

# **AlphaStar: Innovación en la Inteligencia Artificial para Juegos Estratégicos**

**INTELIGENCIA ARTIFICIAL 2024-2025 Q1**  
**GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA - UPC FIB**

**DAVID MORAIS, JOAN VILA, NURIA ENSEÑAT**



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA**  
**BARCELONATECH**

---

**Facultat d'Informàtica de Barcelona**



# Índice

<b>Índice</b>	<b>3</b>
<b>Introducción</b>	<b>4</b>
<b>Técnicas de inteligencia artificial utilizadas</b>	<b>4</b>
Elección del modelo	4
Redes neuronales	5
Modificación del modelo	5
Cómo han sido utilizadas las técnicas	6
Entrenamiento de los modelos	6
¿Por qué es innovador?	7
Aplicaciones y avances	8
Evaluación del modelo	8
<b>Ideas relacionadas</b>	<b>8</b>
Análisis del Desempeño de AlphaStar en StarCraft II	8
<b>Impacto empresarial y social</b>	<b>9</b>
Impacto empresarial	9
Impacto social	10
<b>Conclusión</b>	<b>11</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>12</b>

# Introducción

Hoy en día se han ampliado los usos de la inteligencia artificial en muchos ámbitos, uno de ellos siendo los videojuegos. En este trabajo analizaremos en detalle AlphaStar, un programa de inteligencia artificial desarrollado por DeepMind para jugar al videojuego de estrategia en tiempo real StarCraft II. Su desarrollo ha marcado un antes y un después en el campo de la inteligencia artificial, demostrando la capacidad de los algoritmos para aprender y competir en entornos altamente complejos y estratégicos.

StarCraft II es un juego estratégico y de toma de decisiones en tiempo real en el que los jugadores controlan diferentes razas alienígenas (Zerg, Protoss y Terran) y deben gestionar diferentes recursos, construir bases y entrenar ejércitos con el objetivo de derrotar a sus oponentes.

AlphaStar comenzó su desarrollo en 2016 con el objetivo de superar a los mejores jugadores humanos de StarCraft II. El primer gran hito de AlphaStar fue en diciembre de 2018, cuando venció a varios jugadores profesionales en partidas de prueba. Más tarde, en 2019, AlphaStar consiguió vencer a varios jugadores profesionales y alcanzar el nivel máximo del juego, demostrando así la capacidad de la IA para aprender y adaptarse a entornos dinámicos, lo que abre nuevas posibilidades para su aplicación en múltiples industrias.

## Técnicas de inteligencia artificial utilizadas

### Elección del modelo

El comportamiento de AlphaStar está impulsado por una avanzada red neuronal profunda que procesa datos directamente desde la interfaz cruda del juego, incluyendo una lista de unidades y sus propiedades. La red genera una secuencia de instrucciones que representan acciones dentro del juego.

Su arquitectura combina varios componentes de vanguardia: un núcleo basado en transformadores aplicado a las unidades (similar al aprendizaje profundo relacional por refuerzo), una capa LSTM profunda, una cabeza de política autorregresiva con una red de punteros y una línea base centralizada de valor.

# Redes neuronales

Una red neuronal es un programa, o modelo, de machine learning que toma decisiones de forma similar al cerebro humano, utilizando un sistema compuesto por múltiples neuronas artificiales organizadas en capas. Estas capas incluyen la capa de entrada, las capas ocultas y la capa de salida, cada capa está conectada a la siguiente, formando una red de nodos interconectados.

Las redes neuronales pueden clasificarse en varios tipos, en el caso de AlphaStar, utilizan redes neuronales profundas, redes neuronales convolucionales (CNN) y redes neuronales recurrentes (RNN).

Las redes neuronales profundas con múltiples capas se utilizan para aprender representaciones de alto nivel de los estados del juego y tomar decisiones estratégicas. Son la base del funcionamiento de AlphaStar.

Las redes neuronales convolucionales (CNN) son un tipo de red neuronal artificial que se utiliza para procesar datos que tienen una topología similar a una cuadrícula, como imágenes y series temporales. En el caso de StarCraft II, se utilizan para analizar el mapa del juego, éste es una representación espacial del estado del juego ya que se divide en una cuadrícula, donde cada celda contiene información sobre el terreno, los edificios, etc. Las capas convolucionales aplican filtros para detectar eventos, como pueden ser la presencia de enemigos o recursos y con esa información planificar la estrategia a seguir.

