

IB-0014. DISEÑO DE SISTEMAS DE DRENAJE Y AGUAS SUBTERRÁNEAS

Carta al estudiante (I ciclo 2023)

1. Información general

Ciclo en programa de estudios: Cuarto

Número de créditos: 3

Requisitos: IB-0013 Hidrología Aplicada, IB-0008 Edafología y Mecánica de suelos

Correquisitos: IB-0015 Diseño de Sistemas de Riego 1

Tiempo de dedicación semanal: 9 h

Horario de clase	L 13:00 am a 15:50 am (Aula: 407 IN)	
	J 13:00 am a 14:50 am (Aula 407 IN)	
Horas en clase	teoría_3_h	práctica_2_h
Horas fuera de clase	teoría_2_h	práctica_2_h
Tiempo de dedicación	_9_h	

Modalidad: Presencial

Profesores:

Profesor 1. Marvin Coto Hernández, tel.: 8714-3983, marvin.cotohernandez@ucr.ac.cr

Horario de atención a estudiantes (lunes y jueves de 13:00 a 13:30)

Profesor 2. Juan Benavides Valverde, tel.: 72241201, juan.benavidesvalverde@ucr.ac.cr,

Horario de atención (lunes de 17:00 a 18:00 y miércoles 18:00 a 18:30)

Atributos de egreso evaluados en el curso

Atributo	Indicador	Nivel	Código
Conocimientos de ingeniería (CI)	1	Avanzado	CI01A
Ingeniería y sociedad (IS)	2	Avanzado	IS02A
Medio ambiente y sostenibilidad (MS)	1	Avanzado	MS01A

Unidades de acreditación del curso

Rubro	UA declaradas
Ciencias de la Ingeniería	X
Diseño en Ingeniería	X
Matemáticas	
Ciencias naturales	

Estudios complementarios	
--------------------------	--

ODS (Objetivo de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030)

ODS-#:4 Educación de calidad

4.4 De aquí a 2030, aumentar considerablemente el número de jóvenes y adultos que tienen las competencias necesarias, en particular técnicas y profesionales, para acceder al empleo, el trabajo decente y el emprendimiento.

ODS-#:15 Vida de Ecosistemas Terrestres.

15.3 Para 2030, luchar contra la desertificación, rehabilitar las tierras y los suelos degradados, incluidas las tierras afectadas por la desertificación, la sequía y las inundaciones, y procurar lograr un mundo con una degradación neutra del suelo

Fecha de última revisión: *21 de febrero de 2023*

2. Justificación del curso

Las plantas requieren condiciones de suelo favorables para mantener una producción óptima. Uno de los elementos fundamentales del suelo es el contenido de agua, el cual debe ser tal que permita un equilibrio con el contenido de aire que dé a las plantas las condiciones adecuadas. Los excesos de agua superficial o subterránea, originada por condiciones climáticas o por efecto del riego en áreas agrícolas, generan la necesidad de establecer sistemas de drenaje que permitan controlar y regular los excesos que afectan la rentabilidad de los proyectos agrícolas. El curso incluye el estudio de aguas subterráneas, los sistemas de control para eliminar el alto nivel freático, los conceptos básicos de hidrología subterránea para el diseño de pozos de agua, ya sea con fines de drenaje o con fines de extracción de agua del subsuelo y el drenaje de agua superficial.

El curso introducirá a los estudiantes en los conceptos de drenaje de terrenos con fines agrícolas. También desarrolla conceptos de estudios básicos requeridos, así como la descripción de los tres tipos básicos de problemas de drenaje agrícola y las herramientas de otras disciplinas necesarias para estudiar el problema de drenaje agrícola y su resolución. El drenaje es un subsistema del sistema de producción agrícola que interactúa con éste y viceversa, es por ello necesario conocer los impactos del drenaje en el sistema, incluidos los impactos ambientales y financieros. En el curso el estudiante será capaz de aplicar conceptos

de hidrología de aguas subterráneas en el desarrollo de estudios básicos para investigaciones de drenaje subterráneo, diseño de sistemas de drenaje y diseño de pozos de aguas subterráneas.

3. Objetivos

Objetivo general: Proporcionar a los estudiantes un conocimiento profundo de los principios físicos y agrícolas de drenaje y presentar los principales aspectos del diseño, construcción y mantenimiento de los sistemas de drenaje, desarrollando el concepto de que el drenaje es un subsistema del sistema de producción agrícola que afecta y es afectado por otros subsistemas como el medio ambiente y el sistema financiero de la actividad productiva.

