

**Planificación de la Asignatura:** Modelización y Simulación de Sistemas

**Fecha:** 23/10/2024 13:02

**Código:** I1522

**Carrera:** Ingeniería en Transporte

**Departamento Académico:** Bioingeniería

**Docente a cargo:**

**Correo del docente a cargo:** carlos.pais@uner.edu.ar

**Régimen de Dictado:** Cuatrimestral doble oferta

**Carga Horaria Semanal:** 6 horas semanales

**Carga Horaria Total:** 84 horas

---

**Contenidos Mínimos:**

Conceptos fundamentales. Modelos continuos, discretos y de eventos discretos. Fases de la implementación. Herramientas informáticas de modelización y simulación de sistemas dinámicos. Modelos y herramientas informáticas de optimización.-

**Competencias Genéricas:**

CT 4. Utilización de técnicas y herramientas de aplicación en la disciplina : Nivel de dominio 2.

CT 5. Contribución a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas: Nivel de dominio 1.

CS 1. Fundamentos para el desempeño en equipos de trabajo: Nivel de dominio 2.

CS 2. Fundamentos para una comunicación efectiva: Nivel de dominio 1.

CS 4. Fundamentos para evaluar y actuar en relación con el impacto social de su actividad profesional en el contexto global y local: Nivel de dom. 1.

CS 5. Fundamentos para el aprendizaje continuo y autónomo: Nivel de dominio 1

**Competencias Específicas:**

CE 1.1 "1.1. Diseñar, proyectar, planificar y modelar operaciones y procesos requeridos para el funcionamiento de los sistemas de transporte de

cargas y pasajeros en todos sus modos y jurisdicciones. Nivel de dominio 1.

CE 1.2 1.2. Aplicar herramientas tecnológicas para lo anteriormente mencionado. Nivel de dominio 1.

CE 1.3 1.3. Identificar, formular y resolver problemas relacionados a los sistemas de transporte de bienes y personas. Nivel de dominio 1

CE 1.4 1.4. Innovar en procesos y tecnologías aplicadas a sistemas de transporte. Nivel de dominio 1

CE 1.5 1.5. Aplicar métodos estadísticos y de investigación operativa para la optimización de sistemas de transporte. Nivel de dominio 1

CE 4.1 4.1. Proyectar y dirigir lo referido a la higiene, seguridad y control del impacto ambiental en lo concerniente a su actividad profesional. Nivel de dominio 1.

**Argumentación de aportes marcados en la matriz de competencias:**

Toda la asignatura intenta que el alumno adquiera y domine técnicas y herramientas de aplicación en la disciplina con un buen nivel de complejidad e integración. Todas las actividades de la cátedra están basadas en situaciones reales de la práctica profesional, buscando la autonomía del alumno, con alto grado de autogestión, especialmente expresados por el Trabajo Final de cátedra.

La contribución a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas viene dada a través de los ejemplos y temas que intentan mantenerse en la frontera del conocimiento de la temática.

Dado que tanto los trabajos prácticos de la asignatura como el Trabajo Final debe ser realizado de forma grupal y autónoma, se aporta con un nivel significativo de dominio al desempeño en equipos de trabajo y a una comunicación efectiva.

Además de llevar adelante implementaciones concretas de modelos en el ámbito de la ingeniería en transporte, los alumnos deben reproducir y criticar un trabajo científico actual (en esto consiste el Trabajo Final de cátedra). Mediante estas actividades y el proceso de validación contra datos de la realidad que todo modelo debe contener, el alumno comienza a ser capaz de evaluar y actuar en relación con el impacto social de la actividad profesional del Ing. en Transporte.

---

**Correlativas Regulares para cursar:**

Ecuaciones Diferenciales

Probabilidad y Estadística

**Correlativas Aprobadas para cursar:**

No posee

**Correlativas Aprobadas para promocionar o rendir el examen final:**

Ecuaciones Diferenciales

**Insercion de la Asignatura en el plan de Estudios:**

De acuerdo con el plan de estudios vigente, según la resolución del Consejo Superior N° 273/15, Modelización y Simulación de Sistemas es una asignatura cuatrimestral, obligatoria, correspondiente al tercer año de la carrera Ingeniería en Transporte.

