

---

# Jerarquía Dinámica de Esquemas para la generación de comportamiento autónomo

*D. José María Cañas Plaza*

*Tesis Doctoral*



*Director: Dr. Vicente Matellán Olivera*  
*Tutor: Dr. Gregorio Fernández Fernández*

---

# Contenidos

1. Introducción
2. Estado del arte
3. Jerarquía Dinámica de Esquemas (JDE)
4. Implementación
5. Experimentos
6. Conclusiones

# 1.- Introducción

- Robótica móvil
- Generar comportamiento autónomo
- Falta flexibilidad
- Tareas complejas
- ¿Problema tecnológico o teórico?

## Arquitectura

*La organización de las capacidades sensoriales, de procesamiento y de acción para conseguir un repertorio de comportamientos inteligentes interactuando con cierto entorno*

- Repertorio de comportamientos
- Información desbordante, incierta
- Selección de acción, atención
- La arquitectura condiciona el comportamiento observable

## Objetivos

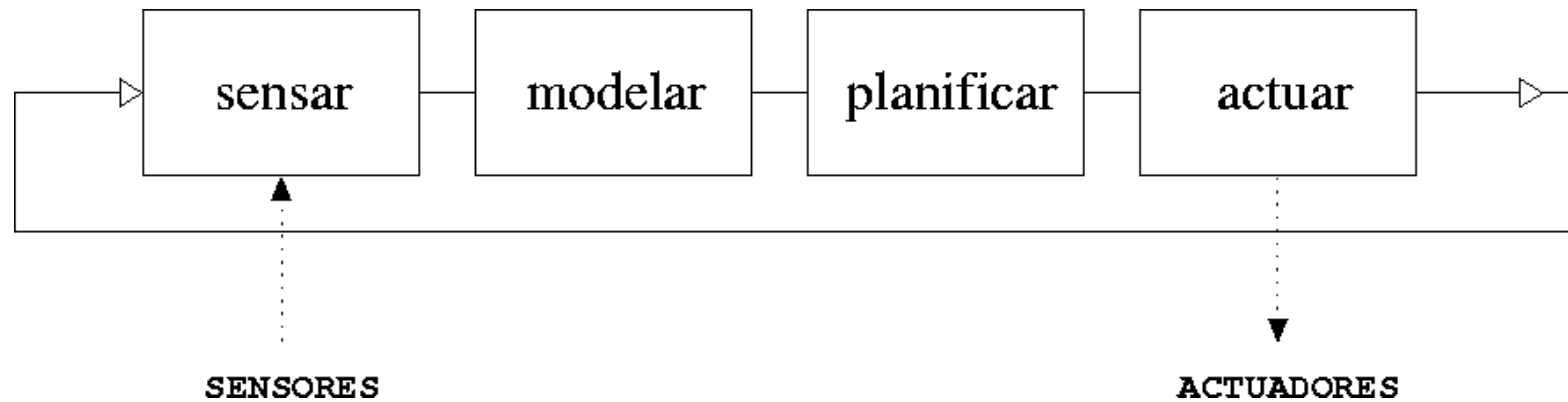
*Diseñar una arquitectura de control*

- Analizar el estado del arte
- Evaluar la arquitectura propuesta
- Desarrollar una arquitectura software
- Generar un repertorio limitado de comportamientos

## 2.- Estado del arte

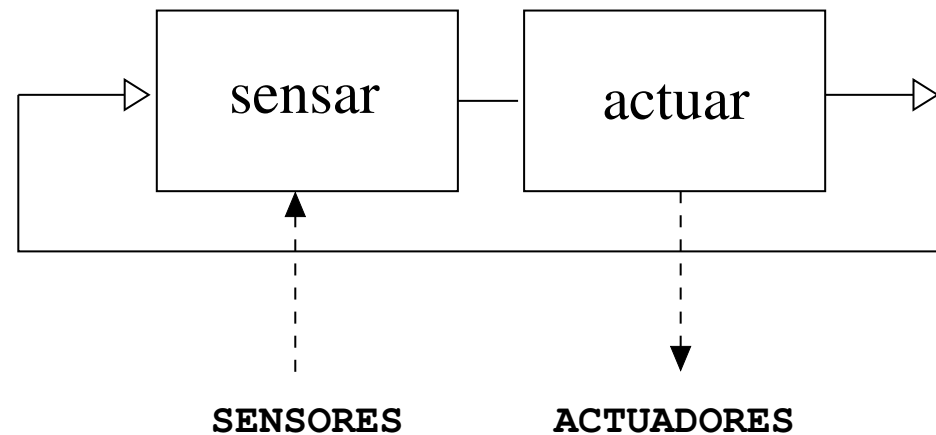
- Escuela deliberativa
- Escuela reactiva
- Sistemas basados en comportamientos
- Sistemas híbridos
- Etología

## Escuela deliberativa



- Curso específico de acción: planificación y ejecución
- Percepción objetiva y modelado del mundo
- Abstracción funcional
- Shakey [Nilsson,1969], Hilare [Giralt et al,1983], RCS [Albus,1993]
- Frágil y lento

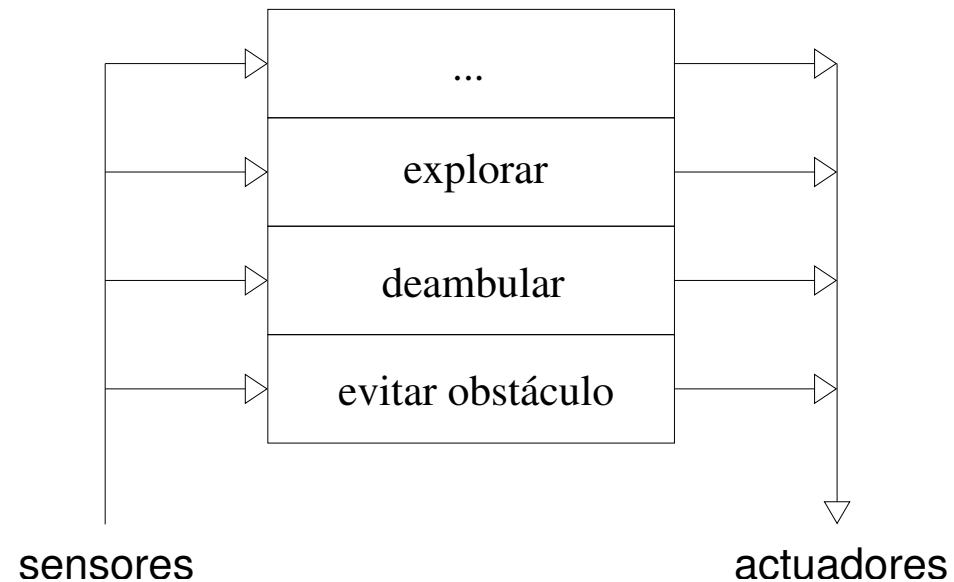
## Escuela reactiva



- Interacción continua con el entorno, acción situada
- Percepción subsimbólica
- Autómatas, Pengi [*Agre,1987*], [*Payton,1990*]
- No escala