El otro tipo de redes utilizadas son las redes neuronales recurrentes (RNN), utilizadas para manejar datos secuenciales, es decir, datos dependientes entre ellos; en el caso de AlphaStar se utilizan para guardar información sobre acciones y estados de juego pasados. Son esenciales para predecir futuros estados y basar su toma de decisiones en ellos, para por ejemplo, poder anticiparse a futuros asaltos.

## Modificación del modelo

DeepMind adaptó los modelos existentes mediante *“imitation learning”* y *“reinforcement learning”*. El *“imitation learning”* permite que AlphaStar aprenda a imitar las acciones de jugadores humanos analizando partidas históricas, mientras que el *“reinforcement learning”* le permite aprender a través de la interacción directa con el juego y la optimización de recompensas.

# Cómo han sido utilizadas las técnicas

## Entrenamiento de los modelos

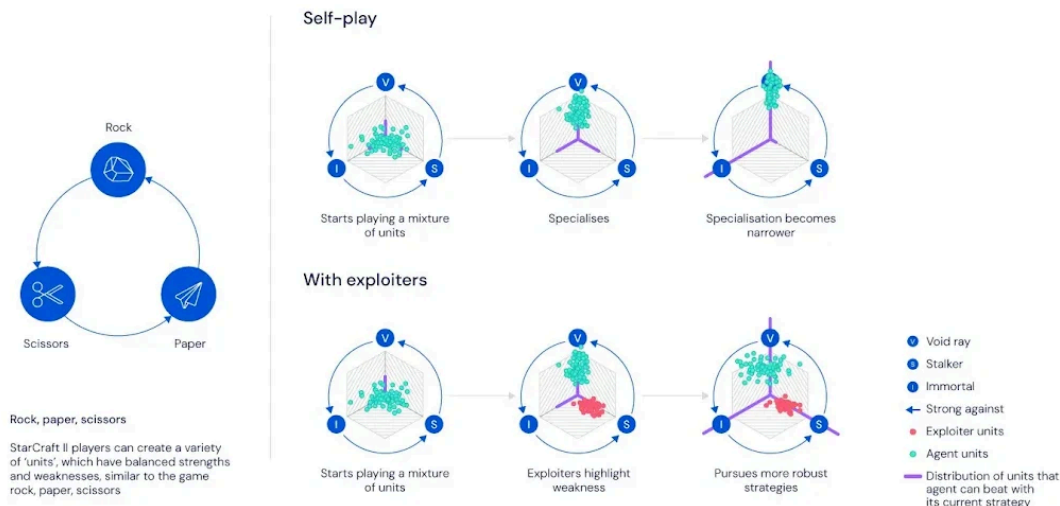
El entrenamiento de una red neuronal implica ajustar los pesos y bases de la red para minimizar el error entre las predicciones de la red y las respuestas reales. Este proceso se realiza mediante patrones de enseñanza y dejándola cambiar su peso de acuerdo con alguna regla de aprendizaje.

Para entrenar a AlphaStar, se analizaron miles de partidas de jugadores humanos de alto nivel. Este análisis permitió generar un conjunto de datos robusto y variado, capturando una amplia gama de estrategias y tácticas. Cada partida se descompuso en acciones individuales, que luego se utilizaron para entrenar los modelos de IA. Gracias al proceso iterativo se pudieron refinar las estrategias y adaptar AlphaStar a diferentes estilos de juego.

La clasificación de las partidas incluyó etiquetar situaciones específicas y estrategias utilizadas, lo que facilitó el aprendizaje supervisado y la posterior optimización a través del aprendizaje por refuerzo, técnicas de regularización y ajuste de hiper parámetros.

Además, AlphaStar utiliza un novedoso algoritmo de aprendizaje multiagente. Inicialmente, la red neuronal comenzó con redes neuronales pre entrenadas en partidas de StarCraft II jugadas por humanos. Su objetivo era que AlphaStar imitara las estrategias básicas de micro y macro utilizadas por los jugadores en la clasificación de StarCraft. El primer resultado ya logró una tasa de victoria impresionante, derrotando a la inteligencia artificial integrada de nivel "Élite", comparable a un jugador humano de nivel oro, en el 95% de las partidas.

Seguidamente le siguió un aprendizaje por refuerzo, un proceso donde la IA aprende jugando partidas contra sí misma y mejorando continuamente. Durante todo este proceso de entrenamiento, AlphaStar se evaluó continuamente para medir su progreso y realizar los ajustes necesarios para mejores resultados. Una de las claves del éxito de esta IA fue la capacidad par diversificar sus estrategias de juego mediante los multiagentes (se entrenaron múltiples agentes de AlphaStar, cada uno especializado en diferentes estrategias y tácticas), y que AlphaStar podía elegir entre esas estrategias especializadas para adaptarse mejor al oponentes y la situación de juego.



