

Asignatura: **Ingeniería Geoambiental**

Código: 10-09064	RTF	10
Semestre: Décimo	Carga Horaria	96
Bloque: Tecnologías Aplicadas	Horas de Práctica	48

Departamento: Construcciones Civiles

Correlativas:

- Fundamentos de Ingeniería Ambiental
- Mecánica de Suelos y Rocas

Contenido Sintético:

- Propiedades de suelos y residuos sólidos relevantes para la interacción suelo-contaminante
- Contaminación de suelos y agua subterránea
- Transporte de contaminantes en suelos
- Tratamiento de sitios contaminados
- Aislación y sistemas de contención de contaminantes en suelos y agua subterránea
- Proyecto de rellenos sanitarios. Barreras en rellenos sanitarios y de seguridad
- Monitoreo ambiental de suelos, agua subterránea y rellenos sanitarios

Competencias Genéricas:

- CG2: Competencia para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).
- CG5: Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.
- CG 8. Competencia para actuar con ética, responsabilidad profesional
- CG 9. Competencia para actuar en relación con el impacto social de su actividad profesional en el contexto local y global.

Aprobado por HCD: 973-HCD-2023

RES: Fecha: 12/11/2023

Competencias Específicas:

CE1.6: Planificar, diseñar, calcular y proyectar obras e instalaciones para el tratamiento y disposición final de residuos sólidos urbanos, rurales e industriales.

CE2.3: Diseñar, proyectar, calcular, operar, mantener y controlar la construcción de obras para la remediación de pasivos ambientales, tales como canteras, minería y obras propias de la ingeniería ambiental.

CE3.3: Certificar el funcionamiento y condición de uso o estado de las obras para la remediación de pasivos ambientales, tales como los generados por canteras, diques de cola, enterramientos sanitarios, etc.

CE3.4: Aplicar metodologías para evaluar procesos que involucren impacto ambiental, por el uso o funcionamiento de obras e instalaciones de ingeniería ambiental.

CE4.4: Dirigir y certificar proyectos de conservación de suelos, con sus implicancias legales.

CE5.3: Diseñar programas de gestión y monitoreo ambiental para identificar posibles mejoras en los planes de acción durante emergencias.

CE5.4: Identificar niveles de contaminación de los factores ambientales, en relación con una situación de emergencia ambiental.

CE6.1: Identificar niveles de contaminación de los factores ambientales, en relación con los riesgos para la salud e impactos ambientales negativos.

CE6.2: Proyectar, dirigir y certificar sistemas de gestión ambiental, planes de gestión ambiental y auditorías medioambientales y sus acciones correctivas.

CE6.3: Aplicar herramientas para la mejora continua de los sistemas de gestión medioambiental.

CE6.4: Identificar elementos y aplicar modelos que permitan generar estrategias de disminución de riesgos para la salud e impactos ambientales negativos, considerando los efectos propios del cambio climático.

CE7.1: Desarrollar, dirigir y certificar proyectos de vigilancia, monitoreo y control de impactos ambientales.

CE7.2: Desarrollar, dirigir y certificar proyectos de prevención de impactos ambientales.

CE7.3: Desarrollar, dirigir y certificar proyectos de adaptación, mitigación y remediación de impactos ambientales.

CE8.1: Proyectar, dirigir, certificar y evaluar riesgo ambiental e impacto ambiental.

CE9.1: Implementar medidas de higiene y seguridad en el desempeño de la actividad profesional propia de la ingeniería ambiental.

CE9.2: Identificar y aplicar la legislación nacional vigente en relación con la higiene y seguridad en el ámbito de la ingeniería ambiental.

Presentación

La asignatura **Ingeniería Geoambiental** pertenece al quinto año (décimo semestre) de la carrera de Ingeniería Ambiental. En este espacio curricular se atenderá con especial énfasis a la formación humana y profesional del futuro egresado, en lo que se refiere a valorar efectivamente su responsabilidad social como profesional universitario y hombre de ciencia y al desarrollo de su capacidad reflexiva y su espíritu científico, investigador e innovador.

