



Modelación y Comportamiento de Pavimentos (ICYA 4607)

Contexto

Diferentes estudios han demostrado que la infraestructura vial impacta el desarrollo socio-económico de una región. El mantenimiento de las redes viales actuales y la ampliación de su cobertura a nivel nacional, municipal y urbano de las redes viales del país han sido y son temas prioritarios para los gobiernos, pues constituye la base para mejorar la competitividad del país en la región.

La infraestructura vial se encuentra compuesta por redes de vías o estructuras de pavimento, las cuales consisten en múltiples capas con materiales heterogéneos de difícil caracterización. Estos materiales se encuentran sujetos a complejos espectros de carga dinámica y condiciones ambientales cambiantes. Esta complejidad ha promovido la simplificación de los procesos de caracterización de los materiales empleados en la construcción de infraestructura vial, así como de los procesos de diseño y análisis de las estructuras de pavimentos.

Por esta razón, el reconocimiento de la complejidad e incertidumbre asociada con los pavimentos, de la complejidad de sus materiales constitutivos y de las exigencias de carga a las que son sometidas estas estructuras es fundamental para que los ingenieros involucrados con obras viales cuenten con el conocimiento necesario para mejorar el proceso de toma de decisiones.

El objetivo primordial de este curso es investigar el rol que tiene cada una de las diferentes variables involucradas en el diseño de pavimentos en el desempeño y deterioro de estas complejas estructuras.

Objetivos de aprendizaje

Al finalizar el curso se espera que los estudiantes estén en capacidad de:

- Reconocer las fuentes de incertidumbre involucradas con el comportamiento de estructuras de pavimento;
- Realizar actividades básicas de simulación para identificar el carácter probabilístico del comportamiento estructural de los pavimentos;
- Identificar la importancia relativa que cada una de las variables empleadas en el diseño de pavimentos tiene sobre el desempeño mecánico de la estructura;
- Identificar las fortalezas y debilidades de las metodologías comúnmente empleadas para modelar la carga que es aplicada a estructuras de pavimento;
- Realizar estimaciones de equivalencia de carga entre tipos de llantas y ejes empleando métodos existentes.
- Emplear modelos elásticos multicapa para cuantificar la respuesta mecánica de una estructura de pavimento (i.e., análisis de pavimentos) y utilizar dicha información para estimar su impacto sobre la vida útil de la estructura a través de análisis de sensibilidad;
- Reconocer el origen de los diferentes procesos de deterioro que ocurren en pavimentos en el marco del análisis de ciclo de vida; y

Adicionalmente, las actividades del curso están diseñadas para que los estudiantes desarrollen sus habilidades de pensamiento crítico, manejo y análisis de datos (análisis cuantitativo) y comunicación escrita eficiente; así como otras habilidades relevantes en la práctica de la ingeniería relacionadas con

ejecución de simulaciones, programación básica, análisis de datos, consecución de información y toma de decisiones.

Estrategia de trabajo

El curso tiene un diseño híbrido: las clases de los martes son virtuales sincrónicas y las de los jueves son presenciales. Las clases de los jueves serán transmitidas y grabadas. En los dos casos, se empleará la plataforma Zoom. Cada semana se enviará por correo y se publicará en Bloque Neón (bloqueneon.uniandes.edu.co) la estructura de trabajo, con actividades que se deberán desarrollar ‘antes’, ‘durante’ y ‘después’ de las clases. Adicionalmente, se espera que los estudiantes realicen actividades de trabajo autónomo por fuera de dichas horas (e.g., tareas, lectura de material recomendado, etc.).

En cada clase, se discutirán los diferentes temas de la materia. Durante éstas, se realizarán diversas actividades interactivas para que cada estudiante obtenga retroalimentación oportuna sobre su nivel de avance en el curso. Se espera que los estudiantes participen activamente a través de preguntas, comentarios y discusiones. Además, algunos problemas serán solucionados parcial o totalmente durante las horas de clase en grupos de 2 o 3 estudiantes con el acompañamiento de la profesora y la monitora.

Adicionalmente, durante el curso se realizarán diversas tareas (individuales y en grupo) y se desarrollarán talleres en grupos de 2 personas. Las especificaciones de evaluación de los informes serán dados a conocer oportunamente. La profesora y la monitora dispondrán de espacios virtuales específicos, adicionales a las clases, para resolver dudas de las tareas y talleres.

La asistencia a las clases no es de carácter obligatorio, pero contribuye **sustancialmente** al buen desarrollo de la materia. La participación y compromiso de los estudiantes es fundamental para lograr los objetivos de aprendizaje propuestos.