Objetivos específicos: que al finalizar el curso se espera que los estudiantes puedan:

1. Desarrollar los conceptos que gobiernan el flujo en medio poroso y aguas subterráneas para conocer su dinámica.
2. Desarrollar los conceptos y diseño de una red de pozos de aguas subterráneas.
3. Desarrollar conceptos de estudios básicos requeridos con fines de drenaje agrícola, así como la descripción de los tres tipos básicos de problemas de drenaje agrícola.
4. Estudiar y aplicar las herramientas necesarias para resolver el problema de drenaje agrícola.
5. Conocer los impactos del drenaje en el sistema productivo, incluidos los impactos ambientales y financieros.
6. Diseñar sistemas de drenaje agrícola.

4. Contenido del curso y cronograma:

El contenido del curso se ha distribuido por temas. Las semanas establecidas para el desarrollo de cada uno de los temas es tentativa y podría variar conforme con el avance del curso. Dada la diversidad de temas, será necesario estudiar en varios libros que se recomendarán al estudiante y que se hallen disponibles en la biblioteca o con el profesor. Las clases se impartirán por la modalidad presencial, clases sincrónicas.

Semana (fecha)	Tema	Actividades
Semana 1 13 y 16 de marzo	1. TEMA 1: EL DRENAJE COMO UN SUBSISTEMA DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA. 1.1. Impacto social, ambiental y financieros del drenaje. 1.2. El drenaje y la red de caminos como un subsistema. Investigaciones de drenaje, y otras disciplinas relacionadas. 1.3. Factibilidad financiera de la inversión en drenaje y períodos de retorno de análisis y diseño.	Presentación del Programa de curso. M. Coto y Juan Benavides Clase Magistral M. Coto
Semana 2 20 de marzo	2. TEMA 2: PRINCIPIOS Y PROPIEDADES DE LOS ACUÍFEROS 2.1. Porosidad, rendimiento específico, conductividad hidráulica, permeabilidad.	Clase Magistral Ejercicio de clase. J. Benavides
Semana 2 23 de marzo y Semana 3 27 y 30 de marzo	3. TEMA 3: PRINCIPIOS Y PROPIEDADES DE LOS ACUÍFEROS 3.2 Heterogeneidad y anisotropía 3.3 Zonas: Nivel freático, zona saturada y no saturada 3.4 Tipos y Características de los acuíferos: transmisibilidad, coeficiente de almacenamiento.	Clase Magistral Ejercicio de clase. J. Benavides
03 al 07 de abril	SEMANA SANTA	
Semana 4 13 de abril	Lunes 10 de abril feriado Día de Juan Santamaría 4. TEMA 4: ECUACIONES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS: ESTÁTICAS Y DINÁMICAS 4.1 Acuíferos confinados y no confinados 4.2 Líneas de flujo y niveles potenciométricos 4.3 Conceptos de dinámica de aguas subterráneas	Clase Magistral Ejercicio de clase Tarea 1 J. Benavides
Semana 5 y 6 17 y 20 de abril - 24 y 27 de abril	5. TEMA 5: FLUJO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS A POZOS 5.1. Hidráulica de pozos de aguas subterráneas. 5.2. Uso de pozos para control de nivel freático y para extracción de agua. 5.3. Variables que controlan el comportamiento de los pozos. Abatimiento, bombeo intermitente para controlar el abatimiento. Charla de construcción de pozos	Clase Magistral Ejercicio de clase. Tarea 2. J. Benavides Invitado Hidrogeólogo
Semana 7 04 de mayo	Lunes 01 de mayo feriado Día del Trabajador 6. TEMA 6: BALANCES HÍDRICOS PARA ESTIMAR NECESIDADES DE DRENAJE. 6.1 El balance hídrico como herramienta para identificar el origen	Clase Magistral Ejercicio de clase J. Benavides

