



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros
Informáticos

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

103000361 - Búsqueda Inteligente Basada En Metaheurísticas

PLAN DE ESTUDIOS

10AJ - Master Universitario En Inteligencia Artificial

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2025/26 - Primer semestre

Índice

Guía de Aprendizaje

| | |
|--|----|
| 1. Datos descriptivos..... | 1 |
| 2. Profesorado..... | 1 |
| 3. Competencias y resultados de aprendizaje..... | 2 |
| 4. Descripción de la asignatura y temario..... | 3 |
| 5. Cronograma..... | 4 |
| 6. Actividades y criterios de evaluación..... | 7 |
| 7. Recursos didácticos..... | 9 |
| 8. Otra información..... | 11 |

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

| | |
|--|--|
| Nombre de la asignatura | 103000361 - Búsqueda Inteligente Basada en Metaheurísticas |
| No de créditos | 5 ECTS |
| Carácter | Optativa |
| Curso | Primer curso |
| Semestre | Primer semestre |
| Período de impartición | Septiembre-Enero |
| Idioma de impartición | Castellano |
| Titulación | 10AJ - Master Universitario en Inteligencia Artificial |
| Centro responsable de la titulación | 10 - E.T.S. De Ingenieros Informáticos |
| Curso académico | 2025-26 |

2. Profesorado

2.1. Profesorado implicado en la docencia

| Nombre | Despacho | Correo electrónico | Horario de tutorías * |
|---|-----------------|---------------------------|---------------------------------|
| Alfonso Mateos Caballero (Coordinador/a) | 2110 | alfonso.mateos@upm.es | Sin horario. |

* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

3. Competencias y resultados de aprendizaje

3.1. Competencias

C3 - Ser capaces de concebir, desarrollar y validar nuevos sistemas que puedan aumentar la calidad de vida de las personas, y realizar, en contextos académicos y profesionales, innovaciones o avances tecnológicos que puedan hacer avanzar el estado del arte en áreas relacionadas con la Inteligencia Artificial. (To be able to conceive, develop, and validate new systems that can improve people's quality of life, and carry out, in academic and professional contexts, innovations or technological advances that can advance the state of the art in areas related to Artificial Intelligence). TIPO: Competencias.

C7 - Ser capaces de construir nuevas hipótesis y modelos, evaluarlos y aplicarlos a la resolución de problemas en el área de la Inteligencia Artificial. (To be able to build new hypotheses and models, evaluate them, and apply them to problem-solving in the field of Artificial Intelligence). TIPO: Competencias.

C8 - Ser capaces de explicar e interpretar adecuadamente los resultados de la modelización y análisis de datos proporcionados por las técnicas de Inteligencia Artificial, utilizando plataformas existentes. (To be able to properly explain and interpret the results of modeling and data analysis provided by Artificial Intelligence techniques, using existing platforms). TIPO: Competencias.

C9 - Tener la capacidad de evaluar la aplicación de los algoritmos de Inteligencia Artificial, sus ventajas y limitaciones, y de seleccionar adecuadamente las técnicas apropiadas para un problema práctico o de investigación. (To have the ability to evaluate the application of Artificial Intelligence algorithms, their advantages and limitations, and to appropriately select the techniques suitable for a practical or research problem). TIPO: Competencias.

K4 - Conocer las principales técnicas de computación natural, tanto a nivel simbólico como físico, e identificar su idoneidad para distintos tipos de problemas. (To understand the main techniques of natural computing, both at a symbolic and physical level, and identify their suitability for different types of problems). TIPO: Conocimientos o contenidos.

S4 - Aplicar las principales técnicas de computación natural, tanto a nivel simbólico como físico, en base a su idoneidad para distintos tipos de problemas. (To apply the main techniques of natural computing, both at a symbolic and physical level, based on their suitability for different types of problems). TIPO: Habilidades o destrezas.

S8 - Identificar áreas de aplicación en las que se puedan utilizar las técnicas y métodos de la Inteligencia Artificial y aplicar los mismos de manera adecuada. (To identify application areas where Artificial Intelligence techniques and methods can be used and apply them appropriately). TIPO: Habilidades o destrezas.

