



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR



PROGRAMA SINTÉTICO

UNIDAD ACADÉMICA: ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO (ESCOM), UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE INGENIERÍA, CAMPUS ZACATECAS (UPIIZ)	
PROGRAMA ACADÉMICO: Ingeniería en Sistemas Computacionales	
UNIDAD DE APRENDIZAJE: Complex systems	SEMESTRE: VII PLAN DE ESTUDIOS: 2020

PROPÓSITO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE

Modela computacionalmente las características de un sistema complejo con base en un análisis de su dinámica no lineal y el comportamiento estocástico fuera del equilibrio.

CONTENIDOS:	I. Fundamentos teóricos de sistemas complejos II. Mecánica estadística fuera del equilibrio III. Dinámica no lineal			
ORIENTACIÓN DIDÁCTICA:	Métodos de enseñanza		Estrategias de aprendizaje	
	a) Inductivo		a) Estudio de Casos X	
	b) Deductivo	X	b) Aprendizaje Basado en Problemas	
	c) Analógico		c) Aprendizaje Orientado a Proyectos	
EVALUACIÓN Y ACREDITACIÓN:	d)Heurístico		d)	
	Diagnóstica		Saberes Previamente Adquiridos	
	Solución de casos	X	Organizadores gráficos	
	Problemas resueltos		Problemarios	
	Reporte de proyectos		Exposiciones X	
	Reportes de indagación		Otras evidencias a evaluar: Las que correspondan	
	Reportes de prácticas	X		
Evaluación escrita	X			
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:	Autor(es)	Año	Título del documento	Editorial / ISBN
	Bar-Yam, Y.	2020	Dynamics of Complex Systems	CRC Press / 978-0367154974
	Bertin, E.	2021	Statistical Physics of Complex Systems	Springer/ 978-3030799489
	Fieguth, P.	2021	An Introduction to Complex Systems: Society, Ecology, and Nonlinear Dynamics	Springer/ 978-303631673
	Mitchell, M.	2011	Complexity: a Guided Tour	Oxford University Press/ 978-0199798100
	Strogatz, S.	2015	Nonlinear Dynamics and Chaos: With Applications to Physics, Biology, Chemistry and Engineering	CRC Press/ 978-081349107



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR



PROGRAMA DE ESTUDIOS

UNIDAD DE APRENDIZAJE: Complex systems

HOJA 2 DE 9

UNIDAD ACADÉMICA: ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO (ESCOM), UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA DE INGENIERÍA, CAMPUS ZACATECAS (UPIIZ)		
PROGRAMA ACADÉMICO: Ingeniería en Sistemas Computacionales		
SEMESTRE: VII PLAN DE ESTUDIOS: 2020	ÁREA DE FORMACIÓN: Profesional	MODALIDAD: Escolarizada
TIPO DE UNIDAD DE APRENDIZAJE: Teórica- práctica/ Optativa		
VIGENTE A PARTIR DE: Enero 2023	CRÉDITOS:	
	TEPIC: 7.5	SATCA: 6.3
INTENCIÓN EDUCATIVA		
<p>La unidad de aprendizaje contribuye al perfil de egreso de la Ingeniería en Sistemas Computacionales con el desarrollo de habilidades para modelar sistemas complejos, analizar sus propiedades estadísticas fuera del equilibrio y analizar la dinámica no lineal. Asimismo, desarrolla habilidades transversales como la abstracción, modelado, pensamiento estratégico, creatividad, ingenio, trabajo colaborativo y participativo y comunicación asertiva.</p> <p>Esta unidad de aprendizaje se relaciona de manera antecedente con Ecuaciones diferenciales, Probabilidad y estadística, Mecánica y electromagnetismo, Teoría de la computación, Análisis y diseño de algoritmos y Cellular autómatas; lateralmente con Trabajo Terminal I; y de forma consecuente con Trabajo terminal II.</p>		
PROPÓSITO DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE		
Modela computacionalmente las características de un sistema complejo con base en un análisis de su dinámica no lineal y el comportamiento estocástico fuera del equilibrio.		