Desde la asignatura se entiende a la generación y simulación de un modelo como un proyecto creativo que surge de un problema de diseño, abierto, que obligatoriamente cuenta con la impronta de quien lo crea. En 10 de las 12 actividades listadas en los alcances del título de Ingeniero en Transporte, se hace uso explícito o implícito de la modelización de sistemas y su correspondiente simulación, junto a la Investigación Operativa que es un área temática afín a la modelización.

Modelización y Simulación de Sistemas constituye una asignatura que actúa como puente entre el ciclo básico y el ciclo profesional, siendo una de las primeras asignaturas del plan de estudios que hace amplio uso de las ciencias básicas e introduce además las herramientas necesarias para el desarrollo de asignaturas posteriores.

La asignatura requiere la capacidad de comprender las expresiones matemáticas que describen los sistemas dinámicos, lo cual demanda a los alumnos a efectuar una síntesis de los conocimientos de matemática adquiridos en las asignaturas previas (Cálculo en una Variable, Álgebra Lineal y Geometría Analítica, Cálculo Vectorial, Ecuaciones Diferenciales y Probabilidad y Estadística). Además los alumnos también deberán aplicar los conocimientos de programación adquiridos en Fundamentos de Programación para poder implementar y simular efectivamente los modelos desarrollados.

Las asignaturas posteriores que tienen como requisito la regularidad en Modelización y Simulación de Sistemas son Modelos de Sistemas de Transporte e Ingeniería del Tránsito. La primera consiste en la aplicación más directa y natural de todas las técnicas desarrolladas y expuestas en la asignatura actual a problemáticas comunes del ámbito del transporte. En dicha asignatura se profundiza en la utilización de modelos conocidos, en busca de obtener simulaciones realistas de flujo de tráfico y demanda y comportamiento de usuarios, con el fin de optimizar diversas variables. La segunda es una asignatura integradora que utiliza los conocimientos de modelización y simulaciones como una más de las herramientas de solución de problemas del tráfico.

Si bien las materias Métodos Numéricos, Investigación Operativa I e Investigación Operativa II no tienen relación en el régimen de correlatividades tienen contenidos disciplinares muy cercanos. Se realizan actividades y coordinación transversal con estas materias para evitar la repetición de contenidos y para promover la actividad conjunta.

Los contenidos de Modelización y Simulación de Sistemas son generales y no necesariamente deben ser aplicados a problemáticas de transporte. Sin embargo, la materia puede articularse transversalmente con

Introducción a la Ingeniería en Transporte, Taller de Ingeniería y con Transporte, Estado y Políticas Públicas para proveer contexto y facilitar la introducción de ejemplos de aplicación relacionados a las problemáticas del transporte.

Por último, debido a que una parte importante de la bibliografía está disponible en inglés, es necesario que los alumnos posean capacidad suficiente para la lectura y comprensión de textos en este idioma, haciendo uso y fortaleciendo las habilidades desarrolladas en Inglés I y II.

**Objetivo General:**

Que el alumno:

- Conozca y aplique los fundamentos teóricos de las principales técnicas actuales de modelado de sistemas.
- Identifique la utilidad de estas técnicas para su aplicación en casos y problemas reales.
- Desarrolle habilidades para la comprensión de publicaciones científicas y técnicas actuales sobre el tema.
- Logre utilizar la simulación en computadora como herramienta para el estudio de situaciones típicas en el contexto de la ingeniería en transporte.