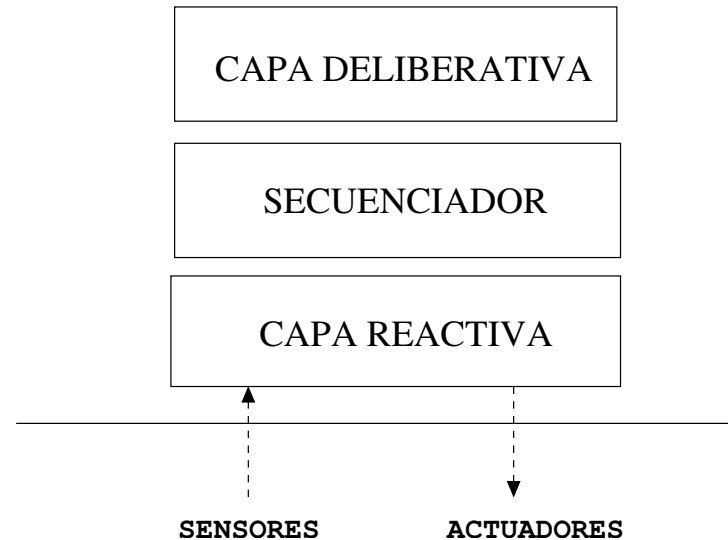


## Sistemas basados en comportamientos



- Reactividad
- Subsunción: suprimir salidas y suplantar entradas
- *[Brooks,1986], [Arkin,1989], [Maes,1989]*
- No escala bien

## Sistemas híbridos



- Capa deliberativa: razonamiento simbólico
- Capa reactiva: procesos que se activan discrecionalmente
- 3T [Bonasso et al,1997], TCA [Simmons,1994], Saphira [Konolige,1998]
- Niveles fijos

## 3.- Jerarquía Dinámica de Esquemas

### Hipótesis de partida

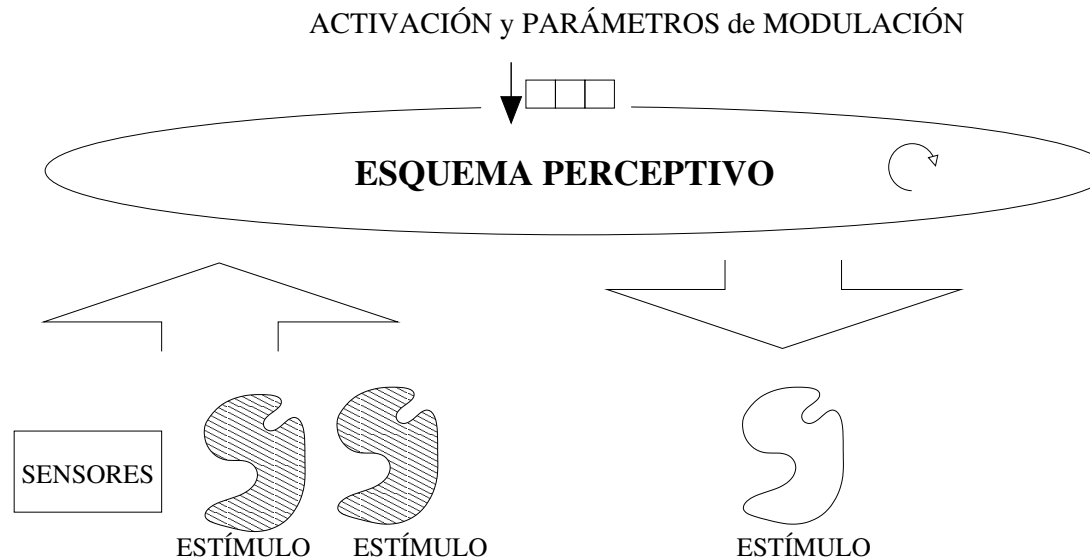
- Comportamiento = percepción y control
- Fragmentación en unidades (**esquemas**) asíncronas concurrentes
  - de percepción elaboran estímulos
  - de actuación toman decisiones
- La colección de esquemas se organiza en **jerarquía**

## Esquemas

Un **esquema** es un flujo de ejecución independiente, con un objetivo

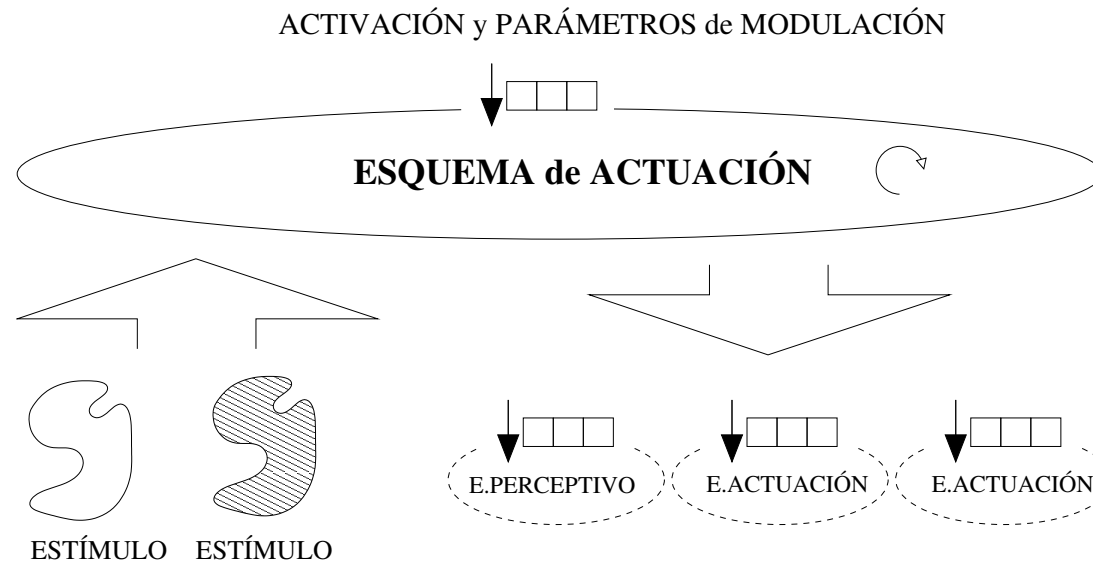
- Iterativo
- Se puede activar y desactivar a voluntad
- Modulable a través de parámetros
- Esquemas perceptivos y de actuación
- Su funcionalidad se usa despertándolo y modulándolo

## Esquemas perceptivos



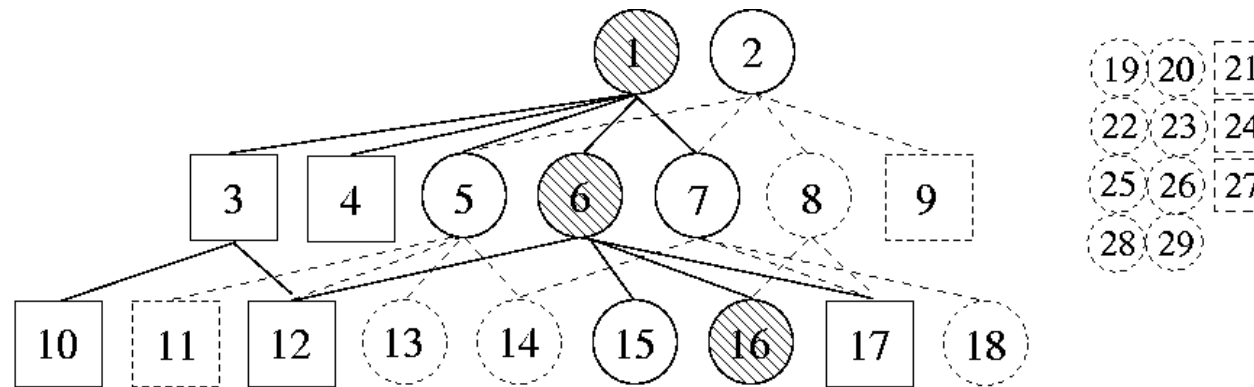
- Producen estímulos y los mantienen actualizados (**anclados**)
- Simples lecturas sensoriales, transformaciones más elaboradas o depender de otros estímulos menos abstractos
- Estados: DORMIDO o ACTIVO