El objeto del curso es formar a los futuros profesionales en temas relacionados con la geotecnia, geomecánica y geotecnología ambiental. En particular se busca complementar los conocimientos enseñados en asignaturas básicas o de tecnologías básicas, enfatizando aspectos como las interacciones entre el suelo y los contaminantes, interacción fluido-partícula, desplazamiento de contaminantes en suelos, estudio y monitoreo de suelos contaminados, aislación de contaminantes, remediación del suelo y agua subterránea contaminada, diseño de proyectos geotécnicos ambientales tales como rellenos sanitarios, diseño de barreras y diseño con geotextiles para proyectos geoambientales.

La asignatura tiene un enfoque netamente aplicado, se encuentra dentro de las Tecnologías Aplicadas en el plan de estudio y se busca que las/los estudiantes incentiven el pensamiento lógico y crítico, el trabajo cooperativo y la elaboración de soluciones creativas e innovadoras de los problemas planteados.

Contenidos

UNIDAD 1: Propiedades de suelos y residuos sólidos relevantes para la interacción suelo-contaminante

Conceptos básicos de química orgánica e inorgánica relevantes para la interacción suelo-contaminante. Composición y mineralogía de suelos. Físicoquímica de los suelos para la ingeniería geoambiental. Geoquímica inorgánica y geoquímica orgánica. Interacción fluido-partícula. El agua en el suelo: tipologías y desplazamiento.

UNIDAD 2: Contaminación de suelos y agua subterránea

Los contaminantes en el ciclo hidrológico. Presencia de contaminantes en acuíferos. Contaminación por residuos especiales. Contaminación agrícola: riesgos asociados, tecnologías de control, contención y disposición. Contaminación por residuos peligrosos: riesgos asociados, tecnologías de control, contención y disposición. Contaminación minera y diques de cola minera: análisis de riesgo, tecnologías de disposición, manejo, impactos ambientales y gestión del riesgo. Contaminación radioactiva: riesgos asociados, contención, manejo y gestión del riesgo.

UNIDAD 3: Transporte de contaminantes en suelos

Principios del transporte de contaminantes en medios porosos. Modelos de difusión y advección. Procesos de transformación química y biológica durante el transporte de contaminantes. Flujo multifase. Modelos y aplicaciones.

UNIDAD 4: Tratamiento de sitios contaminados

Evaluaciones de riesgo ambiental y el desarrollo de estrategias de remediación. Conceptos generales de la remediación de suelos. Extracción de contaminantes mediante flujo de vapor. Lavado del suelo. Estabilización y solidificación. Remediación electrocinética. Métodos térmicos: Desorción térmica y vitrificación. Métodos biológicos: biorremediación y fitorremediación. Conceptos generales de la remediación de agua subterránea. Bombeo y tratamiento. Lavado in-situ. Barreras reactivas. Burbujeo de aire in-situ. Monitoreo de atenuación natural. Biorremediación.

UNIDAD 5: Aislación y sistemas de contención de contaminantes en suelos y agua subterránea

Sistema de contención. Barreras verticales. Barreras de fondo. Sistemas de protección superficiales. Sistemas de bombeo. Sistemas de drenaje y pozos de captura. Análisis de casos y conceptos de diseño de sistemas de contención.

UNIDAD 6: Proyecto de rellenos sanitarios

Aspectos ambientales. Rellenos sanitarios: configuraciones y regulaciones. Aptitud geoambiental de los sitios de emplazamiento. Barreras de aislamiento en rellenos sanitarios. Sistemas de cobertura final. Propósito y criterios de diseño. Materiales de cobertura. Análisis de infiltración. Mecanismos de generación de gases. Flujo y captación de gases. Recuperación de energía. Reutilización de residuos con propósitos ingenieriles. Uso posclausura de los rellenos sanitarios. Rellenos de residuos diseñados como biorreactores. Manejo y aislamiento de sedimentos subacuáticos contaminados. Manejo y gestión de residuos radioactivos. Sustentabilidad de los rellenos sanitarios.