**Objetivos Particulares:**

Que el alumno logre:

- Comprender el concepto de modelo y aplicar las etapas de construcción de un modelo.
- Comprender y aplicar las estrategias básicas para el modelado de sistemas.
- Diseñar modelos de sistemas dinámicos continuos, discretos y de eventos discretos.
- Comprender y aplicar los conceptos fundamentales de agentes y autómatas determinísticos y probabilísticos y su uso para el modelado de sistemas complejos.
- Utilizar con juicio crítico las herramientas computacionales disponibles.
- Participar activamente en el proceso de aprendizaje a través de las lecturas críticas del material didáctico, exposiciones orales, consultas, elaboración de trabajos prácticos y discusiones grupales.

**Programa Analítico:**

La asignatura abarca los fundamentos y conceptos principales involucrados en el proceso de modelización y simulación de sistemas y sienta las bases para implementar estrategias específicas para este proceso.

Los contenidos formales de la asignatura son los siguientes:

\* Introducción a la modelización.

Noción inicial de modelo, las señales y los sistemas, diferencia entre el modelo y la realidad. Ejemplos.

Definición de modelo. Propiedades. Limitaciones de los modelos.

Etapas de la modelización: Modelo conceptual, formal y de simulación. Registro y uso de datos.

Simplificaciones y aproximaciones al mundo real. Análisis y síntesis. Tipos de errores. Procedimientos de evaluación y validación. Análisis de sensibilidad. Herramientas Informáticas.

\* Tipos de modelos y criterios de clasificación

Modelado de sistemas a diferentes niveles. Modelado de sistemas o por simulación vs. modelado de señales o basado en los datos. Modelización local vs. modelización global. Modelos continuos, discretos y de eventos discretos. Ejemplos. Solución analítica vs. numérica y computacional. Softwares de modelización.

\* Modelos basados en ecuaciones diferenciales

Modelización con ecuaciones diferenciales ordinarias. Sistemas no-lineales. Variables de estado. Espacio de estados. Plano de fase. Atractores. Ejemplos y raíces históricas. Estabilidad. Modelización por analogías. Modelos compartimentales. Modelos poblacionales. Sistemas con retardos. Sistemas en tiempo discreto. Discretización de sistemas continuos. Muestreo uniforme y no uniforme. Estabilidad. Modelización con ecuaciones diferenciales parciales. Leyes de conservación.

Modelos de flujo vehicular basados en ecuaciones diferenciales parciales.

Relaciones constitutivas.

\* Introducción a la Modelización Estocástica

Conceptos de estadística: Repaso de probabilidad y estadística. Modelos basados en distribuciones de probabilidad. Generación de números pseudo-aleatorios con distribución uniforme y arbitraria.

Estacionariedad y ergodicidad. Variables correlacionadas. Correlación y causalidad. Variables ocultas.

Métodos de Gillespie. Introducción a los modelos de colas. Herramientas informáticas.

\* Modelos de eventos discretos



Definiciones. Raíces históricas. Importancia de los modelos basados en eventos discretos. Constantes de tiempo. Tiempo de respuesta. Controlabilidad. Paradigmas de Especificación. Especificación de Sistemas de Eventos Discretos (DEVS). Ejemplos.

**\*Modelos basados en Autómatas**

Definiciones. Modelización computacional. Complejidad. Introducción a los fenómenos emergentes y generativos. Autómatas de estados finitos. Autómatas celulares. Topología, dimensiones y vecindades. Condiciones de contorno. Ejemplos. Modelo de Nagel–Schreckenber. Modelos ocultos de Markov.

**\* Modelos Basados en Agentes**

Contexto histórico del nacimiento de la modelización basada en agentes. Definición. Propiedades. Particularidades. Microespecificación. Macroestructura. Herramientas informáticas disponibles. Sistemas de información geográfica (GIS) y georeferenciación. Ejemplos.

**\* Introducción a los modelos de optimización**

Definición de problemas de optimización. Función objetivo. Mínimos locales. Restricciones. Ajuste de Parámetros de Modelos. Optimización de variables. Complejidad algorítmica. Métodos de Optimización Heurísticos. Definiciones. Particularidades. Búsqueda aleatoria. Algoritmos genéticos. Recocido simulado. Herramientas informáticas de optimización.

