

# Tema 2: Planificación inteligente

## 2.1. Introducción



1. Introducción
2. Aplicaciones
3. Definición
  1. Ejemplo
  2. Problema
  3. Dominio
  4. Plan
  5. Algoritmo de planificación
4. Planificación práctica (más realista)
5. Casos de Estudio
6. Conclusiones



## Planificación inteligente

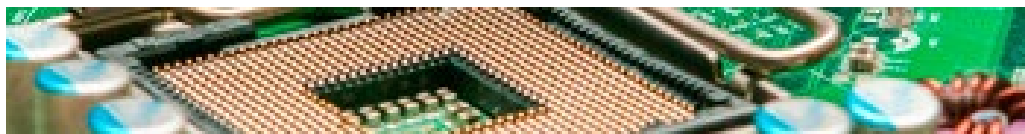
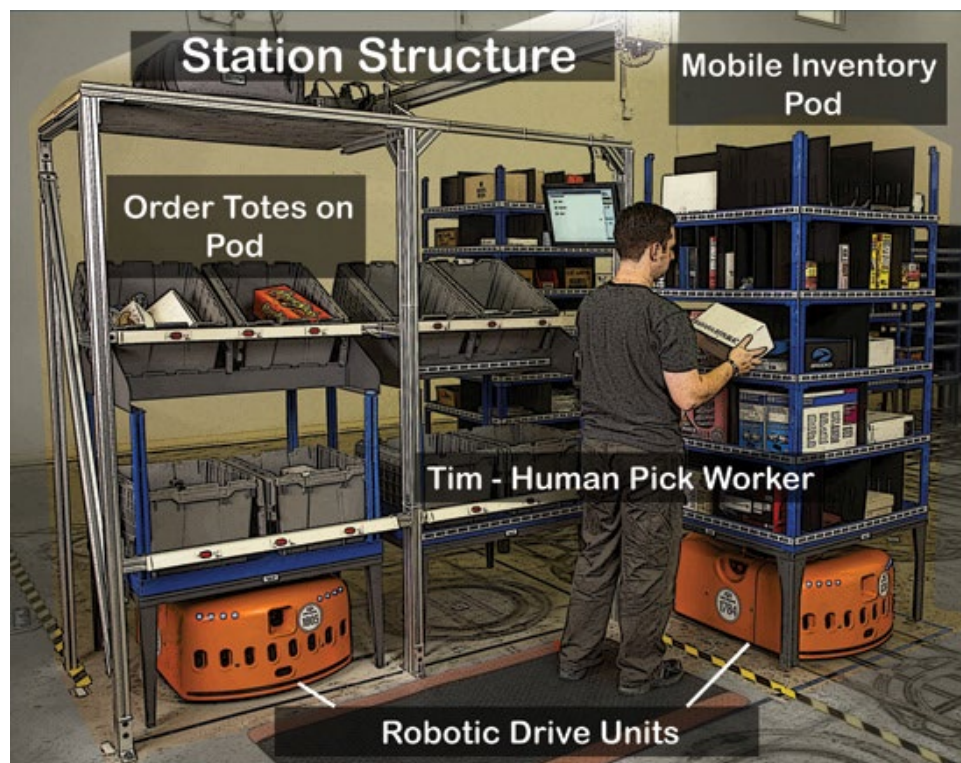
- Desde varios puntos de vista:
  - **Deducción:** a partir de algunos hechos ciertos, conocer qué otros hechos también son ciertos (propagación)
  - **Aprendizaje:** “Mejorar la conducta a partir de la experiencia”
  - **Razonamiento sobre acciones:** a partir de algunos hechos ciertos (estado inicial), decidir qué acciones se deben ejecutar para alcanzar ciertos objetivos (es decir, que otros hechos sean también ciertos) en base a relaciones causa-efecto
- El ser humano es inteligente porque es capaz de razonar acerca de las consecuencias de sus actos. Al fin y al cabo estamos **planificando constantemente aunque no nos demos cuenta**



## Aplicación práctica para agentes autónomos

- Ejemplo: Proteus Amazon - [https://www.youtube.com/watch?v=yKuK\\_MeXDck](https://www.youtube.com/watch?v=yKuK_MeXDck)
- Ejemplo: KIVA - <https://www.youtube.com/watch?v=Fr6Rco5AgSM>
- The Mobile-robotic Fulfillment