3.2. Resultados del aprendizaje

RA115 - Los resultados del aprendizaje correspondientes a esta asignatura han quedado definidos en el apartado de competencias de este documento, señalando los que corresponden a conocimientos, habilidades y competencias propiamente dichas.

4. Descripción de la asignatura y temario

4.1. Descripción de la asignatura

La asignatura *Búsqueda Inteligente Basada en Metaheurísticas* tiene como objetivo analizar las herramientas que permitirán resolver problemas de optimización, tanto con un sólo objetivo como con múltiples objetivos, que tienen una complejidad NP-hard. Estas herramientas, denominadas Metaheurísticas, permiten proporcionar buenas soluciones en un tiempo razonable.

4.2. Temario de la asignatura

1. Introducción a la Optimización, Optimización Multiobjetivo y las Metaheurísticas
2. Métodos Analíticos de Optimización Multiobjetivo
3. Metaheurísticas Evolutivas: Algoritmos Genéticos, Computación Evolutiva,...
4. Metaheurística de Búsqueda Global: Recocido Simulado
5. Metaheurística de Constructivas: Colonias de Hormigas
6. Metaheurística de Búsqueda Global: Búsqueda Tabú

5. Cronograma

5.1. Cronograma de la asignatura *

| Sem | Actividad tipo 1 | Actividad tipo 2 | Tele-enseñanza | Actividades de evaluación |
|-----|--|------------------|----------------|--|
| 1 | Explicación de los contenidos del Tema 1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | | |
| 2 | Explicación de los contenidos del Tema 2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | | |
| 3 | Explicación de los contenidos del Tema 3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | | Realización de un test de preguntas múltiples sobre los temas 1 y 2 ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00 |
| 4 | Explicación de los contenidos del Tema 3 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | | |
| 5 | Explicación de los contenidos del Tema 4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | | |
| 6 | Explicación de los contenidos del Tema 4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | | |
| 7 | Presentaciones orales de los alumnos de la parte teórica correspondiente a las prácticas asignadas Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación | | | Realización de un test de preguntas múltiples sobre los temas 3 y 4 ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00 Presentaciones orales de los alumnos de la parte teórica correspondiente a las prácticas asignadas PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00 |
| 8 | Presentaciones orales de los alumnos de la parte teórica correspondiente a las prácticas asignadas Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación Actividades Transversales Duración: 02:00 | | | Presentaciones orales de los alumnos de la parte teórica correspondiente a las prácticas asignadas PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00 |

| | | | | |
|----|---|--|--|--|
| | OT: Otras actividades formativas / Evaluación | | | |
| 9 | Presentaciones orales de los alumnos de la parte teórica correspondiente a las prácticas asignadas Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación | | | Presentaciones orales de los alumnos de la parte teórica correspondiente a las prácticas asignadas PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00 |
| 10 | Explicación de los contenidos del Tema 5 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Actividades Transversales Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación | | | |
| 11 | Explicación de los contenidos de los Tema 5 y 6 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral | | | |
| 12 | Explicación de los contenidos del Tema 6 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral Actividades Transversales Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación | | | |
| 13 | Presentaciones orales de los alumnos de la parte teórica correspondiente a las prácticas asignadas Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación | | | Realización de un test de preguntas múltiples sobre los Temas 5 y 6 ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación Progresiva No presencial Duración: 01:00 Presentaciones orales de los alumnos de la parte teórica correspondiente a las prácticas asignadas PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00 |
| 14 | Presentaciones orales de los alumnos de la parte teórica correspondiente a las prácticas asignadas Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación Actividades Transversales Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación | | | Presentaciones orales de los alumnos de la parte teórica correspondiente a las prácticas asignadas PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00 |

| | | | | |
|----|---|--|--|---|
| 15 | <p>Presentaciones orales de los alumnos de la parte teórica correspondiente a las prácticas asignadas</p> <p>Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas / Evaluación</p> | | | <p>Presentaciones orales de los alumnos de la parte teórica correspondiente a las prácticas asignadas</p> <p>PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo Evaluación Progresiva Presencial Duración: 02:00</p> |
| 16 | | | | <p>Entrega de la memoria detallada del trabajo realizado asociado a las presentaciones orales, tanto teórica como su aplicación</p> <p>ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación Progresiva y Global No presencial Duración: 00:00</p> <p>Examen</p> <p>EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación Global Presencial Duración: 03:00</p> |
| 17 | | | | |