**Metodología Didáctica:**

La asignatura está orientada al estudio de las técnicas de modelado y simulación de sistemas, a partir del conocimiento del sistema y sus partes constitutivas. En general, no existen guías exactas para diseñar y construir modelos desde sus partes constitutivas (no interpretados como cajas negras), por lo que una de las mayores fuentes para el aprendizaje es la experiencia, viendo ejemplos y creando modelos propios.

La metodología propuesta comprende:

- clases de teoría (2 horas semanales)
- clases de coloquio (1 hora semanal)
- clases de trabajos prácticos (3 horas semanales)
- clases optativas de consulta (1 hora semanal)

Las clases de teoría son exposiciones introductorias a cada uno de los temas, enfocados desde una perspectiva teórica, destacando los conceptos fundamentales, sus alcances y presentando brevemente sus raíces históricas.

Las clases de coloquio refuerzan los conceptos teórico-prácticos más importantes de cada tema mediante la discusión de preguntas orientadoras y la presentación de ejemplos. Esto tiene como objetivo trabajar sobre las dificultades e inquietudes conceptuales que se presenten. Este enfoque obliga a una participación activa del alumno en su propia formación.

Se prevé también dedicar un grupo de clases de coloquio para la búsqueda, estudio e implementación por parte de los alumnos, de trabajos científicos o técnicos que desarrollen modelos concretos. Esto persigue el objetivo de que los alumnos entren en contacto con el lenguaje específico y puedan experimentar de qué manera formula y valida un modelo. Se requerirá que cada grupo de alumnos (de no más de cuatro personas), implemente total o parcialmente el modelo descrito en el trabajo científico y sea capaz de presentarlo al resto de la clase y los docentes.

Las clases de trabajos prácticos consisten en la implementación en computadora de modelos de interés en Ingeniería de Transporte y de sus métodos de análisis, así como la resolución de ejercicios y ejemplos. Al principio de cada clase se explican las características del trabajo a realizar por los alumnos, asociado al tema desarrollado previamente en la clase teórica. Los prácticos son intensivos, por lo que los alumnos reciben orientación y apoyo durante la clase práctica, pero deben desarrollar también actividad en forma autónoma en el contexto de un equipo de 2 o 3 miembros. Para la resolución de los problemas se proponen diferentes herramientas de simulación y cálculo numérico como Simulink/MatLab, Stella, Repast, WolframAlpha, Python, etc..

La incorporación paulatina de conceptos básicos a través de las sucesivas guías de trabajos prácticos permite lograr una visión integradora de todos los temas, es por esto que el alumno debe haber conseguido

(en el marco de su grupo) aprobar cada uno de los trabajos prácticos para poder regularizar la materia. Los horarios de consulta permiten aclarar las dudas que no se hayan podido cubrir en el resto de las instancias. Eventualmente, estas clases pueden también brindar el medio para que los alumnos que lo deseen puedan profundizar en aquellos temas de su interés incluidos en la asignatura.

Se toman dos exámenes parciales teórico-conceptuales según se detalla en la ficha de evaluación. La discusión grupal de los trabajos científicos, cada guía de ejercicios, la resolución de problemas y las evaluaciones de trabajos prácticos son también instancias de consolidación de los conceptos trabajados con anterioridad.

Cabe mencionar que en todas la instancias descritas se busca que el alumno sea participante activo del proceso educativo. Si bien es el profesor quien facilita las condiciones y el ambiente de aprendizaje, éste sólo debe ser un guía para que el alumno sea capaz de comprender los conocimientos, fortalecer sus estrategias de aprendizaje y de autoevaluación. En este sentido el método heurístico y la resolución de problemas aparecen como los más adecuados, en donde se busca, además, fomentar la cooperación entre estudiantes.

