

## PROGRAMA DE CURSO

### DISEÑO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE

#### A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Ingeniería Civil (DIC)				
Nombre del curso	Diseño de sistemas de transporte	Código	CI4242	Créditos	6
Nombre del curso en inglés	<i>Design of Transport Systems</i>				
Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	2	Trabajo personal 5
Carácter del curso	Obligatorio	X	Electivo		
Requisitos	CI3141 Análisis de Sistemas de Transporte				

## B. Propósito del curso:

El curso tiene como propósito que los y las estudiantes formulen y apliquen modelos de ingeniería y economía de transporte para el diseño de vías, vehículos y terminales, considerando una representación adecuada de la infraestructura y de la preferencia de los usuarios.

Para ello, obtiene numéricamente niveles óptimos de oferta de acuerdo a una estructura de demanda dada para distintos sistemas de transporte, formulando funciones de costo, tanto de los usuarios como de los operadores, para el análisis de sistemas de transporte, considerando qué variables deben ser incorporadas en las funciones de costo y cómo debe ser dicha incorporación.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE1: Concebir, formular y aplicar modelos para la resolución de problemas relacionados con obras y sistemas de ingeniería civil.

CE2: Interpretar y evaluar los métodos, herramientas y tecnologías utilizados y sus resultados, siendo estas computacionales, experimentales, numéricas o analíticas, en la resolución de problemas asociados a obras y sistemas de ingeniería civil.

CET6: Modelar el comportamiento de viaje de las personas y el rendimiento de las redes de transporte.

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.

CG1: Comunicación académica y profesional

Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales.

CG5: Sustentabilidad

Concebir y aplicar nuevas estrategias de solución a problemas de ingeniería y ciencias en el marco del desarrollo sostenible, considerando la finitud de recursos, la interacción entre diferentes actores sociales, ambientales y económicos, además de las regulaciones correspondientes.

### C. Resultados de aprendizaje:

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE1, CE2	RA1: Formula y aplica modelos de ingeniería y economía de transporte para el diseño de vías, vehículos y terminales, considerando una representación adecuada de la infraestructura y de la preferencia de los usuarios.
CE1, CET6, CET8	RA2: Obtiene numéricamente niveles óptimos de oferta de acuerdo a una estructura de demanda dada para distintos sistemas de transporte, analizando las implicaciones de las decisiones de oferta en la calidad de servicio.
CE1, CE2, CET6	RA3: Formula funciones de costo, tanto de los usuarios como de los operadores, para el análisis de sistemas de transporte, considerando qué variables deben ser incorporadas en las funciones de costo y cómo debe ser dicha incorporación.
Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1	RA4: Redacta argumentos precisos y bien estructurados con los cuales dar cuenta del razonamiento usado en cada uno de los problemas planteados, considerando claridad y precisión en la exposición de sus ideas.
CG5	RA5: Analiza y evalúa los efectos económicos, sociales y medioambientales de distintas alternativas de diseño de transporte para problemas que se le presentan, considerando la finitud de los recursos.

