Investigar a través de diversas fuentes de información los principios de la formación de los suelos, así como sus principales componentes. • Investigar, analizar, conocer y reconocer los diferentes tipos de suelos y su nomenclatura, a través de diversas fuentes de información, en grupos de dos. • Identificar los diferentes tipos de suelos de su Entidad Federativa y a nivel nacional, mediante una investigación de campo y bibliográfica. • Discutir las propiedades fisicoquímicas y biológicas de los suelos. • Construir un glosario de términos
<p>2. Transporte y dinámica de contaminantes de suelos</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conoce los diversos tipos de contaminantes, sus características, clasificación y rutas de degradación: Biológica y Química en suelos. • Aplica los conocimientos y experiencia para explicar la migración o dinámica de los contaminantes en los 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar análisis de las leyes de fenómenos de transporte, en específico de la ley de Darcy. • Buscar ejemplos de aplicación de la ley de Darcy en suelos e identificar los parámetros que gobiernan el fenómeno. <ul style="list-style-type: none"> • Realizar cálculos matemáticos en grupos de dos que comprendan o contextualicen la aplicación de la ley de Darcy.



<p>suelos en base a las características y tipos de los suelos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resuelve problemas teóricos-prácticos referentes al transporte y dinámica de los contaminantes en los suelos: profundidad de la pluma de migración del contaminante, posibles rutas o migraciones, factores que afectan y sus velocidades de migración. • Conoce y aplica los diferentes métodos y tecnologías de extracción, detección y cuantificación de contaminantes en suelos. • Realiza análisis de datos o de mediciones e interpretación de resultados de muestras analizadas. • Maneja técnicas y métodos de Conservación de muestras de contaminantes. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. Solución de Problemas. • Habilidad para búsqueda de información. • Capacidad para trabajar en equipo. • Habilidad en el uso de tecnologías de información y comunicación. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. Comunicación oral y escrita. Sentido ético de la vida • . Habilidades de investigación. • Capacidad de aprender. Capacidad de plantear y desarrollar nuevas ideas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar un análisis detallado y resúmenes de las implicaciones de la permeabilidad intrínseca y conductividad hidráulica en el transporte de contaminantes en suelos y realizar tablas de similitud o de No semejanza entre permeabilidad intrínseca y conductividad hidráulica. • Realizar cálculos hipotéticos matemáticos referentes a problemas de transporte de contaminantes usando los parámetros de permeabilidad intrínseca y conductividad hidráulica. • Realizar en compañía del profesor lecturas guiadas sobre los términos, conceptos y ecuaciones utilizadas para la determinación de las velocidades de migración o transporte de los contaminantes. Así mismo realizar cálculos o resolución de problemas. • Elaborar un prototipo didáctico sencillo donde se observe los fenómenos de Transporte y dinámica de una sustancia o contaminante para que el alumno reconozca, identifique y analice los conceptos y fenómenos aprendidos de esta unidad temática. • Manejar software de simulación y cálculos de plumas de dispersión de contaminantes en suelos.
--	---

3. Caracterización del sitio contaminado

Competencias	Actividades de aprendizaje
<ul style="list-style-type: none"> • Específica(s): • Realiza estudios de caracterización de sitios contaminados. • Realiza muestreos de suelos y conservación de muestras para posterior análisis. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar en Revistas, Catálogos o por medio de Internet las técnicas y tipos de muestreo aplicado en sitios contaminados. • Investigar y analizar las normas, métodos y procedimientos para hacer las determinaciones físicas, químicas y biológicas a los suelos contaminados.

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Realiza una caracterización fisicoquímica y biológica de suelos y suelos contaminados. • Aplica las características fisicoquímicas y biológicas de los suelos para monitorear un suelo contaminado. • Elabora un plan de caracterización de sitios contaminados. • Efectúa la interpretación de los resultados de las caracterizaciones de suelos contaminados. • Realiza un estudio de sitios contaminados completo proponiendo las medidas de control, remediación o mitigación del contaminante. • Caracteriza físico, química y biológicamente los suelos y suelos contaminados e interpreta resultados o datos en base al estudio, análisis y aplicación del conocimiento adquirido. • Plantea posibles soluciones a problemas ambientales en materia de remediación de suelos mediante la utilización de una tecnología en específico o en cadenas de ellas. • Maneja equipo especializado e interpreta su información o resultados de salida. • Realiza con responsabilidad y ética profesional tanto las caracterizaciones como la propuesta tecnológica. | <ul style="list-style-type: none"> • Investigar los diversos tipos de muestreo de suelos y realizar muestreo de suelos en campo. • Visitar zonas contaminadas para conocer sus características. • Realizar prácticas de caracterización de suelos fisicoquímica y biológica a nivel laboratorio (ver prácticas). • Realizar una carta descriptiva sobre la interpretación de los resultados obtenidos de las caracterizaciones de los suelos. • Discutir y criticar en pequeños grupos los resultados obtenidos. • Visitar zonas impactadas por contaminantes industriales y municipales. • Crear un plan de muestreo en formato libre y monitorear un sitio contaminado a través del tiempo y espacio. |
|---|--|

