



viu

Universidad  
Internacional  
de Valencia

# Guía de Asignatura

## **ASIGNATURA: *Aprendizaje Por Refuerzo***

**Título:** Máster Universitario en Inteligencia Artificial

**Materia:** Aprendizaje Automático

**Créditos:** 6 ECTS

**Código:** 08MIAR

# Índice

1.	Organización general.....	3
1.1.	Datos de la asignatura.....	3
1.2.	Introducción a la asignatura.....	3
1.3.	Competencias y resultados de aprendizaje ( <i>transcribir la información de la memoria de verificación</i> ) .....	3
2.	Contenidos/temario .....	5
3.	Metodología .....	6
4.	Actividades formativas.....	7
5.	Evaluación .....	9
5.1.	Sistema de evaluación.....	9
5.2.	Sistema de calificación .....	9
6.	Bibliografía.....	11

# 1. Organización general

## 1.1. Datos de la asignatura

TITULACIÓN	Máster Universitario en <i>Inteligencia Artificial</i>
ASIGNATURA	<i>Aprendizaje Por Refuerzo</i>
CÓDIGO - NOMBRE ASIGNATURA	08MIAR_Aprendizaje Por Refuerzo
Carácter	Obligatorio
Cuatrimestre	Primero
Idioma en que se imparte	Castellano
Requisitos previos	No existen
Dedicación al estudio por ECTS	<b>25 horas</b>

## 1.2. Introducción a la asignatura

El objetivo de la asignatura es presentar, y trabajar con, los algoritmos principales relacionados con el Aprendizaje por Refuerzo, y potenciados por su combinación con técnicas de Aprendizaje Profundo.

Para ello, el contenido se impartirá de forma escalonada para que el estudiante vaya afianzando el conocimiento de manera paulatina. Se comenzará con una introducción a la temática, con el estudio de los conceptos teóricos más importantes, y con la terminología necesaria.

El resto de la asignatura se centrará en introducir los algoritmos que pertenecen al estado del arte en la actualidad. Se realizarán también una serie de sesiones prácticas para entender cómo se pueden implementar estas soluciones con los *frameworks* tecnológicos disponibles.

## 1.3. Competencias y resultados de aprendizaje

### COMPETENCIAS GENERALES

CB.6.- Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación

CB.7.- Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio

CB.8.- Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios

CB.9.- Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades

CB.10.- Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

## COMPETENCIAS ESPECÍFICAS DE LA ASIGNATURA

CE1 - Dominar los fundamentos de la ingeniería de datos (modelado, ingesta, almacenamiento, procesado, análisis y visualización), las técnicas de rastreo, procesamiento, indexación y recuperación de información.

CE2 - Dominar el uso de las librerías y herramientas más comunes en el ámbito de la inteligencia artificial.

CE5 - Dominar técnicas avanzadas en el ámbito del aprendizaje automático y optimización.

CE6 - Dominar la abstracción de información relevante a partir de grandes cantidades de datos estructurados (big data) mediante algoritmos de inteligencia artificial.

CE7 - Desarrollar algoritmos de aprendizaje automático en distintas tareas de procesamiento natural del lenguaje y visión por computador.

CE8 - Aplicar metodologías de diseño, implementación y testeo de frameworks de aprendizaje.

CE9 - Evaluar de manera equitativa diferentes soluciones basadas en inteligencia artificial y elección de la más efectiva en base a ciertos criterios.

CE10 - Interpretar los resultados de evaluación obtenidos de cualquier modelo predictivo o algoritmo basado en inteligencia artificial.

CE11 - Aplicar técnicas de visión por computador en la resolución de problemas en el ámbito industrial.

CE12 - Aplicar técnicas de procesamiento del lenguaje natural en la resolución de problemas en el ámbito industrial.

CE13 - Conocer las distintas etapas existentes en la gestión de un proyecto de aprendizaje automático y las herramientas más comunes para realizar dicha tarea de manera exitosa.

CE14 - Gestionar la puesta en marcha y el ciclo de vida de modelos predictivos en fase de producción.

CE15 - Analizar los últimos avances tecnológicos en el área de la inteligencia artificial, tanto desde el punto de vista metodológico como de aplicación.

CE16 - Entender las implicaciones legales, morales y éticas, en lo referente al uso de la inteligencia artificial.

## RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Al finalizar esta asignatura se espera que el estudiante sea capaz de:

RA.1.- Conocimiento y desarrollo de proyectos enmarcados en ecosistemas de Inteligencia Artificial, en sus diferentes fases: recogida de datos, procesado y representación.