UNIDAD 7: Barreras en rellenos sanitarios y de seguridad

Barreras de suelo de baja permeabilidad. Composición y comportamiento de las barreras. Geosintéticos en las estructuras de contención de líquidos. Geotextiles. Barreras dobles geosintético-arcilla. Estimación de pérdidas y comportamiento de barreras. Criterios de diseño. Diseño de capas colectoras de líquidos. Manejo y generación de lixiviado. Sistemas de recolección y drenaje para lixiviados. Balance de agua en los sistemas de contención de residuos. Flujo y transporte a través de las barreras. Estabilidad de los sistemas de contención. Tipos de barreras y mecanismos de degradación.

UNIDAD 8: Monitoreo ambiental de suelos, agua subterránea y rellenos sanitarios

Caracterización de sitios contaminados. Investigaciones in-situ. Exploraciones de detalle. Monitoreo de agua subterránea. Diseño de pozos de monitoreo y plan de monitoreo ambiental. Controles en los rellenos sanitarios durante la exploración y en uso posclausura.

Metodología de enseñanza

El desarrollo de la asignatura se plantea a través de clases teórico-prácticas, estructuradas mediante estudio de casos. Los fundamentos teóricos son desarrollados por los docentes y se encuentran expuestos en la bibliografía de la asignatura. El proceso de resolución de casos y problemas permite la incorporación de los conceptos teóricos necesarios para la comprensión del tema, desarrollados por el/la docente.

Se plantea la solución de casos y situaciones problemáticas durante el desarrollo de clases mediante actividades guiadas por el/la docente, para su análisis, discusión y propuestas de solución.

Se planifica el desarrollo de actividades transversales donde las/los estudiantes deben resolver desafíos reales o problemas donde deben utilizar conocimientos adquiridos en asignaturas previas de manera de que puedan enfrentarse a situaciones similares a asesoramientos que pudieran realizar como futuros profesionales. Esta actividad se plantea en grupo con el objeto de desarrollar habilidades de trabajo en equipo.

Evaluación

La asignatura contempla la posibilidad de promoción sin necesidad de recurrir a la instancia de examen final, a partir de distintas herramientas de evaluación continua, tanto en modalidad formativa como sumativa.

Se evaluarán cuantitativamente los conocimientos y competencias adquiridas mediante evaluaciones parciales escritas y de carácter individual (EP), pudiendo recuperar el 50% de éstas, reemplazando la nota original. Los Trabajos Prácticos (TP) se evaluarán mediante indicadores semicuantitativos. La condición de promoción se alcanza considerando un promedio ponderado de las dos evaluaciones parciales y los trabajos prácticos, con desempeños mínimos que son establecidos por el reglamento interno de la asignatura el cual se entrega a las/los estudiantes al comienzo de clases.

Las condiciones para alcanzar la regularidad serán las establecidas por el régimen de estudiantes de la facultad y sus normativas vigentes.

Condiciones de aprobación

Las/los estudiantes podrán promocionar la asignatura si cumplen los siguientes requisitos:

Asistir al 80 % de las clases.

Aprobar todas las instancias de evaluaciones parciales.

Aprobar los trabajos prácticos.

Acreditar de manera global al menos el 70% de los conocimientos generales teniendo en cuenta tanto los trabajos prácticos como las evaluaciones parciales.

Las/los estudiantes que alcancen a acreditar conocimientos superiores al 55% y que no hayan alcanzado el 70% deberán aprobar un coloquio final. En caso de no aprobarlo quedarán en condición de regular.

Estudiantes Regulares

Asistir al 80 % de las clases.

Aprobar el 50% de las evaluaciones parciales escritas.

Aprobar los TP.

Nota: En caso de que algún estudiante acredite conocimientos en un porcentaje inferior al 55% en alguna de las evaluaciones parciales, y/o en caso de necesitar mejorar el promedio para alcanzar un promedio ponderado superior al 70% que le permita promocionar de manera directa, el/la estudiante podrá recuperar una de las evaluaciones parciales. Quien no alcance la condición de estudiante regular quedará automáticamente en condición de

estudiante libre. Quien alcance la regularidad, deberá rendir examen en tal condición, en el lapso estipulado por el Régimen de Estudiantes de la FCEFyN. Luego de ese lapso, la regularidad perderá su vigencia. El/La estudiante que no aprobara el examen final dentro de tal período quedará en condición de estudiante libre; pudiendo rendir examen en esa condición, o re-cursar la asignatura.

