



### Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021

I.- Datos de identificación de la unidad de aprendizaje

<b>Unidad académica:</b>	Centro de Investigación en Computación									
<b>Programa académico:</b>	Maestría en Ciencias de la Computación									
	<input type="checkbox"/>	Doctorado	<input type="checkbox"/>	Orientación profesional						
	<input checked="" type="checkbox"/>	Maestría	<input checked="" type="checkbox"/>	Orientado a la investigación						
	<input type="checkbox"/>	Especialidad	<input type="checkbox"/>	Con la industria						
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Especialidad médica						
<b>Nombre de unidad de aprendizaje:</b>	Sesión de colegio donde se propuso:	Ordinaria 7, 2023			Fecha de propuesta:	26 de julio de 2023				
	<b>SISTEMAS CIBERFÍSICOS INTELIGENTES</b>									
	Clave de la unidad de aprendizaje:	<b>23B8387</b>			Créditos:	4	REP 2017			
	Semanas del semestre	18	Horas a la semana:	4	Horas totales:	72				
<b>Tipo de unidad de aprendizaje:</b>	Obligatoria:	<input type="checkbox"/>	Optativa:	<input checked="" type="checkbox"/>	Observaciones:					
	Semestre:									
	Teórica (%):	50	Práctica (%):	50	Teórico-prácticas (%):					
<b>Área del conocimiento:</b>	Ingeniería y Ciencias Fisicomatemáticas	<input checked="" type="checkbox"/>	Ciencias Sociales y Administrativas	<input type="checkbox"/>	Ciencias Médico Biológicas	<input type="checkbox"/>	Interdisciplinario			
<b>Modalidad no escolarizada:</b>	No escolarizada	<input type="checkbox"/>	Nombre de la Plataforma:							
	Mixta	<input type="checkbox"/>	Presencial (%):				En plataforma (%):			
<b>Horas establecidas en el programa de estudios:</b>	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
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Conocer las ventajas y desventajas de los sistemas ciberfísicos.</li><li>2. Identificar los componentes principales de sistemas ciberfísicos.</li><li>3. Generar sistemas ciberfísicos que cumplan con la fiabilidad, seguridad y robustez en su operación.</li><li>4. Conocer, comprender y aplicar paradigmas, modelos formales y métodos de verificación.</li><li>5. Identificar los retos de la investigación en el área.</li></ol>	<p><b>HABILIDADES</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Entender y emplear los conceptos de sistemas ciberfísicos.</li><li>2. Manejar las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información y expresar ideas.</li><li>3. Propiciar el trabajo en equipo.</li><li>4. Seguir instrucciones y procedimientos de manera reflexiva, comprendiendo como cada uno de sus pasos contribuye al alcance de un objetivo.</li><li>5. Identificar los sistemas y reglas o principios medulares que subyacen a una serie de fenómenos.</li><li>6. Construir hipótesis, diseñar y aplicar modelos para probar su validez.</li><li>7. Sintetizar evidencias obtenidas mediante la experimentación para producir conclusiones y formular nuevas preguntas.</li></ol> <p><b>DESTREZAS</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Identifica los sistemas ciberfísicos.</li><li>2. Analiza la utilidad y limitaciones de los modelos más comunes de los sistemas ciberfísicos.</li><li>3. Identifica los principales problemas de implementación para modelos comunes de sistemas ciberfísicos.</li><li>4. Evalúa la conveniencia de aplicar los sistemas ciberfísicos a una serie de</li></ol>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Independencia</li><li>• Creatividad</li><li>• Trabajo colaborativo</li><li>• Responsabilidad</li><li>• Proactivo</li><li>• Colaborativo</li><li>• Conciencia</li><li>• Curiosidad por el aprendizaje</li><li>• Honestidad</li></ul>



### Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021

	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.

#### II. Proximidad formativa

Áreas multi, inter y transdisciplinarias

Líneas de Generación y Aplicación de Conocimiento

Sectores sociales

<ul style="list-style-type: none"><li>• Ciencias de la Computación</li><li>• Inteligencia Artificial</li><li>• Telecomunicaciones</li><li>• Salud</li><li>• Energía</li><li>• Transporte</li><li>• Otras</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inteligencia Artificial y Cómputo Científico</li></ul>	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 civil, 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.
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



### Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021

Estrategia de asociación:  
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