RA.2.- Comprensión de los fundamentos matemáticos sobre los que se construyen las técnicas de aprendizaje por refuerzo

RA.3.- Conocimiento y uso de las técnicas de aprendizaje por refuerzo combinando técnicas de aprendizaje profundo.

RA.4.- Búsqueda y contraste de información en fuentes apropiadas en el área del aprendizaje por refuerzo que permita establecer debates críticos sobre los avances más actuales en el campo de la IA.

## 2. Contenidos/temario

**Tema 1:** Introducción al aprendizaje por refuerzo: Conceptos y terminología, Clasificación de algoritmos, Estado del arte, Contexto y líneas futuras.

**Tema 2:** Algoritmos model based: Alphago, Chess, Backgammon.

**Tema 3:** Algoritmos model free: Deep Q-Networks y Policy Gradients.

Tema 4: Algoritmos avanzados: Métodos Actor Critic (A2C y A3C), Algoritmos de funciones de recompensa dispersas (Hindsight Experience Replay), Algoritmo de múltiples actualizaciones del gradiente por muestra (Proximal Policy Optimization).

Tema 5: Aprendizaje por refuerzo aplicado a entornos de robótica y conducción autónoma.

### 3. Metodología

La modalidad de enseñanza propuesta para el presente título guarda consonancia con la Metodología General de la Universidad Internacional de Valencia, aprobada por el Consejo de Gobierno Académico de la Universidad y de aplicación en todos sus títulos.

Este modelo, que vertebría el conjunto de procesos de enseñanza y aprendizaje de la institución, combina la naturaleza síncrona (mismo tiempo-diferente espacio) y asíncrona (diferente tiempo -diferente espacio) de los entornos virtuales de aprendizaje, siempre en el contexto de la modalidad virtual.

El elemento síncrono se materializa en sesiones de diferente tipo (clases expositivas y prácticas, tutorías, seminarios y actividades de diferente índole durante las clases online) donde el profesor y el estudiante comparten un espacio virtual y un tiempo determinado que el estudiante conoce con antelación.

Las actividades síncronas forman parte de las actividades formativas necesarias para el desarrollo de la asignatura y, además, quedan grabadas y alojadas para su posterior visualización.

Por otro lado, estas sesiones no solamente proporcionan espacios de encuentro entre estudiante y profesor, sino que permiten fomentar el aprendizaje colaborativo, al generarse grupos de trabajo entre los estudiantes en las propias sesiones.

En todo caso, se recomienda acudir, en la medida de lo posible, a dichas sesiones, facilitando así el intercambio de experiencias y dudas con el docente.

Los elementos asíncronos del modelo se desarrollan a través del Campus Virtual, que contiene las aulas virtuales de cada asignatura, donde se encuentran los recursos y contenidos necesarios para el desarrollo de actividades asíncronas, así como para la interacción y comunicación con los profesores y con el resto de departamentos de la Universidad.

En lo que se refiere a las metodologías específicas de enseñanza-aprendizaje, serán aplicadas por el docente en función de los contenidos de la asignatura y de las necesidades pedagógicas de los estudiantes. De manera general, se impartirán contenidos teóricos y, en el ámbito de las clases prácticas se podrá realizar la resolución de problemas, el estudio de casos y/o la simulación.

Por otra parte, la Universidad y sus docentes ofrecen un acompañamiento continuo al estudiante, poniendo a su disposición foros de dudas y tutorías para resolver las consultas de carácter académico que el estudiante pueda tener. Es importante señalar que resulta fundamental el trabajo autónomo del estudiante para lograr una adecuada consecución de los objetivos formativos previstos para la asignatura.

## 4. Actividades formativas

La metodología VIU, basada en la modalidad virtual, se concreta en una serie de actividades formativas y metodologías docentes que articulan el trabajo del estudiante y la docencia impartida por los profesores.

Durante el desarrollo de cada una de las asignaturas, se programan una serie de actividades de aprendizaje que ayudan a los estudiantes a consolidar los conocimientos trabajados en cada una de las asignaturas. A continuación, listamos las actividades genéricas que pueden formar parte de cada asignatura, dependiendo de las competencias a desarrollar en los estudiantes en cada asignatura.