**Formación Práctica:**

La mayor parte de la formación práctica de la materia se basa en resolución de problemas debido a que se plantean situaciones reales e hipotéticas del ámbito de la ingeniería en transporte. Las soluciones requieren la aplicación de los conocimientos de las ciencias básicas y de las tecnologías enseñadas en la asignatura. Cada problema de práctica es un desafío a resolver, donde el alumno puede llegar a más de una solución correcta del problema. En el transcurso de cada ejercicio práctico se resolverá problema típico asociado a la unidad temática correspondiente. Se fomentará la participación de los alumnos en la clase práctica haciéndolos pasar al frente para mostrar y discutir las soluciones que ellos han alcanzado. En todos los casos se hará uso de herramientas informáticas para obtener resultados de simulaciones computacionales. El alumno deberá ser capaz de interpretar y discutir las soluciones obtenidas en relación con el problema planteado.

Existe una instancia de la formación práctica donde el grupo de alumnos debe reproducir, al menos en parte, un trabajo científico o técnico. Este trabajo implica el desarrollo de un código, que resuelva al menos parcialmente el problema planteado en el trabajo elegido. Debido a la variable complejidad de los trabajos a seleccionar se acordará con la cátedra los lineamientos, objetivos y alcances de cada trabajo caso por caso, para asegurar que la dificultad se mantenga en un rango acorde para la formación de alumnos de tercer año de la carrera de Ingeniería en Transporte.

**Listado de Actividades de Formación Práctica:**

TP1 - Modelos basados en datos: Relación entre flujo y densidad vehicular.

TP2 - Etapas de la modelización: Análisis de modelos publicados en artículos científicos.

TP3 - Validación y sensibilidad de modelos: Modelo de sistema acoplado no lineal.

TP4 - Ecuaciones diferenciales ordinarias: Implementación y análisis de respuesta y estabilidad de modelo poblacional.

TP5 - Ecuaciones diferenciales parciales: Implementación y análisis de respuesta de modelo de Lighthill-Whitham.

TP6 - Autómatas celulares: Implementación y análisis de respuesta de modelo de Nagel-Schreckenberg.

TP7 - Modelos de Markov: Modelo de comportamiento humano.

TP8 - Agentes: Modelo BOIDS.

TP9 - Modelos de eventos discretos: Simulación de carga de avión.

TP10 - Modelos de optimización: Problema del viajante.

Trabajo Integrador Final: Análisis y reproducción de un artículo científico.

**Intensidad de la formación práctica**

Detalle de la carga horaria total prevista para cada una de las siguientes actividades:

Actividades prácticas que aportan a las competencias específicas en el Nivel de dominio 1: 30 horas

Actividades prácticas que aportan a las competencias específicas en el Nivel de dominio 2: 0 horas

Actividades prácticas que aportan a las competencias específicas en el Nivel de dominio 3: 0 horas

Horas totales de actividades de formación práctica: 30 horas

**Metodología de Evaluación Durante el cursado:**

Metodología de Evaluación Durante el cursado:

El acceso a las condiciones de regularidad y de promoción se efectuará a través de tres instancias distintas de evaluación:

- a) Obtención de resultados correctos de los modelos estipulados en los trabajos prácticos.
- b) Exámenes teórico-conceptuales.
- c) Implementación y presentación de un modelo basado en un trabajo técnico científico.

Las presentaciones de los trabajos prácticos estarán destinadas a acreditar la comprensión de los aspectos conceptuales y de implementación previstos en cada guía de trabajos prácticos (GTP) y la relación existente entre ellos (además de conocer los fundamentos de las herramientas de software que pudieran emplearse). Estas presentaciones se realizan de forma oral minutos antes de finalizar el horario previsto para las clases de trabajos prácticos, o bien, hasta la semana anterior a la finalización del cursado (en función de las posibilidades del alumno y del equipo de cátedra). Se pretende que ésta sea una instancia de evaluación formativa, por ello:

- Se produce un intercambio oral con el grupo de trabajo en su conjunto, debiendo cada integrante ser capaz de responder a las preguntas generales requeridas y a las relacionadas con su participación en el trabajo realizado.

