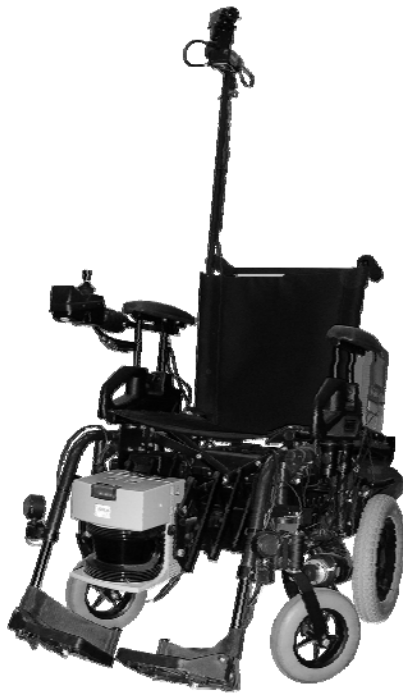


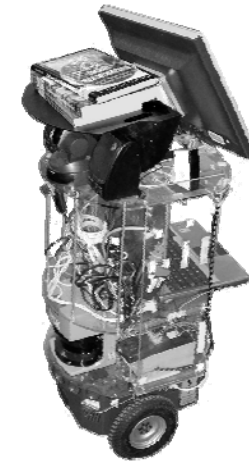


# *Modelado del Entorno en Robótica Móvil*

Dr. Cipriano Galindo Andrades



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA



*Ingeniería de Sistemas y Automática*  
**Universidad de Málaga**

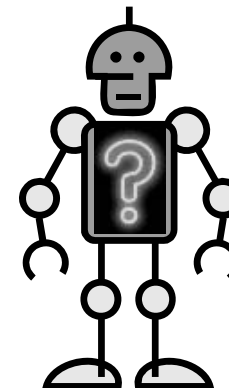


## *Modelado del Entorno en Robótica Móvil*

- Introducción
- Tipos de Modelos
  - Métrico
  - Topológico
  - Híbrido
  - Otros...
- Modelos utilizados en nuestro grupo
- Conclusiones

## *Modelado del Entorno en Robótica Móvil - Introducción*

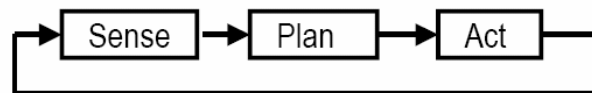
- Un robot es...
  - Una entidad que físicamente interactúa con su entorno y puede ser programado para realizar tareas en él.
- Por tanto, en general debe tener una representación abstracta (modelo) del entorno que le permita:
  - Localizarse
    - ¿Dónde estoy?
  - Planificar caminos
    - ¿Cuál es el mejor camino para ir de A a B?
  - Planificar tareas complejas
    - ¿Qué debo hacer para repartir el correo?
  - Inferir nuevo conocimiento
    - En esa habitación hay una fotocopiadora → debe haber papel cerca.
  - Actuación autónoma
    - Estoy cerca de mi estación de recarga, aún no lo necesito, pero si realizo la tarea que me han encargado, me quedaré sin energía suficiente para volver....



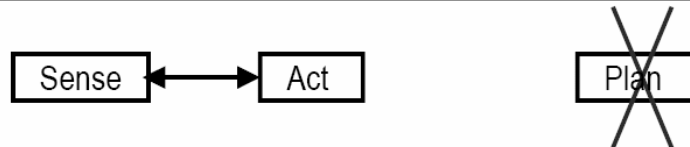
## *Modelado del Entorno en Robótica Móvil - Introducción*

- Es estrictamente necesario?
  - Depende de la aplicación y de las necesidades:
    - No necesario para aplicaciones simples de navegación y evitación de obstáculos
    - Imprescindible cuando el robot interactúa con humanos

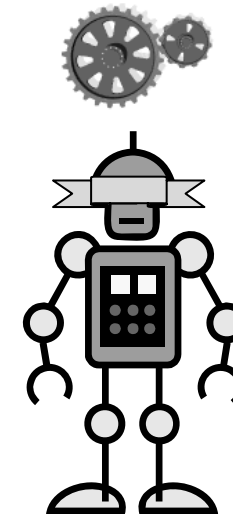
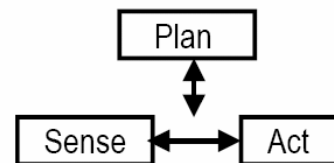
1. Hierarchical:



2. Reactive:



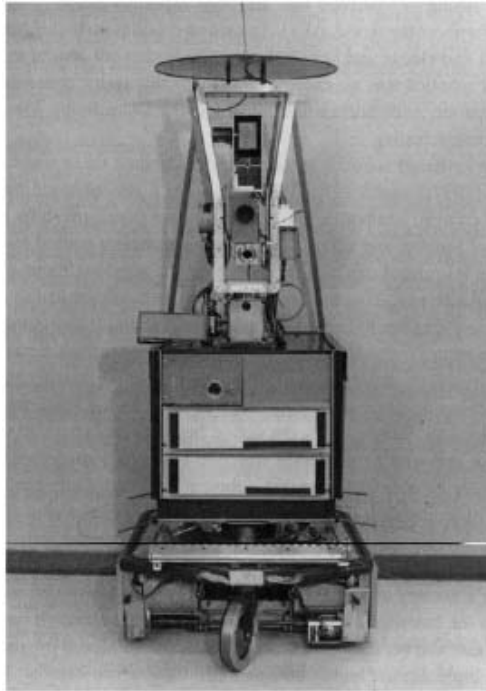
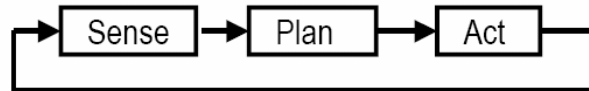
3. Hybrid deliberative/reactive:



## *Modelado del Entorno en Robótica Móvil - Introducción*

- Robot Shakey, SRI, 1960

1. Hierarchical:

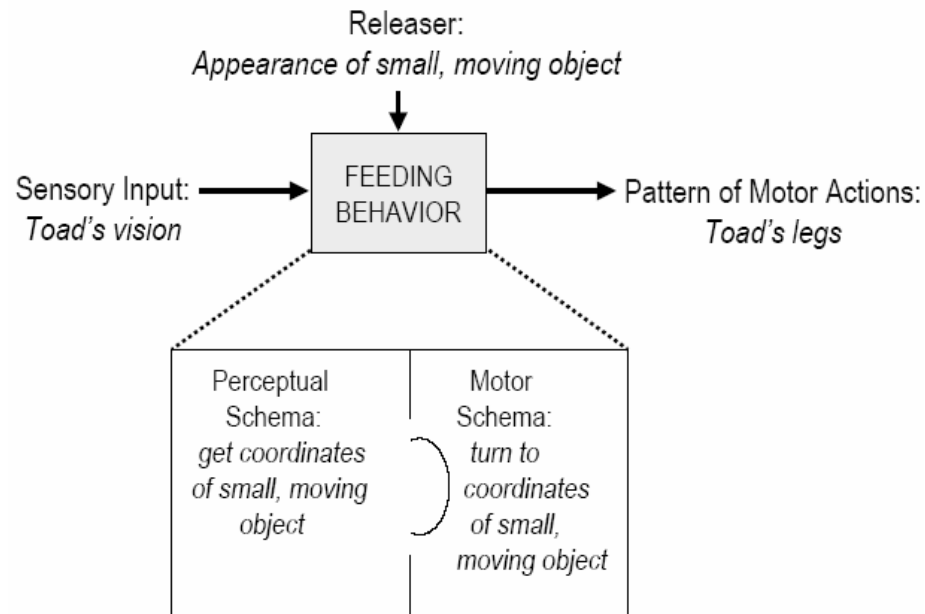
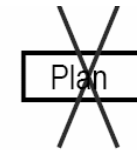
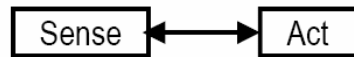


- Representación del entorno basada en predicados lógicos.
- Planificación STRIPS
- Entorno de oficinas muy reducido, realizando tareas de recogida y entrega de objetos

## Modelado del Entorno en Robótica Móvil - Introducción

- ¿Es realmente necesario un modelo del entorno?

2. Reactive:

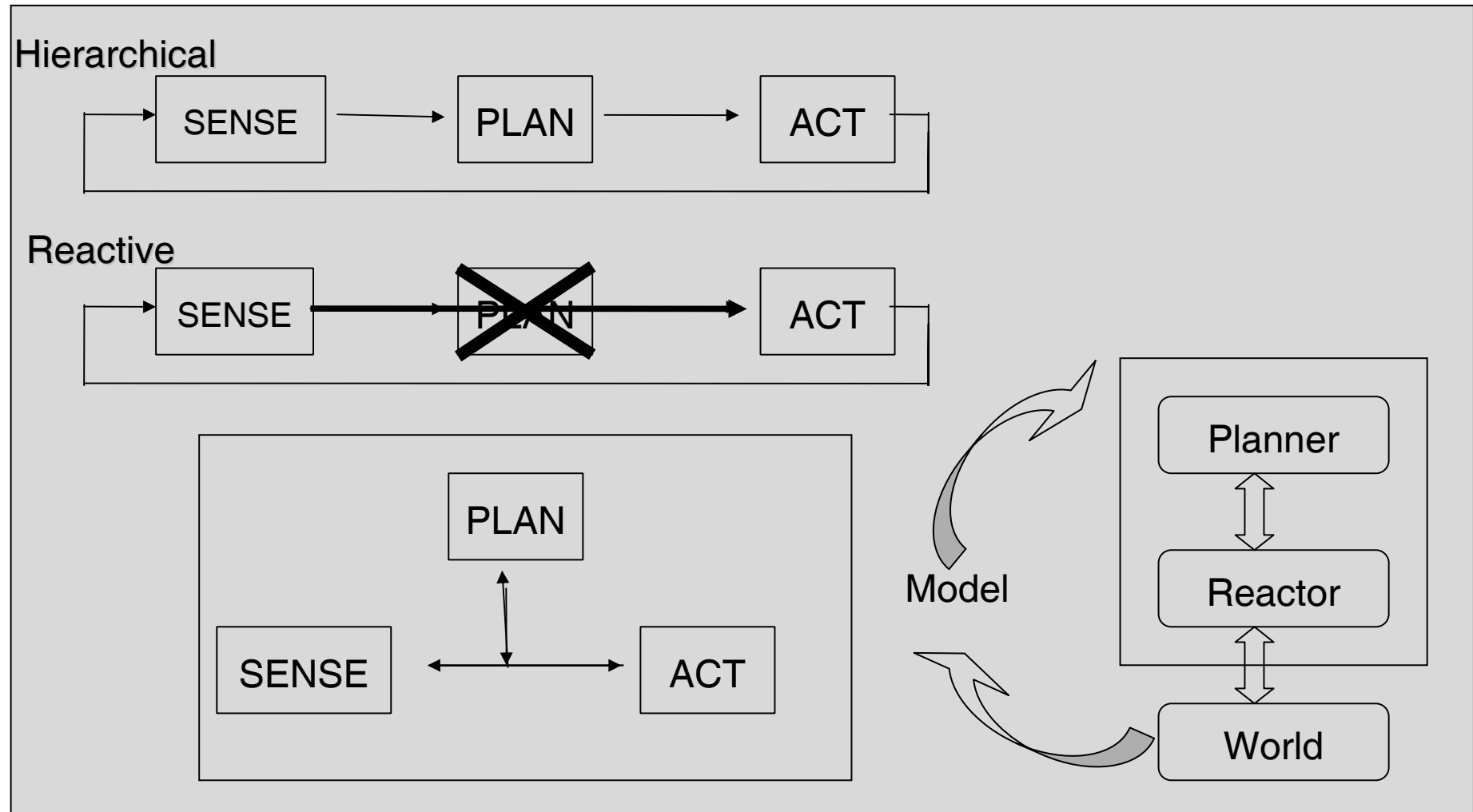


- No existe un proceso de planificación como tal.
- No es necesario una representación del entorno
- De forma innata reacción ante un estímulo de entrada



## Modelado del Entorno en Robótica Móvil - Introducción

- En la mayoría de los casos es, al menos, deseable





## *Modelado del Entorno en Robótica Móvil – Tipos de Modelos*

# Métrico/Geométrico

- Representan objetos en relación a sus relaciones geométricas con respecto al entorno
  - Grid, líneas, polígonos, etc.
- Para localización, la información geométrica dada por los sensores del robot debe ser ajustada (match) a un mapa global previamente construido.
- Los mapas de grid permiten combinar información procedente de diferentes sensores.
- Principal motivación: Localización y planificación métrica de caminos

