

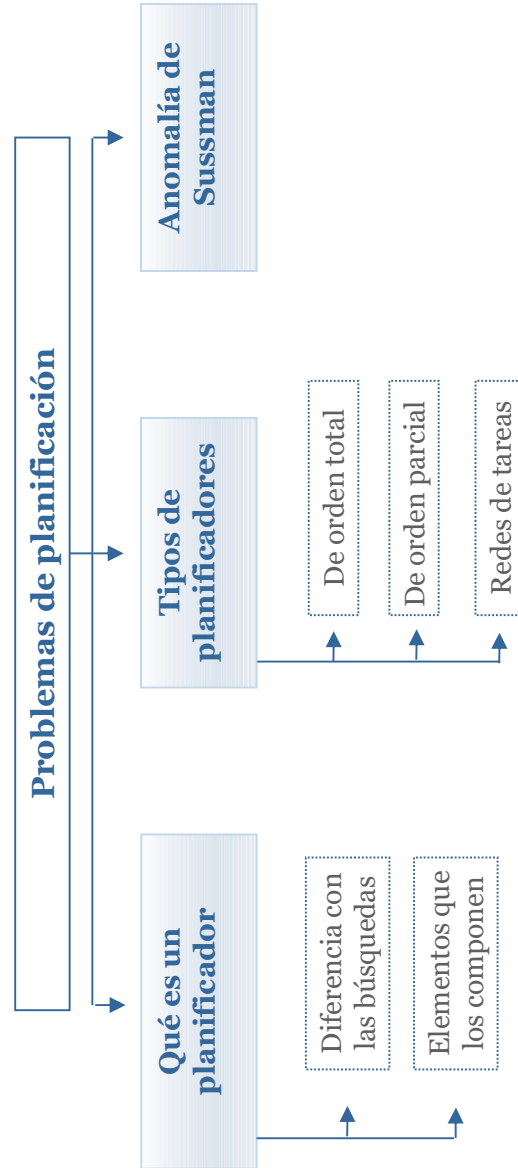
Razonamiento y Planificación Automática

---

# Problemas de planificación

# Índice

|  |    |
|--|----|
| Esquema  | 3  |
| Ideas clave  | 4  |
| 8.1. ¿Cómo estudiar este tema?                                 | 4  |
| 8.2. Objetivos y restricciones de un problema de planificación | 4  |
| 8.3. Tipos de problemas de planificación                       | 6  |
| 8.4. Planificadores de orden total y de orden parcial          | 8  |
| 8.5. Referencias bibliográficas                                | 10 |
| Lo + recomendado   | 11 |
| + Información  | 13 |
| Test   | 15 |



## 8.1. ¿Cómo estudiar este tema?

Para estudiar este tema lee las **Ideas clave** que encontrarás a continuación.

**E**n este tema introduciremos los matices que definen un problema de planificación y sus diferencias principales respecto a los problemas de búsqueda generales.

Clasificaremos los problemas de planificación y presentaremos los conceptos generales que hacen necesaria la planificación en los problemas que requieren estrategias que construyan los planificadores de orden total y de orden parcial.

Expresaremos también el caso particular de los planificadores en un entorno específico como es el de los simuladores en tiempo real.

En el capítulo 11 (*Planificación*) del libro de Russell y Norvig: *Inteligencia artificial: un enfoque moderno* (2004), tenemos muchos conceptos generales de la planificación estándar en inteligencia artificial.

## 8.2. Objetivos y restricciones de un problema de planificación

**L**a planificación automática en inteligencia artificial apunta a secuencias ordenadas de acciones que alcanzan objetivos específicos, que definimos como **planes**. Los planes generados deben poder ser ejecutados por los

agentes; de este modo, deben ser secuencias de acciones que un agente inteligente, robot o máquina pueda implementar.

«Desde principios de los años 70, la comunidad de IA especializada en planificación se ha ocupado del problema del diseño de agentes artificiales capaces de actuar en un entorno» (Vázquez-Salceda, 2011).