System: game-changing  
warehouse automation for  
pick, pack and ship



## Coordinación en catástrofes



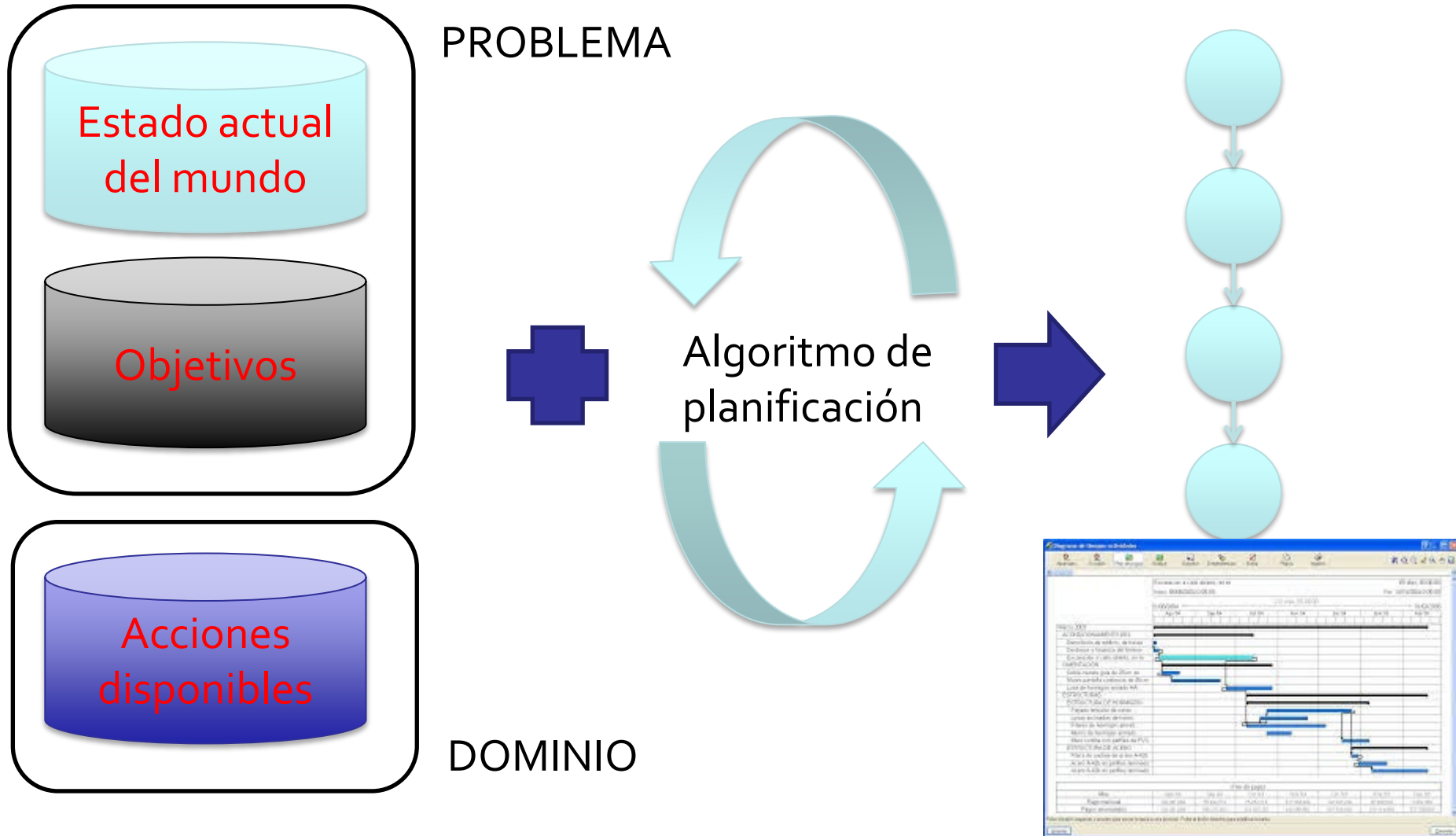
Plan coordinado para  
extinguir el incendio