Semana (fecha)	Tema	Actividades
	de los problemas de drenaje, tanto superficial como subterráneo. 6.2 Métodos de cálculo y estimación del balance hídrico	
Semana 8 08 de mayo	7 TEMA 2: CLASIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS DE DRENAJE: SUPERFICIAL, SUBTERRÁNEO Y CONTROL DE INUNDACIONES. 7.1 Los problemas de drenaje se clasifican según su origen en: a) superficiales, debido a deficiencias del terreno en evacuar el agua que le cae en la superficie por efecto de la lluvia, b) subterráneos: debido a elevados niveles de aguas subterráneas que impiden el crecimiento radicular, c) control de inundaciones: las cuales ocurren por desbordamiento de cauces que sumergen terrenos agrícolas provocando severos daños.	Clase magistral. M. Coto
Semana 8 11 de mayo	8 Examen parcial	J. Benavides
Semana 9 15 y 18 de mayo	9 TEMA 7: ESTUDIOS BÁSICOS PARA ANALIZAR LOS TRES TIPOS DE PROBLEMAS: ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS, DE SUELOS, HIDROLÓGICOS, GEOLÓGICOS, DE AGUAS SUBTERRÁNEAS 9.1 Nivel de detalle de la información requerida, según sea un estudio de reconocimiento, factibilidad o diseño final. 9.2 Estudios básicos requeridos: hidrológicos, topográficos, de suelos, geológicos, de aguas subterráneas, etc. 9.3 Elaboración de mapas con la información básica y mapas resumen de los problemas de drenaje. 9.4 Nomenclatura de pozos de observación y medición de nivel freático. Ordenamiento de la información.	Clase Magistral M. Coto
Semana 10 22 de mayo	8. TEMA 8: ESTIMACIÓN DE COEFICIENTES UNITARIOS DE DRENAJE SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEO. 8.1 El método del USCS. Usos y aplicación, limitaciones. 8.2 El concepto de coeficiente unitario de drenaje. 8.3 Cálculo de los coeficientes unitarios de drenaje superficial y subterráneo a partir del método del USCS.	Clase Magistral Ejercicios de clase. M. Coto
Semana 10 25 de mayo Semana 11 29 de mayo y 01 de junio Semana 12 05 y 08 de junio	9. TEMA 9: DISEÑO DE SISTEMAS DE DRENAJE SUPERFICIAL 9.1 Estrategias para resolver el déficit de capacidad de drenaje superficial del terreno. 9.2 Determinación de los caudales de diseño para la red de drenaje superficial y sus colectores. 9.3 Ejemplos de métodos de control y evacuación de aguas superficiales. 9.4 Factores a considerar en el diseño: taludes, caudal erosivo, etc.	Clase Magistral Casos de estudio. M. Coto
Semana 13 12 y 15 de junio Semana 14	10. TEMA 10: DISEÑO DE SISTEMAS DE DRENAJE SUBTERRÁNEO 10.1 Teoría de Donnan, de Hooghoudt y de Ernst sobre el flujo de agua subterránea hacia drenes. 10.2 Diseño de redes de drenaje subterráneo para control del nivel	Clase Magistral Ejercicios de clase Tarea 3 M. Coto

Semana (fecha)	Tema	Actividades
19 y 22 de junio	freático.	
Semana 15 26 de junio	11. TEMA 11: MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN Y NECESIDADES DE MANTENIMIENTO 11.1 Sistemas constructivos empleados en la construcción de redes de canales de drenaje. 11.2 Métodos empleados en la conformación de terrenos para control de aguas superficiales.	Clase Magistral Casos de estudio M. Coto
Semana 15 29 de junio	12. TEMA 12: IMPACTO DEL RIEGO SOBRE EL DRENAJE Y VICEVERSA a. Interacción entre riego y drenaje. Problemas de drenaje que pueden ser ocasionados por el riego. Déficit de humedad del suelo ocasionado por el drenaje. b. Métodos para utilizar la infraestructura de drenaje en riego y para controlar la humedad disponible para las plantas.	Clase Magistral Ejercicio de clase
Semana 16 03 y 06 de julio Semana 18 10 de julio	13 TEMA 9 y 10: DISEÑO DE SISTEMAS DE DRENAJE Desarrollo de diseño de un drenaje agrícola.	Presentaciones de los proyectos de diseño. M. Coto
Semana 18 13 de julio	Examen final	Examen M. Coto

5. Metodología del curso

Este curso es presencial. Se utilizará la plataforma institucional Mediación Virtual para colocar documentos del curso, así como tareas que se asignarán a lo largo del curso para profundizar temas de drenaje y agua subterránea, con el fin de ampliar los conocimientos que el estudiante va desarrollando en las clases y mediante el estudio del material impartido.