## Esquemas de actuación



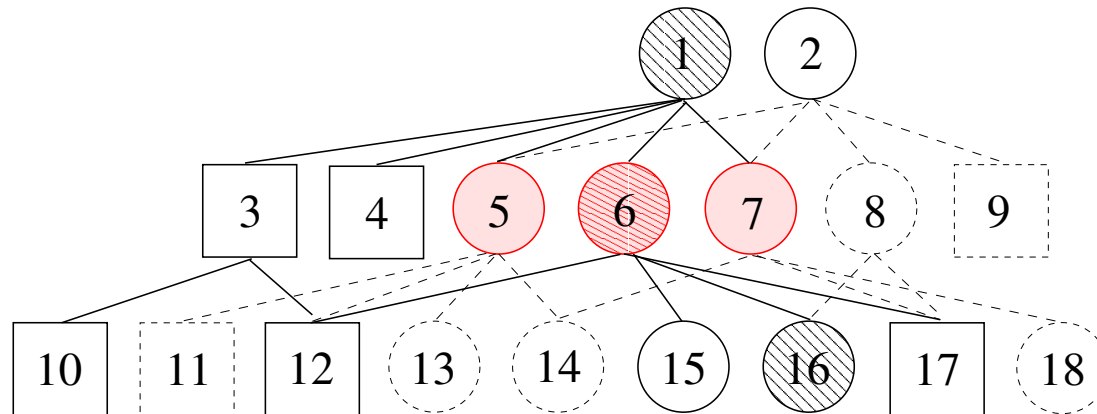
- Toman decisiones de actuación para conseguir o mantener un objetivo
- Su salida pueden ser comandos a los actuadores o la activación y modulación de otros esquemas hijos
- Estados: DORMIDO, ALERTA, PREPARADO o ACTIVO

## Jerarquía



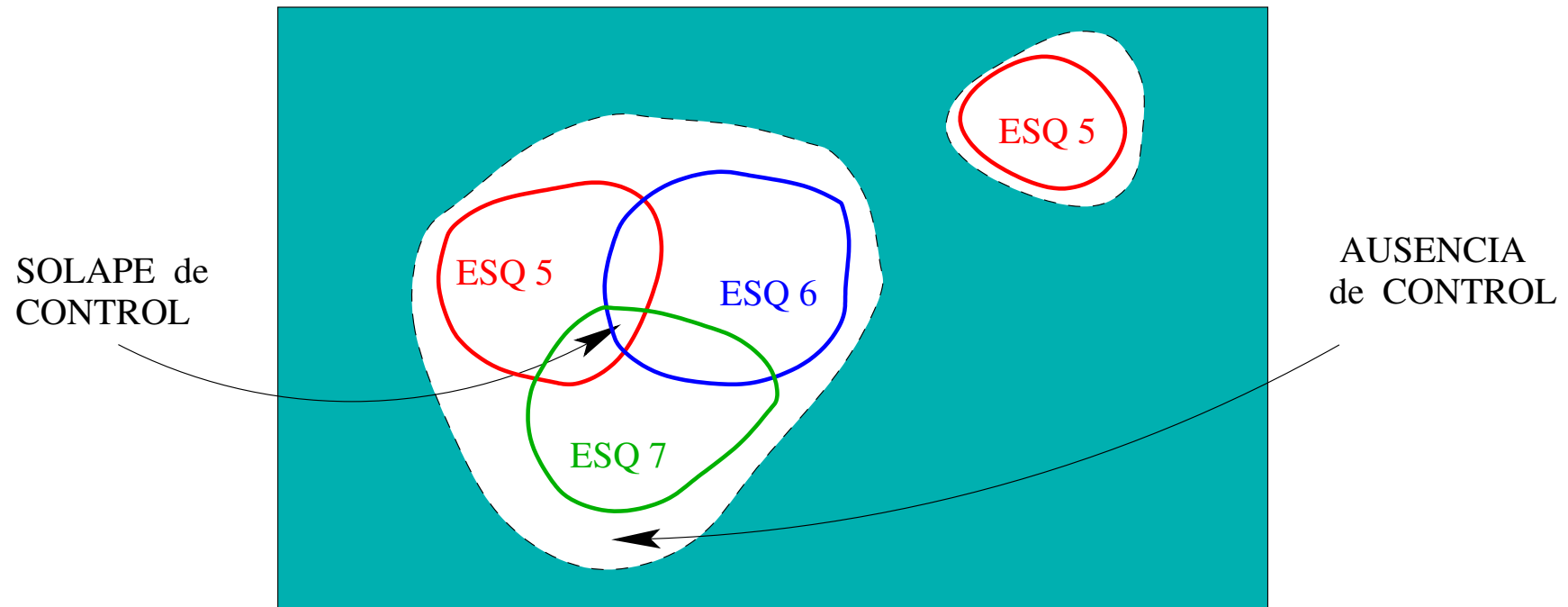
- Los esquemas despiertos se ejecutan asíncrona y concurrentemente
- Los esquemas se estructuran en jerarquía, donde hay **padres** e **hijos**
- Se construye y reconfigura dinámicamente
- Es específica de cada comportamiento
- El número de niveles depende de la complejidad de la tarea