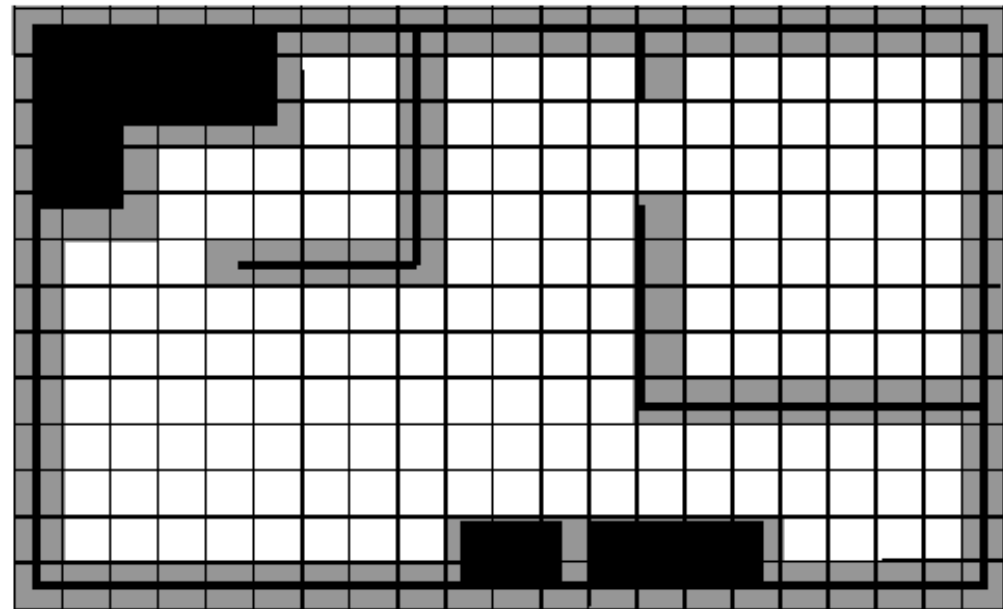
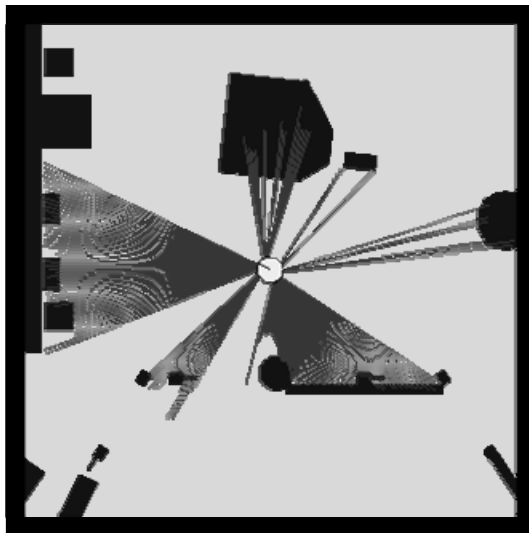


## *Modelado del Entorno en Robótica Móvil – Tipos de Modelos*

# Métrico/Geométrico

## Mapas de Grids

- Información de sensores de rango (p.ej. sonar, laser, etc.) se integra en un mapa de rejilla.





## *Modelado del Entorno en Robótica Móvil – Tipos de Modelos*

# Métrico/Geométrico

## Mapas de Ocupación

- Similar a los anteriores pero ahora cada celda contiene un valor probabilístico que representa la certeza de estar ocupado o no.

Asume:

- Independencia en la ocupación de cada celda  $m[x y]$ .
- Posición del robot conocida!

Moravec and Elfes in 1985

$$\begin{aligned} Bel(m_t) &= P(m_t | u_1, z_2 \dots, u_{t-1}, z_t) \\ &= \prod_{x,y} Bel(m_t^{[xy]}) \end{aligned}$$

Actualización del mapa mediante filtros bayesianos y modelos probabilísticos del sensor.



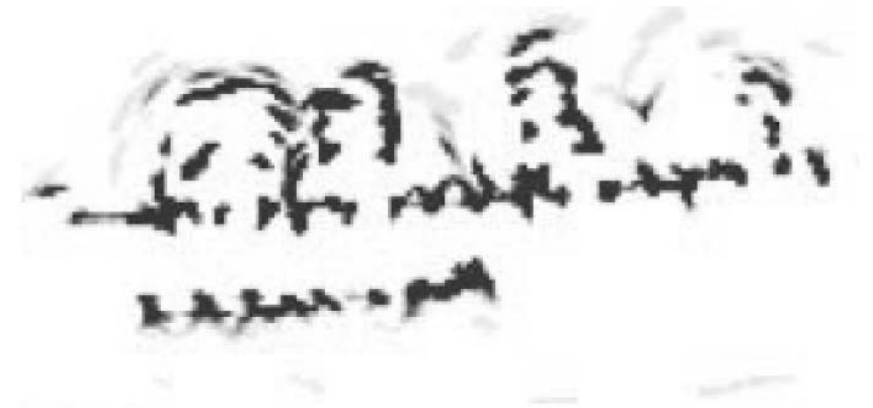


## *Modelado del Entorno en Robótica Móvil – Tipos de Modelos*

# Métrico/Geométrico

## Mapas de Grid Fuzzy

Similar al anterior, pero basado en reglas fuzzy de pertenencia a conjuntos



## *Modelado del Entorno en Robótica Móvil – Tipos de Modelos*

# Métrico/Geométrico

## Mapas Geométricos

-Ajuste de rectas a partir de información de rango.

-Ventajas:

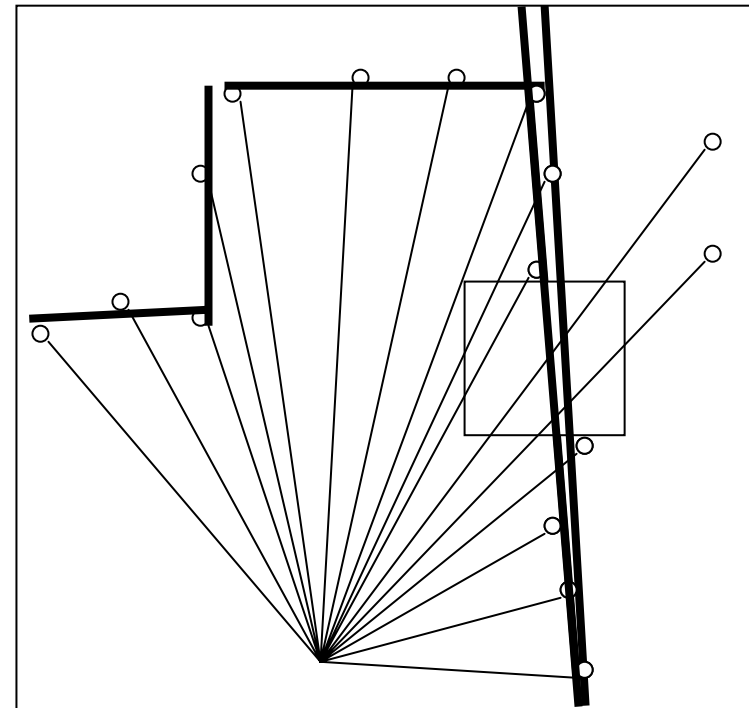
-Faciles de detectar

-Ahorro de memoria

-Ayudan a detectar características del entorno.