Planificación de  
tareas en  
entornos hostiles

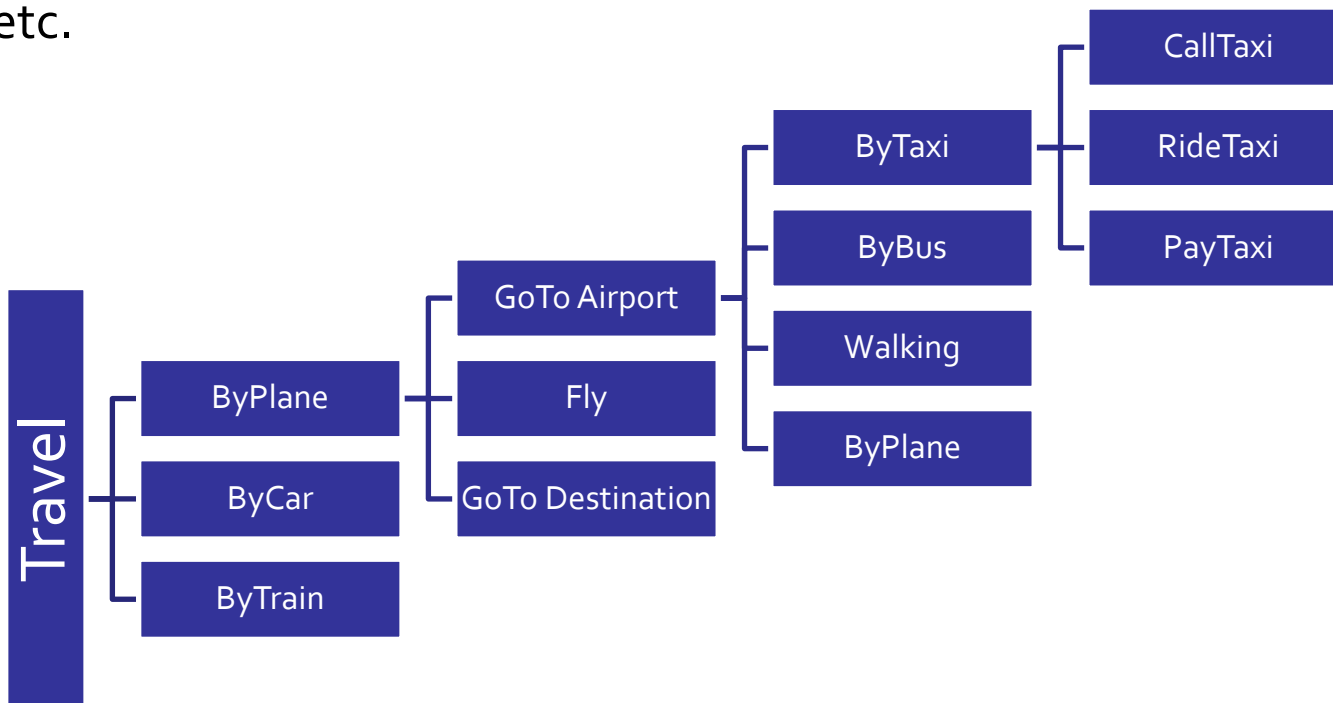






## Planificación de un viaje

- Existen diversas opciones: ir en avión, en coche, en tren
- Por ejemplo, para ir en avión, el usuario debe llegar al aeropuerto, para lo cual también tiene diferentes medios (en taxi, en autobús, caminando e incluso en avión). Si escoge ir en taxi, debe llamar al taxi, desplazarse con dicho taxi y pagar, etc.

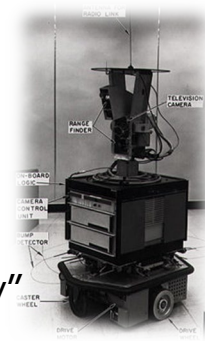


Se compone de:

- el **estado actual (inicial)** del mundo: qué es cierto en el mundo en este momento
- los **objetivos** a alcanzar: qué debe ser cierto en el mundo cuando se termine la ejecución del plan

Se especifica con un lenguaje formal (p.e. lógica de primer orden), con asignaciones a variables de estado, etc.

- STRIPS (**S**tanford **R**esearch **I**nstitute **P**roblem **S**olver)
- PDDL (**P**lanning **D**omain **D**efinition **L**anguage)
- Jerarquías HTN (**H**ierarchical **T**ask **N**etworks)



Robot "Shakey"  
de Stanford





## Estado inicial

Información estática	Información dinámica
<pre> distance[home][airport_city1]=15 distance[home][center_city1]=5 distance[home][connection_c1_c2]=2 ..... vehicles(taxi)={taxi1} vehicles(plane)={plane1} ... location(airport)={airport_city1, airport_city2} location(to_stay)={home, hotel_city2, ...} .... city(home)=city1 city(airport_city1)=city1 city(airport_city2)=city2 ..... </pre>	<pre> at(me)=home at(taxi1)=center_city1 at(plane1)=airport_city1 at(car1)=home cash(me)=20 ;; dinero que tengo owe(me)=0   ;; dinero que debo </pre> <div> <h3>Objetivos</h3> <pre>at(me)=hotel_city2</pre> </div>



- Conjunto de acciones que se pueden ejecutar en el mundo
- Representan los posibles cambios (transiciones) en el entorno
- Deben ser ***independientes*** de cualquier problema

Se representan con descripciones de **condiciones y efectos**

$a = \langle \text{Conditions}(a), \text{Effects}(a) \rangle$

- *Conditions(a)*: condiciones que se deben satisfacer en un estado para aplicar dicha acción
- *Effects(a)*: modificaciones del estado actual una vez ejecutada la acción



## RIDE\_TAXI

Parameters: ?p:person, ?t:taxi, ?i:location, ?d:location

Conditions:

at(?p)=?i

at(?t)=?i

debe ser **CIERTO antes** de la  
ejecución de la acción

Effects:

at(?p)=?d

at(?t)=?d

owe(?p)=taxi\_rate(?i,?d)

será **CIERTO después** de  
la ejecución de la acción

Función definida en el problema



Un **plan P** es una secuencia de acciones que transforma el estado inicial (I) en un estado que satisface los objetivos (G)

*Dada una acción  $a = \langle \text{Conditions}(a), \text{Effects}(a) \rangle$  y un estado  $S$ :*

*Si  $\text{Conditions}(a) \subseteq S$ , entonces  $a$  es aplicable en  $S$*

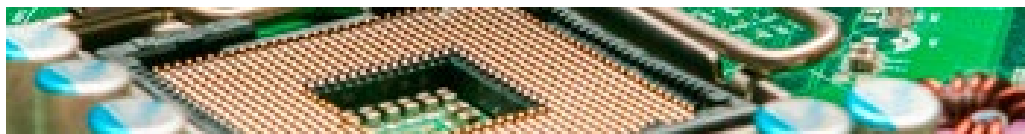
*El estado resultante de aplicar  $a$  en  $S$  se define como:*