## Selección de acción



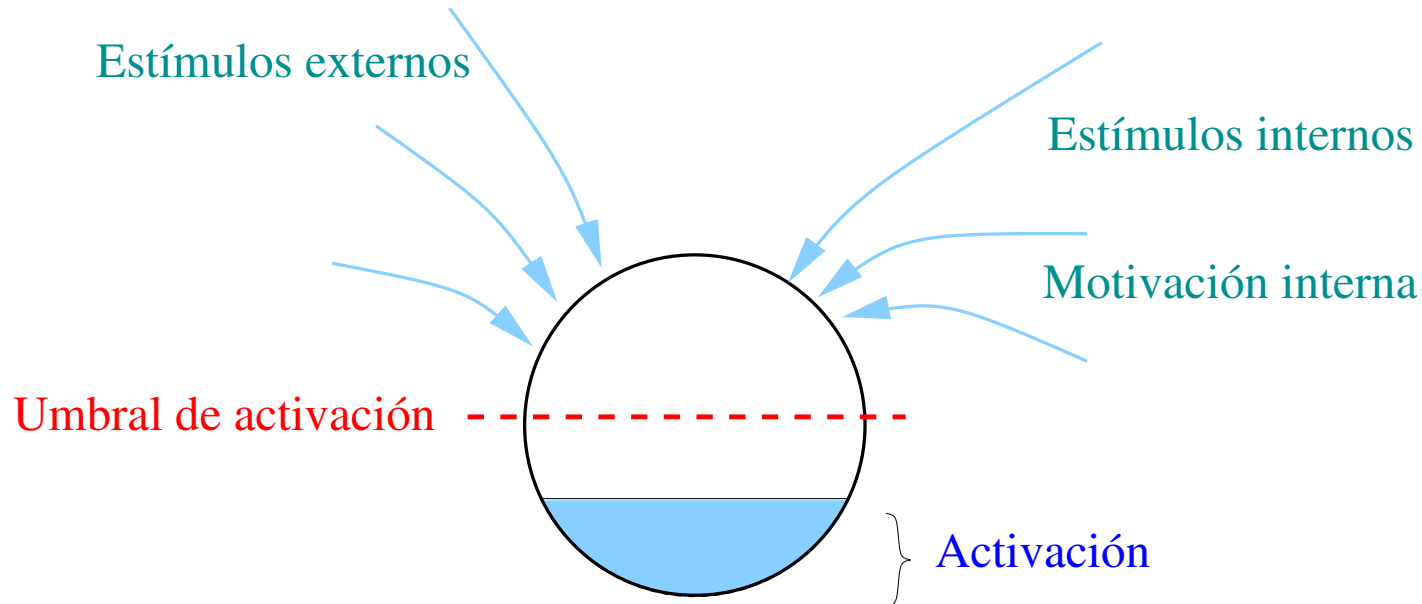
- Distribución: una competición por nivel
- El padre determina el paso de DORMIDO a ALERTA
- La situación determina el paso de ALERTA a PREPARADO
- De PREPARADO a ACTIVO se resuelve con un arbitraje





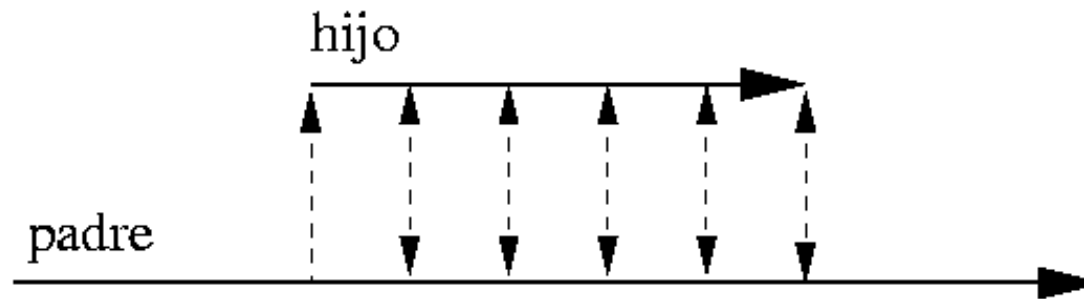
- Precondiciones configuran regiones de activación
- Arbitraje explícito en colisiones y vacíos de control

## Suma aditiva de estímulos



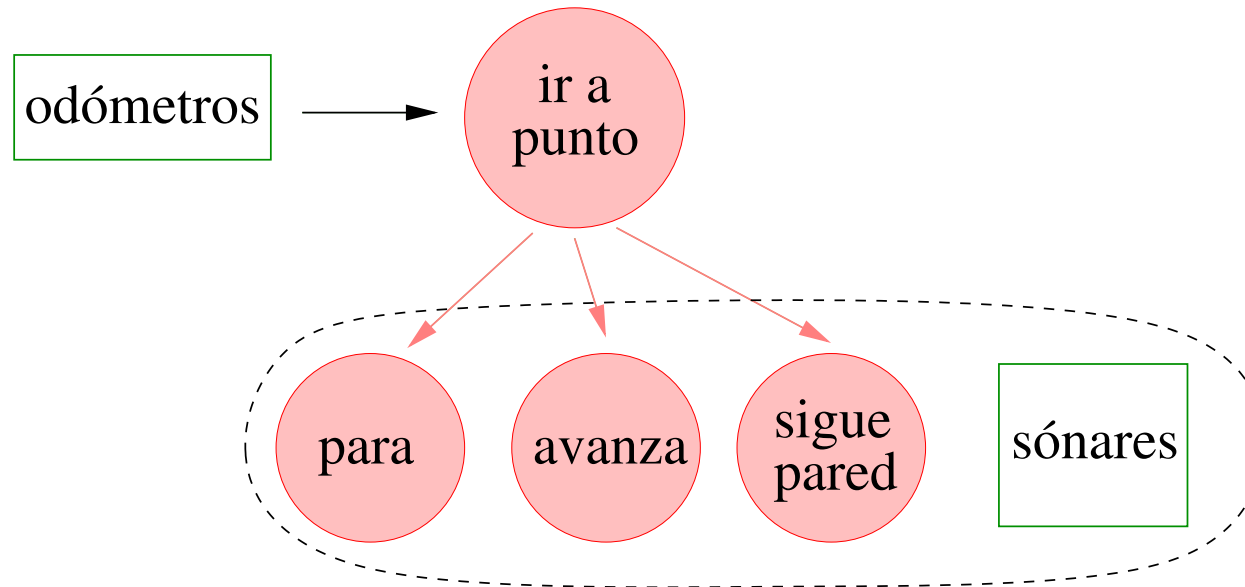
- Varios estímulos pueden disparar las precondiciones
- Inspiración etológica: percepción gestáltica

## Monitorización continua



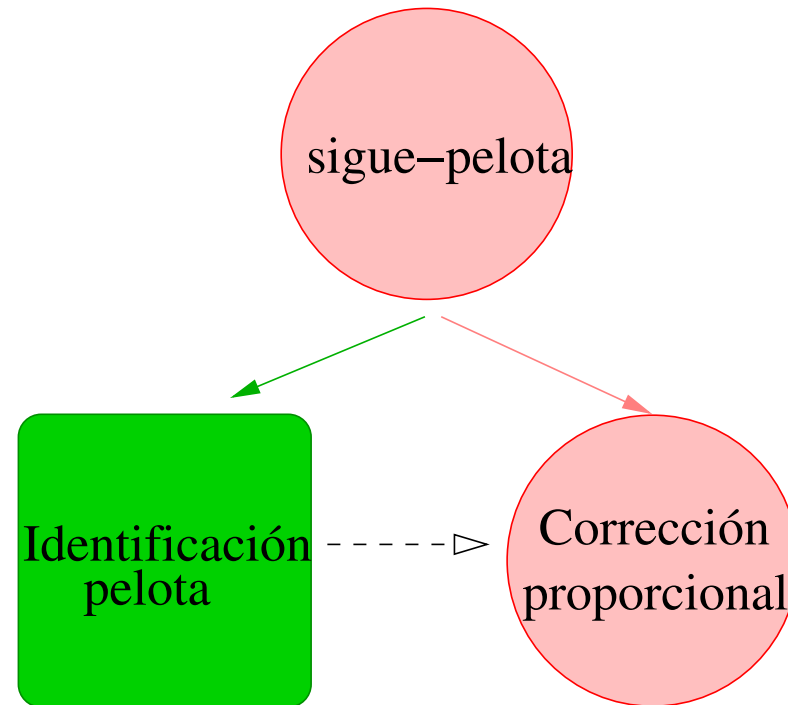
- El padre monitoriza iterativamente los resultados de sus hijos
- Puede cambiar su modulación o cambiar de hijos cuando le convenga
- Modulación continua con parámetros
- No descomposición funcional

