Instituto Politécnico Nacional

Secretaría Académica
Dirección de Educación Virtual

Secretaría de Investigación y Posgrado
Dirección de Posgrado

SIP-30

Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021

I.- Datos de identificación de la unidad de aprendizaje

Unidad académica:	MULTISEDE (CIC, CIDETEC, ESCOM, ESFM, UPIITA)									
Programa académico:	MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y CIENCIA DE DATOS									
		Doctorado						Orientación profesional		
	x	Maestría					x	Orientado a la investigación		
		Especialidad						Con la industria		
								Especialidad médica		
	Sesión de colegio donde se propuso:							Fecha de propuesta:		
Nombre de unidad de aprendizaje:	**SISTEMAS CIBERFÍSICOS**									
	Clave de la unidad de aprendizaje:							Créditos:	5	*REP 2017*
	Semanas del semestre	18		Horas a la semana:	4			Horas totales:	72	
Tipo de unidad de aprendizaje:	Obligatoria:			Optativa:	x			Observaciones:		
	Semestre:	1-3								
	Teórica (%):	100		Práctica (%)				Teórico-prácticas (%):		
Área del conocimiento:	Ingeniería y Ciencias Fisicomatemáticas	x		Ciencias Sociales y Administrativas				Ciencias Medico Biológicas		Interdisciplinario
Modalidad no escolarizada:	No escolarizada			Nombre de la Plataforma:						
	Mixta			Presencial (%):				En plataforma (%):		
Horas establecidas en el programa de estudios:	Presenciales (si procede) (horas x semana)							En plataforma (horas x semana):		

Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021

I. Aprendizajes que el estudiante deberá demostrar al finalizar

Conocimientos	Habilidades y destrezas	Actitudes y valores
1. Conocer las ventajas y desventajas de los sistemas ciberfísicos. 2. Identificar los componentes principales de sistemas ciberfísicos. 3. Generar sistemas ciberfísicos que cumplan con la fiabilidad, seguridad y robustez en su operación. 4. Conocer, comprender y aplicar paradigmas, modelos formales y métodos de verificación. 5. Identificar los retos de la investigación en el área.	HABILIDADES 1. Entender y emplear los conceptos de sistemas ciberfísicos. 2. Manejar las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas. 3. Propiciar el trabajo en equipo. 4. Seguir instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo como cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo. 5. Identificar los sistemas y reglas o principios medulares que subyacen a una serie de fenómenos. 6. Construir hipótesis, diseñar y aplicar modelos para probar su validez. 7. Sintetizar evidencias obtenidas mediante la experimentación para producir conclusiones y formular nuevas preguntas. DESTREZAS 1. Identifica los sistemas ciberfísicos. 2. Analiza la utilidad y limitaciones de los modelos más comunes de los sistemas ciberfísicos. 3. Identifica los principales problemas de implementación para modelos comunes de sistemas ciberfísicos.	• Independencia • Creatividad • Trabajo colaborativo • Responsabilidad • Proactivo • Colaborativo • Conciencia • Curiosidad por el aprendizaje • Honestidad

Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021

	4. Evalúa la conveniencia de aplicar los sistemas ciberfísicos a una serie de problemas prácticos. 5. Implementa soluciones empleando un sistema ciberfísico mediante simulación o empleando sistemas reales.	

Resolución que aborda la propuesta con su enfoque disciplinar

Se utiliza un enfoque experimental, porque se aplicarán sistemas ciberfísicos o simuladores para crear escenarios para el desarrollo de propuestas de soluciones de problemas reales. INCLUIR LA MENCIÓN DE LA IA Y CD EN EL BORDE.