En los últimos años, se ha empezado a imponer el criterio de que los sistemas planificadores deberían ser una pieza primordial de gran parte de los agentes inteligentes artificiales, especialmente si queremos que usen estructuras cognitivas de razonamiento.

La idea principal que subyace a este concepto es proporcionar a los agentes inteligentes la capacidad de representar el objetivo a alcanzar, para lo cual formalizan las acciones que pueden realizar y generan un modelo simbólico del entorno.

## Definición de planificación

Se define **planificación** como el **proceso formalizado de búsqueda de secuencias de acciones que satisfacen una meta**. (Russell y Norvig, 2004)

- ▶ Meta: es cualquier condición que un agente quiera satisfacer. Un agente puede tener varias posibles metas, pero en un instante determinado **solo una puede estar activa**, controlando el comportamiento.
- ▶ Acción: es un paso simple y atómico dentro de un plan que hace que un agente haga algo (ir a un punto, activar un objeto, etc.)
- ▶ Plan: secuencia de acciones.
- ▶ Proceso: llamado **formulación del plan**. Un agente proporciona a un sistema (planificador) una meta que desea satisfacer y el planificador busca plan válido que satisfaga esta meta.

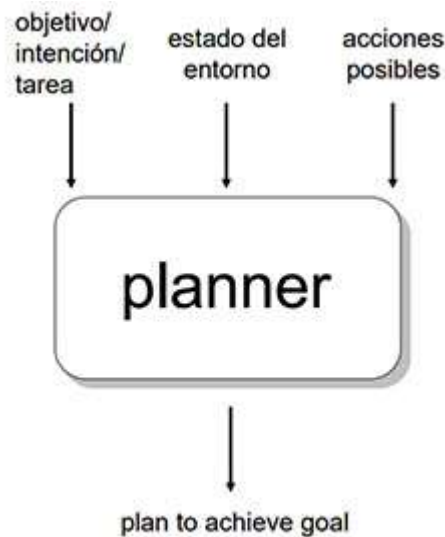


Figura 1. Esquema de *planner*. Fuente: Russell y Norvig (2004)

## 8.3. Tipos de problemas de planificación

### Comparación entre problemas de búsqueda y de planificación

La principal diferencia entre búsqueda y planificación es la representación de estados. En la **búsqueda**, los estados se representan como una sola entidad (que puede ser un objeto bastante complejo, pero su estructura interna no es utilizada por el algoritmo de búsqueda). En la **planificación**, los estados tienen representaciones estructuradas (colecciones de propiedades) que son utilizadas por el algoritmo de planificación.

Si bien en el contexto de la planificación nos encontramos con la necesidad de analizar diversas opciones dentro de la exploración de los estados, en los problemas de búsqueda deberemos determinar varios pasos por medio de la selección de una secuencia de acciones, con el objetivo de alcanzar un estado de mundo que sea lo mejor posible para el agente. Este proceso de **seleccionar acciones** se realiza por medio de búsqueda y lo único que debemos tener en cuenta es que el resultado de una acción debe ser predecible.

En resumen, la **planificación** es el proceso de calcular varios pasos de un procedimiento de resolución de problemas antes de ejecutar cualquiera de ellos. Este problema se puede resolver mediante la **búsqueda**.

## Clasificación de métodos y problemas

Atendiendo a su modo de búsquedas en el espacio de estados para obtener el resultado u objetivo deseado, los sistemas de planificación pueden:

- ▶ Operar hacia delante (desde el estado inicial), buscando aquellas acciones que se pueden aplicar desde el estado en el que nos encontramos y realizando una búsqueda no informada para conseguir obtener las acciones precisas que alcancen el objetivo.
- ▶ Aplicar las acciones hacia atrás (desde el objetivo a obtener), con el fin de encontrar qué acciones pueden producir el resultado que deseo en último lugar e ir explorando desde la meta al inicio el espacio de estados.

Estos enfoques se emplean principalmente cuando los valores que definen el estado meta son independientes entre sí.