-Desventajas:

-Difícil la actualización del mapa con nuevas medidas



## *Modelado del Entorno en Robótica Móvil – Tipos de Modelos*

# Métrico/Geométrico

## Mapas Geométricos

-Ajuste de rectas a partir de información de rango.

-Ventajas:

-Faciles de detectar

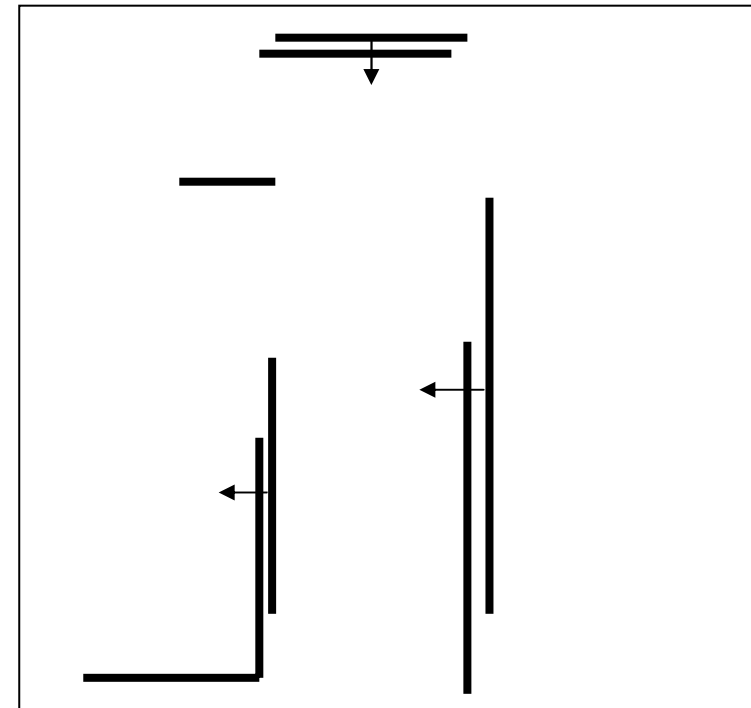
-Ahorro de memoria

-Ayudan a detectar características del entorno.

-Desventajas:

-Difícil la actualización del mapa con nuevas medidas

-No factible en entornos con muchos objetos pequeños

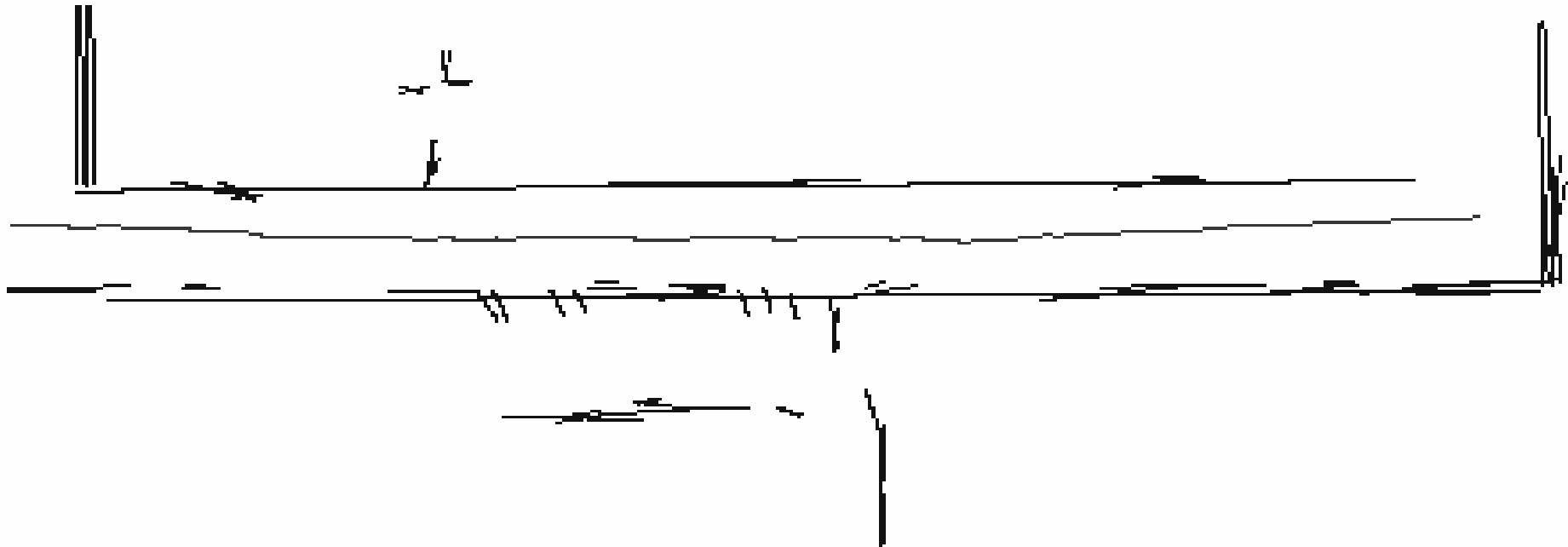




## *Modelado del Entorno en Robótica Móvil – Tipos de Modelos*

# Métrico/Geométrico

## Mapas Geométricos

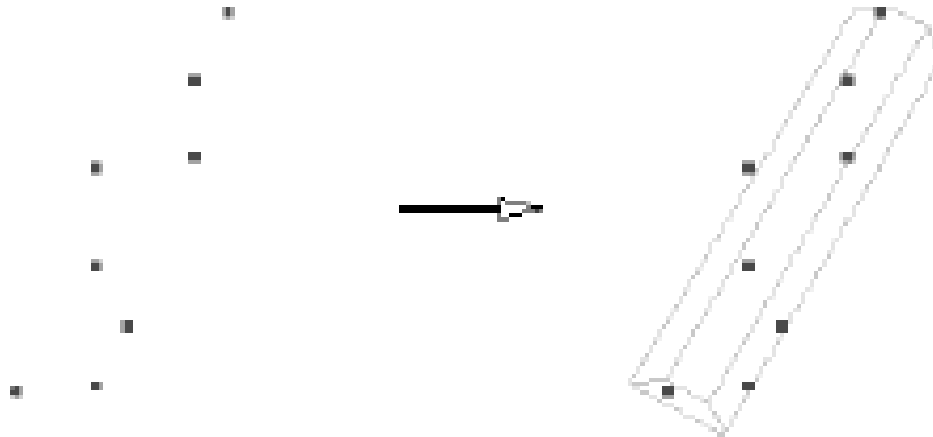


## *Modelado del Entorno en Robótica Móvil – Tipos de Modelos*

# Métrico/Geométrico

## Mapas Geométricos Fuzzy

- Ajuste de puntos a segmentos fuzzy.
- Aportan información sobre la posibilidad de que el segmento esté bien ajustado o no a los puntos de partida.
- Facilitan la fusión de segmentos