## Jerarquía como predisposición



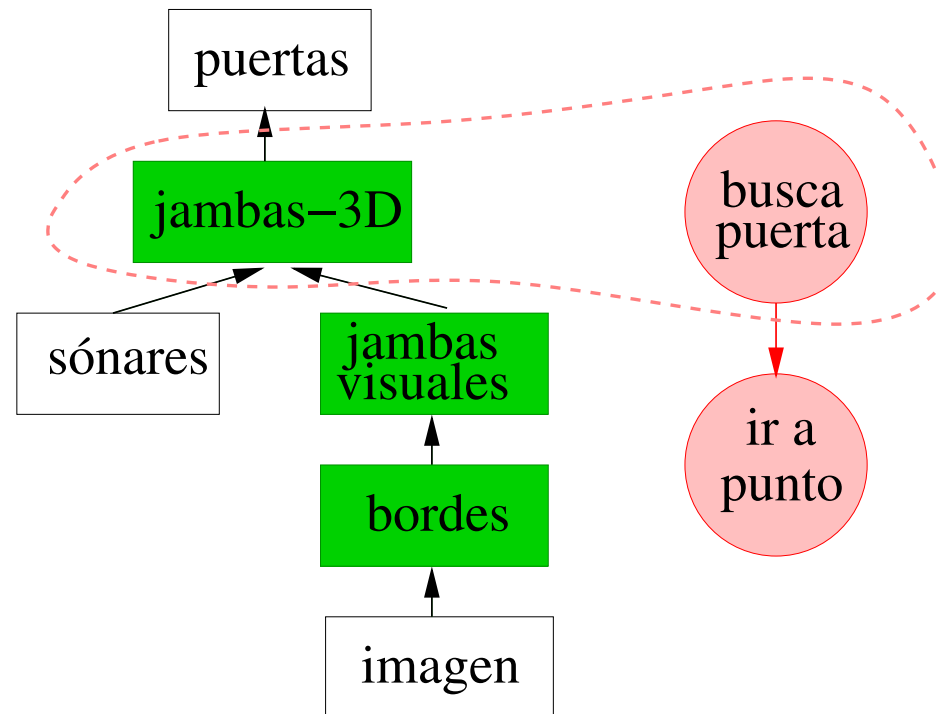
- ALERTA  $\neq$  ACTIVO
- Influencia de etología: estímulos clave, reflejos encadenados...
- Secuencias flexibles

## Percepción situada



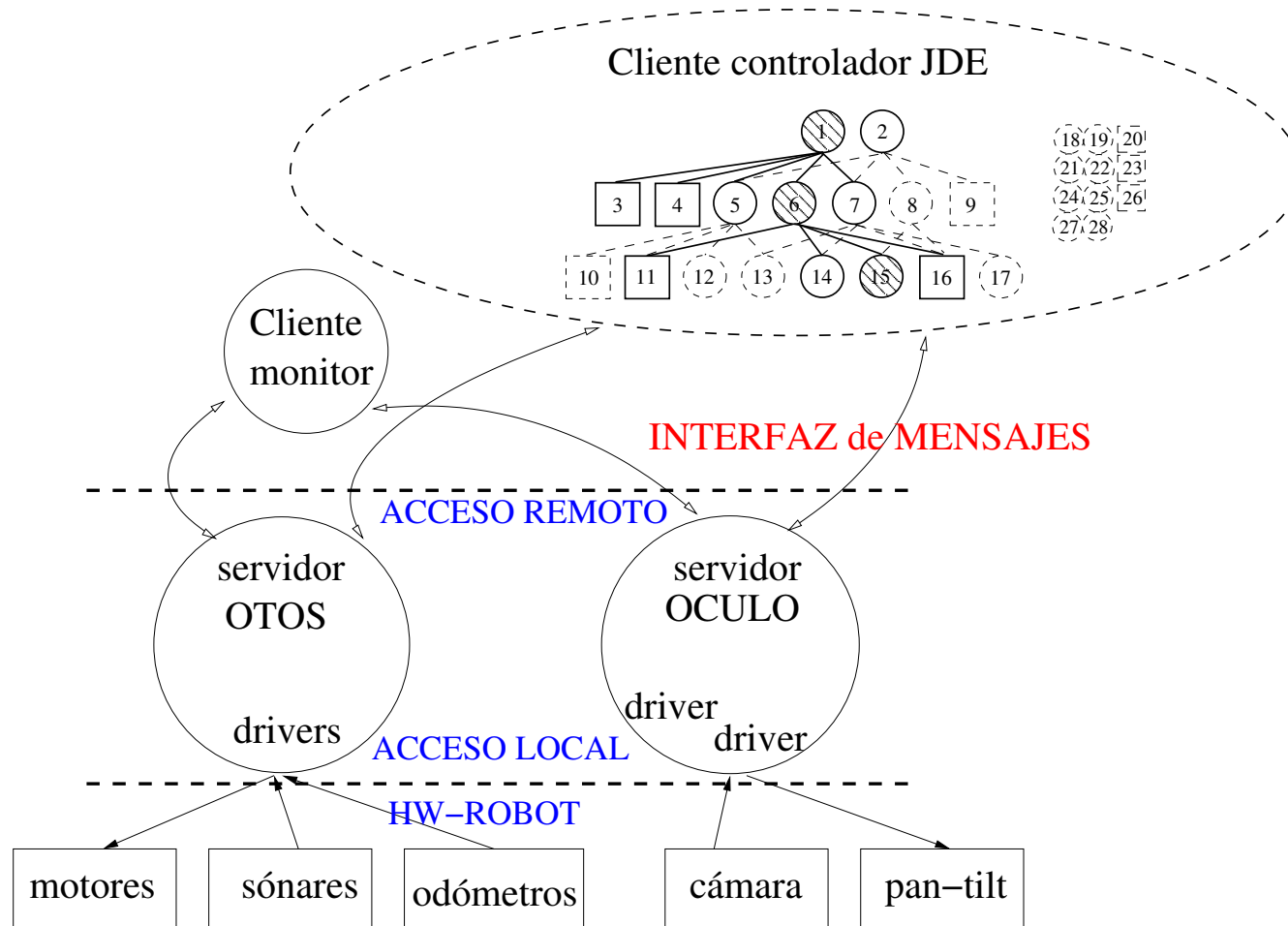
- Coordinación entre percepción y actuación
- Carácter subsidiario de la percepción
- Sólo se buscan los estímulos que interesan (**atención**)