Cuando nos encontramos en escenarios en los que no podemos garantizar la independencia entre los elementos que componen un estado deseado, suele ser buena idea utilizar algoritmos que buscan dentro del espacio de los posibles planes sin intentar obtener de una sola vez una secuencia completa de acciones totalmente ordenada. Estos mecanismos se describen como **planificación de orden parcial (POP)**. Trabajan hacia atrás, desde el objetivo, y añaden acciones para planificar cómo alcanzar cada subobjetivo.

Otra alternativa, en caso de que los problemas sean demasiado largos, es subdividir el problema de forma jerárquica, ya sea mediante extensiones de los operadores de planificación general o mediante extensiones del lenguaje y modificación de la compartimentalización del problema, combinando de manera efectiva las soluciones

parciales en las que hay elementos comunes. Esta técnica se conoce como **redes de tareas jerárquicas**.

## Planificación generalizada

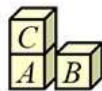
«Un plan generalizado brinda una solución única para un conjunto de problemas de planificación. En muchos dominios, los planes generalizados solo pueden hacer cálculos en ciertas funciones de alto nivel, por ejemplo, funciones capaces de capturar conceptos clave o variables que distinguen cuidadosamente entre diferentes estados posibles. En la planificación generalizada, estas funciones de alto nivel se codificarán a mano». (Lotinac, Segovia-Aguas, Jiménez y Jonsson, 2016).

## 8.4. Planificadores de orden total y de orden parcial

La planificación del orden total tiene principalmente una limitación cuando los objetivos que debemos alcanzar en un problema interactúan entre sí. En este caso, el método GPS puede deshacer un subobjetivo mientras intenta satisfacer a otro (Ghallab, Nau y Traverso, 2004). Esto se conoce como la **anomalía de Sussman**.

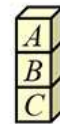
### Anomalía de Sussman:

Estado inicial:



Estado meta:

$On(A, B)$   
 $On(B, C)$



Plan óptimo:

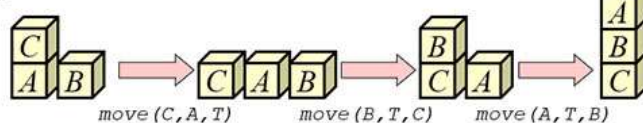


Figura 2. Anomalía de Sussman.



En ella tenemos la posibilidad de completar un problema por medio de un plan, como en el caso de la figura del mundo de los bloques, pero nos encontramos con la imposibilidad de encontrar un plan global óptimo a partir de concatenar subplanes parciales.

Como veremos, en muchos casos, las heurísticas de planificación global (como STRIPS) implican que las submetas son independientes, pero para conseguir alguna de ellas es necesario destruir otras metas ya conseguidas, pudiendo degenerar en un bucle en el que los subobjetivos se anulen continuamente.

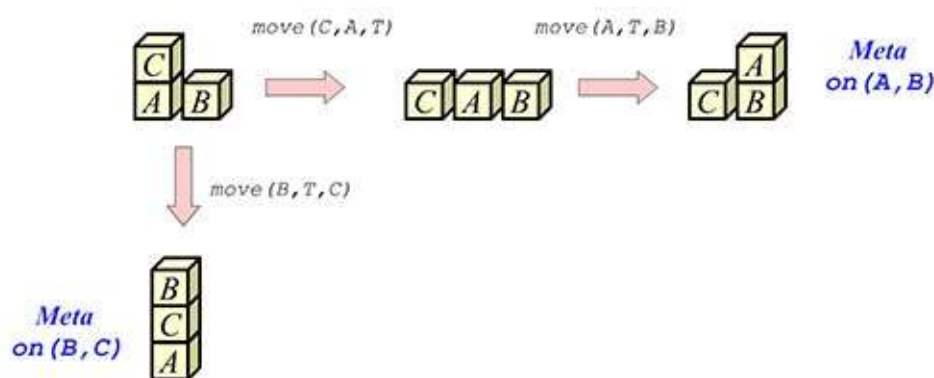


Figura 3. Un posible estado puede alcanzar dos subobjetivos por medio de acciones que se anulan continuamente.