Evidencias como proceso de aprendizaje

Evidencias integradoras (resultados que contribuyen al curriculum)	Ponderación

#### IV. Descripción de la participación esperada en el estudiante

Receptiva	Resolutiva	Autónoma	Estratégica



## Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021

### Contenido temático

<b>1. MODELO SINCRONO Y ASÍNCRONO DE CPS</b>	<b>16 horas</b>
1.1. Sistema reactivo: componentes	
1.2. Propiedades de los componentes	
1.3. Combinación de componentes	
1.4. Diseños síncronos	
1.5. Procesos asíncronos	
1.6. Primitivas de diseño asíncrono	
1.7. Protocolos de coordinación asíncrona	
<b>2. SISTEMAS DINÁMICOS CPS</b>	<b>20 horas</b>
2.1. Modelos de tiempo continuo	
2.2. Sistemas lineales	
2.3. Diseño de controladores: lazo abierto vs retroalimentados, estabilización y PID	
2.4. Técnicas de análisis basada en simulación numérica y certificados de protección	
2.5. Modelos flexibles de operación y comunicación multinodos: retos y tendencias asociados con la Inteligencia Artificial	
<b>3. REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD CPS</b>	<b>16 horas</b>
3.1. Especificaciones de seguridad y privacidad	
3.2. Verificación de invariantes	
3.3. Técnicas de validación	
3.4. Búsqueda enumerable	
3.5. Búsqueda simbólica	
3.6. Planes de protección de los CPS	
<b>4. CAPACIDAD DE RESPUESTA DE LOS CPS: REQUISITOS CPS</b>	<b>12 horas</b>
4.1. Lógica temporal	
4.2. Verificación de modelos - El problema de repetibilidad	
4.3. Prueba de la capacidad de respuesta	
4.4. Confiabilidad de los datos	
<b>5. ESTUDIOS DE CASO</b>	
5.1. Integración y exposición de estudios de caso.	



### Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021

#### V. Secuencia programática

V. Secuencia programática				
V. Secuencia programática				
V. Secuencia programática				



### Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021

#### VI. Habilitadores tecnológicos

Disposiciones	Especificaciones / descripción de efectos
Conectividad	
Habilidades digitales	
Interoperabilidad	
Datos abiertos	
<i>Big Data</i>	
<i>Machine Learning</i>	
Simulación	
Realidad aumentada	
Otro...	

#### Conferencias magistrales

1.
2.
3.

#### Notas complementarias


#### VII. Referencias

##### Documentales / electrónicas

<ol style="list-style-type: none"> <li>Törngren, M., Asplund, F., Bensalem, S., McDerimid, J., Passerone, R., Pfeifer, H., ... Schätz, B. (2017). Characterization, Analysis, and Recommendations for Exploiting the Opportunities of Cyber-Physical Systems. <i>Cyber-Physical Systems: Foundations, Principles and Applications</i>, 3–14. <a href="https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803801-7.00001-8">https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803801-7.00001-8</a></li> <li>Alur, R., (2015) <i>Principles of Cyber-Physical Systems</i>. MIT Press, Cambridge, MA.</li> <li>Lee, E.A., Seshia, S.A. (2015) <i>Introduction to Embedded Systems, A Cyber-Physical Systems Approach</i>, Second ed. ISBN: 978-1-312-42740-2. Publisher: Lee, E.A., Seshia, S.A. Available from: <a href="http://LeeSeshia.org">http://LeeSeshia.org</a></li> </ol>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



### Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021

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.
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-Humaimedy, 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 responsabilidades

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. Antonio Alarcón Paredes	15782-EA-22
Participante (Coautor)	Dra. Yenny Villuendas Rey	14160-EG-19/6
Participante (Coautor)	Dr. Cornelio Yáñez Márquez	15344-EC-22



### Formato para registro de Unidades de aprendizaje 2021

Asesor didáctico / Diseñador Instruccional		
Tecnólogo educativo / Comunicólogo		
Corrector de estilo		
Programador multimedia / Diseñador gráfico		
Otro...		

#### VERIFICACIÓN GENERAL DE LA PLANEACIÓN DIDÁCTICA

Por la División de Operación y Promoción al Posgrado de la SIP

Nombre \_\_\_\_\_

FIRMA \_\_\_\_\_

#### REVISIÓN DE LA PLANEACIÓN DIDÁCTICA (VIABILIDAD)

Por la Subdirección de Diseño y Desarrollo de la DEV

Nombre \_\_\_\_\_

FIRMA \_\_\_\_\_

#### VERIFICACIÓN PARA SU PUESTA EN OPERACIÓN

Por la Dirección de Posgrado

Nombre \_\_\_\_\_

FIRMA \_\_\_\_\_

#### REVISIÓN TÉCNICO-PEDAGÓGICA PARA LA MODALIDAD

Por la Dirección para la Educación Virtual

Nombre \_\_\_\_\_

FIRMA \_\_\_\_\_



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**

SELLO DE VALIDACIÓN	
---------------------	--