#### D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1, RA2	Elementos para el diseño de un sistema de transporte	2,5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
1.1. Concepto de sistema 1.2. Sistemas y subsistemas de transporte 1.3. Elementos para el diseño de un sistema de transporte: vías, vehículos, terminales. 1.4. Características de sistemas reales de transporte 1.5. Variables básicas de diseño. 1.6. Noción de capacidad. 1.7. Sistemas de transferencia en estaciones y terminales. 1.8. Capacidad de modos de transporte y elementos viales.		El/la estudiante: 1. Utiliza elementos del diseño de sistemas de transporte y conceptos básicos como el de capacidad en transporte público y privado. 2. Analiza la factibilidad de un diseño de oferta para un nivel de demanda dado, basado en el criterio de capacidad.	
Bibliografía de la unidad		Gálvez (1978) TRB (2003) ITDP (2017)	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA1, RA2, RA3	Diseño óptimo en sistemas básicos y estratégicos de transporte	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>2.1. Sistema cíclico simple.</p> <p>2.2. Otras estructuras básicas: cíclico general, Hub &amp; Spoke.</p> <p>2.3. Variables de diseño de sistemas de transporte y resolución de casos con pocos nodos.</p> <p>2.4. El tiempo como recurso y su impacto en el diseño.</p> <p>2.5. Frecuencia, tamaño y estructura de líneas en transporte público.</p> <p>2.6. Diferencias espaciales y temporales de demanda.</p> <p>2.7. Diseño con dos tecnologías.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aplica modelos de ingeniería y economía de transporte para el diseño de sistemas de transporte de distintos tipos, en términos de capacidad vehicular y frecuencia de operación, en problemas determinísticos.</li> <li>2. Compara alternativas de diseño de redes de transporte y explica en forma rigurosa las ventajas y limitaciones de cada alternativa de diseño.</li> <li>3. Formula funciones de costo y determina niveles óptimos de oferta de acuerdo a una estructura de demanda dada para distintos sistemas de transporte.</li> <li>4. Analiza las implicaciones de las decisiones de oferta en la calidad de servicio.</li> <li>5. Elabora argumentos claros y precisos, justificando el razonamiento usado en el diseño de sistemas de transporte para problemas que se le presentan.</li> <li>6. Aplica principios del diseño y hallazgos que provienen de sistemas simples al diseño de estructuras de líneas y redes de transporte más complejas.</li> </ol>	
Bibliografía de la unidad		<p>Jara-Díaz (2007). Fielbaum et al (2016)</p>	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA1, RA3, RA4	Introducción al diseño de detalle	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
3.1. Regímenes de parada en transporte público 3.2. Espaciamiento entre estaciones y paradas: sistemas de buses y ferroviarios 3.3. Espaciamiento óptimo entre estaciones 3.4. Calidad de servicio: comodidad, nivel de ocupación y hacinamiento. 3.5. Formas combinadas de operación.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> <li>Incorpora nuevos elementos a considerar en el diseño de sistemas.</li> <li>Entiende el impacto que los nuevos elementos tienen sobre el diseño estratégico.</li> <li>Analiza la influencia de variables como la congestión y la existencia de concentraciones temporales y espaciales de demanda en el diseño de sistemas de transporte.</li> <li>Evalúa, en problemas que se le presentan, el diseño de sistema de transporte, considerando sus efectos económicos, sociales y medioambientales.</li> </ol>	
Bibliografía de la unidad		Jara-Díaz and Gschwender (2003b). Jara-Díaz (2007). Tirachini <i>et al.</i> (2013b). Tirachini (2014). Cortés <i>et al.</i> (2011).	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA1, RA4	Diseño en sistemas complejos de transporte, localización de terminales, scheduling e itinerarios.	7,5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
5.1. Programación entera y sus propiedades. 5.2. Formulaciones en variables lógicas. 5.3. Optimalidad, relajaciones y cotas. 5.4. Algoritmos de Branch and Bound. 5.5. Algoritmos de planos de corte. 5.6. Desigualdades válidas fuertes. 5.7. Algoritmos de Generación de columnas y Branch and Price. 5.8. Formulación y resolución de problemas de diseño: diseño de redes, localización de terminales, scheduling e itinerarios.		El/la estudiante: 1. Formula y resuelve problemas de diseño de redes, localización de terminales, scheduling e itinerarios, aplicando herramientas de optimización y gestión de operaciones. 2. Justifica, por escrito, con argumentos claros y precisos el razonamiento empleado para la resolución de los problemas de diseño y optimización que se le plantean.	
Bibliografía de la unidad		Wolsey (1998) Chen, Batson and Dang (2010) Eiselt and Sandblom (2000, 2004) Simchi-Levi D., Chen X., Bramel J. (1997)	

### E. Estrategias de enseñanza – aprendizaje:

El curso considera las siguientes estrategias:

- Clase expositiva.
- Resolución de problemas.