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

6. Actividades y criterios de evaluación

6.1. Actividades de evaluación de la asignatura

6.1.1. Evaluación (progresiva)

| Sem. | Descripción | Modalidad | Tipo | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas |
|------|--|--|---------------|----------|-----------------|-------------|------------------------|
| 3 | Realización de un test de preguntas múltiples sobre los temas 1 y 2 | ET: Técnica del tipo Prueba Telemática | No Presencial | 01:00 | 10% | 3 / 10 | K4 C9 |
| 7 | Realización de un test de preguntas múltiples sobre los temas 3 y 4 | ET: Técnica del tipo Prueba Telemática | No Presencial | 01:00 | 10% | 3 / 10 | K4 C9 |
| 7 | Presentaciones orales de los alumnos de la parte teórica correspondiente a las prácticas asignadas | PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo | Presencial | 02:00 | % | / 10 | S8 C8 C9 |
| 8 | Presentaciones orales de los alumnos de la parte teórica correspondiente a las prácticas asignadas | PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo | Presencial | 02:00 | % | / 10 | S8 C8 C9 |
| 9 | Presentaciones orales de los alumnos de la parte teórica correspondiente a las prácticas asignadas | PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo | Presencial | 02:00 | % | / 10 | S8 C8 C9 |
| 13 | Realización de un test de preguntas múltiples sobre los Temas 5 y 6 | ET: Técnica del tipo Prueba Telemática | No Presencial | 01:00 | 10% | 3 / 10 | K4 C9 |
| 13 | Presentaciones orales de los alumnos de la parte teórica correspondiente a las prácticas asignadas | PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo | Presencial | 02:00 | 15% | / 10 | S8 C8 C9 |
| 14 | Presentaciones orales de los alumnos de la parte teórica correspondiente a las prácticas asignadas | PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo | Presencial | 02:00 | 15% | / 10 | S8 C8 C9 |

| | | | | | | | |
|----|--|--|---------------|-------|-----|--------|----------------------------|
| 15 | Presentaciones orales de los alumnos de la parte teórica correspondiente a las prácticas asignadas | PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo | Presencial | 02:00 | % | / 10 | S8 C8 C9 |
| 16 | Entrega de la memoria detallada del trabajo realizado asociado a las presentaciones orales, tanto teórica como su aplicación | ET: Técnica del tipo Prueba Telemática | No Presencial | 00:00 | 40% | 5 / 10 | S4 S8 C3 C7 C9 |

6.1.2. Prueba evaluación global

| Sem | Descripción | Modalidad | Tipo | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas |
|-----|--|--|---------------|----------|-----------------|-------------|----------------------------|
| 16 | Entrega de la memoria detallada del trabajo realizado asociado a las presentaciones orales, tanto teórica como su aplicación | ET: Técnica del tipo Prueba Telemática | No Presencial | 00:00 | 40% | 5 / 10 | S4 S8 C3 C7 C9 |
| 16 | Examen | EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas | Presencial | 03:00 | 60% | 5 / 10 | K4 C8 C9 |

6.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

6.2. Criterios de evaluación

Evaluación progresiva

Para superar la asignatura, los alumnos deberán realizar una práctica, en grupos de tres personas, que consta de tres partes. En cada parte se indica el objetivo, la descripción del algoritmo que se ha de usar/implementar y las tareas a realizar, los entregables y los criterios de evaluación. Como resultado de este trabajo en grupo, los miembros del mismo realizarán una presentación oral del estudio realizado. Además, el grupo presentará una memoria al profesor de todo el trabajo realizado y de los resultados obtenidos.

De manera adicional, se realizarán tres test a los alumnos a través de la plataforma Moodle, todos ellos sobre los contenidos introducidos por los profesores de la asignatura. El objetivo de los mismos es comprobar que el alumno ha adquirido unos conocimientos mínimos que le permitan aplicar metaheurísticas para resolver problemas de optimización uniobjetivo y multiobjetivo.

El alumno debe aprobar los test y las memorias de los trabajos realizados en grupo, por separado, y realizar las correspondientes presentaciones de forma correcta. Si es así, la nota final del alumno será la que se corresponde con la ponderación indicada en la tabla de Evaluación progresiva.