$$\text{Result}(S, a) = S \bullet \text{Effects}(a)$$

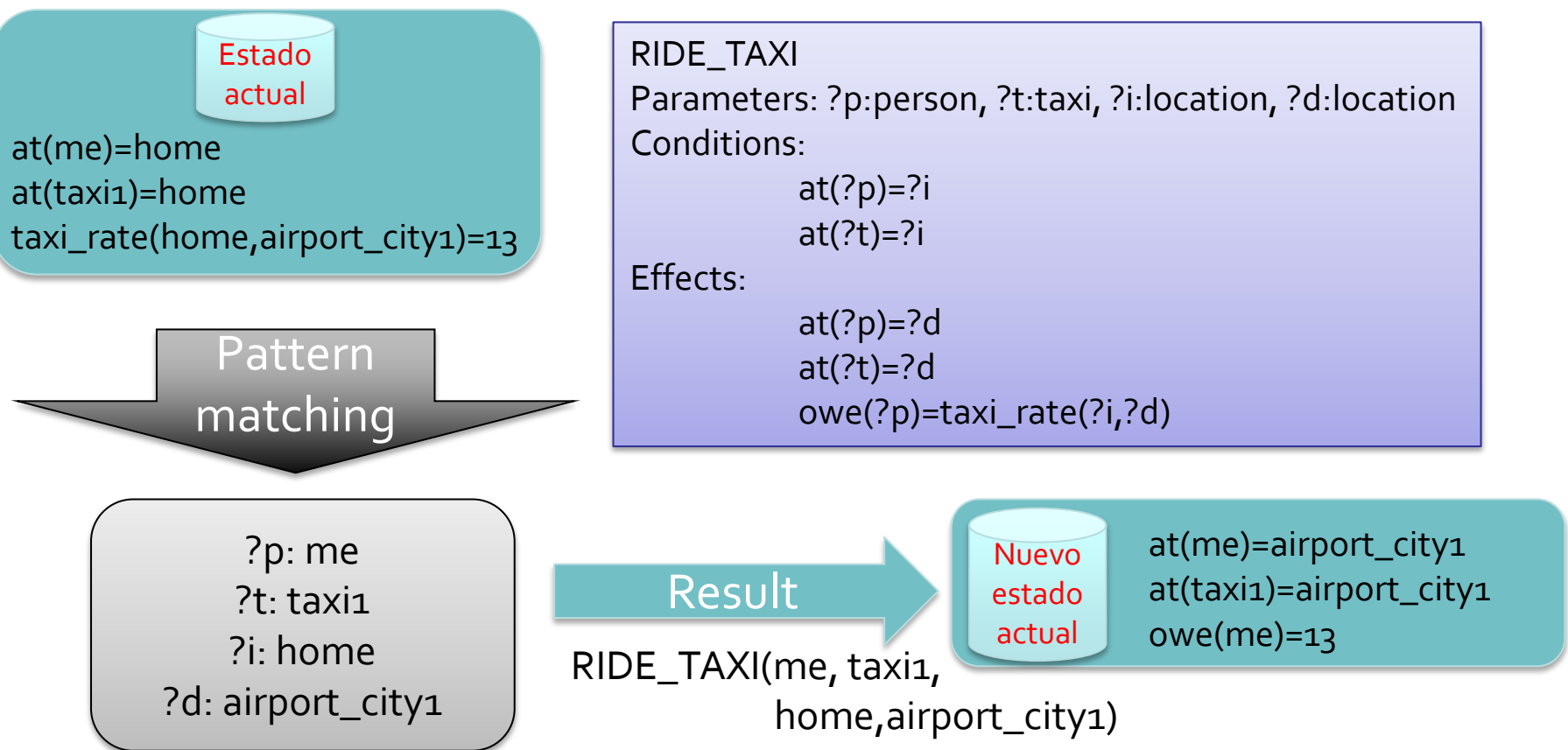
*Dado un plan  $P = \langle a_1, a_2, \dots, a_n \rangle$  aplicable al estado inicial del problema  $I$ , define el siguiente estado resultante:*

$$R = \text{Result}(I, P) = \text{Result}(\dots(\text{Result}(\text{Result}(I, a_1), a_2), \dots), a_n)$$

***El plan  $P$  resuelve el problema de planificación si  $G \subseteq R$***

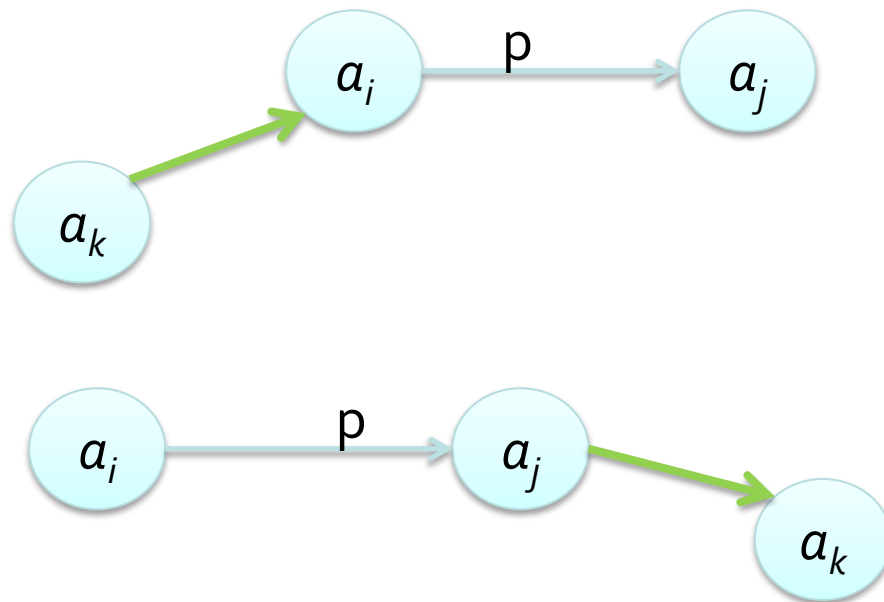
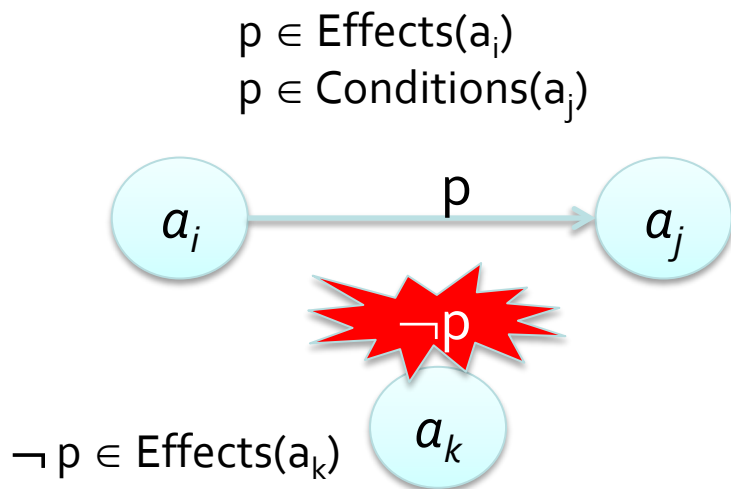