<p align="center">TIEMPOS ASIGNADOS</p> <p>HORAS TEORÍA/SEMANA: 3.0</p> <p>HORAS PRÁCTICA/SEMANA: 1.5</p> <p>HORAS TEORÍA/SEMESTRE: 54.0</p> <p>HORAS PRÁCTICA/SEMESTRE: 27.0</p> <p>HORAS APRENDIZAJE AUTÓNOMO: 24.0</p> <p>HORAS TOTALES/SEMESTRE: 81.0</p>	<p align="center">UNIDAD DE APRENDIZAJE REDISEÑADA POR: Academia de Ciencias de la Computación</p> <p align="center">REVISADA POR:</p> <hr/> <p align="center">M. en C. Iván Giovanni Mosso García Subdirector Académico ESCOM</p> <hr/> <p align="center">M. en C. Roberto Oswaldo Cruz Lejía Subdirector Académico UPIIZ</p> <p align="center">APROBADA POR: Consejo Técnico Consultivo Escolar</p> <hr/> <p align="center">M. en C. Andrés Ortigoza Campos Presidente ESCOM 22/11/2022</p> <hr/> <p align="center">Dr. Fernando Flores Mejía Presidente del CTCE de UPIIZ 27/06/2022</p>	<p>APROBADO POR: Comisión de Programas Académicos del Consejo General Consultivo del IPN.</p> <p align="center">24/11/2022</p> <hr/> <p align="center">AUTORIZADO Y VALIDADO POR:</p> <hr/> <p align="center">Mtro. Mauricio Igor Jasso Zaranda Secretario Académico</p>
--	--	--



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR



UNIDAD DE APRENDIZAJE: Complex systems

HOJA 3 DE 9

UNIDAD TEMÁTICA I Fundamentos teóricos de sistemas complejos	CONTENIDO	HORAS CON DOCENTE		HRS AA
		T	P	
UNIDAD DE COMPETENCIA Describe las características generales de un sistema complejo con base en los sistemas físicos, biológicos y dinámicas sociales.	1.1. Características de los sistemas complejos 1.1.1. Múltiples grados de libertad 1.1.2. Reglas locales 1.1.3. Interacciones no lineales 1.1.4. Interacciones estocásticas 1.1.5. Correlaciones de largo alcance 1.1.6. Escalas espaciales y temporales 1.1.7. Comportamiento emergente	4.0	3.0	3.0
	1.2. Fenómenos complejos 1.2.1. Sistemas físicos 1.2.2. Sistemas biológicos 1.2.3. Ecología 1.2.4. Cambio climático 1.2.5. Dinámicas sociales	4.0	3.0	2.0
	1.3. Redes complejas 1.3.1. Grafos 1.3.2. Núcleos, conectores y caminos 1.3.3. Modularidad 1.3.4. Redes de mundo pequeño 1.3.5. Redes libre de escala	4.0	3.0	3.0
	Subtotal	12.0	9.0	8.0



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR



UNIDAD DE APRENDIZAJE: Complex systems

HOJA 4 DE 9

UNIDAD TEMÁTICA II Mecánica estadística fuera del equilibrio	CONTENIDO	HORAS CON DOCENTE		HRS AA
		T	P	
UNIDAD DE COMPETENCIA Determina estadísticamente el comportamiento de sistemas complejos fuera del equilibrio a partir de los procesos estocásticos.	2.1. Sistemas en equilibrio 2.1.1. Variables aleatorias y distribuciones de probabilidad 2.1.2. Procesos estocásticos 2.1.3. Sistemas Hamiltonianos en equilibrio 2.1.4. Ecuaciones de Langevin y Fokker-Planck 2.1.5. Procesos Markovianos y no Markovianos	7.0	3.0	3.0
	2.2. Sistemas fuera del equilibrio 2.2.1. Transiciones de fase 2.2.2. Caminantes aleatorios, reacción-difusión anómala y percolación 2.2.3. Trinquetes, estados estacionarios impulsados y fluctuaciones 2.2.4. Pilas de arena y avalanchas 2.2.5. Autoorganización crítica y leyes de potencia	7.0	3.0	3.0
	2.3. Información y complejidad 2.3.1. Entropía como indicador de complejidad 2.3.2. Transferencia de información 2.3.3. Modos aislados y modos acoplados 2.3.4. Movimiento Browniano Gaussiano y no Gaussiano 2.3.5. Simulaciones de Monte Carlo	7.0	3.0	2.0
Subtotal		21.0	9.0	8.0



