

**PROGRAMA DE CURSO  
MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS**

**A. Antecedentes generales del curso:**

<b>Departamento</b>	Ingeniería Civil					
<b>Nombre del curso</b>	Modelamiento y Simulación de Sistemas	<b>Código</b>	CI6314	<b>Créditos</b>	6	
<b>Nombre del curso en inglés</b>	Systems modeling and simulation					
<b>Horas semanales</b>	Docencia	3	Auxiliares	2	Trabajo personal	5
<b>Carácter del curso</b>	Obligatorio		Electivo	X	Electivo licenciatura Electivo especialidad Ingeniería Civil, especialidad Transporte Electivo Magister en Ciencias de la Ingeniería Mención Transporte	
<b>Requisitos</b>	Alguno de estos dos cursos o equivalente: IN790 - Modelos Estocásticos en Sistemas de Ingeniería, CI5302 - Procesos estocásticos en Transporte.					

**B. Propósito del curso:**

<p>El curso tiene el propósito principal de introducir a los estudiantes en el desarrollo de modelos de simulación y su utilización para el diseño y análisis de sistemas, dando énfasis a ejemplos en el área de Ingeniería de Transporte.</p> <p>El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):</p> <p>CE1: Concebir, formular y aplicar modelos para la resolución de problemas relacionados con obras y sistemas de ingeniería civil.</p> <p>CE4: Identificar e incorporar los elementos de incertidumbre inherentes a todo proyecto de ingeniería civil, en la concepción, diseño, ejecución y administración de los proyectos.</p> <p>CET6: Modelar el comportamiento de viaje de las personas y el rendimiento de las redes de transporte.</p> <p>CET8: Diseñar elementos viales, sistemas logísticos y servicios de transporte, tanto en el ámbito urbano como interurbano, tomando en consideración el entorno natural y construido.</p> <p>CET10: Proponer y analizar distintas alternativas de sistemas de gestión de tránsito en contextos urbanos específicos.</p> <p>CG1: Comunicación académica y profesional</p> <p>Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos</p>
--

de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales.

**CG2: Comunicación en inglés**

Leer y escuchar de manera comprensiva en inglés variados tipos de textos e informaciones sobre temas concretos o abstractos, comunicando experiencias y opiniones, adecuándose a diferentes contextos de acuerdo a las características de la audiencia.

**CG4: Trabajo en equipo**

Trabajar en equipo, de forma estratégica y colaborativa, en diversas actividades formativas, a partir de la autogestión de sí mismo y de la relación con el otro, interactuando con los demás en diversos roles: de líder, colaborador u otros, según requerimientos u objetivos del trabajo, sin discriminar por género u otra razón.

**C. Resultados de aprendizaje:**

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE1	RA1: Utiliza conceptos de modelos estocásticos y de simulación para representar fenómenos o procesos en sistemas logísticos y de transporte.
CE4	RA2: Incorpora el concepto de estocasticidad en la formulación de modelos de simulación para la representación de sistemas. RA3: Utiliza técnicas estadísticas para la validación de modelos de simulación y el análisis de los resultados obtenidos.
CET6	RA4: Utiliza técnicas de simulación para analizar y comparar configuraciones de sistemas logísticos y de transporte.
CET10	RA5: Utiliza técnicas de simulación para modelar y analizar diferentes elementos del tráfico urbano.
Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1	RA6: Redacta informes sobre la aplicación de modelos de simulación de sistemas logísticos y de transporte, a fin de explicar, desde un punto de vista técnico la confiabilidad o pertinencia del uso de estas herramientas.
CG2	RA7: Revisa literatura científica en inglés sobre modelos de simulación en el contexto logístico y de transporte, sintetizando las ideas centrales y estableciendo relaciones entre estas, a fin de respaldar con evidencia el análisis de dichos fenómenos.

CG4	RA8: Interactúa de manera responsable y respetuosa, con los miembros de su equipo para elaborar un análisis sobre modelos de simulación, considerando los aportes y sugerencias de sus pares para el logro común de la tarea encomendada.
-----	---