Parte de la evaluación del curso se realizará con un examen a medio período y un examen final. Se asignará un trabajo final, en el cual se establecerá un porcentaje a los aspectos relacionados con su redacción, contenido, exposición y conocimientos del tema. Este trabajo consistirá en el diseño de un sistema de drenaje agrícola.

La atención de las consultas de los estudiantes se realizará por medio del correo electrónico, donde las aclaraciones serán atendidas conforme sean presentadas, además se dedicará el tiempo necesario el día lunes o miércoles posterior a las lecciones.

Así mismo se estará utilizando la plataforma de Mediación Virtual para colocar los materiales del curso, presentar tareas, visualizar contenidos multimedia, mantener la comunicación con los estudiantes mediante un foro de consultas y desarrollar temas de interés.

6. Evaluación

La evaluación del desempeño de los estudiantes se hará por medio de un examen de medio periodo y un examen final. Además de la presentación de las 3 tareas y del trabajo final de diseño de un sistema de drenaje agrícola.

El valor porcentual de cada evaluación será la siguiente:

Actividad	%
Tareas	20
Examen Parcial 1	25
Examen Parcial 2	25
Proyecto de diseño	30
TOTAL	100

El estudiante que obtenga una calificación final de 6,0 ó 6,5, tiene derecho a realizar una prueba de ampliación (examen, trabajo, práctica o prueba especial). El estudiante que obtenga en la prueba de ampliación una nota de 7,0 o superior, tendrá una nota final de 7,0. En caso contrario, mantendrá 6,0 ó 6,5, según corresponda.

6.1 Tareas

Cada una de las tareas consistirá de ejercicios prácticos y de diseño extra-clase, contará con un enunciado que el profesor entregará a los estudiantes según el cronograma del curso. Éste incluirá las instrucciones de la práctica, requisitos del informe, la fecha de entrega y los rubros a evaluar. No se aceptarán entregas tardías de los documentos solicitados, bajo ninguna circunstancia. Todas las tareas deben ser escritas en una forma profesional con gramática, ortografía y puntuación correctas.

Todas las tareas deben ser subidas a Mediación Virtual del curso en el rubro destinado al particular para la fecha que se indique. Todas las tareas deben de ser presentadas como en un documento con formato Word.doc o Adobe Acrobat.pdf donde claramente responda a cada pregunta y muestre el trabajo realizado para llegar hasta la respuesta. Cualquier gráfico relevante, tablas y ecuaciones que validen su respuesta deben de ser incluidas en el documento y deben de ser numeradas, mencionadas y tituladas adecuadamente. Si usted no explica suficientemente su trabajo, solo conseguirá notas parciales y ningún punto por respuestas incorrectas. Usted puede y probablemente deba añadir material adicional al reporte (ej. Hojas de cálculo bien organizadas y tituladas y otros cálculos) para justificar su respuesta. Todas las tareas deben ser en formato que se pueda imprimir en hojas estándar de 8.5" por 11".

6.2 Exámenes parciales

Se realizarán de forma presencial, en horas clase, según lo establecido en el cronograma y serán de carácter individual. Las reposiciones se realizarán en una fecha a convenir con el profesor y en horas extraclase. El material necesario para la ejecución de cada prueba, así como otros aspectos de interés se indicará con al menos tres días hábiles previo a realización de éstas. Las pruebas podrán constar de más de una parte y ser ejecutadas en sesiones diferentes.

Se recuerda a los estudiantes que los exámenes y las tareas son individuales y que si por algún motivo se evidencia plagio o archivos de hojas de cálculo iguales se notificará a la Dirección de la Escuela para su respectivo proceso y perderá por completo la calificación en el documento que así lo evidencie (REGLAMENTO DE ORDEN Y DISCIPLINA DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA, Capítulo 2, Artículo 5)

6.3 Proyecto de diseño

El Informe del Trabajo Final deberá ser entregado con los términos establecidos por los profesores. Se penalizará la entrega tardía del informe con su no aceptación, perdiendo la totalidad de los puntos. Cualquier evidencia de plagio se aplicará la normativa correspondiente de la Universidad.