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR



UNIDAD DE APRENDIZAJE: Complex systems

HOJA 5 DE 9

UNIDAD TEMÁTICA III Dinámica no lineal	CONTENIDO	HORAS CON DOCENTE		HRS AA
		T	P	
UNIDAD DE COMPETENCIA Establece la dinámica no lineal de sistemas complejos a partir de ecuaciones diferenciales y modelos de cómputo complejo.	3.1. Ecuaciones diferenciales no lineales 3.1.1. Linealidad y no linealidad 3.1.2. Espacio de fase y flujos 3.1.3. Modelo depredador – presa 3.1.4. Sistemas dinámicos no lineales acoplados 3.1.5. Efectos de difusión, dispersión y sincronización	7.0	3.0	3.0
	3.2. Caos 3.2.1. Ecuaciones de Lorenz 3.2.2. Escalas temporales y espaciales 3.2.3. Fractales y exponentes de Lyapunov 3.2.4. Bifurcaciones, ciclos límites y atractores 3.2.5. Turbulencia: Ecuaciones de Navier-Stokes	7.0	3.0	3.0
	3.3. Cómputo complejo 3.3.1. Panoramas de energía 3.3.2. Billares espacio- temporales 3.3.3. Compuertas de Fredkin-Toffoli 3.3.4. Cómputo conservativo 3.3.5. Teoría de juegos	7.0	3.0	2.0
	Subtotal	21.0	9.0	8.0



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR



UNIDAD DE APRENDIZAJE: Complex systems

HOJA: 6 DE 9

ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE	EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES
Estrategia de aprendizaje estudio de casos El alumno desarrollará las siguientes actividades: <ol style="list-style-type: none">1. Desarrollo de conceptos teóricos a partir de la lectura, análisis y síntesis de artículos de divulgación especializados y de investigación.2. Exposición de temas3. Casos de estudio4. Realización de prácticas	Evaluación diagnóstica Portafolio de evidencias: <ol style="list-style-type: none">1. Reporte de indagación bibliográfica2. Diapositivas de exposición3. Resolución de casos de estudio4. Reporte de prácticas5. Evaluación escrita

RELACIÓN DE PRÁCTICAS			
PRÁCTICA No.	NOMBRE DE LA PRÁCTICA	UNIDADES TEMÁTICAS	LUGAR DE REALIZACIÓN
1	Sistemas y fenómenos complejos	I	Laboratorio de Cómputo
2	Redes complejas de mundo pequeño	I	
3	Avalanchas en pilas de arena	II	
4	Entropía e información	II	
5	Sistemas caóticos y fractales	III	
6	Cómputo conservativo en billares espacio- temporales	III	
		TOTAL DE HORAS:	27.0



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR



UNIDAD DE APRENDIZAJE: Complex systems

HOJA: 7 DE 9

Bibliografía							
Tipo	Autor(es)	Año	Título del documento	Editorial/ISBN	Documento		
					Libro	Antología	Otros
C	Adamatzky, A.	2001	Computing in Nonlinear Media and Automata Collectives	CRC Press/ 978-0750307512	X		
B	Bar-Yam, Y.	2020	Dynamics of Complex Systems	CRC Press/ 978-0367154974	X		
B	Bertin, E.	2021	Statistical Physics of Complex Systems	Springer / 978-3030799489	X		
B	Fieguth, P.	2021	An Introduction to Complex Systems: Society, Ecology, and Nonlinear Dynamics	Springer/ 978-3030631673	X		
C	Gros, C.	2015	Complex and Adaptive Dynamical Systems: A Primer	Springer/ 978-3319162645	X		
C	Haken, H.	2006	Information and Self-Organization: A Macroscopic Approach to Complex Systems	Springer/ 978-3642069574	X		
C	Ilachinski, A.	2001	Cellular Automata: A Discrete Universe	World Scientific Publishing Company/ 978-9812381835	X		
C	Kaneko, K. y Tsuda, I.	2012	Complex Systems, Chaos and Beyond	Springer/ 978-3642631320	X		
B	Mitchell, M.	2011	Complexity a Guided Tour	Oxford University Press/ 978-0199798100	X		
B	Strogatz, S.	2015	Nonlinear Dynamics and Chaos: With Applications to Physics, Biology, Chemistry and Engineering	CRC Press/ 978-0813349107	X		
C	Wolfram, S.	2002	A New Kind of Science	Wolfram Media/ 978-1579550080	X		