Genéricas:

- Capacidad de análisis y síntesis. Solución de Problemas.
- Habilidad para búsqueda de información. Capacidad para

<p>trabajar en equipo. Habilidad en el uso de tecnologías de información y comunicación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Comunicación oral y escrita. Sentido ético de la vida. • Habilidades de investigación. • Capacidad de aprender. • Capacidad de plantear y desarrollar nuevas ideas. 	
<p>4. Tecnologías de Remedación de suelos</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conoce las diferentes tecnologías utilizadas en la remediación de sitios contaminados, in situ y ex situ: térmicas, fisicoquímicas, biológicas. • Conoce y explica los fundamentos, criterios de dimensionamiento, operación y costos de las tecnologías de remediación en suelos. • Realiza un prototipo didáctico que contemple los parámetros a considerar para el desarrollo de tecnologías de remediación, control, o mitigación de contaminación en suelos. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. Solución de Problemas. • Habilidad para búsqueda de información. Capacidad para trabajar en equipo. Habilidad en el uso de tecnologías de información y comunicación. • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica. • Comunicación oral y escrita. • Sentido ético de la vida. • Habilidades de investigación. • Capacidad de aprender. • Capacidad de plantear y desarrollar nuevas ideas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Buscar información pertinente en libros, revistas técnico científicas, videos, películas, documentales) de las diversas tecnologías de remediación de sitios contaminados en específico de suelos. • Realizar un análisis y examen de las tecnologías existentes en al área ambiental, en específico en remediación de suelos a partir de las diversas fuentes bibliográficas o de investigación científica encontradas. • Realizar lecturas dirigidas o guías de cada una las tecnologías abordadas para la identificación de los fundamentos, Criterios de dimensionamiento, operación y costos. • Elaborar diagramas o flujos de pasos para evaluar la factibilidad y efectividad de las tecnologías en función de los diferentes tipos de suelos y contaminantes.

8. Práctica(s)

- Introducción al manejo y cuidado de los equipos de laboratorio especializados en el área de suelos e introducción a normas de seguridad y buenas prácticas de laboratorio.
- Muestreos sistematizados, al azar, circulares, en rejillas, etc., con puntos georeferenciados (GPS) y conservación de muestras de suelos contaminados o deshabilitados (sin calidad).
- Manejo y almacenamiento de suelos.
- Caracterización fisicoquímica de los suelos muestreados. incluyendo prácticas de determinación de: pH, alcalinidad, conductividad eléctrica (CE), textura, porosidad, permeabilidad intrínseca, conductividad hidráulica, humedad, carbono total, carbono inorgánico, carbono fácilmente oxidable, nitrógeno total, amonio, nitritos y nitratos, densidad del suelo, distribución de partículas, etc.
- Caracterización biológica de suelos y suelos contaminados: biomasa microbiana, UFC de microorganismos en suelos (bacterias totales, hongos totales, bacterias hidrocarbonoclastas, hongos hidrocarbonoclastas por determinación en placa), biomasa microbiana, viabilidad microbiana, actividad de producción de CO₂, Pruebas de toxicidad aguda con lombriz de tierra (*Eisenia foetida*), de crecimiento de plantas terrestres y de alargamiento radicular, germinación de semillas entre otras pruebas toxicológicas, etc.
- Evaluación cualitativa y cuantitativa de contaminantes en el suelo.
- Determinación de Hidrocarburos del petróleo en suelo.
- Preparación de muestras de suelo para extracción de hidrocarburos por reflujo, agitación-centrifugación.
- Identificación y cuantificación de hidrocarburos por cromatografía de gases-espectrometría de masas (CG/EM).
 - Cuantificación de hidrocarburos totales de petróleo por espectroscopia de infrarrojo (IR).