7. Bibliografía

7.1 Obligatoria

Chow, V., Maidment, D. & Mays, L. (1994). *Hidrología Aplicada*. McGraw Hill Interamericana, S.A. (551.48 Ch552h)

Luthin, James N. *Drainage Engineering*, Editorial John Wiley & Sons

Fetter, C.W., (2014). *Applied Hydrogeology* (4 ed.). Pearson Education Limited. (551.49 F421a4 2014)

Freeze, R.A., Cherry, J.A. (1979) *Groundwater*. Prentice Hall. (551.49 F857 g)

Smedema, L.K., Vlotman, W. F., Ricroft, D.W. (2004). *Modern land drainage: planning, design and management of agricultural drainage systems*. Taylor and Francis Group. (627.54 S637m)

Waller, P., Yitayew, M. (2016). *Irrigation and Drainage Engineering*. Springer

7.2 Recomendada

Linsley, Franzini, Ingeniería de los Recursos Hidráulicos.

Linsley, Kohler, Paulus, Hidrología para Ingenieros, Edit. Mc Graw Hill.

Pizarro, F.1978. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. Editora Agrícola Española. Madrid, España.521p.

U S Department of Agriculture, Soil Conservation Service. Hydrology Guide for Use in Watershed Planning, Section 4.

Singh, V. (2017). Handbook of Applied Hydrology. Segunda Edición. Mc Graw Hill.

Handbook of Applied Hydrology.

Villón-Béjar, M., (2007). Drenaje. Editorial Tecnológica de Costa Rica. (631.62 V762d)

8. Información adicional:

- a. Conforme con el reglamento, el estudiante tendrá derecho a prueba de ampliación si la nota final del curso es mayor o igual a 6.0, sin excepciones.
- b.El plagio es totalmente inadmisibles, y cualquier similitud de forma o fondo del material evaluado anulará la calificación y se considerará como no entregado sin derecho a reposición. Copiar de un compañero o plagiar cualquier trabajo de forma total o parcial implicará la pérdida automática del curso. Además, se aplicarán las sanciones y procedimientos del REGLAMENTO DE ORDEN Y DISCIPLINA DE LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA.
- c.La asistencia a los laboratorios será obligatoria (salvo casos especiales indicados por los profesores de la cátedra), por lo que el estudiante que se ausente de forma injustificada a una sesión de laboratorio o bien, de forma justificada tres o más sesiones perderán automáticamente el curso. Se consideran ausencias justificadas las contempladas en el REGLAMENTO DE RÉGIMEN ACADÉMICO ESTUDIANTIL. Para efectos de asistencia al laboratorio se firmará lista de asistencia al inicio y al final.
- d.La ausencia a cualquier evaluación ya sea exámenes parciales, finales, o comprobaciones de lectura o pruebas cortas, deberá ser debidamente justificada de acuerdo a lo estipulado en el artículo 24 del REGLAMENTO DE RÉGIMEN ACADÉMICO ESTUDIANTIL.

“Cuando el estudiante se vea imposibilitado, por razones justificadas, para efectuar una evaluación en la fecha fijada, puede presentar una solicitud de reposición a más tardar en cinco días hábiles a partir del momento en que se reintegre normalmente a sus estudios. Esta solicitud debe presentarla ante el profesor que imparte el curso, adjuntando la documentación y las razones por las cuales no pudo efectuar la prueba, con el fin de que el profesor determine,

en los tres días hábiles posteriores a la presentación de la solicitud, si procede una reposición. Si ésta procede, el profesor deberá fijar la fecha de reposición, la cual no podrá establecerse en un plazo menor de cinco días hábiles contados a partir del momento en que el estudiante se reintegre normalmente a sus estudios. Son justificaciones: la muerte de un pariente hasta de segundo grado, la enfermedad del estudiante u otra situación de fuerza mayor o caso fortuito. En caso de rechazo, esta decisión podrá ser apelada ante la dirección de la unidad académica en los cinco días hábiles posteriores a la notificación del rechazo.

- e. El alumno deberá revisar el sitio del curso en Mediación Virtual-UCR (<http://mediacionvirtual.ucr.ac.cr>), en donde se colocarán avisos importantes y material de interés para el desarrollo del curso. Además, éste será el medio oficial para entrega de informes de las prácticas extra-clase y el proyecto final.
- f. El cronograma es tentativo, por lo que estará sujeto a cambios con previo aviso, los cuales responderán al desarrollo del curso.
- g. El correo electrónico institucional funcionará como medio de comunicación, mediante el cual el profesor podrá dar anuncios a los estudiantes y proporcionar material de interés para el curso.
- h. SI EL PROFESOR LO CONSIDERA NECESARIO, No se permite el uso del teléfono celular en clase ni durante las pruebas cortas, a menos que el o la estudiante lo manifieste antes de iniciar la clase por alguna posible emergencia.