Finalmente, haciendo uso de las posibilidades que ofrece la virtualidad, tendremos algunos invitados externos en algunas de las clases para que nos presenten adelantos recientes de investigación en temas de interés relacionados con las áreas del curso. Estas clases se considerarán parte ‘oficial’ del curso.

Metodología de evaluación

El curso será evaluado y calificado con base en dos exámenes parciales, tareas y talleres (individuales y en pareja) y en una actividad de trabajo autónomo final, que se puede entregar en formato de infografía, poster o video final. En todos los casos, la evaluación incluirá la capacidad de investigación, toma de decisiones y, en particular, la capacidad de pensamiento crítico y de análisis. La actividad final consiste en trabajo individual y estará enfocado a emplear datos disponibles en la literatura para realizar un ejercicio libre, definido por el estudiante, de modelación de estructuras de pavimentos. Los detalles sobre la evaluación de esta actividad serán entregados oportunamente.

Cualquier reclamo se deberá realizar durante los siete días siguientes a la entrega del trabajo evaluado, tal como lo estipula el reglamento general de estudiantes. Si el reclamo es sobre una tarea, un taller o la actividad final del curso, éste se deberá realizar inicialmente a la monitora. Si después de dicha etapa el estudiante siente que su reclamo no fue resuelto de forma satisfactoria, puede contactar a la profesora directamente. Los reclamos de los parciales deben realizarse directamente con la profesora. No se aceptarán reclamos fuera de estos días. Tampoco se aceptarán reclamos sobre tareas o proyectos el último día de entrega de notas.

La nota final será calculada de la siguiente manera:

- Parciales: 46% (23% c/u)
- Tareas y talleres de clase: 42%
- Actividad final: 12%

Nota: La nota final será el valor aritmético que resulte de ponderar las diferentes calificaciones y se entregará con dos decimales (por ejemplo, 3.67). Para pasar el curso, es necesario tener una nota final ponderada igual o superior a **3.0**.

Los parciales se realizarán en las siguientes semanas:

- 28 de Septiembre al 2 de Octubre (parcial en clase)
- 23 de Noviembre al 27 de Noviembre (24 de Noviembre parte conceptual y dos días para la práctica)

Es importante recordar que la semana de receso está programada entre el 4 y el 8 de Octubre.

Temáticas del curso

Los siguientes son los temas a tratar en el curso:

- Introducción a la importancia de la ingeniería de pavimentos en el contexto mundial y local.
- Introducción a la incertidumbre y los métodos de simulación.
- Características y caracterización del tráfico en pavimentos (implicaciones de las proyecciones de tráfico y metodologías para calcular ejes equivalentes de carga)
- Mecánica de pavimentos (teorías básicas multicapas, modelación elástica lineal de pavimentos e interacción pavimento-vehículos).
- Comportamiento mecánico de los materiales empleados en pavimentos.
- Análisis de sensibilidad de las variables de entrada empleadas en el diseño de pavimentos.
- Desempeño de los pavimentos y principales modos de deterioro.
- Análisis de ciclo de vida en pavimentos.

La distribución inicial propuesta para las clases del curso se presenta al final de este documento. El detalle específico de los temas a tratar en cada clase dependerá del avance semanal. Por esta razón, cada semana se dará a conocer el cronograma esperado de actividades.

Comunicación y atención a estudiantes

La profesora del curso estará disponible para solucionar dudas durante las horas de clase, después de clase o durante las horas de atención a estudiantes: martes y jueves de 7:00 am a 8:00 pm. Para cualquier otra información se pueden contactar con la profesora a través de la dirección scaro@uniandes.edu.co o con la monitora de la materia (Laura Espinosa) al correo lm.espinosa378@uniandes.edu.co.

Toda comunicación a través de correo electrónico o sicua se considera oficial. Es responsabilidad de los estudiantes consultar con frecuencia su correo electrónico y el correo e información de sicua.

Bibliografía

El curso no cuenta con un único libro de referencia. Diferentes secciones de los siguientes libros serán empleados como material del curso:

- Huang, Y.H. (1998) *Pavement Analysis and Design*. Second Edition. Pearson/Prentice Hall: New Jersey (USA).
- Papagiannakis, A.T, and Masad, E. (2009) *Pavement Design and Materials*. John Wiley and Sons, Inc.: New Jersey (USA).
- Croney, D. and Croney, P. (1998) *Design and Performance of Road Pavements*. Third Edition. McGraw Hill: New York (USA).
- Sanchez-Silva, M. (2004). *Introducción a la Confiabilidad y Evaluación de Riesgos*. Ediciones Uniandes: Bogotá (Colombia).