Las condiciones de aprobación de los exámenes detallando el porcentaje de conocimientos que deben acreditar las/los estudiantes para tal fin estará fijado por el reglamento interno de la asignatura.

Actividades prácticas y de laboratorio

La asignatura contempla el desarrollo de trabajos prácticos, los cuales podrán ser individuales o grupales de acuerdo a lo estipulado por el/la docente. La resolución de las situaciones planteadas será guiada por el/la docente a cargo.

En el transcurso del dictado de la asignatura se realizará además una visita técnica para evaluar un caso concreto de estudio de contaminación de suelos/agua subterránea o disposición de residuos en rellenos sanitarios.

El objetivo es que las/los estudiantes desarrollen habilidades para la organización de la salida, la ejecución de las tareas de campo que deberán afrontar en la vida profesional y la elaboración de un informe final. Entre las actividades planificadas se pretende que las/los estudiantes sean capaces de resolver los siguientes problemas:

TP 1. Interacción suelo-fluido suelo-contaminante. Resolución de problemas prácticos donde se manifiesta la importancia de la interacción de las partículas del suelo con los fluidos intersticiales, influencia de la concentración de iones en el espesor de la doble capa difusa y en la conductividad hidráulica del suelo.

TP 2. Suelos contaminados. Diseño de un plan de monitoreo para un sitio afectado por un derrame accidental de contaminantes y/o evaluación de riesgo por contaminación agrícola, minera o radiactiva.

TP3 3. Transporte de contaminantes en suelos. Cálculo de desplazamiento de contaminantes en medios reactivos y no reactivos, análisis del tipo de derrame y su influencia en la pluma contaminante

TP 4. Aislación de contaminantes y remediación de suelo y agua subterránea. Diseño de un plan de remediación para un sitio afectado por un derrame accidental de contaminantes. Ejercitación sobre el manejo y cálculo de distintas técnicas de remediación.

TP 5. Barreras. Ejercitación sobre el diseño y cálculo de barreras para la contención de líquidos contaminantes, aplicación para el caso de barreras en rellenos sanitarios.

TP 6. Rellenos sanitarios. Evaluación del comportamiento suelo-geomembranas en barreras, diseño de sistemas de anclaje y cálculos de pérdidas en barreras de fondo de rellenos sanitarios.

TP 7. Drenes y colección de líquidos. Cálculo de drenes y filtros para la colección de líquidos en celdas de relleno sanitarios, aspectos de diseño y constructivos, selección de la separación adecuada de filtros.

TP 8. Barreras de cobertura y uso posclausura. Ejercitación sobre el diseño de barreras de cobertura, barreras evapotranspirativas, captación de gases y estudios de casos para el uso posclausura de sitios.

Desagregado de competencias y resultados de aprendizaje

CG2: Competencia para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).

CG2.a.2 Ser capaz de seleccionar las tecnologías apropiadas

CG2.a.3 Ser capaz de generar alternativas de solución

CG2.a.4 Ser capaz de desarrollar criterios profesionales para la evaluación de las alternativas y seleccionar las más adecuadas en un contexto particular.

CG2.b. Capacidad para diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería.

CG2.b.4. Ser capaz de modelar el objeto del proyecto, para su análisis (simulación, modelos

físicos, prototipos, ensayos, etc.).

CG2.b.5. Ser capaz de evaluar y optimizar el diseño.

CG2.b.9. Ser capaz de documentar el proyecto y comunicarlo de manera efectiva.

Que las/los estudiantes sea capaces de:

- Seleccionar las técnicas y tecnologías apropiadas para la selección de alternativas que le permitan desarrollar proyectos de ingeniería.
- Comprender la importancia del juicio y criterio profesional para la selección de alternativas en el diseño y proyecto de obras de ingeniería
- Realizar análisis, modelos y simulaciones para la optimización de soluciones y para la toma de decisiones basada en resultados predictivos que le permitan además generar documentos técnicos y transmitir los resultados de manera escrita, documental y oral de manera efectiva..