Este intercambio está dirigido a que el alumno se cuestione y sea capaz de obtener conclusiones acerca de la estrategia de modelización empleada, el fenómeno en estudio y la implementación del código de máquina respectivo.

- El grupo de trabajo deberá contar con las guías resueltas en forma completa con sus respectivos códigos comentados y funcionando correctamente.

Los exámenes parciales teórico-conceptuales se administrarán al finalizar cada una de las grandes partes temáticas incluidas en la asignatura. Estas instancias permiten comprobar que el alumno comprende y es capaz de relacionar e integrar los conceptos teóricos discutidos, como así también de razonar y resolver problemas relacionados con los mismos.

El trabajo final deberá ser acompañado por una búsqueda bibliográfica de antecedentes relacionados al trabajo científico o técnico seleccionado por un grupo de hasta tres alumnos e implementado a partir de las herramientas computacionales que se proveen durante el cursado. Se le solicita al grupo una presentación oral de 20 minutos, donde se produce un juego de roles, en primera instancia los alumnos presentan el

trabajo científico estudiado, su implementación y luego generan una crítica, donde los alumnos proponen una forma alternativa de realizar la solución del problema propuesto en el trabajo (si es que la hubiera). La temática y el alcance deben ser acordados con un miembro de la cátedra (tutor del trabajo final) antes de comenzar el trabajo. Para facilitar el seguimiento y realimentación en esta instancia se deberán cumplimentar al menos 3 encuentros con el personal de la cátedra y estando disponible para los alumnos la herramienta pedagógica de rúbrica, que orienta a los alumnos en lo que requiere la cátedra de este trabajo.

Respecto a los exámenes parciales teórico-conceptuales será mediante la modalidad escrita. Se efectuarán un mínimo de dos preguntas conceptuales que el alumno deberá explicar y desarrollar. La calificación se obtendrá como el promedio de las calificaciones de las respuestas a cada una de las preguntas formuladas al alumno.

### **Metodología de Evaluación en Exámenes Finales:**

Evaluación del Alumno libre:

Todo aquel alumno que cuente con las materias correlativas aprobadas, podrá rendir de forma libre la asignatura. En estos casos el alumno deberá preparar y defender un trabajo con las mismas condiciones que los trabajos finales que realizan los alumnos regulares durante el cursado. Posteriormente deberán aprobar un examen de práctica que debe ser implementado en computadora y luego defendido ante la mesa examinadora en el correspondiente turno de examen. Si el alumno aprueba estas instancias de evaluación entonces puede pasar a la evaluación teórica, donde será examinado de la misma forma que un alumno regular.

Evaluación del alumno regular:

Los exámenes finales serán preferentemente tomados de forma oral con apoyatura de pizarrón, aunque si el número de alumnos inscriptos en un llamado en particular supera los 10, el examen se efectuará de forma escrita, pero siguiendo los mismos lineamientos que el examen oral.

En el examen final se evaluarán los conceptos teóricos vinculados a los temas desarrollados durante el cursado, para los alumnos regulares, y todos aquellos que figuran en el programa analítico, para el caso de los alumnos libres. Se efectuarán un mínimo de dos preguntas conceptuales que el alumno deberá explicar y desarrollar en pizarrón. La calificación se obtendrá como el promedio de las calificaciones de las respuestas a cada una de las preguntas formuladas al alumno.





**Condiciones de Regularidad :**

Para acceder a la condición de regularidad, el alumno deberá cumplir la totalidad de los siguientes requisitos:

- 1) Haber presentado todos los trabajos prácticos.
- 2) Obtener un mínimo de 60/100 puntos en cada una de las evaluaciones parciales teórico-conceptuales. En caso de no haberlo logrado, el alumno tendrá derecho a recuperar cada uno de los exámenes teórico-conceptuales al final del cursado.
- 3) Haber generado la implementación y presentación del trabajo final.