#### D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1, RA2	Introducción a conceptos básicos de simulación	2 semanas
<b>Contenidos</b>		<b>Indicador de logro</b>	
1.1. Conceptos básicos de simulación. Usos. Relación con otras técnicas de modelamiento. 1.2. Tipos de simulación: eventos discretos, basada en agentes, basada en objetos (SIMIO), tiempo continuo, microsimulación, Montecarlo. 1.3. Software de simulación. 1.4. Etapas de un estudio de simulación.		El estudiante:  1. Aplica notación relevante y definiciones básicas en modelos y técnicas de simulación y cómo se enfrenta en forma genérica un estudio de simulación.	
<b>Bibliografía de la unidad</b>		Banks et al. (2010) Law (2014) Barceló (2010, Cap. 1) Larson and Odoni (2007) Ross (2013)	
Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA1, RA2, RA3, RA4, RA5, RA6, RA7, RA8	Recolección y análisis de datos para modelos de simulación	3 semanas
<b>Contenidos</b>		<b>Indicador de logro</b>	
2.1. Recolección de datos. 2.2. Identificación de distribuciones a partir de los datos. 2.3. Estimación de parámetros. 2.4. Tests de ajuste de distribuciones. 2.5. Modelamiento de datos multivariados y dependientes del tiempo.		El estudiante:  1. Determina como recolectar los datos necesarios como entrada para formular distintos modelos de simulación. 2. Aplica conceptos básicos de estadística y probabilidades para identificar distribuciones analíticas y empíricas que describan adecuadamente los datos de entrada disponibles. 3. Estima parámetros de varios tipos de modelos de simulación. 4. Realiza tests de ajuste adecuados para analizar las distribuciones de los datos que se postulan. 5. Modela datos de naturaleza multivariada y dependiente del tiempo.	
<b>Bibliografía de la unidad</b>		Banks et al. (2010) Law (2014)	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA1, RA2, RA5, RA6, RA7, RA8	Simulación de variables aleatorias	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
3.1. Concepto de aleatoriedad. 3.2. Números pseudoaleatorios. 3.3. Tests de aleatoriedad. 3.4. Simulación de variables aleatorias continuas. 3.5. Simulación de variables aleatorias discretas. 3.6. Simulación de procesos estocásticos.		El estudiante: <ol style="list-style-type: none"> <li>Adquiere los conceptos de aleatoriedad, números aleatorios y tests de aleatoriedad.</li> <li>Genera números pseudoaleatorios con diferentes técnicas, por ejemplo, generadores congruenciales.</li> <li>Simula variables aleatorias tanto discretas como continuas con diferentes técnicas: método de la transformada inversa, método de aceptación y rechazo, métodos ad-hoc para variables aleatorias específicas.</li> <li>Simula variables aleatorias a partir de distribuciones empíricas.</li> <li>Simula procesos estocásticos, por ejemplo, Poisson y Poisson no homogéneo.</li> </ol>	
Bibliografía de la unidad		Banks et al. (2010) Law (2014) Ross (2013)	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA1, RA2, RA3, RA4, RA5, RA6, RA7, RA8	Verificación, calibración y validación de modelos de simulación	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
4.1. Construcción y verificación de modelos de simulación. 4.2. Validación y calibración de modelos de simulación.		El estudiante: <ol style="list-style-type: none"> <li>Construye modelos de simulación de diverso tipo.</li> <li>Verifica la lógica de funcionamiento y relación de procesos internos de los modelos de simulación desarrollados.</li> <li>Valida y calibra modelos de simulación de diferente naturaleza.</li> </ol>	
Bibliografía de la unidad		Banks et al. (2010) Law (2014) Ross (2013)	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
5	RA1, RA2, RA3, RA4, RA5, RA6, RA7, RA8	Resultados de simulación	4 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
5.1. Repaso estadística. 5.2. Tipos de simulación respecto del análisis de resultados. 5.3. Naturaleza estocástica de los resultados. Medidas de desempeño absolutas y su estimación. 5.4. Análisis de resultados para simulaciones con término. 5.5. Análisis de resultados para simulaciones de régimen estacionario. 5.6. Comparación de dos sistemas. 5.7. Comparación de más de dos sistemas. 5.8. Diseño de experimentos y técnicas de reducción de varianza.		El estudiante: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identifica los fundamentos teóricos necesarios para interpretar los resultados de simulaciones.</li> <li>2. Define indicadores, tanto absolutos como relativos, para evaluar el desempeño de sistemas simulados.</li> <li>3. Aplica las técnicas estadísticas para analizar resultados de simulaciones dependiendo de su tipo.</li> <li>4. Compara estadísticamente el funcionamiento de dos o más sistemas simulados.</li> <li>5. Diseña experimentos de simulación de diverso tipo.</li> </ol>	
Bibliografía de la unidad		Banks et al. (2010) Law (2014) Ross (2013)	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
6	RA1, RA2, RA3, RA4, RA5, RA6, RA7, RA8	Tópicos avanzados	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
6.1. Microsimulación de tráfico. 6.2. Simulación-optimización.		El estudiante: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Determina cómo funcionan los modelos de microsimulación de tráfico (seguimiento vehicular, cambio de pista, etc.).</li> <li>2. Determina cómo se pueden formular plataformas de simulación-optimización para resolver problemas aplicados.</li> </ol>	
Bibliografía de la unidad		Banks et al. (2010) Law (2014) Barceló (2010)	

#### E. Estrategias de enseñanza:

El curso se estructura en base a distintas metodologías de enseñanza y aprendizaje que incluyen principalmente:

- Clase expositiva
- Resolución de ejercicios en clases auxiliares
- Uso de software en laboratorio (SIMIO y software de micosimulación)

#### E. Estrategias de evaluación:

El curso tiene distintas instancias de evaluación de proceso. Las instancias de evaluación que se contemplan son:

- Controles (2)
- Tareas computacionales
- Examen

#### F. Recursos bibliográficos:

- Banks, J., Carson J., Nelson B. (2010) Discrete-Event System Simulation, 5<sup>th</sup> edition, Prentice-Hall International Series in Industrial and System Engineering, NY
- Law, A. (2014). Simulation Modeling and Analysis, 5<sup>th</sup> edition, McGraw-Hill Education, New York.
- Pedgen, C.D.; Sturrock, D.T. (2013) Rapid Modeling Solutions: Introduction to Simulation and Simio, Simio LLC.
- Barceló, J. (2010). Fundamentals of traffic simulation (Vol. 145). New York, Springer.
- Larson R. C., Odoni A. R. (2007) Urban operations research. 2nd edition. Dynamic Ideas LLC, Charlestown, MA.
- Ross, S. (2013) Simulation. 5th edition. Academic Press.
- Henderson, S. G., Nelson, B. L. (Eds.). (2006). Handbooks in operations research and management science: Simulation (Vol. 13). Elsevier.

#### G. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

Vigencia desde:	2019
Elaborado por:	Cristian Cortés / Pablo A. Rey
Validado por:	CTD de Civil
Revisado por:	Área de Gestión Curricular, SGD