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

10. Evaluación por competencias

- Comentario General:
- Como guía de la evaluación por competencias, se sugiere que estas contengan las siguientes características: un proceso dinámico y multidimensional que es realizado por el docente.
- Tener en cuenta el “proceso” como resultado del aprendizaje.
- Ofrecer resultados de “retroalimentación” de manera tanto cuantitativa como cualitativa.
- Tener como horizonte servir al proyecto ético de vida de los estudiantes.
- Basarse en “criterios” objetivos y “evidencias” consensuadas.
- Sugerencias de Evaluación por competencias para los temas.
- Se sugieren modelos de matrices analíticas con niveles, para evaluar por ejemplo la recepción e investigación que realizó sobre la edafología, características de los suelos, sus propiedades etc., Evaluando en la matriz su estrategia de búsqueda, los tipos de fuentes citadas, la organización de la información y conceptos (ejemplo, mapas conceptuales como evidencia).
- Evaluar el nivel alcanzado a través de revisar sus mapas conceptuales y tablas comparativas, evidencias y evaluar bajo criterios tales como: argumenta, entiende y aplica los diferentes conceptos de la remediación de suelos, dinámica de los contaminantes en los suelos, tecnologías de remediación etc., incluyendo sus subtemas significativos y centrales.
- Evaluar su competencia de trabajar en equipo ó en forma autónoma, así como de expresar sus ideas, describir los conceptos, y criticar las ideas de los demás por medio de coloquios de discusión.
- Durante el desarrollo de la asignatura se le podrá evaluar a través de matrices de evaluación su método de búsqueda en internet, fuentes primarias y secundarias de los temas asignados, reportes de prácticas, resúmenes, exámenes escritos, presentaciones electrónicas u otra herramienta.
- Evaluar sus capacidades de hacer uso del conocimiento para calcular parámetros fisicoquímicos tales como: pH, Alcalinidad, Conductividad eléctrica (CE), textura, porosidad, permeabilidad intrínseca, conductividad hidráulica, humedad, carbono total, carbono inorgánico, carbono fácilmente oxidable, nitrógeno total, amonio, nitritos y nitratos, densidad del suelo, distribución de partículas,
- Evaluar sus capacidades de hacer uso del conocimiento para calcular parámetros biológicos tales como: Unidades formadoras de colonias (UFC) de microorganismos en suelos (bacterias totales, hongos totales, bacterias hidrocarbonoclastas, hongos hidrocarbonoclastas por determinación en placa), biomasa microbiana, viabilidad microbiana y actividad de producción de CO₂, etc.
- Evaluar sus capacidades de hacer uso del conocimiento mediante la realización de prácticas de laboratorio donde el alumno realizara sus prácticas en compañía del tutor o facilitador con un nivel de operación establecido, es decir, ya sea solo observando o teniendo participación procedimental en forma parcial o total durante la práctica y manejo de equipos. Las rubricas y criterios a evaluar podrán ser: desde su asistencia a la práctica, su desempeño operativo, manejo de instrumentación o equipo especializado, cálculos matemáticos e interpretación de los resultados. Adicionalmente se le puede evaluar la entrega de un reporte de práctica cumpliendo con la estructura y tiempos señalados por el facilitador previamente.
- Se sugiere evaluar el nivel autónomo cuando realice exploraciones de campo para conseguir la información solicitada o realizar actividades en clase y extraclase teniendo como rubricas o criterios de evaluación, su planeación, estrategia, actitud, organización, toma de decisiones etc.,

de búsqueda y obtención de la información, así como el análisis e interpretación del mismo. Como evidencias se sugiere hacer entregas, por ejemplo: encuestas, entrevistas realizadas, tareas, trabajos manuales, análisis de la información de manera escrita o verbal, etc.

- Se sugiere evaluar a varios niveles el manejo de un segundo idioma a través de solicitar entregar resúmenes, mapas conceptuales, ensayos, a partir de documentos o libros, revista, uso herramientas informáticas, manuales o software especializados en inglés, evaluando también las características del producto final entregado en tiempo y forma.
- Son las técnicas, instrumentos y herramientas sugeridas para constatar los desempeños académicos de las actividades de aprendizaje.