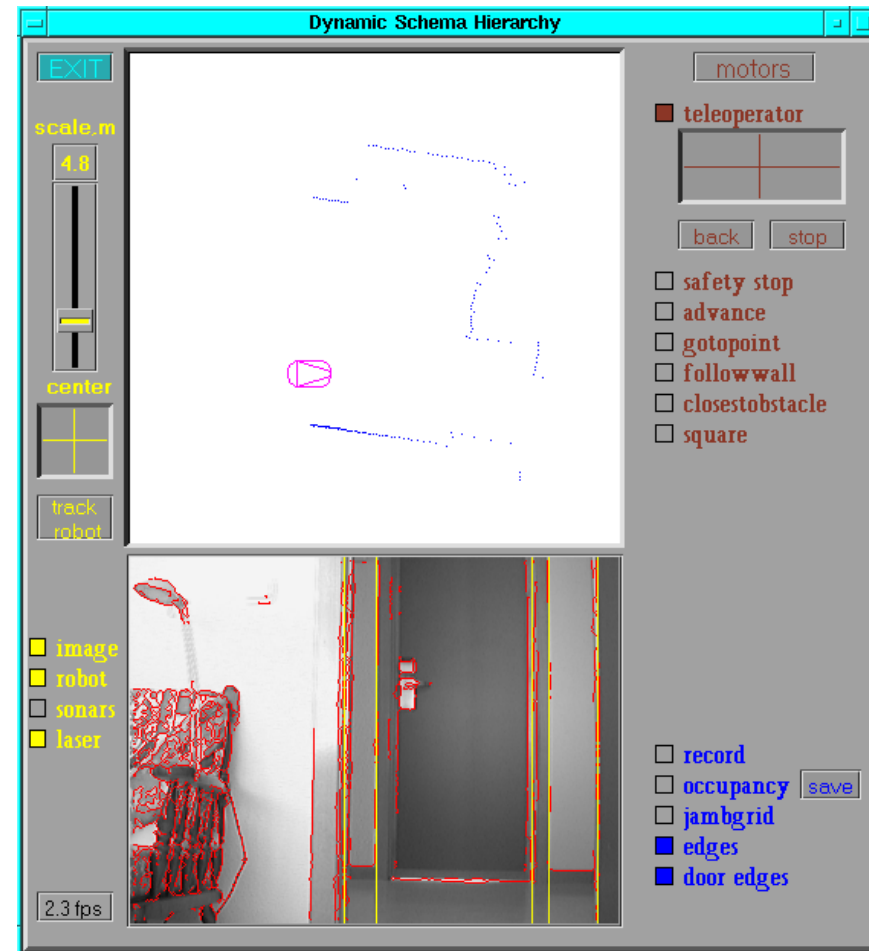
## Percepción estructurada



- Jerarquía de estímulos
- Interpretación y contexto de percepción
- Percepción activa

# 4.- Implementación



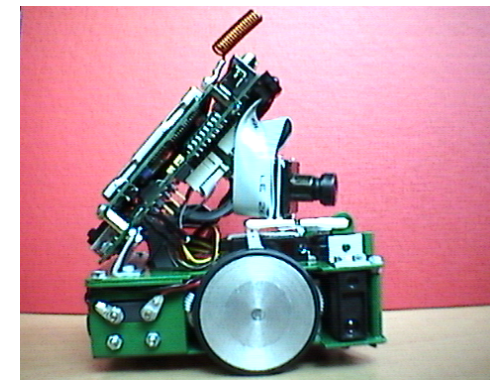
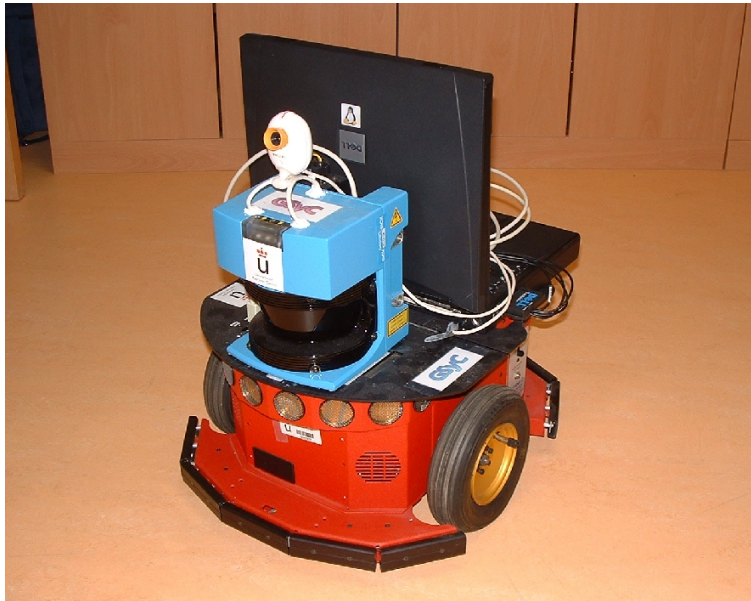




## Esquemas como hebras

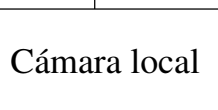
- Ejecución iterativa en bucle infinito
- Pausa controlada
- Estímulos y parámetros de modulación como variables compartidas
- Función de arbitraje explícito
- Lista de hermanos
- Multiplataforma
- Pthreads, variables condición, cerrojos

## 5.- Experimentos

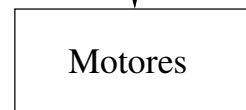
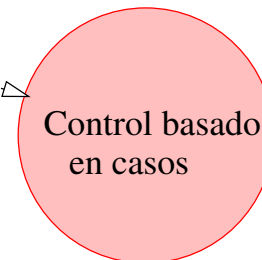


## Actuación: taxias

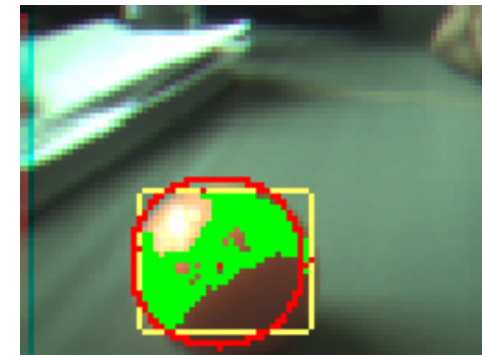
ESQUEMA PERCEPTIVO



ESQUEMA MOTRIZ

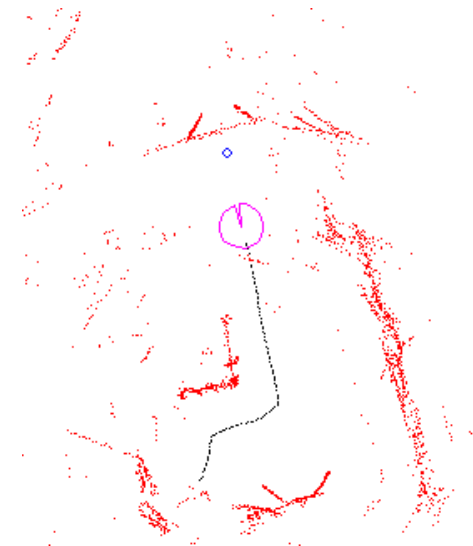
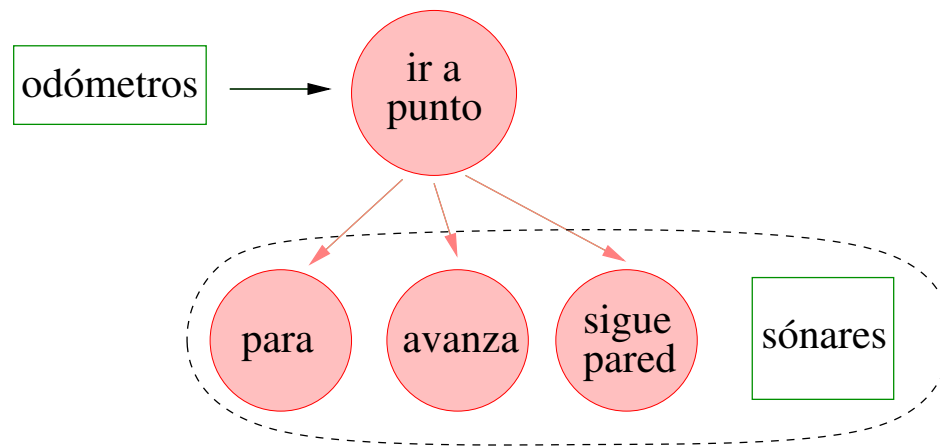