*Modelado del Entorno en Robótica Móvil – Tipos de Modelos*

## Métrico/Geométrico

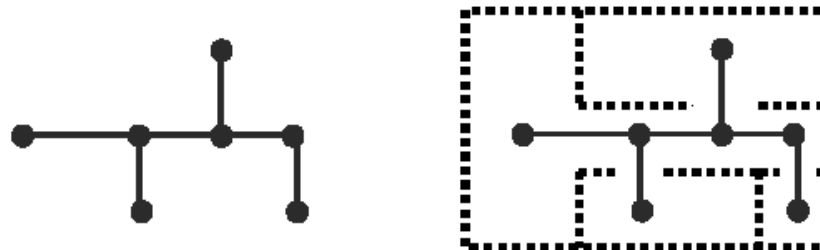
Mapas de Landmarks

Real-time monocular SLAM using only lines

*Modelado del Entorno en Robótica Móvil – Tipos de Modelos*

## Topológico

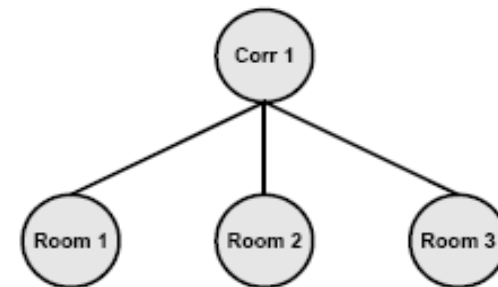
- Se basan en las relaciones geométricas entre características del entorno en lugar de su posición absoluta
  - Grafos: Nodos representan características y Arcos sus relaciones



## *Modelado del Entorno en Robótica Móvil – Tipos de Modelos*

# Topológico

- Útiles para navegación – Búsqueda de caminos en un grafo.
- Normalmente nodos llevan asociado algún tipo de información geométrica como su posición respecto algún sistema de coordenadas.
- Construcción manual o automática. P. ej. En [Buschka2002] se presenta un sistema que automáticamente detecta habitaciones y construye la topología del entorno

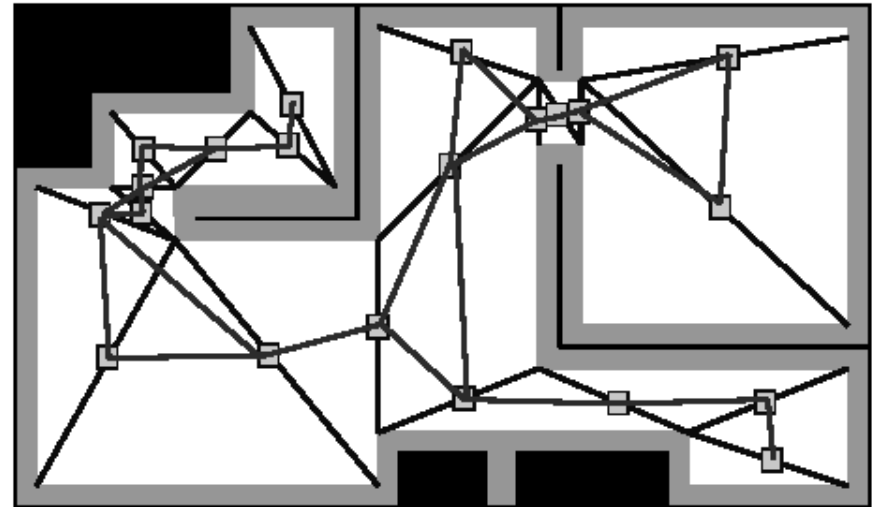


## *Modelado del Entorno en Robótica Móvil – Tipos de Modelos*

# Híbridos

## “Meadow Maps”

- Combinación de vértices y representación de espacio libre.
- Útiles para planificar caminos
- Representación basada en polígonos, que puede resultar computacionalmente costosa para entornos grandes

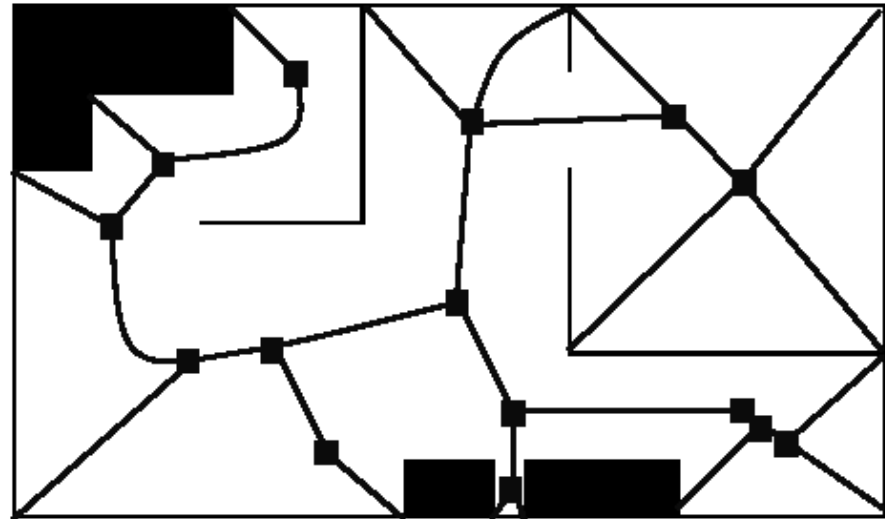


## *Modelado del Entorno en Robótica Móvil – Tipos de Modelos*

# Híbridos

## Diagramas de Voronoi

- Construcción de arcos de Voronoi, que son equidistantes respecto a los obstáculos modelados.
- Vértices de Voronoi representan la intersección de los arcos.
- Si un robot visita los vértices siguiendo los arcos contruidos, nunca colisionará.

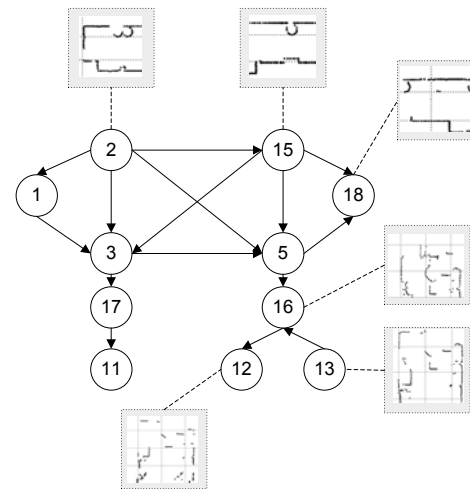
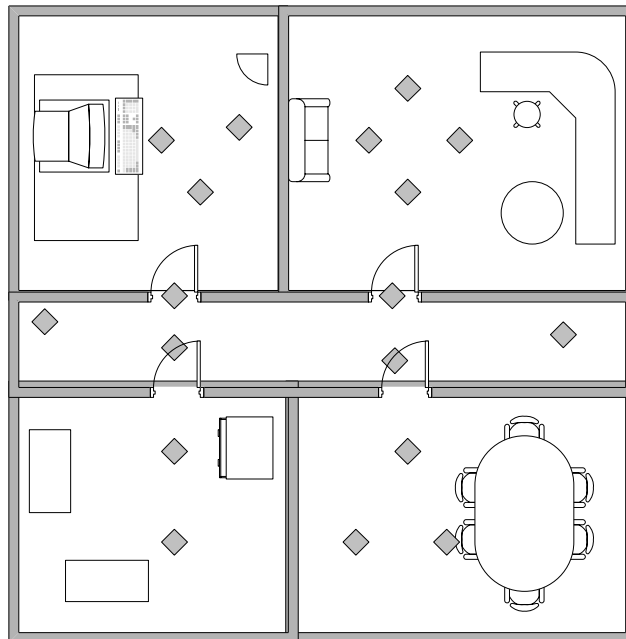