### 1. Clases virtuales síncronas

Constituyen el conjunto de acciones formativas que ponen en contacto al estudiante con el profesor, con otros expertos y con compañeros de la misma asignatura en el mismo momento temporal a través de herramientas virtuales. Las actividades recurrentes (por ejemplo, las clases) se programan en el calendario académico y las que son ocasionales (por ejemplo, sesiones con expertos externos) se avisan mediante el tablón de anuncios del campus. Estas actividades se desglosan en las siguientes categorías:

**a. Clases expositivas:** El profesor expone a los estudiantes los fundamentos teóricos de la asignatura.

**b. Clases prácticas:** El profesor desarrolla junto con los estudiantes actividades prácticas que se basan en los fundamentos vistos en las clases expositivas. En términos generales, su desarrollo consta de las siguientes fases, pudiéndose adaptar en función de las necesidades docentes:

I. La primera fase se desarrolla en la sala principal de la videoconferencia, donde el profesor plantea la actividad.

II. A continuación, divide a los estudiantes en grupos de trabajo a través de las salas colaborativas y se comienza con la actividad. En esta fase el profesor va entrando en cada sala colaborativa rotando los grupos para resolver dudas, dirigir el trabajo o dar el feedback oportuno. Los estudiantes también tienen posibilidad de consultar al profesor en el momento que consideren necesario.

III. La tercera fase también se desarrolla en la sala principal y tiene como objetivo mostrar el ejercicio o explicar con ejemplos los resultados obtenidos. Por último, se ponen en común las conclusiones de la actividad realizada.

No obstante, el profesor puede utilizar otras metodologías activas y/o herramientas de trabajo colaborativo en estas clases.

**c. Seminarios:** En estas sesiones un experto externo a la Universidad acude a presentar algún contenido teórico-práctico directamente vinculado con el temario de la asignatura. Estas sesiones permiten acercar al estudiante a la realidad de la disciplina en términos no sólo profesionales, sino también académicos. Todas estas sesiones están vinculadas a contenidos de las asignaturas y del programa educativo.

### 2. Actividades asíncronas supervisadas

Se trata de un conjunto de actividades supervisadas por el profesor de la asignatura vinculadas con la adquisición por parte de los estudiantes de los resultados de aprendizaje y el desarrollo

de sus competencias. Estas actividades, diseñadas con visión de conjunto, están relacionadas entre sí para ofrecer al estudiante una formación completa e integral. Esta categoría se desglosa en el siguiente conjunto de actividades:

**a. Actividades y trabajos prácticos:** se trata de un conjunto de actividades prácticas realizadas por el estudiante por indicación del profesor que permiten al estudiante adquirir las competencias del título, especialmente aquellas de carácter práctico. Estas actividades, entre otras, pueden ser de la siguiente naturaleza: actividades vinculadas a las clases prácticas (resúmenes, mapas conceptuales, one minute paper, resolución de problemas, análisis reflexivos, generación de contenido multimedia, exposiciones de trabajos, test de autoevaluación, participación en foros, entre otros). Estas actividades serán seleccionadas por el profesor en función de las necesidades docentes. Posteriormente, estas actividades son revisadas por el profesor, que traslada un feedback al estudiante sobre las mismas, pudiendo formar parte de la evaluación continua de la asignatura.

**b. Actividades guiadas con recursos didácticos audiovisuales e interactivos:** se trata de un conjunto de actividades en las que el estudiante revisa o emplea recursos didácticos (bibliografía, videos, recursos interactivos) bajo las indicaciones realizadas previamente por el profesor; con el objetivo de profundizar en los contenidos abordados en las sesiones teóricas y prácticas. Estas sesiones permiten la reflexión o práctica por parte del estudiante, y pueden complementarse a través de la puesta en común en clases síncronas o con la realización de actividades y trabajos prácticos. Posteriormente, estas actividades son revisadas por el profesor, que traslada un feedback al estudiante sobre las mismas, pudiendo formar parte de la evaluación continua de la asignatura.

### 3. Tutorías

En esta actividad se engloban las sesiones virtuales de carácter síncrono y las comunicaciones por correo electrónico o campus virtual destinadas a la tutorización de los estudiantes. En ellas, el profesor comparte información sobre el progreso del trabajo del estudiante a partir de las evidencias recogidas, se resuelven dudas y se dan orientaciones específicas ante dificultades concretas en el desarrollo de la asignatura. Pueden ser individuales o colectivas, según las necesidades de los estudiantes y el carácter de las dudas y orientaciones planteadas. Tal y como se ha indicado, se realizan a través de videoconferencia y e-mail.