11. Fuentes de información

- Alexander, M. 1999. Biodegradation and bioremediation. San Diego: Ed. Academic Press. ISBN 0120498618
- Alvarez P.J.J. and Ilman Walter A. 2006. Bioremediation and natural attenuation: process fundamentals and mathematical models. Copyright # 2006 by John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved. ISBN-13 978-0-471-65043-0 (cloth).
- Anónimo. 2003. Rutas a tecnologías para la investigación y limpieza de terrenos contaminados. Washington, D. C. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.
- Chen, F.H. 2000. Soil engineering: testing, design, and remediation. USA. CRC Press LLC. ISBN: 0-8493-2294-4.
- Daniel Hillel. 2004. Encyclopedia of soil in the environment. Volume 1, 2, 3, and 4. 1ª. edition. USA. Academic Press. NY. ISBN-13: 978-0123485304.
- Eweis, J. 1999. Principios de biorrecuperación: tratamientos para descontaminación y regeneración de suelos y aguas subterráneas mediante procesos biológicos y físico-químicos. Madrid: Ed. McGraw-Hill. ISBN 8448125118
- Hermann J. Heipieper. 2004. Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Bioremediation of Soils Contaminated with Aromatic Compounds Tartu, Estonia. ISBN-13 978-1-4020-5693-2 (e-book). Springer editor.
- Hillel D. 1980. Environmental Soil Physics. 1a. Edition. USA. Academic Press. USA. ISBN-13:978-0-12-348525-0.
- Jeff K. 1999. Practical Design Calculations for Groundwater and Soil Remediation. USA. CRC Press LLC. USA. ISBN 1-56670-238-0.
- Jordán López Antonio. Manual de edafología. Universidad de Sevilla. Departamento de Cristología, mineralogía y química. Curso 2005-2006. España.
- Linares Fernández, L. C., et al. 2006. Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados. México. Ed. Instituto Nacional de Ecología. México, D. F.
- Margesin R. and F.Springer. Scheinner. 2005. Soil Biology. Manual for Soil Analysis. Monitoring and Assessing. Soil Bioremediation. Series Editor: Ajit Varma. Germany. ISBN-13 978-3-540-25346-4 Springer Berlin Heidelberg New York.
- Microbiological methods for assessing soil quality. Edited by Jaap Bloem, David, W. Hopkins, and Anna Benedetti. UK. 2006. ISBN 0-85199-098-3 (alk. paper).
- MTBE: Effects on Soil and Groundwater. Resources. James Jacobs, Jacques Guertin,Christy Herron. USA. CRC Press LLC. 2001. ISBN: 1-56670-553-3.
- P. Hazelton and B. Murphy. 2007. Interpreting Soil Test Results. What do all the numbers mean?. Australia. CSIRO Publishing. ISBN 978 0 64309 225 9.

- Palmer P.L., Carman E., Bedessem J.M., Lenzo F., Crossman T.L., Rorech G., Kidd D. 2001. In situ Treatment Technology. 2 edition. ISBN 1-56670-528-2 (alk. paper).
- Ramírez Romero, P. y Mendoza Cantú, A.. 2008. Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo. La experiencia en México. Instituto Nacional de Ecología. México, D.F.
- Scragg, A.H. 2001. Biotecnología medioambiental. Zaragoza: Ed. Acribia, ISBN 8420009547
- Sing, S. 2007. Environmental bioremediation technologies. Berlín: Ed. Springer, ISBN 3540347909
- Soil microbiology, ecology, and biochemistry. 3a. Edition. Editor: Eldor A. Paul. USA. 2007. ISBN 13: 978-0-12-546807-7.
- Suthersan S. S. 1999. Remediation Engineering. Design concepts. CRC. Lewis Publishers. USA. ISBN: 0-8493-2168-9. International Standard Series Number 1523-3103.
- Suthersan S.S. and Payne Fred. 2005. In situ Remediation Engineering. ISBN 0-203-49216-1 Master e-book. Editor: CRC PRESS Boca Raton London New York Washington, D.C.
- Volke Sepúlveda, T. et al. 2005. Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación. Ed. Instituto Nacional de Ecología. México, D. F.
- Carter M.R. and E. G. Gregorich. 2008. Soil sampling and methods of analysis. 2da. edición. Canadian Society of Soil Science. E.U. ISBN: 13: 978-0-8493-3586-0.
- Volke Sepúlveda, T. y Velasco Trejo, J. A. 2002. Tecnologías de remediación para suelos contaminados. México. Ed. Instituto Nacional de Ecología. México, D. F.