II. Proximidad formativa

Áreas multi, inter y transdisciplinarias	Líneas de Generación y Aplicación de Conocimiento	Sectores sociales
• Ciencias de la Computación • Inteligencia Artificial • Telecomunicaciones • Salud • Energía • Transporte • Otras	• Inteligencia Artificial • Ciencia de Datos	La industria 4.0 ha favorecido la integración de la computación, el almacenamiento de datos, las redes y dispositivos en los denominados sistemas ciberfísicos (CPS en su abreviatura en inglés), que se conectan entre sí y con Internet gracias al IoT (Internet de las Cosas). Los CPS están impulsando la innovación en la agricultura, aeronáutica, infraestructura civíl, energía, medicina, defensa, transporte, ciudades inteligentes, entre otros. Como se retroalimentan, los CPS son cada vez más ricos en datos, lo que deriva en un incremento de sus niveles de automatización y autonomía.
Estrategia de asociación:		

Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021

Se presentarán problemas procedentes de diversas disciplinas del conocimiento científico, así como también proyectos de investigación institucionales, vinculados o externos, en los que se pedirá la participación de los estudiantes para la resolución de problemas. Otro modo de interacción con los sectores es la realización de prácticas y estancias, donde se puedan realizar estudios de caso y formular escenarios de solución que enriquezcan los conocimientos adquiridos en el curso.

III Metodología de enseñanza – aprendizaje

Descripción
Se realizarán clases teórico-prácticas, aula invertida, estudios de caso y aprendizaje basado en proyectos.

Evidencias como proceso de aprendizaje	Evidencias integradoras (resultados que contribuyen al curriculum)	Ponderación
1. Define qué es sistema ciberfísico con base en el estado del arte y el uso de los diversos modelos asociados a su funcionamiento. 2. Identifica cuáles son los retos de investigación por enfrentar, y los relaciona con el área de la inteligencia artificial y la ciencia de datos. 3. Reflexiona sobre la complejidad computacional y espacial de los sistemas ciberfísicos. 4. Selecciona el sistema ciberfísico por emplear en su trabajo de investigación. 5. Demuestra sus conocimientos a través de revisiones de trabajos escritos, presentación oral de trabajo y el proyecto definido en el curso.	1. Trabajos prácticos: Los trabajos prácticos permiten a los estudiantes aplicar los conocimientos adquiridos en la unidad de aprendizaje en situaciones concretas. Para evaluar la situación disciplinaria, se pueden emplear trabajos prácticos que impliquen la implementación de modelos de IA explicativos e interpretables y la reflexión sobre los procesos de explicación e interpretación que se emplean. 2. Presentaciones orales: Las presentaciones orales permiten a los estudiantes comunicar sus ideas de manera clara y efectiva. Para evaluar la situación disciplinaria, se pueden emplear presentaciones orales en las que los estudiantes expliquen los procesos de explicación e interpretación que emplean en la implementación de modelos de IA explicativos e interpretables. 3. Evaluaciones escritas: Las evaluaciones escritas permiten a los estudiantes demostrar sus conocimientos y habilidades en la materia. Para evaluar la situación	35% 20% 15%

Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021

	disciplinaria, se pueden emplear evaluaciones escritas que incluyan preguntas teóricas y prácticas sobre la IA explicativa e interpretable.	
	4. Análisis de casos prácticos: El análisis de casos prácticos permite a los estudiantes aplicar los conceptos y técnicas aprendidas en situaciones reales y complejas. Para evaluar la situación disciplinaria, se pueden emplear casos prácticos que impliquen la implementación de modelos de IA y la reflexión sobre su explicabilidad e interpretabilidad.	15%
	5. Informes de investigación: Los informes de investigación permiten a los estudiantes profundizar en un tema específico relacionado con la IA explicativa e interpretable y presentar sus hallazgos de manera sistemática. Para evaluar la situación disciplinaria, se pueden emplear informes de investigación que aborden la explicabilidad e interpretabilidad de modelos de IA en una aplicación concreta.	15%

IV. Descripción de la participación esperada en el estudiante

Receptiva	Resolutiva	Autónoma	Estratégica
En las clases teóricas	En las actividades prácticas	En el estudio independiente	En la solución de problemas de la profesión

Contenido temático

Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021

1. Introducción **(8 horas)**
   - 1.1. Características de los sistemas ciberfísicos (CPS)
   - 1.2. Análisis de sistemas ciberfísicos y aspectos transversales de implementación
   - 1.3. Metodologías para la caracterización de CPS
   - 1.4. Determinación de la conectividad para la transferencia de datos
   - 1.5. Cibernetica conectada y guiada: vehículos y robots autónomos y semiautónomos
   - 1.6. Sistemas de procesamiento cercano (edge computing), fog computing y big data
   - 1.7. Plataformas de referencia, regulación y estándares
   - 1.8. Desarrollo de CPS centrados en el ser humano: sostenibilidad y privacidad de datos
   - 1.9. Aspectos sociales sobre el uso de CPS: seguridad, sostenibilidad, medio ambiente
   - 1.10. Descomposición de valores singulares
   - 1.11. Selección de caracteristicas con base en el contexto, manejo y adquisicion de datos
   - 1.12. Rango de operaciones espacio-temporales y generalizaciones de control distribuido
   - 1.13. Interacción de la teoría del control y la teoría de la información en los CPS