Información adicional

Declaración sobre el programa MAAD:

El miembro de la comunidad que sea sujeto, presencie o tenga conocimiento de una conducta de maltrato, acoso, amenaza, discriminación, violencia sexual o de género (MAAD) deberá poner el caso en conocimiento de la Universidad. Ello, con el propósito de que se puedan tomar acciones institucionales para darle manejo al caso, a la luz de lo previsto en el protocolo, velando por el bienestar de las personas afectadas.

Para poner en conocimiento el caso y recibir apoyo, usted puede contactar a:

1. Línea MAAD: lineamaad@uniandes.edu.co
2. Oficina de la Ombudsperson: ombudsperson@uniandes.edu.co
3. Decanatura de Estudiantes: centrodeapoyo@uniandes.edu.co
4. Red de Estudiantes:
 - PACA (Pares de Acompañamiento contra el Acoso): paca@uniandes.edu.co
5. Consejo Estudiantil Uniandino (CEU): comiteacosoceu@uniandes.edu.co

Cláusula de ajustes razonables:

‘Los ajustes razonables tienen el objetivo de eliminar las posibles barreras, visibles o invisibles, que impiden el pleno goce del derecho a la educación. En las circunstancias actuales, el protocolo de ajuste razonable se adapta para considerar las dificultades específicas que enfrentan los estudiantes, incluyendo barreras de conectividad, de acceso a recursos tecnológicos apropiados, barreras de salud física y mental de los estudiantes o de sus familiares, que se agudizan en el confinamiento.

Si usted lo considera necesario o importante, siéntase en libertad de informar a su profesor/a lo antes posible si existe alguna barrera o dificultad, dentro de las señaladas anteriormente, y requiere de algún tipo de ajuste razonable para estar en igualdad de condiciones con los y las demás estudiantes.’ [tomado del programa del curso Colombia: espacio, tiempo, diferencia profesor Ricardo Kerguelén]

Política de momentos difíciles:

Las personas pueden pasar por momentos difíciles que pueden afectar la vida en la Universidad. Pueden ser problemas en casa, con amigos, familiares o con la pareja, u otro tipo de causas de estrés. Si usted siente que está pasando por un momento difícil, sin importar el motivo, siéntase con la tranquilidad de hablar con la profesora para pedir apoyo. Ningún trabajo o entrega debería sobrepasar su salud mental y física. Su bienestar es lo más importante. Nota: texto adaptado del programa de un curso del profesor Johnattan García.

Cronograma de actividades (2021-1)

Semana	Mes	Día	Tema	
1	Agosto	10	Introducción al curso	
		12	Introducción: importancia y costo de la infraestructura de transporte	
2		17	Conceptos básicos de ingeniería de pavimentos (conceptos)	
		19	Respuesta y deterioro de pavimentos	
3		24	Daños típicos en pavimentos	
		26	Incertidumbre en pavimentos	
4		31	Principios de las técnicas de simulación	
4		Septiembre	2	Fatiga en mezclas asfálticas y fuentes de incertidumbre
5			7	Simulaciones de Monte Carlo
			9	Ejemplos de modelación de la incertidumbre en pavimentos
6			14	Tráfico en pavimentos: principios básicos
			16	Tráfico en pavimentos: principios básicos
7			21	Modelación del tráfico en pavimentos: conversión entre tipos de llantas
			23	Modelación del tráfico en pavimentos: métodos empíricos y semi-empíricos para la equivalencia entre ejes
8			28	Taller de tráfico
		30	Parcial 1 (durante la hora de clase)	
			Semana de receso	
9	Octubre	12	Tráfico en pavimentos: factor camión y espectros de carga	
		14	Invitado externo en el tema de tráfico	
10		19	Introducción a la mecánica de pavimentos	
		21	Modelación del comportamiento de pavimentos mediante modelos elásticos multicapa	
11		26	Modelación del comportamiento de pavimentos mediante modelos elásticos multicapa	
		28	Taller de comportamiento de pavimentos	
12	Noviembre	2	Gestión de pavimentos	
		4	Modelos de gestión de pavimentos	
13		9	Análisis de costos de ciclo de vida	
		11	Comportamiento de materiales de pavimentos: bases y subbases granulares	
14		16	Comportamiento de materiales de pavimentos: asfalto	
		18	Comportamiento de materiales de pavimentos: mezclas asfálticas	
15		23	Modelación de la 'sostenibilidad' de obras de infraestructura vial (invitado)	
		25	Parcial 2	
16			30	Entrega de la actividad final del curso
		Diciembre	2	No hay actividades

Nota: este cronograma es solo una guía y podrá ser modificado dependiendo del avance del curso