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR



UNIDAD DE APRENDIZAJE: Complex systems

HOJA: 8 DE 9

Recursos digitales								
Autor, año, título y Dirección Electrónica	Texto	Simulador	Imagen	Tutorial	Video	Presentación	Diccionario	Otro
Juárez-Martínez, G. (2021). Centro de Sistemas Complejos IPN. Recuperado el 16 de octubre de 2022, en: http://comunidad.escom.ipn.mx/sistemascomplejos/Welcome.html								X
Frank, A. (2022). Complexipedia. C3 Centro de Ciencias de la Complejidad, UNAM. Recuperado el 16 de octubre de 2022, en: https://www.c3.unam.mx/complexipedia/complexipedia.html								X
Adamatzky, A. (2022). Unconventional Computing Laboratory: Research. Recuperado el 16 de octubre de 2022, en: https://uncomp.uwe.ac.uk/research/								X
Adamatzky, A. (2022). Unconventional Computing Laboratory: Resources. Recuperado el 16 de octubre de 2022, en: https://uncomp.uwe.ac.uk/resources/								X
Bar-Yam, Y. (2022). New England Complex Systems Institute. Recuperado el 16 de octubre de 2022, en: https://necsi.edu/research								X
Krakauer, D. (2022). Sant Fe Institute: Research and Projects. Recuperado el 16 de octubre de 2022, en: https://www.santafe.edu/research/projects								X
Wolfram, W. (2022). Wolfram Science: A New Kind of Science. Recuperado el 16 de octubre de 2022, en: https://www.wolframscience.com/nks/								X



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR



UNIDAD DE APRENDIZAJE: Complex systems

HOJA: 9 **DE** 9

PERFIL DOCENTE: Ingeniería en Sistemas Computacionales o Licenciatura en Físico Matemáticas y/o Maestría en Ciencias de la Computación y/o de Físico Matemáticas

EXPERIENCIA PROFESIONAL	CONOCIMIENTOS	HABILIDADES DIDÁCTICAS	ACTITUDES
<p>Dos años en investigación o desarrollo de aplicaciones sobre sistemas complejos.</p> <p>Dos años en el desarrollo de software o en el área académica y/o de investigación</p> <p>Dos años en docencia a nivel superior</p>	<p>Paradigmas de programación</p> <p>Codificación en diversos lenguajes de programación</p> <p>Clases de complejidad computacional tanto de problemas como de algoritmos</p> <p>Manejo de diferentes evaluadores automáticos de código</p> <p>Empleo de repositorios de código de programación</p>	<p>Coordinar grupos de aprendizaje</p> <p>Organizar equipos de aprendizaje</p> <p>Planificación de la enseñanza</p> <p>Manejo de estrategias didácticas centradas en el aprendizaje</p> <p>Manejo de TIC en la enseñanza y para el aprendizaje</p> <p>Comunicación multidireccional</p>	<p>Compromiso con la enseñanza</p> <p>Congruencia</p> <p>Disponibilidad al cambio</p> <p>Empatía</p> <p>Generosidad</p> <p>Honestidad</p> <p>Proactividad</p> <p>Respeto</p> <p>Responsabilidad</p> <p>Solidaridad</p> <p>Tolerancia</p> <p>Vocación de servicio</p> <p>Liderazgo</p>

ELABORÓ

REVISÓ

AUTORIZÓ

M. en C. Cristhian Alejandro Ávila
 Sánchez
Coordinador

Dr. Genaro Juárez Martínez
Participante

M. en C. Roberto Oswaldo Cruz
 Lejía
Subdirector Académico UPIIZ

M. en C. Andrés Ortigoza Campos
Director ESCOM

M. en C. Jesús Alberto Alcántara
 Méndez
Participante

M. en C. Iván Giovanni Mosso
 García
Subdirector Académico ESCOM

Dr. Fernando Flores Mejía
Director UPIIZ