## Ejemplo de aplicación de una acción en un estado



- Un plan puede estar parcial o totalmente ordenado
- Se establecen relaciones causales entre las acciones del plan

*Un enlace causal  $(a_i, p, a_j)$  determina que la acción  $a_i$  resuelve la condición  $p$  de la acción  $a_j$*





## LOAD\_LUGGAGE

Parameters: ?t:taxi, ?l:luggage,  
?i:location

Conditions:

$at(?t)=?i, at(?l)=?i$

Effects:

$loaded(?l)=true$

## RIDE\_TAXI

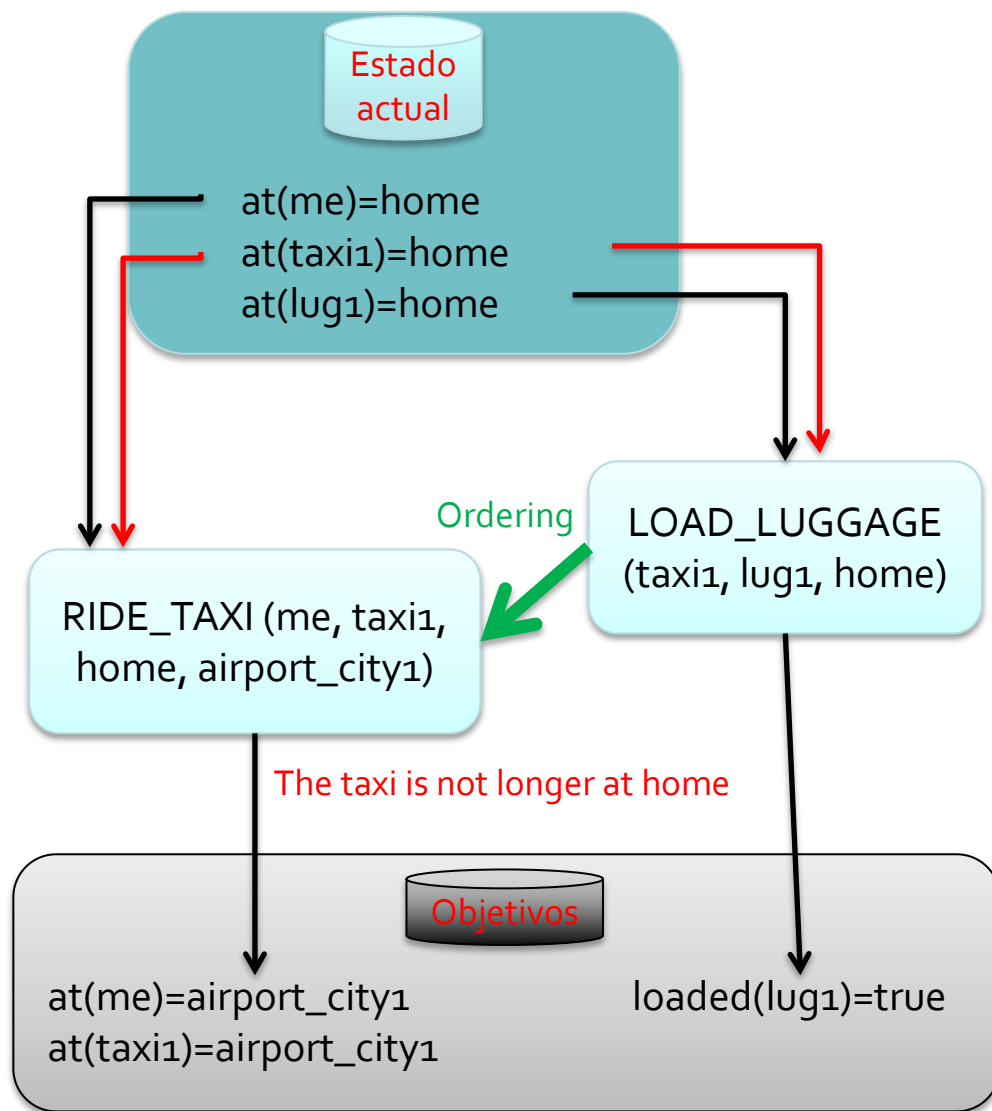
Parameters: ?p:person, ?t:taxi,  
?i:location, ?d:location

Conditions:

$at(?p)=?i, at(?t)=?i$

Effects:

$at(?p)=?d, at(?t)=?d$   
 $owe(?p)=taxi\_rate(?i,?d)$



- Modelo “planificación clásica”:
  - Determinista
  - Estático (solo cambia por las acciones)
  - Completamente observable
  - Razonamiento temporal y numérico no contemplado
- Es decir, el resultado de una acción aplicada a un estado completamente conocido se puede predecir correctamente, ya que **no hay influencias externas** que afecten al entorno
- Para resolverlo se utilizan algoritmos de búsqueda
  - heurística, basada en grafos, de orden parcial, jerárquica, basada en satisfactibilidad, con reglas de control, etc.