### F. Estrategias de evaluación:

*Al inicio del semestre se presentarán al curso las estrategias de evaluación propuestas, indicando tipos, cantidad y ponderaciones de las evaluaciones.*

- Controles: evalúan los RA1, RA2, RA3, RA4, RA5.
- Examen: evalúa los RA1, RA2, RA3, RA4, RA5.

*Se espera que, en la resolución de problemas, los y las estudiantes elaboren argumentos concisos donde justifiquen las decisiones y razonamientos con los cuales resolver diversos problemas.*

### G. Recursos bibliográficos:

#### **Bibliografía:**

1. Cortés, C. E., S. Jara-Díaz y A. Tirachini (2011) Integrating short turning and deadheading in the optimization of transit services. *Transportation Research Part A* 45(5): 419-434.
2. Chen, Der-San, R. Batson, Y. Dang (2010) *Applied Integer Programming: Modeling and Solution*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
3. Eiselt, H.A., C.L. Sandblom (2004) *Decision Analysis, Location Models and Scheduling Problems*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
4. Eiselt, H.A., C.L. Sandblom (2000) *Integer Programming and Network Models*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
5. Fernández, R. y E. Valenzuela (2003) A model to predict bus commercial speed. *Traffic Engineering and Control* 44(2): 67-71.
6. Fielbaum, A., S. Jara-Díaz y A. Gschwender (2016) Optimal public transport networks for a general urban structure. *Transportation Research Part B* 94, 298-313.
7. FHWA (1997) *Freeway Traffic Management Handbook*, Publication No.FHWA-SA-97-046.



8. FHWA (2003) Manual on Uniform Traffic Control Devices.
9. Jansson (1984) Transport System Optimization and Pricing. Wiley .
10. Jara-Díaz, S. R. (2007) Transport Economic Theory, Elsevier.
11. Jara-Díaz, S. R. y A. Gschwender (2003a) Towards a general microeconomic model for the operation of public transport. Transport Reviews 23(4): 453 - 469.
12. Jara-Díaz, S. R. y A. Gschwender (2003b) From the single line model to the spatial structure of transit services: corridors or direct? . Journal of Transport Economics and Policy 37(2): 261-277.
13. Mohring, H., 1972. Optimization and scale economies in urban bus transportation. American Economic Review 62(4), 591-604.
14. Roess, Prassas, and McShane, "Traffic Engineering", 3rd Ed., Pearson Prentice Hall, 2004.
15. Simchi-Levi D., Chen X., Bramel J. (1997). The logic of logistics, Springer.
16. Tirachini, A. (2014) The economics and engineering of bus stops: Spacing, design and congestion. Transportation Research Part A 59: 37-57.
17. Tirachini, A., D. A. Hensher y J. M. Rose (2013) Crowding in public transport systems: effects on users, operation and implications for the estimation of demand. Transportation Research Part A 53: 36-52.
18. Tirachini, A., D. A. Hensher y M. C. J. Bliemer (2014) Accounting for travel time variability in the optimal pricing of cars and buses. Transportation 41(5), 947-971
19. TRB (2003) Transit capacity and quality of service manual. TCRP Report 100.
20. Toth P. and Vigo D. (2001). The vehicle routing problem, SIAM
21. Wolsey, L. (1998) Integer Programming, John Wiley & Sons, Inc.
22. Vuchic, V. R. (2005) Urban Transit Operations, Planning and Economics. John Wiley & Sons.
23. ITDP (2017) The BRT Planning Guide. Institute for Transportation and Development Policy

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

Vigencia desde:	Primavera 2023
Elaborado por:	Alejandro Tirachini, Sergio Jara Díaz
Validado por:	Validador por: Cristian Cortés. CTD Ingeniería Civil y académicos del Departamento.
Revisado por:	Área de Gestión Curricular