Para resolver este tipo de problemas, veremos los **planificadores de pedidos parciales**. En ellos, en lugar de buscar en el espacio de estados u objetivos, buscamos en un espacio de planes no completamente especificado (planes parcialmente ordenados).

Así, definiremos un **plan parcialmente ordenado** como un plan en el que solo se especifican algunas de las precedencias entre sus acciones y buscaremos los distintos planes que pueden concatenar acciones, de tal modo que podamos satisfacer las restricciones de orden entre las acciones de un plan (Russell y Norvig, 2004).

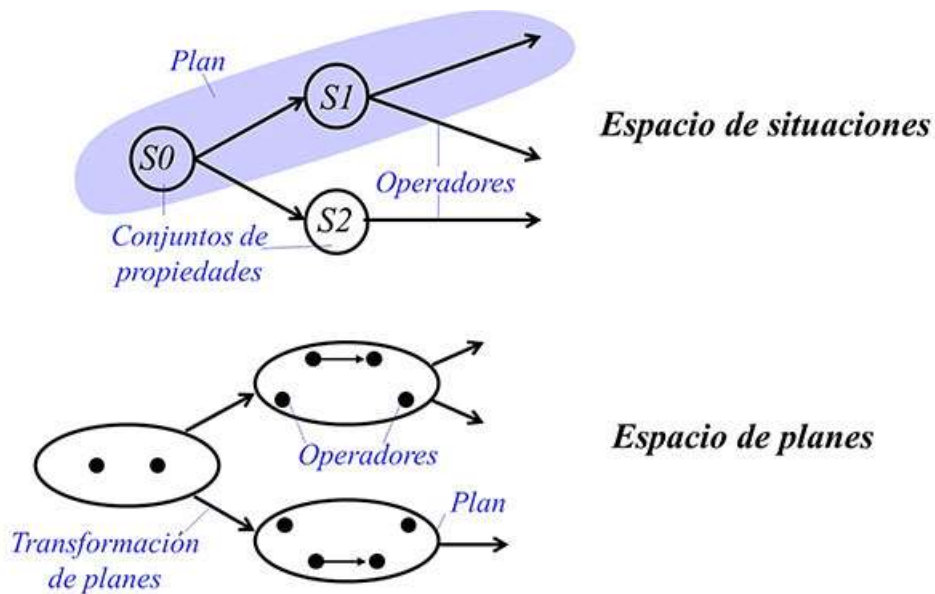


Figura 4. Búsqueda en el espacio de planes, idea inicial del POP.

## 8.5. Referencias bibliográficas

Ghallab, M., Nau, D. y Traverso, P. (2004). *Automated Planning: theory and practice*. San Francisco: Elsevier.

Lotinac, D., Segovia-Aguas, J., Jiménez, S. y Jonsson, A. (2016). Automatic Generation of High-Level State Features for Generalized Planning. En Kambhampati, S. (Ed.), *Proceedings of the Twenty-Fifth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-16)* (pp. 3199-3205). Nueva York: AAAI Press

Russell, S. y Norvig, P. (2004). *Inteligencia Artificial: Un Enfoque Moderno*. Madrid: Pearson Educación.

Vázquez-Salceda, J. (2011). *Agentes planificadores*. Recuperado de: <http://www.lsi.upc.edu/~jvazquez/teaching/iag/transpas/4-PL1-IntroPlanificaci%C3%B3n.pdf>

# Lo + recomendado

## No dejes de leer

### Acelerar la planificación de tareas

García, A., de la Rosa, T. y Borrajo, D. (2011). Using the Relaxed Plan Heuristic to Select Goals in Oversubscription Planning Problems. *Lecture Notes in Computer Science*, 7023, 183-192.

Trabajo en el que se presenta un nuevo sistema de planificación de altas prestaciones con recursos limitados.