Logrará la condición de alumno promovido aquel que haya alcanzado los requisitos exigidos para la regularidad y que además haya cumplido con las siguientes condiciones:

- 1) Haya obtenido un promedio de 80/100 puntos en los exámenes parciales teórico prácticos, con un mínimo de 70/100 puntos en cada uno de ellos.
- 2) Hayan presentado y demostrado que la implementación y presentación del trabajo final junto con los trabajos prácticos es correcta.

**Cronograma de parciales durante el primer Cuatrimestre:**

**Primer Examen Parcial:** 30 de Abril de 2024

**Segundo Examen Parcial:** 04 de Junio de 2024

**Recuperatorio 01:** 11 de Junio de 2024

**Recuperatorio 02:** 18 de Junio de 2024

---

**Cronograma de parciales durante el segundo Cuatrimestre:**

**Primer Examen Parcial:** 17 de Septiembre de 2024

**Segundo Examen Parcial:** 29 de Octubre de 2024

**Recuperatorio 01:** 05 de Noviembre de 2024

**Recuperatorio 02:** 12 de Noviembre de 2024

**Bibliografía Principal:**

Se debe mencionar que no existe un único libro que cubra por completo los contenidos presentados y es por ello que se debe recurrir a varios títulos que cubren aspectos parciales y varias veces desde ópticas y con aplicaciones diferentes. Esto debe completarse con aplicaciones y ejemplos tomados de artículos de revistas especializadas ya sea del tipo tutorial o de investigación. Como se apuntó anteriormente, buena parte de la bibliografía está disponible en inglés, por lo cual es necesario que los alumnos posean una capacidad suficiente para la lectura y comprensión de textos en este idioma.

Averill L.M., Kelton W. Simulation modeling and analysis. 5th Ed. New York: McGraw-Hill, 2014.

Beltrami, E. Mathematics for dynamic modeling. Academic press, 1987.

Borrie, M.; Burghes, D. Modeling with differential equations. Ellis-Horwood, 1982.

Bender, E. A. An introduction to mathematical modeling. Courier Corporation, 2012.

Cascetta, Ennio. Transportation systems analysis: models and applications. Vol. 29. Springer Science & Business Media, 2009.

Kallrath, J. Online storage systems and transportation problems with applications: optimization models and mathematical solutions. Vol. 91. Springer Science & Business Media, 2006.

Pinsky, Mark, and Samuel Karlin. An introduction to stochastic modeling. Academic press, 2010.

Rabiner, Lawrence R., and Biing-Hwang Juang. An introduction to hidden Markov models. IEEE assp magazine 3.1, 1986.

Rardin, R. L., Reha U. Experimental evaluation of heuristic optimization algorithms: A tutorial. Journal of Heuristics 7.3 : 261-304, 2001

Saltelli, A. et al. Global sensitivity analysis: the primer. John Wiley & Sons, 2008.

Wainer, G.A. Discrete-event modeling and simulation: a practitioner's approach. CRC press, 2009.

Wooldridge, M. An introduction to multiagent systems. John Wiley & Sons, 2009.

**Bibliografía Complementaria:**

Milone, Rufiner, Acevedo, Di Persia, Torres. Introducción a las señales y los sistemas discretos, Eduner, 2006.

Oppenheim, Alan V., Alan S. Willsky, and S. Hamid Nawab. Señales y sistemas. Pearson Educación, 1998.

Walpole, R.E., Myers, R., Myers, S. Probabilidad y estadística para ingenieros. Pearson Educación, 1999.

Mathworks documentation. <https://www.mathworks.com/help/> Online

**Bibliografía Complementaria:**

**Equipo de Cátedra:**

Docente a Cargo: Carlos M. Pais, Prof. Titular disciplina Modelización de Sistemas

JTP Disciplina Modelizac. de Sistemas: Emanuel Juarez

Cabe mencionar que la cátedra se enmarca en la Disciplina Modelización de Sistemas, lo que permite la coordinación de actividades con las otras cátedras de dicha disciplina.