*Imagen obtenida de DeepMind.google*

## ¿Por qué es innovador?

Como hemos comentado anteriormente, DeepMind adaptó algunos modelos existentes. La adaptación de dichos componentes técnicos son los que permiten destacar a AlphaStar entre otras inteligencias artificiales similares.

En primer lugar, utilizaron mecanismos de atención (Attention Mechanisms), que permiten enfocarse únicamente en las partes más importantes del momento, ya que en un juego complejo y estratégico no toda la información es igual de relevante en cada instante. Estos mecanismos permiten que se preste atención a las unidades enemigas más peligrosas o a las mejores áreas del mapa (desde un punto de vista estratégico) en cada momento, mejorando así su capacidad de tomar decisiones rápidas y precisas.

Por otro lado también aplican aprendizaje por refuerzo profundo (Deep Reinforcement Learning), que es una técnica donde, en este caso, se aprende a jugar mejor a través de la experiencia. Podemos comprobarlo en la fase de entrenamiento, donde sabemos que la IA ha jugado millones de partidas contra sí misma, aprendiendo de cada victoria y derrota (función de pérdida y evaluación e iteración). Este proceso de ensayo y error permite que el modelo se ajuste y así mejore con el tiempo.

Otra manera de adaptar los parámetros del modelo fue gracias a los algoritmos de descenso de gradiente, que le permitieron aprender y mejorar ajustando los “pesos” y “sesgos” de sus redes neuronales. La utilización de optimización por gradiente (gradient optimization) permiten ajustar los valores que determinan cómo procesa la información cada neurona y así minimizar los errores en las predicciones de la red.

Sin embargo, entrenar un modelo tan complejo requiere una cantidad enorme de poder computacional. Gracias al gran poder adquisitivo de DeepMind se pudieron utilizar múltiples GPUs y recursos en la nube para manejar el procesamiento de los datos y las simulaciones de juego.

Al aplicar esta optimización de técnicas avanzadas, AlphaStar no solo aprendió a jugar StarCraft II, sino que lo hizo a un nivel superhumano. Fue capaz de superar a algunos de los mejores jugadores del mundo, demostrando el enorme potencial de la inteligencia artificial para aprender y adaptarse en entornos complejos y dinámicos.

## **Aplicaciones y avances**

Aunque AlphaStar se diseñó principalmente para StarCraft II, su desarrollo ha tenido implicaciones más amplias en el campo de la inteligencia artificial. Sus técnicas utilizadas pueden aplicarse a otros problemas complejos, como la simulación de procesos industriales, la optimización de sistemas y la investigación en biología computacional. El éxito de AlphaStar ha abierto nuevas posibilidades para la implementación de IA en diversas áreas más allá de los videojuegos...

## **Evaluación del modelo**

La evaluación de AlphaStar se realizó mediante comparaciones contra jugadores humanos y análisis estadísticos de su rendimiento. Las métricas de evaluación incluyeron la tasa de victorias, la eficiencia en la toma de decisiones y la capacidad para adaptarse a nuevas estrategias. Los resultados mostraron que AlphaStar no solo podía competir con los mejores jugadores humanos, sino también superar su desempeño en múltiples ocasiones.

## **Ideas relacionadas**

### **Análisis del Desempeño de AlphaStar en StarCraft II**

Tras observar varias partidas de AlphaStar en videos disponibles, nos ha quedado bastante claro que este sistema de inteligencia artificial desarrollado por DeepMind alcanza un nivel sobresaliente en términos de rendimiento y estrategia en StarCraft II. Queremos destacar su capacidad para manejar múltiples tareas simultáneamente, y esto le permite ejecutar estrategias complejas con una precisión inigualable, por ello destaca tanto.

En los videos, se puede apreciar cómo AlphaStar no solo reacciona a los movimientos del oponente, sino que parece prever futuros escenarios. En una de las partidas vistas, AlphaStar construyó una base secundaria estratégicamente ubicada mientras movilizaba tropas hacia una posición que tomó por

sorprende al adversario. Este nivel de anticipación y coordinación es un claro ejemplo de cómo integra análisis tácticos y estratégicos en tiempo real.

Además, es evidente en las partidas que no solo destaca por su estrategia, su dominio en la gestión de recursos es increíble. En las partidas observadas, AlphaStar mostró una capacidad excepcional para expandir su economía y, al mismo tiempo, planificar ataques coordinados. Su microgestión en combate es particularmente destacable, ya que controla unidades individuales para maximizar su impacto y reducir pérdidas, algo que no se percibe a simple vista, esto lo hemos llegado a observar en las repeticiones de ataques.