CG 5. Competencia para contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.

CG5.a.1. Ser capaz de detectar necesidades actuales o potenciales, que requieran de una solución tecnológica, y relacionarlas con la tecnología disponible o a ser desarrollada.

CG5.c.3. Ser capaz de pensar de manera creativa (generar nuevas ideas y/o nuevas maneras de enfocar o abordar lo ya conocido).

Que las/los estudiantes puedan:

- Realizar desarrollos innovadores y tecnológicos que permitan lograr una solución a los problemas que se le encomiendan relacionados con los proyectos de ingeniería ambiental
- Tomar decisiones y generar un pensamiento creativo para el estudio de problemáticas ambientales.

CG 8. Competencia para actuar con ética, responsabilidad profesional

CG8.a.3. Ser capaz de comportarse con honestidad e integridad personal.

CG8.a.4. Ser capaz de respetar la confidencialidad de sus actividades.

CG8.b.1. Ser capaz de comprender y asumir los roles de la profesión.

CG8.b.4. Ser capaz de comprender y asumir las responsabilidades de los ingenieros en la sociedad.

Que las/los estudiantes desarrollen habilidades para:

- Realizar su tarea profesional en todas las instancias que le competen de manera efectiva comportándose con honestidad e integridad personal en el desarrollo de sus tareas.
- Respetar la confidencialidad de sus actividades asumiendo de manera responsable y comprometida la tarea profesional, para la solución de los problemas que se le encomienden.
- Comprender y asumir las responsabilidades de los/as ingenieros/as en la sociedad.

CG 9. Competencia para actuar en relación con el impacto social de su actividad profesional en el contexto local y global.

CG9.a.2. Ser capaz de considerar y estimar el impacto económico, social y ambiental de proyectos, acciones y decisiones, en el contexto local y global.

Que las/los estudiantes estén capacitados para realizar estudios y evaluaciones económicas, sociales y ambientales de los proyectos en los que participa, realizando su labor con honestidad e integridad y considerando que sus acciones generan un impacto social.

CE1.6: Planificar, diseñar, calcular y proyectar obras e instalaciones para el tratamiento y disposición final de residuos sólidos urbanos, rurales e industriales.

CE2.3: Diseñar, proyectar, calcular, operar, mantener y controlar la construcción de obras para la remediación de pasivos ambientales, tales como canteras, minería y obras propias de la ingeniería ambiental.

Que las/los estudiantes puedan realizar diagnósticos, estudiar situaciones, planificar y diseñar soluciones y realizar proyectos para obras e instalaciones para el tratamiento y disposición final de residuos y la remediación de sitios contaminados y pasivos ambientales generados por acciones antrópicas, actividad minera, obras de extracción y explotación de canteras, proyectos de saneamiento, etc..

CE3.3: Certificar el funcionamiento y condición de uso o estado de las obras para la remediación de pasivos ambientales, tales como los generados por canteras, diques de cola, enterramientos sanitarios, etc.

CE3.4: Aplicar metodologías para evaluar procesos que involucren impacto ambiental, por el uso o funcionamiento de obras e instalaciones de ingeniería ambiental.

Que las/los estudiantes sean capaces de operar y certificar el funcionamiento y operación de obras de saneamiento, recupero de pasivos ambientales, remediación de suelos y agua

subterránea contaminada, y de valorar los impactos ambientales producidos por las obras e instalaciones de ingeniería ambiental.

CE4.4: Dirigir y certificar proyectos de conservación de suelos, con sus implicancias legales.

Que las/los estudiantes desarrollen habilidades para la generación de información científica y técnica relevante para dirigir y certificar proyectos de generación de energía y relacionados con el uso de recursos ambientales.

CE5.3: Diseñar programas de gestión y monitoreo ambiental para identificar posibles mejoras en los planes de acción durante emergencias.

CE5.4: Identificar niveles de contaminación de los factores ambientales, en relación con una situación de emergencia ambiental.