## *Modelado del Entorno en Robótica Móvil – Tipos de Modelos*

# Híbridos

## Grafos Anotados

- Representación topológica del entorno en el que se añade información (geométrica o de cualquier tipo) tanto a nodos como arcos.





## *Modelado del Entorno en Robótica Móvil – Tipos de Modelos*

# Representación Lógica

- Representación del entorno a muy alto nivel.
- Son de gran utilidad para sistemas robóticos que implican interacción con humanos.
- Normalmente viene dada mediante lenguajes lógicos de primer orden, aunque también se pueden representar mediante grafos.

```
(defclass room) (defclass object)  
(room R1)(room R2) (object o1) (at o1 R1) (at robot R2) (link R1 R2)...
```

Útiles para planificar tareas complejas



## *Modelado del Entorno en Robótica Móvil – Tipos de Modelos*

# Representación Semántica

- El siguiente escalón a la representación lógica.
- Implican un conocimiento adicional sobre los elementos del mundo y permiten al robot inferir nueva información.
- Normalmente viene dada mediante lenguajes lógicos de primer orden, aunque también se pueden representar mediante grafos.

```
(defclass Kitchen  
  (and Room  
    (atLeast 1 horno)  
    (atLeast 1 maquina de café)  
    (and (atMost 0 sofa) (atMost 0 bed))))
```

Útiles para planificar tareas complejas e inferir información





## *Modelado del Entorno en Robótica Móvil – Tipos de Modelos*

# Representación Jerárquica

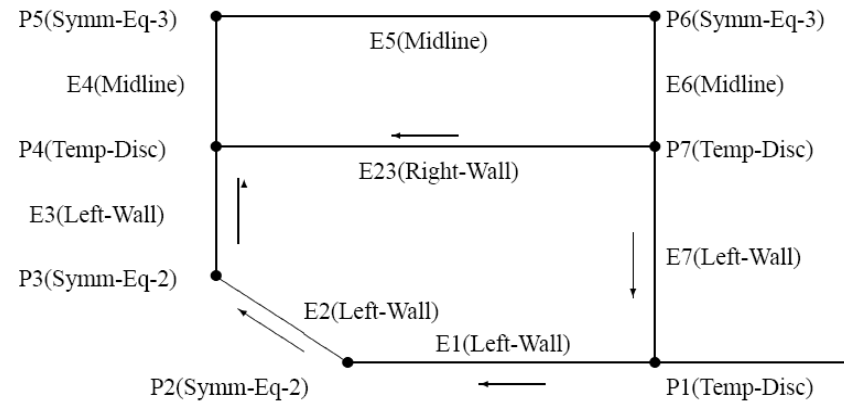
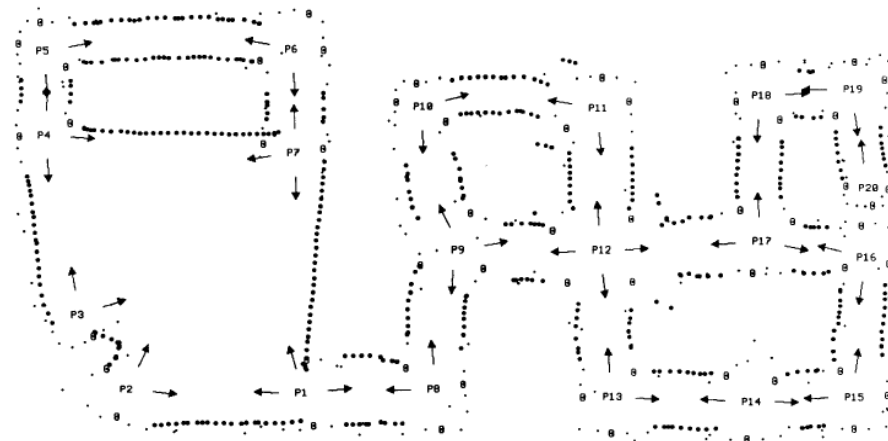
- Típicamente dos niveles: Uno inferior con información métrica del entorno (gridmap) y uno superior con la topología extraída.
- En la mayoría de casos, es una representación híbrida y no explota las ventajas de tener una jerarquía.
- La organización de la información en jerarquías permite la representación de entornos extensos y complejos.
- Aportan eficiencia en tareas como planificación, localización, construcción de mapas
- Sin embargo, suelen ser difíciles de crear y de mantener.