La aplicación de la planificación inteligente a problemas del mundo real es cada vez más frecuente. Pero es necesario **relajar ciertas asunciones** del modelo de planificación clásica:

- Las acciones tienen distintas duraciones, usan recursos y tienen coste:
  - Ejemplo: desde Valencia, no se tarda lo mismo en ir a Madrid que a Lugo y el gasto de combustible tampoco es el mismo
  - Se pueden utilizar criterios de optimización (min/max) del plan: tiempo, coste, beneficios, etc.
- El mundo no es totalmente conocido (existe incertidumbre) y es dinámico (cambia debido a eventos exógenos)
  - Ejemplo: aunque tengamos una previsión del tiempo que nos va a costar llegar a Madrid podemos encontrar un atasco

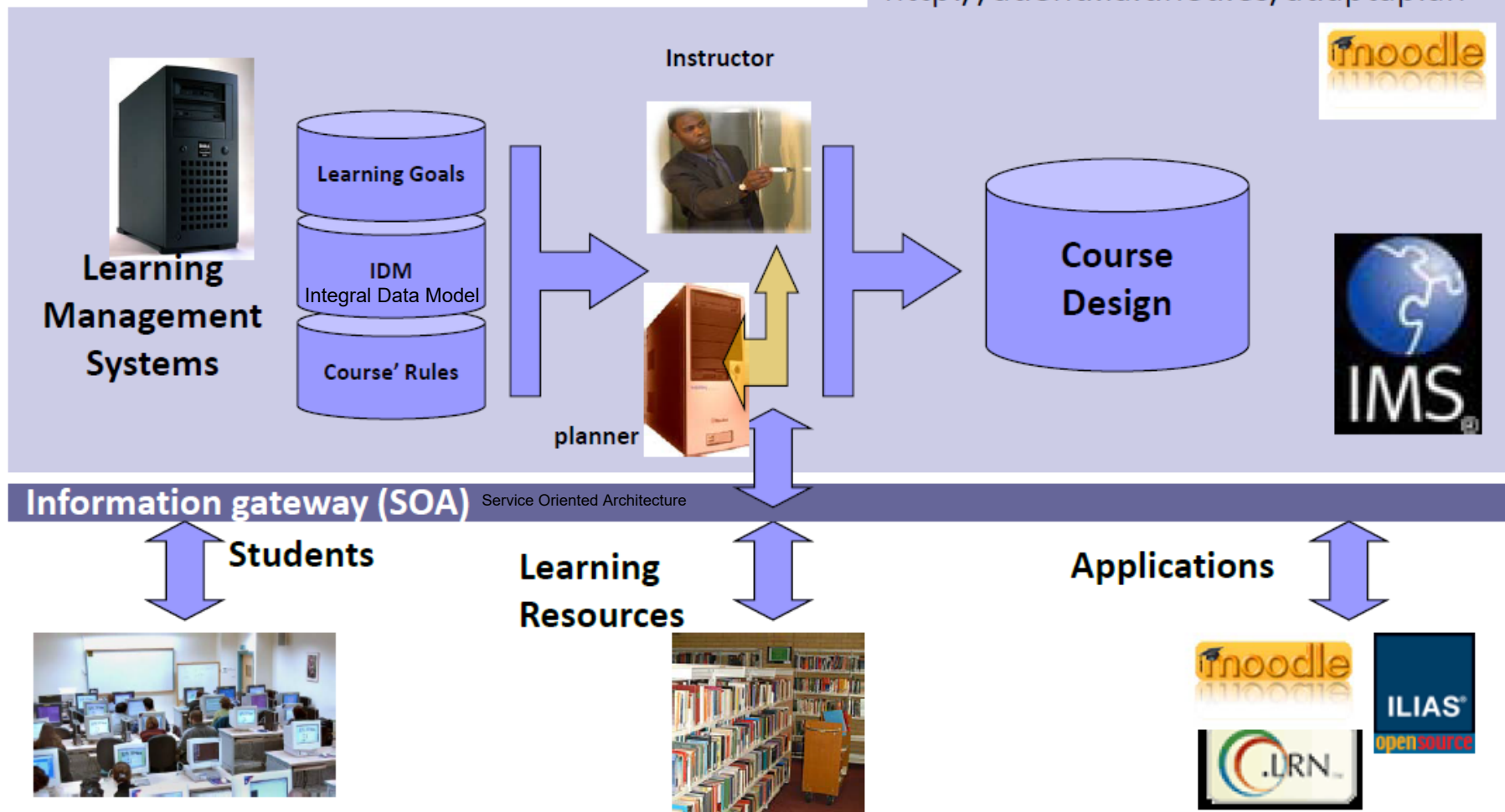


## ■ Potential scenarios (ACM): e-Learning

Fuente: Luis Castillo

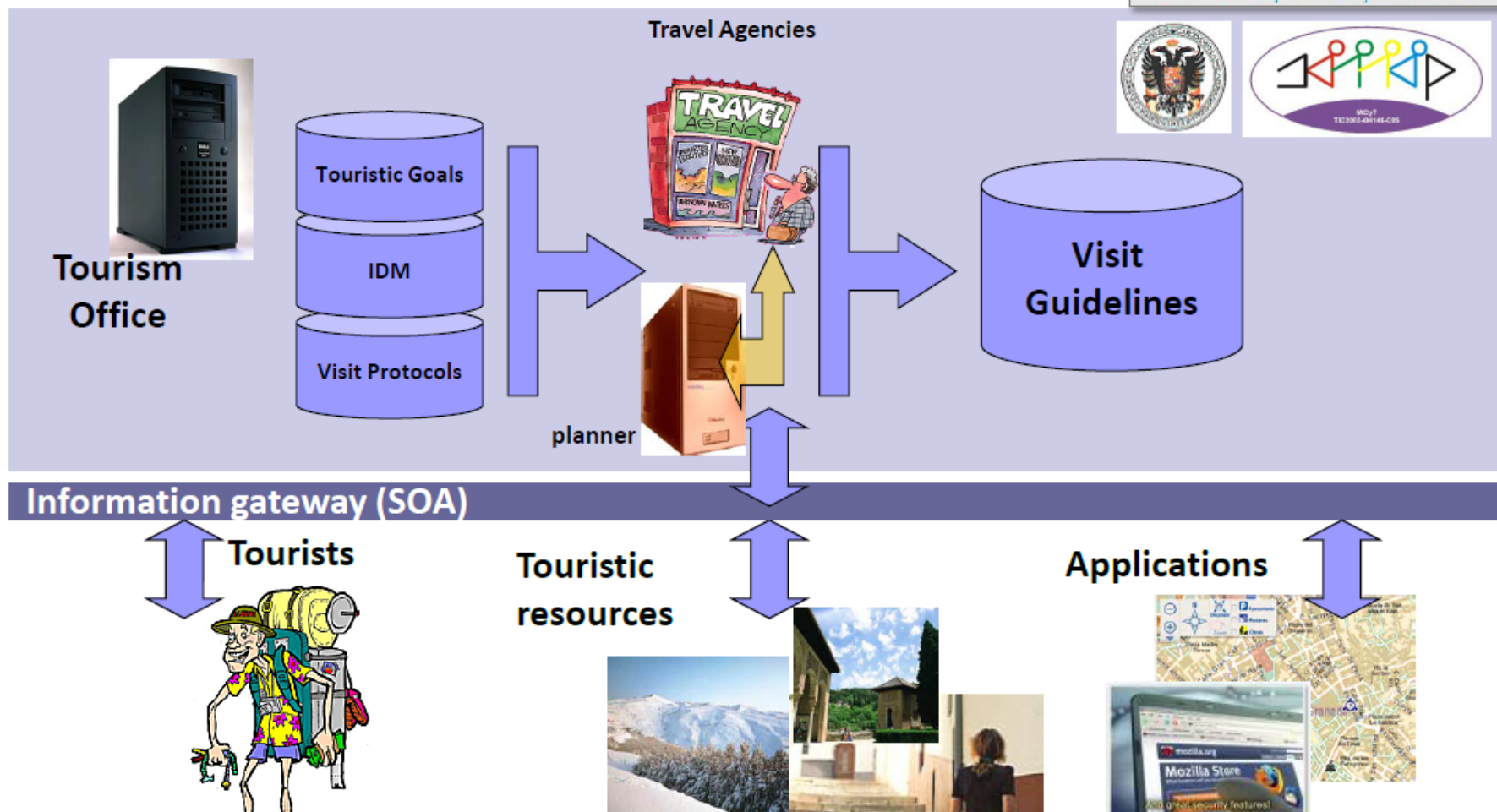