Que las/los estudiantes cuenten con las herramientas que le permitan desarrollar proyectos y planes de emergencia, como también dirigir y certificar los mismos, identificando posibles mejoras y aspectos que pudieran hacer más eficiente las acciones a tomar frente a escenarios de emergencia ambiental.

CE6.1: Identificar niveles de contaminación de los factores ambientales, en relación con los riesgos para la salud e impactos ambientales negativos.

CE6.2: Proyectar, dirigir y certificar sistemas de gestión ambiental, planes de gestión ambiental y auditorías medioambientales y sus acciones correctivas.

CE6.3: Aplicar herramientas para la mejora continua de los sistemas de gestión medioambiental.

CE6.4: Identificar elementos y aplicar modelos que permitan generar estrategias de disminución de riesgos para la salud e impactos ambientales negativos, considerando los efectos propios del cambio climático.

CE7.1: Desarrollar, dirigir y certificar proyectos de vigilancia, monitoreo y control de impactos ambientales.

CE7.2: Desarrollar, dirigir y certificar proyectos de prevención de impactos ambientales.

CE7.3: Desarrollar, dirigir y certificar proyectos de adaptación, mitigación y remediación de impactos ambientales.

CE8.1: Proyectar, dirigir, certificar y evaluar riesgo ambiental e impacto ambiental.

Que las/los estudiantes estén capacitados para:

- Participar activamente en la ejecución de proyectos ambientales
- Realizar estudios que permitan cuantificar e identificar la contaminación del suelo y agua subterránea.
- Desarrollar planes de gestión ambiental para problemas de contaminación de suelo y agua subterránea, relacionados con el manejo, tratamiento y disposición de residuos sólidos urbanos.
- Planificar tareas y acciones que minimicen los riesgos ambientales y el impacto para la salud en proyectos de remediación de sitios contaminados y disposición de residuos sólidos urbanos.
- Desarrollar e implementar proyectos de monitoreo ambiental, mitigación ambiental y remediación de pasivos ambientales.

- Realizar análisis y evaluación de información ambiental que le permitan desarrollar análisis de riesgo ambiental, planes de gestión y auditorías ambientales.

CE9.1: Implementar medidas de higiene y seguridad en el desempeño de la actividad profesional propia de la ingeniería ambiental.

CE9.2: Identificar y aplicar la legislación nacional vigente en relación con la higiene y seguridad en el ámbito de la ingeniería ambiental.

Que las/los estudiantes sean capaces de incorporar en sus tareas profesionales medidas y acciones que aseguren la higiene y seguridad en problemas ambientales, en obras de saneamiento, recuperación de pasivos ambientales, identificación de impactos, remediación de sitios contaminados, manejo y disposición de residuos y todo proyecto relevante para la ingeniería ambiental.

Bibliografía

La bibliografía se divide entre básica y complementaria.

La bibliografía básica está compuesta por:

- Sharma H.D. y Reddy K.R. (2004). Geoenvironmental Engineering. John Wiley & Sons.

La bibliografía complementaria está compuesta por:

- Daniel, D. E. (Ed.). (2012). Geotechnical practice for waste disposal. Springer Science & Business Media.
- Fetter C.W, TB Boving, DK Kreamer: (2017). Contaminant Hydrogeology, Prentice Hall. Waveland Press.
- Mitchell J.K., Soga K. (2005). Fundamentals of Soil Behavior. John Wiley & Sons.
- Reddi L.N., Inyang H. I. (2000). Geoenvironmental Engineering, Principles and Applications. Marcel Dekker.
- Rowe, R. K. (Ed.). (2012). Geotechnical and geoenvironmental engineering handbook. Springer Science & Business Media. Santamarina J.C., Klein K., y Fam M. (2002). Soils and waves, Wiley.
- Sarsby, R. W. (2013). Environmental geotechnics. Second Edition. Thomas Telford.
- Townsend, T. G., Powell, J., Jain, P., Xu, Q., Tolaymat, T., & Reinhart, D. (2015). Sustainable practices for landfill design and operation. Springer.
- Yong R.N. y Thomas H.R. (Eds) (1997). Geoenvironmental Engineering, Contaminated Ground: fate of pollutants and remediation, Thomas Telford.