### 4. Estudio autónomo

En esta actividad el estudiante consulta, analiza y estudia los manuales, bibliografía y recursos propios de la asignatura de forma autónoma a fin de lograr un aprendizaje significativo y superar la evaluación de la asignatura de la asignatura. Esta actividad es indispensable para adquirir las competencias del título, apoyándose en el aprendizaje autónomo como complemento a las clases y actividades supervisadas.

### 5. Examen final

Como parte de la evaluación de cada una de las asignaturas (a excepción de las prácticas y el Trabajo fin de título), se realiza una prueba o examen final. Esta prueba se realiza en tiempo real (con los medios de control antifraude especificados) y tiene como objetivo evidenciar el nivel de adquisición de conocimientos y desarrollo de competencias por parte de los estudiantes. Los exámenes o pruebas de evaluación final se realizan en las fechas y horas programadas con antelación y con los sistemas de vigilancia online (proctoring) de la universidad.

## 5. Evaluación

### 5.1. Sistema de evaluación

El Modelo de Evaluación de estudiantes en la Universidad se sustenta en los principios del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), y está adaptado a la estructura de formación virtual propia de esta Universidad. De este modo, se dirige a la evaluación de competencias.

Sistema de Evaluación	Ponderación Mínima	Ponderación Máxima
<b>Evaluación de Portafolio.* Informe sobre resolución de problemas, diseño de proyectos o estudio de casos</b>	10%	20%
<b>Informe sobre laboratorio informático virtual*</b>	20%	30%
<b>Grupos de debate</b>	0%	10%
<b>Actividades de evaluación continua*</b>	5%	10%
<b>Prueba final*</b>	40%	60%

\*Es requisito indispensable para superar la asignatura aprobar cada apartado (**portafolio y prueba final**) con un mínimo de 5 para ponderar las calificaciones.

Los enunciados y especificaciones propias de las distintas actividades serán aportados por el docente, a través del Campus Virtual, a lo largo de la impartición de la asignatura.

Atendiendo a la Normativa de Evaluación de la Universidad, se tendrá en cuenta que la utilización de **contenido de autoría ajena** al propio estudiante debe ser citada adecuadamente en los trabajos entregados. Los casos de plagio serán sancionados con suspenso (0) de la actividad en la que se detecte. Asimismo, el uso de **medios fraudulentos durante las pruebas de evaluación** implicará un suspenso (0) y podrá implicar la apertura de un expediente disciplinario.

### 5.2. Sistema de calificación

La calificación de la asignatura se establecerá en los siguientes cómputos y términos:

Nivel de aprendizaje	Calificación numérica	Calificación cualitativa
Muy competente	9,0 – 10	Sobresaliente
Competente	7,0 - 8,9	Notable
Aceptable	5,0 -6,9	Aprobado
Aún no competente	0,0 -4,9	Suspensos

Sin detrimento de lo anterior, el estudiante dispondrá de una **rúbrica simplificada** en el aula que mostrará los aspectos que valorará el docente, como así también los **niveles de desempeño que tendrá en cuenta para calificar las actividades vinculadas a cada resultado de aprendizaje**.

La mención de «**Matrícula de Honor**» podrá ser otorgada a estudiantes que hayan obtenido una calificación igual o superior a 9.5. Su número no podrá exceder del cinco por ciento de los estudiantes matriculados en una materia en el correspondiente curso académico, salvo que el número de estudiantes matriculados sea inferior a 20, en cuyo caso se podrá conceder una sola «Matrícula de Honor».

## 6. Bibliografía

### 6.1. Bibliografía de referencia

Barto, A. y Sutton, R. (1992). *Reinforcement Learning: An Introduction*. The MIT Press.

GoodFellow et al. (2016). *Deep Learning book*. The MIT Press.

Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A., & Bengio, Y. (2016). *Deep learning* (Vol. 1). Cambridge: MIT press.

### 6.2. Bibliografía complementaria.

Achiam, J. (2018). *Spinning Up in Deep Reinforcement Learning*, OpenAI.

Mnih, V. et al. (2016). *Asynchronous methods for Deep Reinforcement Learning*. Cornell University-Arxiv e-print

Mnih, V., Kavukcuoglu, K. et al. (2015). *Human Level Control Through Deep Reinforcement Learning*. Nature

Schulman, J. et al. (2017). *Proximal Policy Optimization algorithms*. Cornell University Arxiv e-print

Silver, D. et al. (2016). *Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search*. Nature

Sutton, R. et al. (2000). *Policy Gradient Methods for Reinforcement Learning with Function Approximation*. NIPS Conference