Evaluación global

Si algún alumno no aprobase los tests durante la evaluación progresiva podrá recuperarlos en la Semana 17. Las presentaciones orales es preferible realizarlas en la evaluación progresiva, si alguien no pudiera podrían realizarse en la semana 17 siempre que no sean muchos, en caso de no poderse realizar por tener que realizarlas a un número grande de alumnos, éstas serán sustituidas por un examen escrito con preguntas relacionadas con la parte práctica.

Evaluación extraordinaria

La evaluación extraordinaria consistirá en un examen escrito que supondrá el 60% de la puntuación final y la entrega de una práctica que supone el 40%, para los alumnos que tienen que recuperar toda la asignatura. Existirá la oportunidad de recuperar únicamente la parte teórica o práctica si alguna de las otras partes ha sido superada.

7. Recursos didácticos

7.1. Recursos didácticos de la asignatura

| Nombre | Tipo | Observaciones |
|--|--------------|---------------|
| Coello, C.A., Van Veldhuizen, D.A. y Lamont G.B. (2002), Evolutionary Algorithms for Solving Multi-Objective Problems, Kluwer: New York. | Bibliografía | |

| | | |
|---|--------------|---|
| Deb, K. (2001), Multi-Objective Optimization using Evolutionary Algorithms, John Wiley: New York. | Bibliografía | |
| Dreo, J., A. Pétrowski, P. Siarry y E. Taillard (2005), Metaheuristics for Hard Optimization, Springer: Berlín. | Bibliografía | |
| Gandibleux, X., Servaux M., Sorensen K y T?kindt (eds.) (2004) Metaheuristics for Multiobjective Optimization, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems 535, Springer: Berlín. | Bibliografía | |
| Glover, F. y Kochenberger, G.A. (eds.) (2003), Handbook of Metaheuristics, Kluwer: Boston. | Bibliografía | |
| Osman, I.H. y Kelly, J.P. (1996), Meta-Heuristics: Theory and Applications, Kluwer: Boston. | Bibliografía | |
| Ribeiro, C.C. y Hansen, P. (eds.) (2002), Essays and surveys in Metaheuristics, Kluwer: Boston. | Bibliografía | |
| Siarry, P. y Michalewicz, Z. (2007) Advances in Metaheuristics for Hard Optimization (Natural Computing Series), Springer: Berlín. | Bibliografía | |
| Yang, X.S. (2008), Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms, Luniver Press. | Bibliografía | |
| Aula virtual de Moodle | Recursos web | https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/course/view.php?id=4912 |
| Vicente, E., Mateos, A. (2018), Data Science y Redes Complejas: Métodos y Aplicaciones. Editorial Universitaria Ramón Areces. | Bibliografía | |

| | | |
|--|--------------|--|
| Vicente, E., Mateos, A. (2023). Inteligencia Artificial: Fundamentos matemáticos, algorítmicos y metodológicos. ISBN: 978-8409469116 | Bibliografía | |
|--|--------------|--|

8. Otra información

8.1. Otra información sobre la asignatura

Las clases magistrales y las presentaciones orales por parte de los alumnos se realizarán de forma presencial y las tutorías individuales y en grupo se realizarán de forma telemática a través de la herramienta Microsoft Teams (todas ellas, en los horarios establecidos).

La asignatura se apoya en la herramienta Moodle para proporcionar información y documentación a los alumnos, así como para la asignación de enunciados y entregas de las prácticas, la realización del test de la asignatura y la comunicación de las calificaciones de los alumnos.