Otro aspecto interesante que se aprecia en los videos es cómo la IA adopta estrategias innovadoras que incluso los jugadores profesionales podrían estudiar y adaptar. En una partida en particular, AlphaStar utilizó un enfoque que obligó al oponente a dispersar sus recursos, llevándolo a una posición de desventaja desde los primeros minutos. Estas decisiones reflejan un entendimiento profundo del juego y una capacidad para explotar las debilidades del rival.

Finalmente, AlphaStar no solo demuestra su habilidad técnica, sino que también sirve como un punto de referencia para evaluar cómo las inteligencias artificiales pueden competir en igualdad de condiciones con jugadores humanos. Ver sus partidas es una experiencia reveladora que pone de manifiesto el potencial transformador de la IA en los eSports y en el desarrollo de habilidades estratégicas.

En resumen, los vídeos analizados evidencian que AlphaStar no solo es un logro técnico, sino también una herramienta valiosa para la evolución del gaming competitivo. Su capacidad para innovar y optimizar en cada aspecto del juego ofrece lecciones aplicables tanto para jugadores como para investigadores interesados en la inteligencia artificial.

## **Impacto empresarial y social**

### **Impacto empresarial**

Desde un punto de vista empresarial, se identifican los siguientes beneficios para DeepMind a raíz del desarrollo de AlphaStar:

Por un lado, el desarrollo de esta nueva tecnología supone una mejora de la reputación para la empresa en el ámbito de la inteligencia artificial gracias a sus logros, ya que AlphaStar demuestra avances significativos en IA aplicada a entornos complejos, atrayendo atención y reconocimiento global, además de tener una ventaja competitiva con otras empresas.

Por otro lado, dicha tecnología supone una nueva fuente de ingresos ya sea en ámbitos de eSports o su integración en videojuegos como en la aplicación de las técnicas utilizadas en otros campos que



requieren toma de decisiones en entornos complejos como pueden ser la logística (optimización de rutas y gestión de inventarios mediante modelos predictivos basados en aprendizaje profundo) o la simulación empresarial (modelado de escenarios y toma de decisiones estratégicas basadas en análisis predictivos).

Sin embargo, un gran poder conlleva una gran responsabilidad, y por ende, identificamos los siguientes riesgos:

Como el desarrollo de AlphaStar ha tenido un alto costo de desarrollo y entrenamiento, esto supone que haya una monopolización y concentración del poder en el que sólo las empresas con los suficientes recursos puedan beneficiarse de éstas tecnologías y por ende se limita la innovación y oportunidades de negocio para las nuevas startups.

## **Impacto social**

Desde un punto de vista social identificamos los siguientes beneficios a raíz del desarrollo de AlphaStar:

Gracias a los avances en investigación y educación de AlphaStar, se han proporcionado nuevos avances en el aprendizaje automático y la comprensión de las estrategias cognitivas humanas, lo que puede ayudar a crear mejores IAs en un futuro, es decir, IAs más eficientes y colaborativas.

Hoy en día un tema muy tratado es el uso indebido de estas tecnologías, es necesario crear una regulación que controle que no se utilice la inteligencia artificial para fines poco éticos entre otros.

Pero en buenos fines su tecnología se puede adaptar a campos como pueden ser la medicina y así agilizar el proceso de diagnóstico y tratamiento de enfermedades o también se pueden dar casos de uso en los que se mejore la calidad de vida, automatizando tareas repetitivas de nuestro día a día.

Por otro lado, estos son los riesgos que puede conllevar el desarrollo de AlphaStar:

Hoy en día un tema que nos preocupa es que la automatización impulsada por la IA puede llevar a la pérdida de empleos en ciertos sectores. Ya que la capacidad de la IA para realizar tareas creativas y estratégicas plantea preguntas sobre el papel futuro de los humanos en estas áreas.

Como hemos mencionado anteriormente, la distribución desigual de los beneficios de la IA puede exacerbar las disparidades existentes. Es crucial garantizar que las innovaciones en IA sean accesibles y beneficiosas para una amplia gama de personas y comunidades.

# Conclusión

AlphaStar representa un hito significativo en la evolución de la inteligencia artificial, demostrando la capacidad de los sistemas de IA para aprender y adaptarse en entornos complejos y dinámicos. En concreto el éxito en *StarCraft II* muestra el potencial de las redes neuronales profundas y el aprendizaje por refuerzo para abordar problemas multifacéticos.