**Actividades de Investigación Gestión y Extensión:**

El dictado de la asignatura obliga al grupo docente a una continua actualización bibliográfica y metodológica debido a las características especiales de los temas tratados, su actualidad y novedad. Modelización y Simulación de Sistemas puede resultar de gran importancia a aquellos alumnos que deseen incursionar en el área científica, ya que la misma sienta las bases para futuros cursos de modelización avanzados. Además, en la actualidad el área de la simulación de sistemas se encuentra en pleno auge. El principal interés en el contexto particular de esta materia es en la aplicación a la industria del transporte, sin embargo la simulación se utiliza en múltiples disciplinas como la biología, la medicina, la física, la meteorología por citar algunas. Por lo que se trabajará para atraer activamente a los alumnos a participar de las actividades de investigación de la materia a través de adscripciones y becas. Por otro lado se participará también en la dirección y evaluación de proyectos finales y tesis de grado así como de tesis de doctorado y maestría. Actualmente el profesor a cargo esta dirigiendo una estudiante del Doctorado en Ingeniería de la FIUNER en la temática de modelización del proceso de regeneración de nervios periféricos mediante ensayos in vitro e in vivo. Se encuentra actualmente en ejecución un Proyecto de Investigación y Desarrollo de la UNER relacionado a la modelización de sistemas complejos utilizando la estrategia de agentes. Además el equipo de cátedra se encuentra actualmente participando en el proyecto COFECYT DETEM 2016-Vectores: Estimación de las políticas socio sanitarias óptimas de prevención de Dengue, Chikungunya y Zika para la ciudad de Paraná mediante técnicas innovadoras de modelado computacional. Director de Unidad Ejecutora: Mg. Bioing. Carlos Pais.

---

**Requisitos de admisión para alumnos oyentes:**

Los alumnos oyentes podrán concurrir normalmente a todas las clases de la asignatura. En algunas de las actividades se dará prioridad a los alumnos regularmente anotados a la materia, especialmente en aquellas en que los recursos de la cátedra estén limitados. Por ejemplo, los alumnos oyentes podrán rendir parciales y ser evaluados en los trabajos prácticos, pero esta evaluación no tendrá ninguna validez a los fines de la aprobación de la materia. Estos alumnos deberán ajustarse a los tiempos y disponibilidades de los docentes.

---

**Infraestructura, equipamiento y recursos necesarios:**

Para desarrollar las actividades de práctica se deberá contar con laboratorios equipados con al menos una computadora cada tres alumnos. Cada computadora deberá tener instalado y funcionando el paquete Simulink/MatLab.

Para que la cátedra pueda llevar a cabo sus labores en docencia, extensión, investigación y gestión es importante contar con un lugar físico propio donde se pueda ubicar de la computadora de la cátedra; acceso a Internet; a bibliotecas digital de publicaciones científicas y al Cluster de la FIUNER. Se proyecta contar con espacios en el Anexo I de nuestra Facultad, lugar compartido con otras cátedras.

**Otros:**

En la formación profesional es clave el respeto a los principios éticos, es por ello que además de promover actitudes de respeto, puntualidad y responsabilidad en el caso de que un alumno incurra en cualquier acto de deshonestidad académica quedará automáticamente libre sin importar su condición previa en la asignatura. Además se elevará un pedido a las autoridades de la institución para que el alumno sea sancionado de acuerdo al caso. Se considerarán actos de deshonestidad académica: copiar exámenes (de cualquier tipo y en cualquier forma), copiar informes, copiar programas o ideas originales para la resolución de problemas. Como es natural, no es posible enumerar todos los casos de deshonestidad académica por lo que la lista anterior no es exhaustiva y otros casos serán analizados oportunamente.