frontera  
segmentada



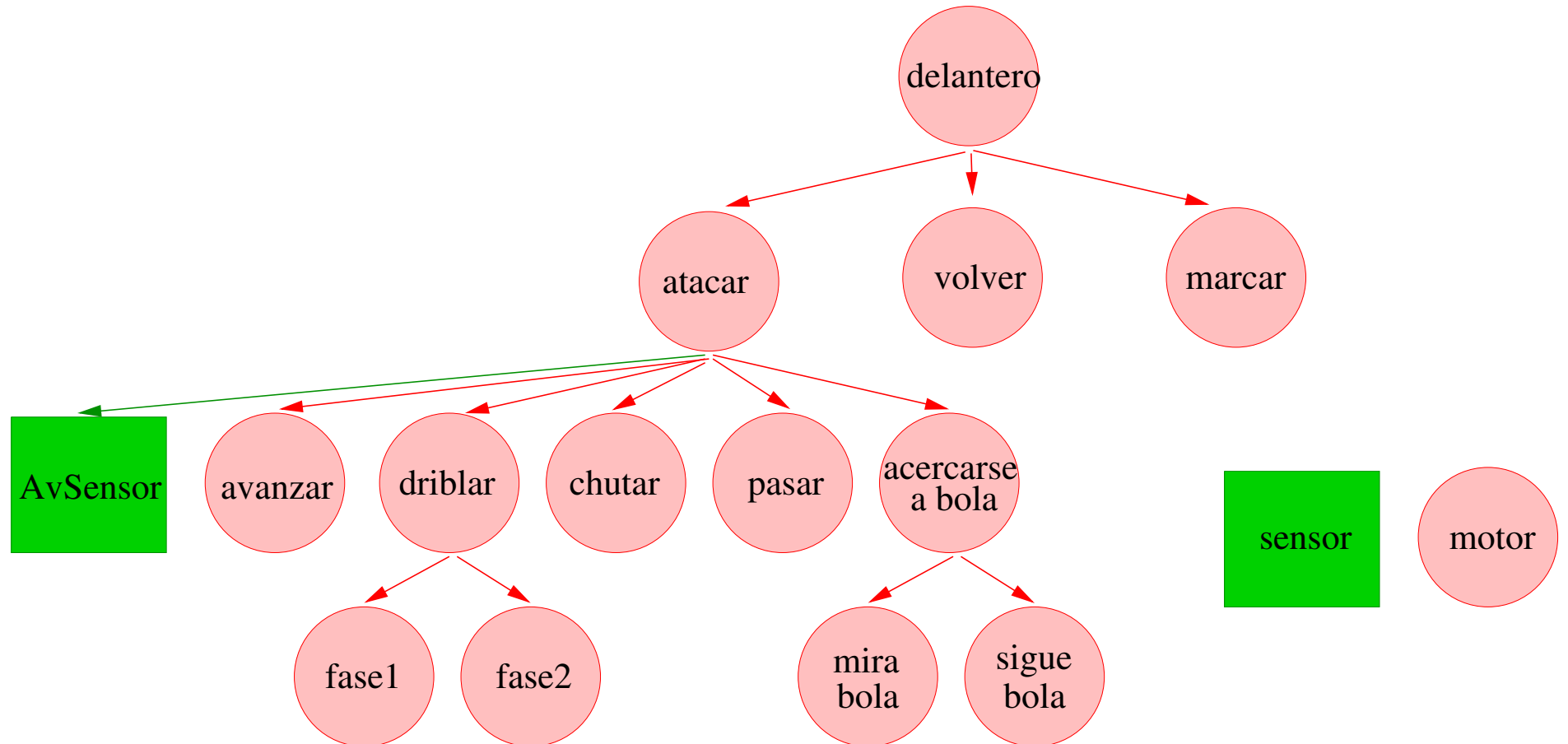
- Separación entre percepción y actuación
- Comportamientos sigue-pared, sigue-bola
- Comportamiento avanza-rápido-sorteando-obstáculos