2. MODELO SINCRONO Y ASÍNCRONO DE CPS **(14 horas)**
   - 2.1. Sistema reactivo: componentes
   - 2.2. Propiedades de los componentes
   - 2.3. Combinación de componentes
   - 2.4. Diseños síncronos
   - 2.5. Procesos asíncronos
   - 2.6. Primitivas de diseño asíncrono
   - 2.7. Protocolos de coordinación asíncrona

3. SISTEMAS DINÁMICOS CPS **(16 horas)**
   - 3.1. Modelos de tiempo continuo
   - 3.2. Sistemas lineales
   - 3.3. Diseño de controladores: lazo abierto vs retroalimentados, estabilización y PID
   - 3.4. Técnicas de análisis basada en simulación numérica y certificados de protección
   - 3.5. Modelos flexibles de operación y comunicación multinodos: retos y tendencias asociados con la Inteligencia Artificial

4. REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD CPS **(14 horas)**
   - 4.1. Especificaciones de seguridad y privacidad

Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021

4.2. Verificación de invariantes
4.3. Técnicas de validación
4.4. Búsqueda enumerable
4.5. Búsqueda simbólica
4.6. Planes de protección de los CPS

5. CAPACIDAD DE RESPUESTA DE LOS CPS: REQUISITOS CPS **(12 horas)**
5.1. Lógica temporal
5.2. Verificación de modelos - El problema de repetibilidad
5.3. Prueba de la capacidad de respuesta
5.4. Confiabilidad de los datos

6. TALLER DE RELACIÓNES ACADÉMICAS, INDUSTRIALES, SOCIALES O DE SERVICIOS **(8 horas)**
6.1. Desarrollo de la comunicación (networking) con entidades relacionadas con el tema del curso.

V. Secuencia programática

No.	Tema	Objetivo de aprendizaje / competencia específica	Tiempo/Horas/Semanas

Actividad(es):	No. Nombre de la actividad: Descripción de la actividad: Contenidos:	Tipo de interacción(es):	
		Referencias (s):	
Evidencia(s):			

Tipo de interacción: ID–Instrucción directa, TC–Trabajo colaborativo, AC–Análisis en campo, RP–Reflexión personal, PE–Presentación expositiva

Indicar solo el número de las *Referencias* indizadas en la sección VII de este documento.

Nota: Replique esta sección las veces que sea necesario para cubrir toda la secuencia programática

VI. Habilitadores tecnológicos

Disposiciones	Especificaciones / descripción de efectos

Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021

	Conectividad	Se realizarán búsquedas en bases de datos especializadas
	Habilidades digitales	Se desarrollarán durante toda la asignatura
	Interoperabilidad	Se trabajará con diferentes herramientas especializadas (WEKA, KEEL, EPIC y Orange)
	Datos abiertos	Se trabajará con bancos de datos de repositorios abiertos
	Big Data	Se explicará el costo computacional de los algoritmos estudiados y su aplicabilidad a big data
	Machine Learning	El reconocimiento de patrones es un área clave dentro del Machine Learning
	Simulación	
	Realidad aumentada	
	Otro…	

VII. Referencias

Conferencias magistrales

1. Materiales de la capeta de la asignatura
2.
3.

Notas complementarias

Documentales / electrónicas

1. Törngren, M., Asplund, F., Bensalem, S., McDermid, J., Passerone, R., Pfeifer, H., … Schätz, B. (2017). Characterization, Analysis, and Recommendations for Exploiting the Opportunities of Cyber-Physical Systems. Cyber-Physical Systems: Foundations, Principles and Applications, 3–14. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803801-7.00001-8
2. Alur, R., (2015) Principles of Cyber-Physical Systems. MIT Press, Cambridge, MA.
3. Lee, E.A., Seshia, S.A. (2015) Introduction to Embedded Systems, A Cyber-Physical Systems Approach, Second ed. ISBN: 978-1-312-42740-2. Publisher: Lee, E.A., Seshia, S.A. Available from: http://LeeSeshia.org
4. D. Harel and A. Pnueli (1985) On the development of reactive systems. In Logics and Models of Concurrent Systems, volume F-13 of NATO Advanced Summer Institutes, pages 477–498. Springer-Verlag.
5. C.A.R. Hoare (1985) Communicating Sequential Processes. Prentice-Hall.
6. R. Milner (1989) Communication and Concurrency. Prentice-Hall.

Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021

7. K.M. Chandy and J. Misra (1988) Parallel Program Design: A Foundation. Addison-Wesley.
8. G. Kahn (1974) The semantics of simple language for parallel programming. In IFIP Congress, pages 471–475.
9. E.A. Lee and T.M. Parks (1995) Dataflow process networks. Proceedings of the IEEE, 83(5):773–80.
10. N.A. Lynch (1996) Distributed Algorithms. Morgan Kaufmann.
11. L. Lamport (2002) Specifying Systems: The TLA+ Language and Tools for Hardware and Software Engineers. Addison-Wesley.
12. J. Sifakis (2013.) Rigorous system design. Foundations and Trends in Electronic Design Automation, 6(4):293–362.
13. R. Alur and T.A Henzinger (1999). Reactive modules. Formal Methods in System Design, 15(1):7–48.
14. C.A.R. Hoare (1969) An axiomatic basis for computer programming. Commun. ACM, 12(10):576–580.
15. Song, H et al (2017) Cyber-Physical Systems. Foundations, Principles and Applications. Academic Press.
16. Microsoft Learn. (n.d.) (abril 4, 2023) Comunicación asincrónica basada en mensajes. Disponible en https://learn.microsoft.com/es-es/dotnet/architecture/microservices/architect-microservice-container-applications/asynchronous-message-based-communication.
17. Al-Humaimeedy, A. S., & Fernández, M. (2015) Enabling Synchronous and Asynchronous Communications in CSP for SOC. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, *312*, 69–88. https://doi.org/10.1016/J.ENTCS.2015.04.005
18. Platzer, A. (2018) Logical Foundations of Cyber-Physical Systems, Springer, 2018, ISBN13 (EAN): 9783319635873.
19. Rajeev Alur (2015) Principles of Cyber-Physical Systems, The MIT Press, 2015, ISBN-10: 0262029111.
20. Mitra, S (2021) Verifying Cyber-Physical Systems: A Path to Safe Autonomy (Cyber-Physical Systems Series). The MIT Press, ISBN: 9780262044806

VIII. Créditos y responsivas

Responsabilidad		Nombre completo	Clave de nombramiento /No. de empleado
	Coordinador (Autor)	Dr. Amadeo José Argüelles Cruz	14976-EJ-20/6
	Participante (Coautor)	Dr. Mario Aldape Pérez	14452-EC-19
	Participante (Coautor)	Dr. Oscar Camacho Nieto	15403-EH-22/6
	Participación (Coautor)	Dra. Yenny Villuendas Rey	14160-EG-19/6
	Participante (Coautor)	Dr. Antonio Alarcón Paredes	15782-EA-22
	Asesor didáctico / Diseñador Instruccional		
	Tecnólogo educativo / Comunicólogo		

Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021

	Corrector de estilo		
	Programador multimedia / Diseñador gráfico		
Otro…			

VERIFICACIÓN GENERAL DE LA PLANEACIÓN DIDÁCTICA	REVISIÓN DE LA PLANEACIÓN DIDÁCTICA (VIABILIDAD)
Por la División de Operación y Promoción al Posgrado de la SIP Nombre_____ FIRMA_____	Por la Subdirección de Diseño y Desarrollo de la DEV Nombre_____ FIRMA_____

VERIFICACIÓN PARA SU PUESTA EN OPERACIÓN	REVISIÓN TÉCNICO-PEDAGÓGICA PARA LA MODALIDAD
Por la Dirección de Posgrado Nombre_____ FIRMA_____ SELLO DE VALIDACIÓN	Por la Dirección para la Educación Virtual Nombre_____ FIRMA_____

Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021