*Modelado del Entorno en Robótica Móvil – Tipos de Modelos*

# Representación Jerárquica

Kuipers, 1991

- Nivel de Control
- Nivel Topológico
- Nivel Métrico

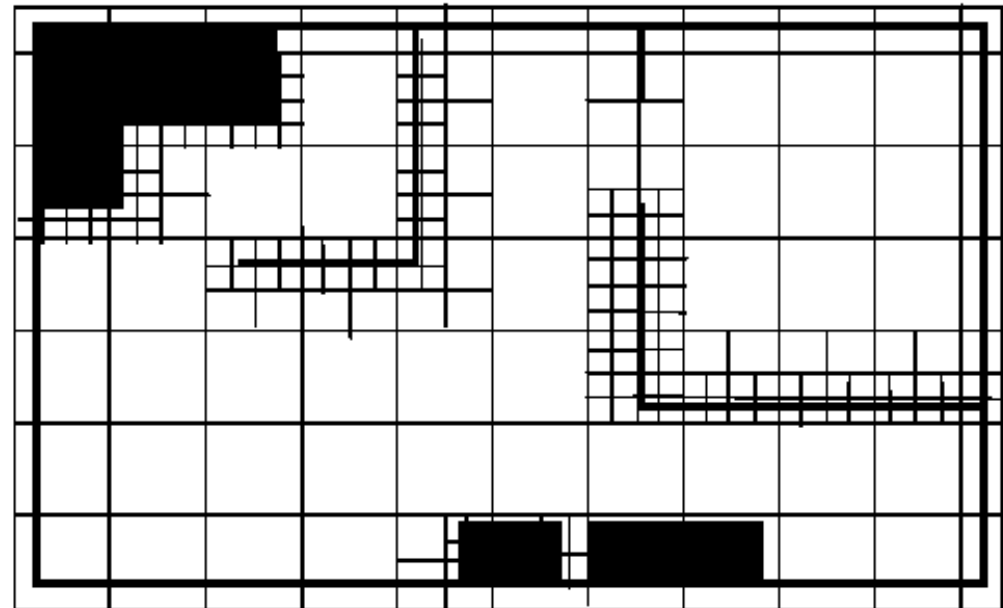


## *Modelado del Entorno en Robótica Móvil – Tipos de Modelos*

# Representación Jerárquica

QuadTree

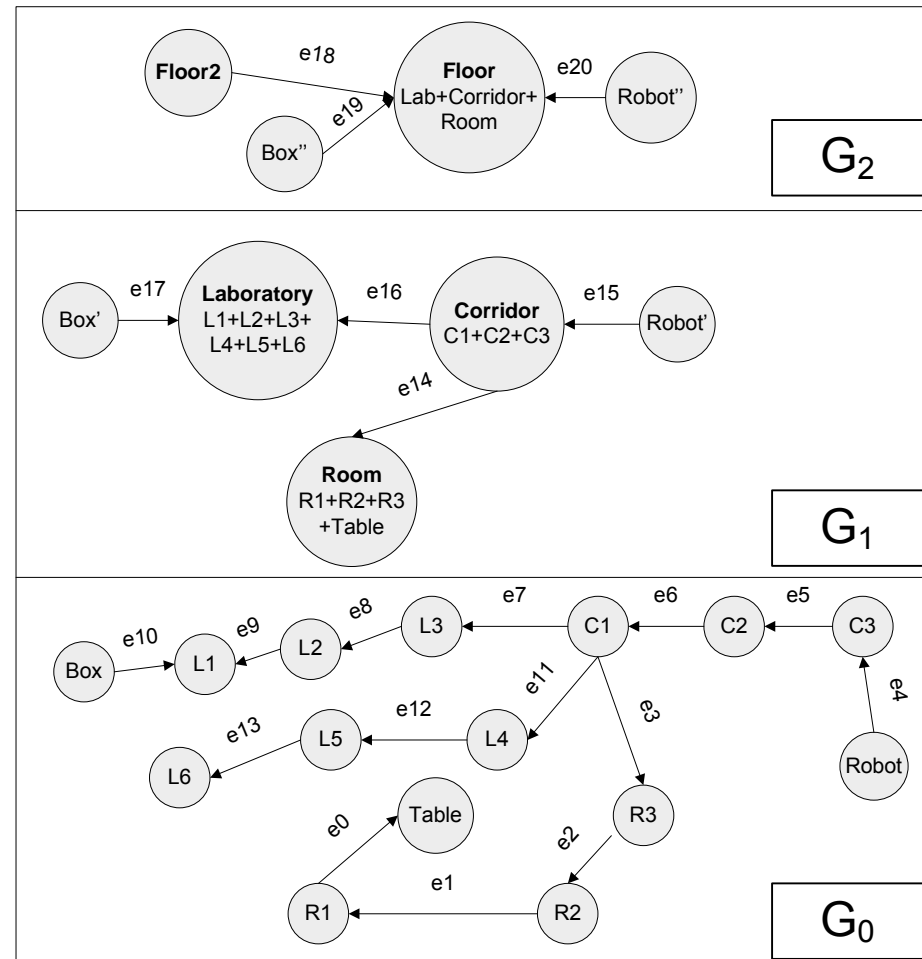
- Exclusivamente métrica
- Refinamiento de las celdas
- Ahorran memoria
- Realmente son un mapa de grid con tamaño de celda variable



## Modelado del Entorno en Robótica Móvil – Tipos de Modelos

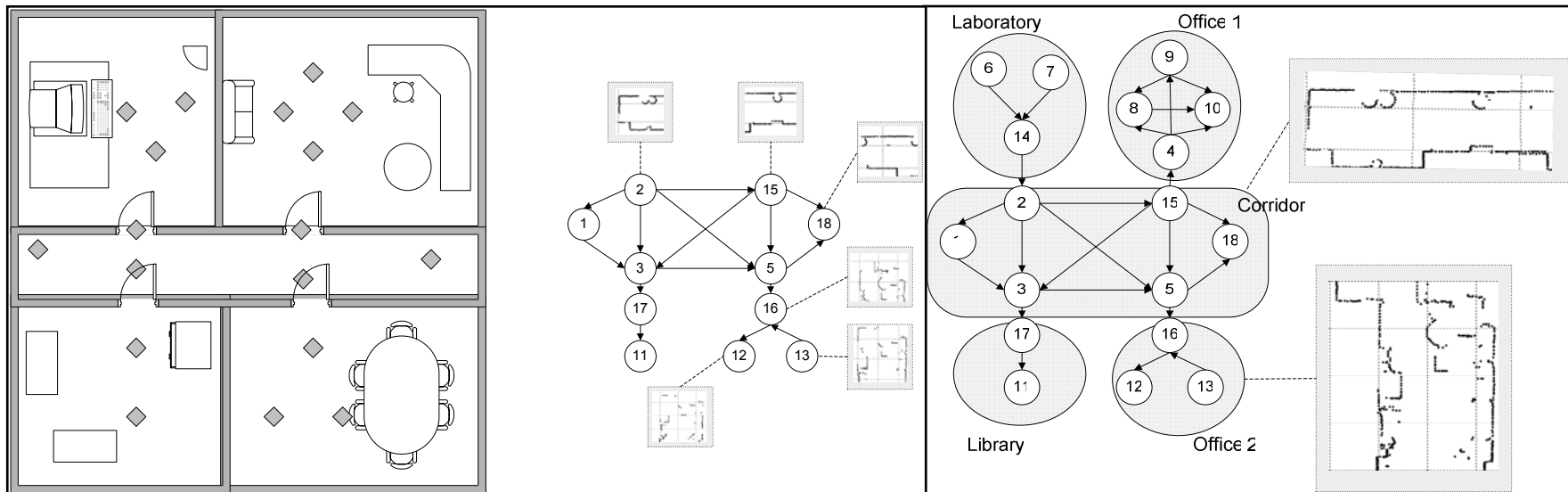
# Representación Jerárquica

- AH-grafo → Grafo anotado y jerárquico.
- Sin límite en el número de niveles.
- Representación simbólica y abstracta del entorno.
- Explotan la jerarquía para la planificación de tareas.