Los ODS más directamente asociados con la asignatura de Búsqueda Inteligente Basada en Metaheurísticas son:

1. ODS 4: Educación de calidad. La asignatura promueve habilidades técnicas avanzadas, pensamiento crítico, resolución de problemas complejos y aprendizaje basado en proyectos. Fomenta una educación inclusiva y de calidad, alineada con las metas del ODS 4.
2. ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura. Las metaheurísticas son fundamentales para la innovación en diversos sectores industriales. Permiten optimizar procesos de producción, diseño de productos, logística y gestión de recursos, impulsando la eficiencia y la competitividad. Contribuyen al desarrollo de infraestructuras inteligentes, como redes de transporte optimizadas o sistemas de energía eficientes.
3. ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles. Las metaheurísticas pueden aplicarse en la optimización del transporte público, la planificación urbana (ubicación de servicios, gestión de residuos), la gestión de emergencias y la eficiencia energética de edificios. Esto contribuye directamente a hacer las ciudades más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles.
4. ODS 12: Producción y Consumo Responsables. La optimización de cadenas de suministro, la reducción de

desperdicios en procesos industriales y agrícolas, y la mejora de la eficiencia en el uso de recursos son áreas donde las metaheurísticas tienen un impacto significativo. Esto se traduce en una producción y consumo más responsable al minimizar el impacto ambiental y maximizar la utilización de los recursos.

5. ODS13: Acción por el Clima. Las metaheurísticas pueden ser utilizadas para optimizar la generación y distribución de energía renovable, diseñar redes eléctricas más eficientes, o mejorar la gestión de recursos hídricos. Al reducir el consumo de energía y las emisiones, contribuyen directamente en la acción por el clima.
6. Energía Asequible y No Contaminante. Estrechamente relacionado con el ODS 13, las metaheurísticas son clave para la optimización de sistemas energéticos. Permiten mejorar la eficiencia de las plantas de energía, la integración de fuentes de energía renovable y la gestión inteligente de la demanda, facilitando el acceso a energía más limpia y asequible.
7. Trabajo Decente y Crecimiento Económico. Al mejorar la eficiencia y la productividad en las empresas a través de la optimización, las metaheurísticas pueden fomentar el crecimiento económico sostenible. Además, al facilitar la creación de nuevas tecnologías y soluciones, pueden contribuir a la generación de empleos decentes en sectores innovadores.
8. ODS 2: Hambre (indirectamente). Aunque menos directo, las metaheurísticas pueden aplicarse en la optimización de la logística agrícola, la distribución de alimentos y la gestión de recursos hídricos para la agricultura, lo que indirectamente pueden contribuir a reducir el hambre y mejorar la seguridad alimentaria.

Las técnicas de aprendizaje utilizadas son:

1. Aprendizaje Basado en Problemas (PBL). Las metaheurísticas son inherentemente prácticas. El PBL permite a los estudiantes enfrentarse a problemas de optimización complejos (ej. ruteo de vehículos, asignación de horarios, diseño de redes) desde el principio. Esto fomenta la motivación al ver la utilidad real de lo aprendido. No solo aprenden algoritmos, sino también cómo analizar un problema, modelarlo, seleccionar la metaheurística adecuada y adaptar su implementación. Los problemas reales a menudo no tienen una única solución "correcta". Los estudiantes deben pensar críticamente sobre las ventajas y desventajas de diferentes enfoques y ser creativos para idear nuevas estrategias o hibridaciones. Muchos problemas de optimización son demasiado grandes para ser abordados individualmente, lo que fomenta el trabajo colaborativo.
2. Aprendizaje Basado en Proyectos (PjBL). El PjBL lleva el PBL un paso más allá al requerir la implementación completa de metaheurísticas para resolver un problema a lo largo de un periodo extendido. Esto implica codificación, pruebas, depuración y análisis de resultados. La necesidad de construir una solución funcional obliga a los estudiantes a consolidar su comprensión teórica y aplicarla de manera coherente. Los proyectos suelen culminar en presentaciones de resultados y análisis comparativos, lo que mejora las habilidades de comunicación y argumentación científica. Un proyecto bien desarrollado puede ser una excelente adición al portafolio de un estudiante.
3. Aprendizaje Activo y Colaborativo. Las metaheurísticas implican muchas decisiones de diseño (ej.

operadores de cruce, funciones de aptitud, parámetros). Las discusiones en grupo permiten a los estudiantes explorar diferentes perspectivas y entender por qué ciertas decisiones son mejores para ciertos problemas. Al trabajar juntos en ejercicios o problemas., los estudiantes pueden explicarse conceptos entre sí, lo que a menudo refuerza el aprendizaje de ambos. Para la implementación de algoritmos, trabajar en parejas puede ser muy efectivo, ya que fomenta la revisión de código, la identificación temprana de errores y la co-creación de soluciones.