## Actuación: jerarquías simples

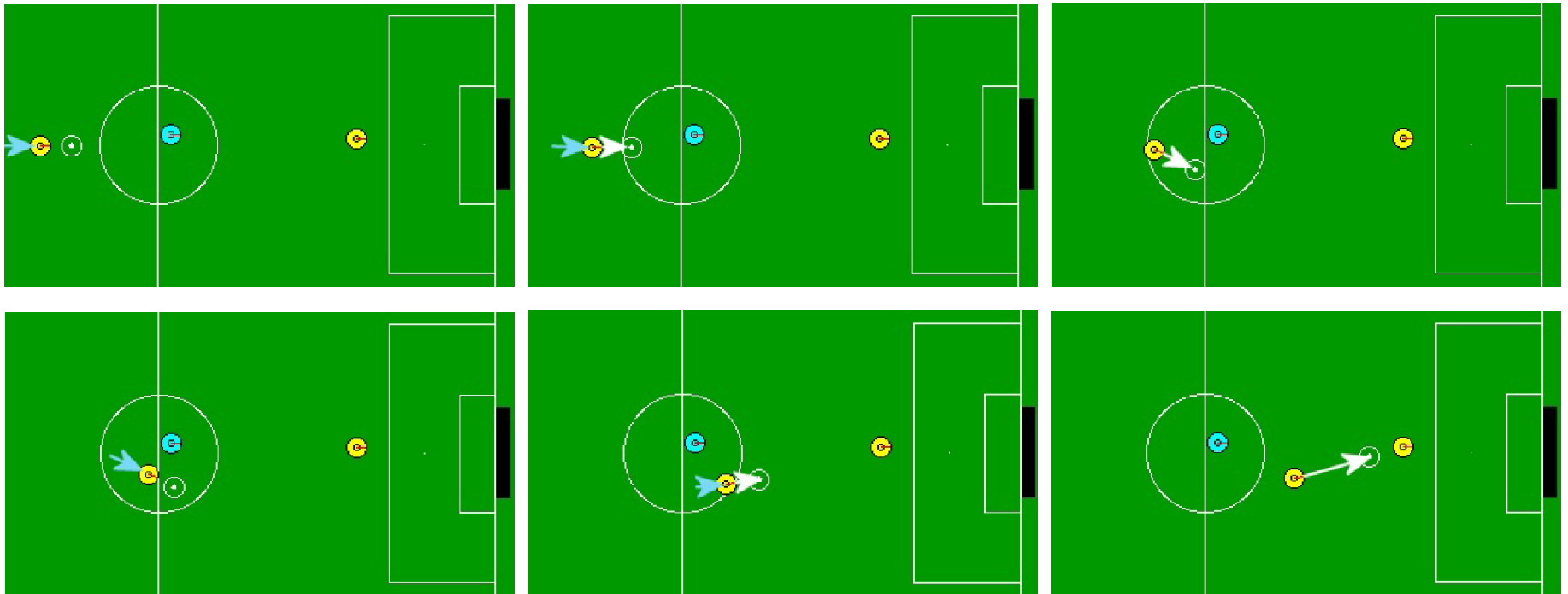


- Comportamiento ir-a-punto
- Comportamiento saque-de-banda

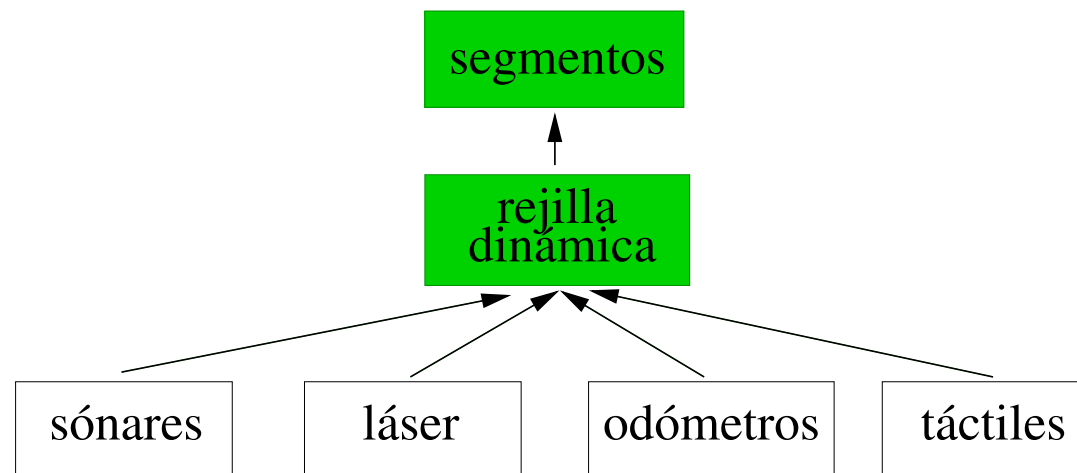
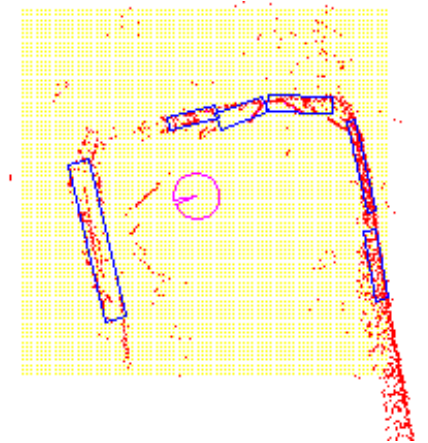
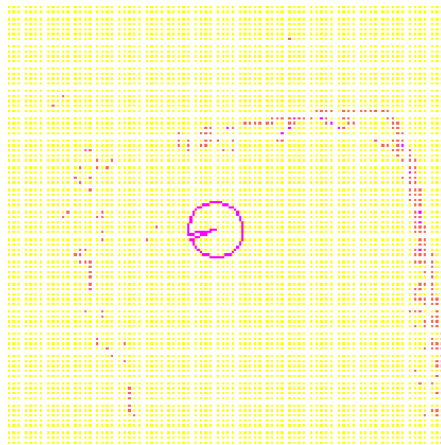
## Actuación: jerarquías complejas



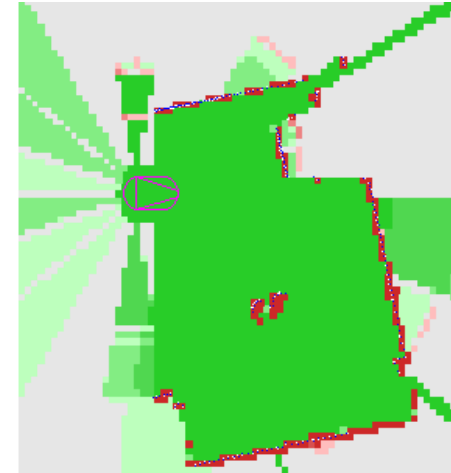
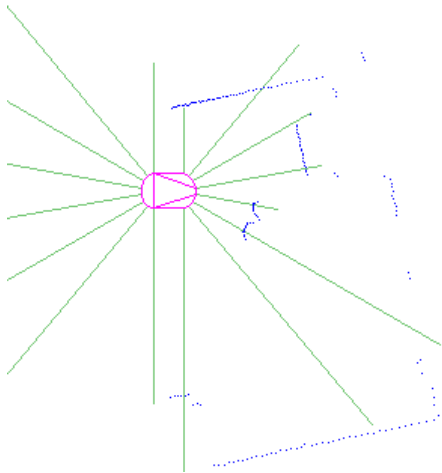
## Actuación: jerarquías complejas



## Percepción: ocupación del entorno

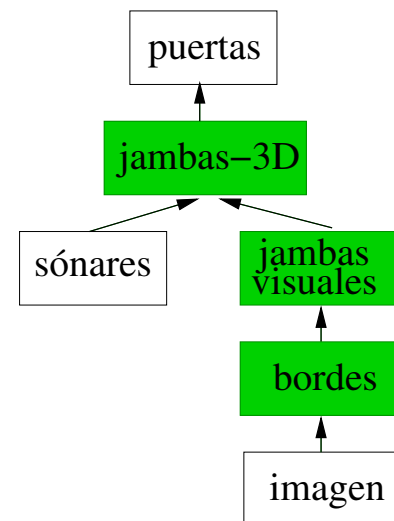
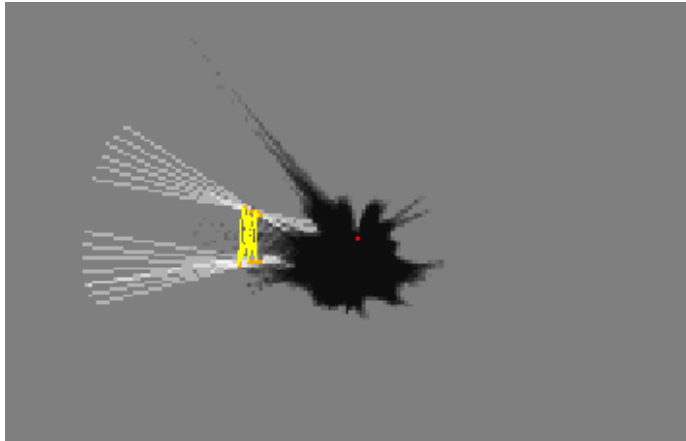


## Anclaje, dinamismo





## Percepción estructurada: puertas



## 6.- Conclusiones

- Diseño de una arquitectura escalable, JDE
- Análisis crítico del estado del arte
- Comparativa de JDE con otras arquitecturas
- Validación de la arquitectura con experimentos reales

## Aportes

- Jerarquía permite escalar en complejidad
- Incrementalidad aditiva
- Inclusión de la percepción en la arquitectura
- Enlace entre robótica y etología

## Limitaciones

- No hay aprendizaje, ni memoria
- Hay que anticipar todos los casos

## Líneas futuras

- Mejorar la implementación (p.e. instancias de esquemas)
- Realizar más experimentos
- La etología puede aportar mucho (p.e. variables internas)

---

# Jerarquía Dinámica de Esquemas para la generación de comportamiento autónomo

*D. José María Cañas Plaza*

*Tesis Doctoral*



*Director: Dr. Vicente Matellán Olivera*  
*Tutor: Dr. Gregorio Fernández Fernández*

---