Adaptive Case Management

<http://adenu.ia.uned.es/adaptaplan>



## ■ Potential scenarios (ACM): e-Tourism

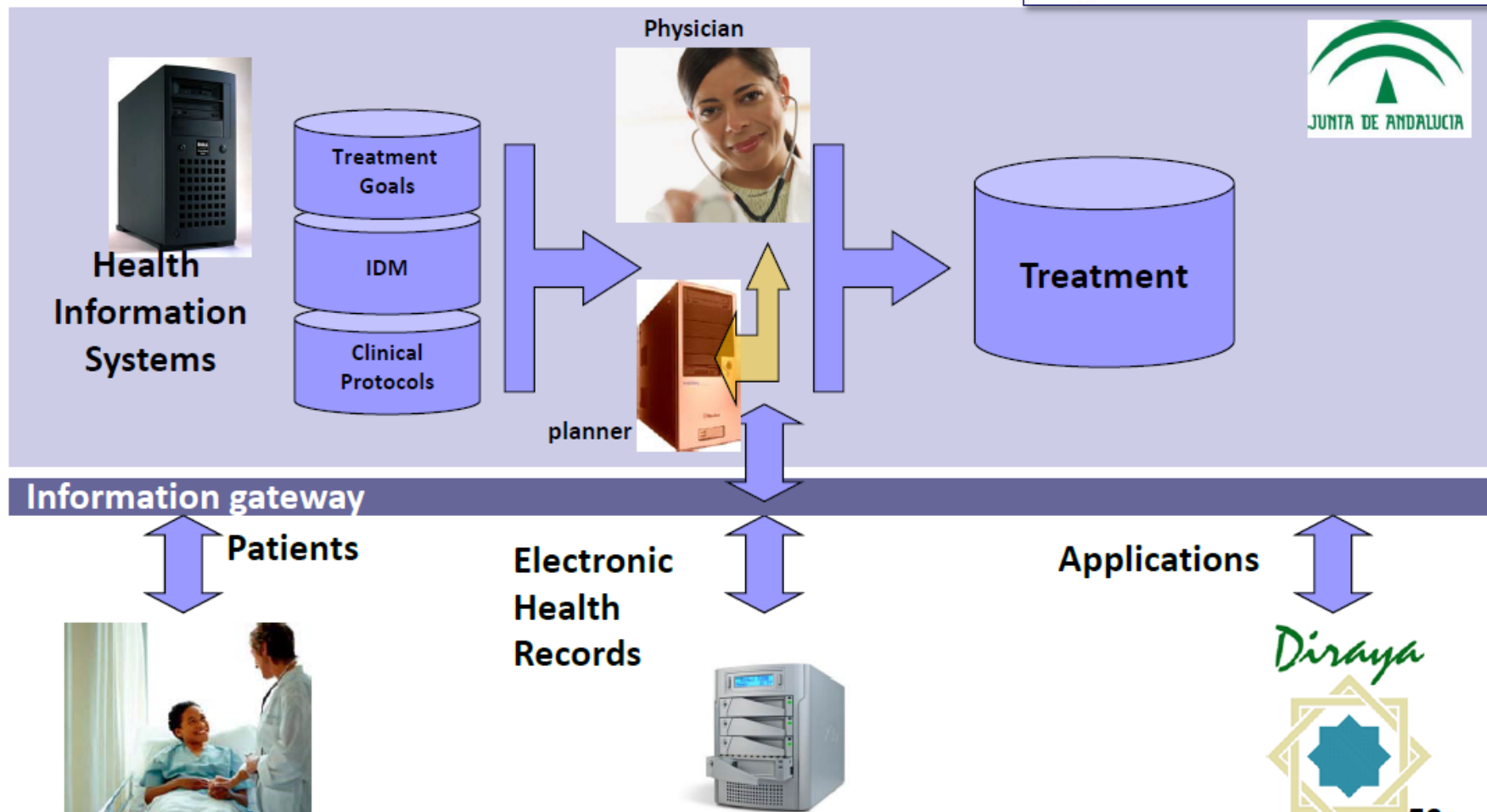
Fuente: Luis Castillo



# Potential scenarios (ACM): e-Health

Fuente: Luis Castillo

cogno**care**/CDS Oncology





- La planificación requiere de formalismos expresivos
  - Dominio de acciones
  - Rico y amplio conocimiento del problema
  - Restricciones sobre el dominio y/o problema
- Temporalidad y recursos como cantidades numéricas. Calidad y optimización (también se verá en Tema 3)
- Más cosas: incertidumbre, contingencias, replanificación, coordinación, competición, etc.

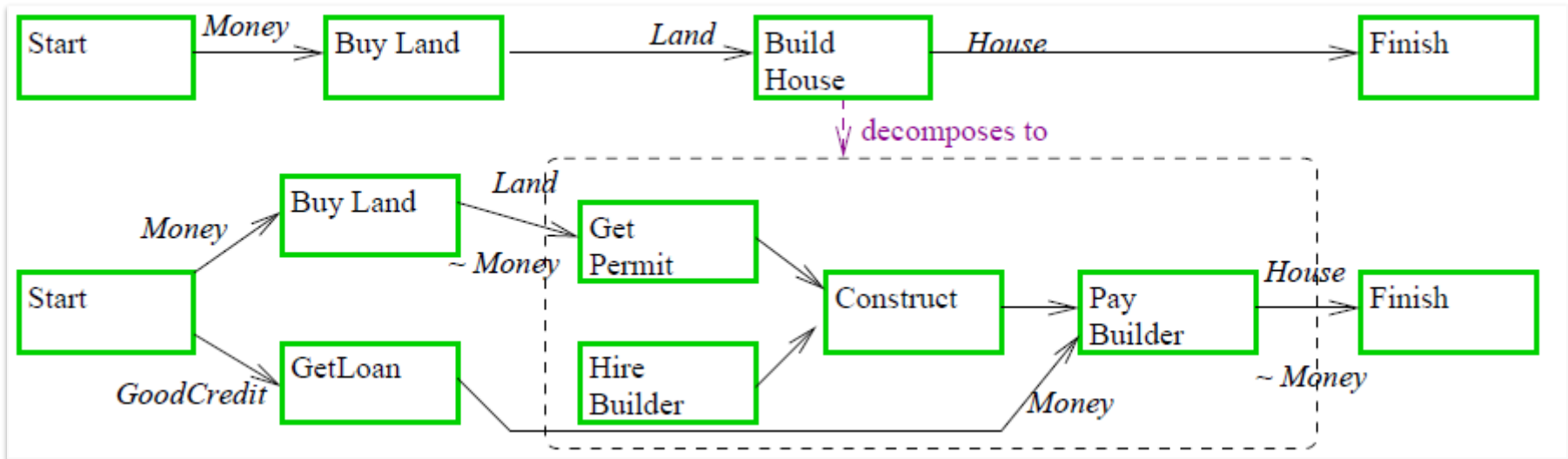
Se aborda mediante algoritmos más eficientes, pero también mediante modelos más eficientes, como la **planificación jerárquica que permite abordar algunos de estos requerimientos más eficientemente**



## La planificación jerárquica

- Permite una formalización **más natural y real**: nadie planifica desde lo más general hasta el más mínimo detalle. Ej. al planificar un tour por el extranjero, inicialmente no se piensa en si llegar al aeropuerto de origen en metro, autobús, coche, etc.

*Ejemplo típico para construir una casa de forma jerárquica*



- **Artificial Intelligence: A modern approach.** Rusell, Norvig. Prentice Hall (2010). Cap. 10, 11
- **Inteligencia Artificial. Técnicas, métodos y aplicaciones.** Varios autores. McGraw Hill (2008) Cap. 13
- **Inteligencia Artificial. Una nueva síntesis.** Nilsson. McGraw Hill (2001).
- **Automated Planning. Theory and Practice.** Ghallab, Nau, Traverso. Morgan Kaufmann (2004).
- **Automated Planning and Acting.** Ghallab, Nau, Traverso. Cambridge University Press (2016).