Sin embargo, es esencial equilibrar los beneficios con los riesgos asociados a su implementación y evolución. La comunidad global debe trabajar conjuntamente para desarrollar directrices éticas y políticas que aseguren el uso responsable de la IA. Al hacerlo, podemos maximizar los beneficios de la inteligencia artificial, promoviendo avances tecnológicos que mejoren la calidad de vida y fomenten la innovación en múltiples sectores.

# Bibliografía

Brockman, G., Cheung, V., Pettersson, L., et al. (2016). OpenAI Gym. *arXiv preprint*, arXiv:1606.01540.

<https://arxiv.org/abs/1606.01540>

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.

LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436–444.

<https://doi.org/10.1038/nature14539>

Silver, D., Hubert, T., Schrittwieser, J., et al. (2018). A general reinforcement learning algorithm that masters chess, shogi, and Go through self-play. *Science*, 362(6419), 1140–1144.

<https://doi.org/10.1126/science.aar6404>

Silver, D., Schrittwieser, J., Simonyan, K., et al. (2017). Mastering the game of Go without human knowledge. *Nature*, 550(7676), 354–359. <https://doi.org/10.1038/nature24270>

Sutton, R. S., & Barto, A. G. (2018). *Reinforcement Learning: An Introduction*. MIT Press.

Vinyals, O., Babuschkin, I., Czarnecki, W. M., et al. (2019). Grandmaster level in StarCraft II using multi-agent reinforcement learning. *Nature*, 575(7782), 350–354.

<https://doi.org/10.1038/s41586-019-1724-z>

Yu, D., Jojic, V., & Lei, Q. (2023). Surprising effectiveness of transformer-based architectures in reinforcement learning: Case studies in StarCraft and Minecraft. *arXiv preprint*.

<https://arxiv.org/pdf/2308.03526>

Chollet, F. (2018). *Deep Learning with Python*. Manning Publications.

Sandholm, T. (2020). Artificial intelligence in strategic games. *IEEE Transactions on Game Theory*.

Sutton, R. S., & Barto, A. G. (2018). *Reinforcement Learning: An Introduction*. MIT Press.

AI Impacts. (s.f.). The unexpected difficulty of comparing AlphaStar to humans.

<https://aiimpacts.org/the-unexpected-difficulty-of-comparing-alphastar-to-humans/>

Blizzard Entertainment. (s.f.). *s2client-proto*. GitHub. <https://github.com/Blizzard/s2client-proto>

DeepMind. (s.f.). AlphaStar: Mastering the real-time strategy game StarCraft II.

<https://deepmind.google/discover/blog/alphastar-mastering-the-real-time-strategy-game-starcraft-ii/>

Huang, A., & Papernot, N. (2020). Future directions in AI ethics: A survey of ethical and technical challenges. *AI Ethics Journal*.

Metz, C. (2019, 18 de julio). How Google's DeepMind conquered StarCraft II with AI. *Wired*.  
<https://www.wired.com/story/deepmind-starcraft-alphastar/>

Papers with Code. (s.f.). AlphaStar. Recuperado de <https://paperswithcode.com/method/alphastar>

Romero, P. (2017, 24 de abril). 'AlphaGo' es el documental de Netflix que mejor explica lo que supuso la victoria de la IA de Google al campeón de Go. *Xataka*.  
<https://www.xataka.com/cine-y-tv/alphago-es-el-documental-de-netflix-que-mejor-explica-lo-que-supuso-la-victoria-de-la-ia-de-google-al-campeon-de-go>

Vincent, J. (2019, 30 de octubre). DeepMind's StarCraft 2 AI is now better than 99.8 percent of all human players. *The Verge*.  
<https://www.theverge.com/2019/10/30/20939147/deepmind-google-alphastar-starcraft-2-research-grandmaster-level>

EITCA Academy. (s.f.). What are the key components of AlphaStar's neural network architecture and how do convolutional and recurrent layers contribute to processing the game state and generating actions?  
<https://eitca.org/artificial-intelligence/eitc-ai-arl-advanced-reinforcement-learning/case-studies/aplhastar-mastering-startcraft-ii/examination-review-aplhastar-mastering-startcraft-ii/what-are-the-key-components-of-alphastars-neural-network-architecture-and-how-do-convolutional-and-recurrent-layers-contribute-to-processing-the-game-state-and-generating-actions/>

GeeksforGeeks. (s.f.). Training of artificial neural networks in data mining.  
<https://www.geeksforgeeks.org/training-of-ann-in-data-mining/>

IBM. (s.f.). Neural networks. <https://www.ibm.com/es-es/topics/neural-networks>