## Modelado del Entorno en Robótica Móvil – Tipos de Modelos

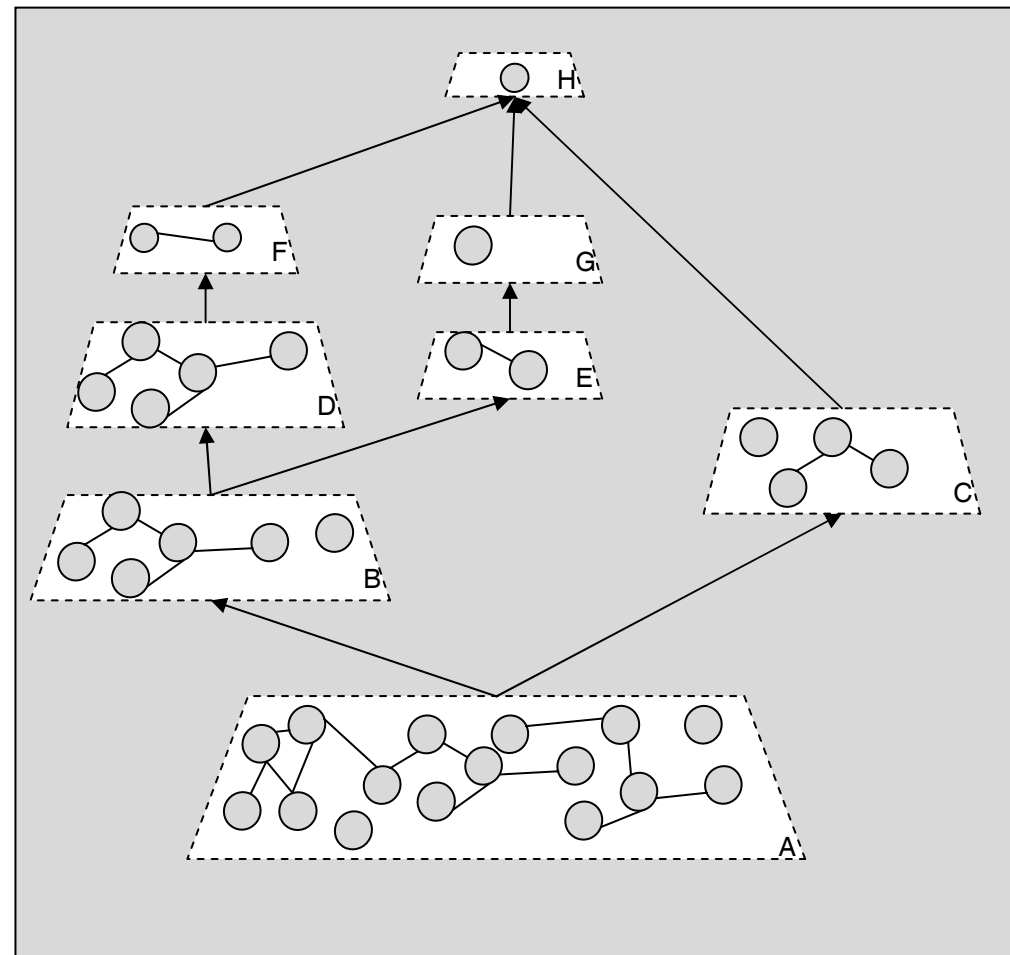
# Representación Jerárquica



## *Modelado del Entorno en Robótica Móvil – Tipos de Modelos*

# Representación Jerárquica

- MAH-grafo → Grafo anotado y multijerárquico.
- Posibilidad de mantener mas de una jerarquía sobre el mismo nivel base.
- Permite tener jerarquías especializadas para diferentes tareas del robot
- Permiten ahorrar memoria si se detectan isomorfismos.
- Inconveniente: Son complejas de mantener.





## *Modelado del Entorno en Robótica Móvil – Modelos y Aplicaciones*

- Nuestro grupo ha apostado desde siempre en la utilización de modelos simbólicos jerárquicos.
- Grafos anotados con mapas de grid y construcción de topologías para planificación de tareas.
- Niveles superiores y niveles semánticos creados manualmente.
- Explotación de la representación del entorno para mejorar la eficiencia de la planificación/localización



## *Modelado del Entorno en Robótica Móvil – Modelos y Aplicaciones*

Construcción de un modelo jerárquico

### Hybrid Metric-Topological Mapping:

Experimental results for the MALAGA data set

J.L. Blanco, J.A. Fernández-Madrigal, J. Gonzalez  
Dpt. of System Engineering and Automation  
University of Malaga © 2006  
<http://www.isa.uma.es>





## *Modelado del Entorno en Robótica Móvil – Modelos y Aplicaciones*

Construcción de un modelo de landmarks con mono-vision





## *Modelado del Entorno en Robótica Móvil – Modelos y Aplicaciones*

Utilización de un modelo para planificar/interactuar con humanos





## *Modelado del Entorno en Robótica Móvil – Conclusiones*

Cualquier aplicación robótica debería mantener algún tipo de representación del entorno.

La elección de cada tipo de modelo depende casi exclusivamente en la finalidad de la aplicación.

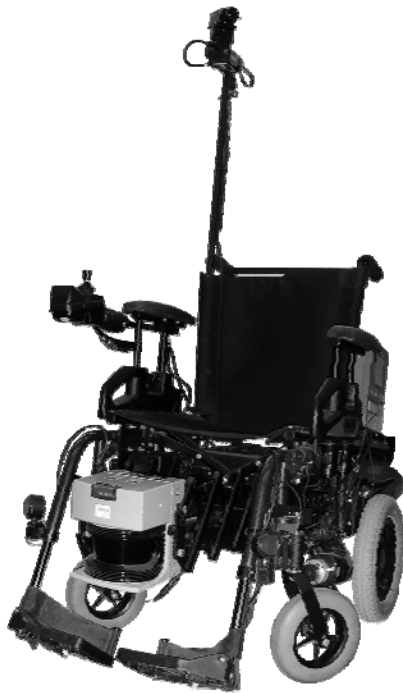
Utilización de modelos jerárquicos para modelar entornos extensos.

Cuestión abierta: ¿Qué pasa si el entorno es dinámico?  
Algunos modelos se ajustan mejor que otros a cambios en el entorno.

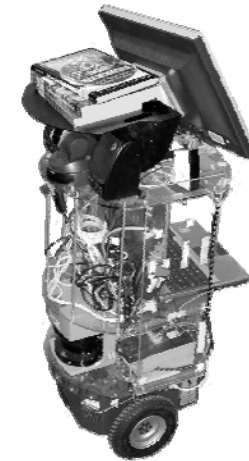


# *Modelado del Entorno en Robótica Móvil*

Dr. Cipriano Galindo Andrades



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA



*Ingeniería de Sistemas y Automática*  
**Universidad de Málaga**