Accede al documento a través del aula virtual o desde la siguiente dirección web:

[http://portal.uc3m.es/portal/page/portal/actualidad\\_cientifica/noticias/tecnica\\_inteligencia\\_artificial](http://portal.uc3m.es/portal/page/portal/actualidad_cientifica/noticias/tecnica_inteligencia_artificial)

## No dejes de ver

### Planificación de tareas en entornos con recursos limitados

Entrevista a científicos que han presentado una nueva técnica de creación automática de planes (basada en inteligencia artificial) que resuelve problemas más rápido cuando los recursos son limitados.



---

Accede al vídeo a través del aula virtual o desde la siguiente dirección web:

<https://www.youtube.com/watch?v=Npf8SrSbaWc>

---

### A fondo

#### *Classical Planning*

Universidad Nottingham. (s.f.). *Planning and search. Classical Planning*.

Trabajo resumen de la Universidad de Nottingham en sus *Lecture Notes* de planificación.

Accede al documento a través del aula virtual o desde la siguiente dirección web:

<http://www.cs.nott.ac.uk/~psznza/G52PAS/lecture9.pdf>

### Webgrafía

#### ICAPS

Página web de ICAPS, la Conferencia Internacional de Planificación, donde puedes estar al día de todo lo que se habla en este evento.



Accede a la página web a través del aula virtual o desde la siguiente dirección web:

<http://icaps-conference.org/index.php/Main/HomePage>

## Bibliografía

Newell, A., Shaw, J. y Simon, H. (1959). Report on a general problem-solving program. *Proceedings of the International Conference on Information Processing* (pp. 256-264).

Nilsson, N. (2009). *The Quest for Artificial Intelligence*. Cambridge: Cambridge University Press.

1. Se define planificación como:

- A. La definición lógica de un escenario concreto de fases y tareas.
- B. El proceso formalizado de búsqueda de secuencias de acciones que satisfacen una meta.
- C. La búsqueda de soluciones en un espacio de restricciones.
- D. La creación de un proceso no estructurado.

2. Una meta es:

- A. Cualquier condición que un agente quiera satisfacer.
- B. Es un paso simple y atómico.
- C. Es un objetivo no final.
- D. Es una fase del desarrollo de un plan.

3. Una acción es:

- A. Cualquier condición que un agente quiera satisfacer.
- B. Es un paso simple y atómico.
- C. Una planificación de entorno.
- D. Un modelo de comportamiento del agente.

4. Un plan es:

- A. Una secuencia de acciones.
- B. Un paso simple y atómico.
- C. Una meta no formalizada.
- D. Una entrada proporcionada a un planificador.

5. Una búsqueda se diferencia de una planificación en:
- A. Nada, son lo mismo.
  - B. Las búsquedas generales no toman en consideración la estructura de los estados y la planificación sí.
  - C. Que en la planificación no se realizan búsquedas.
  - D. Que las metas de los planificadores no son estados ni características de ellos.
6. Los planificadores, atendiendo a su mecanismo de exploración, pueden ser:
- A. Hacia delante o hacia atrás.
  - B. Estructurados o no estructurados.
  - C. Divisibles o indivisibles.
  - D. Ninguna de las anteriores.
7. La anomalía de Sussman:
- A. Surge al tener objetivos que interaccionan entre sí.
  - B. Contempla el escenario en el que para cumplir un subobjetivo debemos destruir otro ya alcanzado.
  - C. Presenta la complejidad de subdividir un plan en tareas jerárquicas.
  - D. La A y la B son correctas.
8. Un planificador de orden parcial:
- A. Construye planes en los que solo se especifican algunas de las precedencias entre sus acciones.
  - B. No resuelve problemas generales.
  - C. No busca en el espacio de planes.
  - D. Crea ordenes de subobjetivos concatenados hacia delante.



9. Un plan se construye:

- A. Por medio de acciones atómicas.
- B. Para alcanzar una meta, que puede ser una combinación de características del entorno en una configuración determinada.
- C. Atendiendo a las precondiciones que se deben dar en el entorno para poder activar una acción.
- D. Todas las anteriores.

10. Una red de tareas jerárquica:

- A. Subdivide el problema en metas.
- B. Subdivide el problema en tareas complejas y simples.
- C. Es un mecanismo de planificación de problemas complejos.
- D. La B y la C son correctas.