

# Robots Móviles

## Presentación y normas de la asignatura

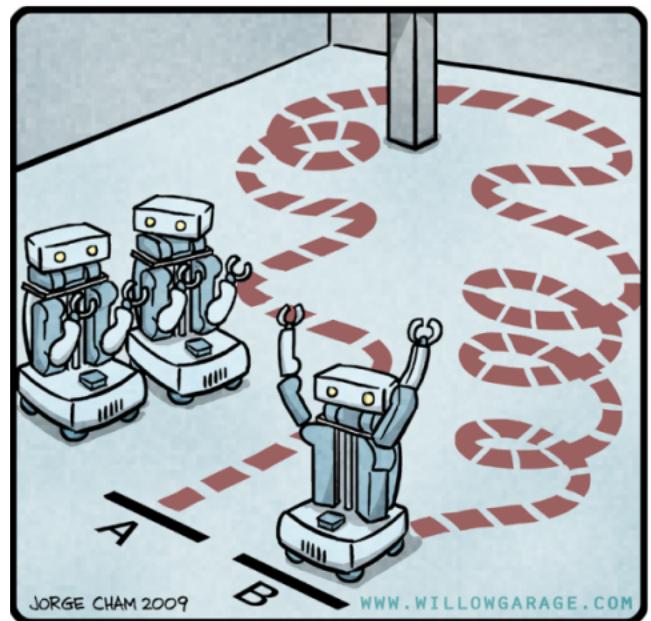
Otto Colomina Pardo  
Dpto. Ciencia de la Computación e IA

# Índice

**Contenidos**  
**Organización**  
**Evaluación**

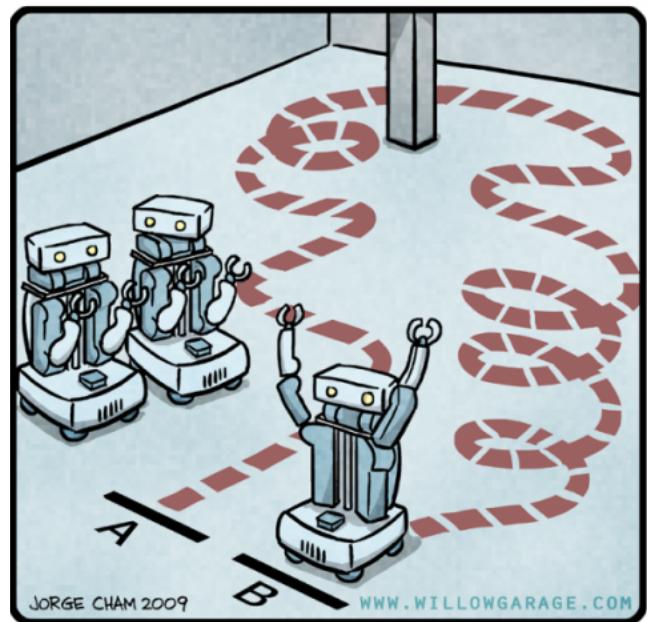
# El problema de la robótica móvil

En su variante más básica, el problema de los robots móviles **simplemente** es llegar del punto A al B transportando algo o para poder realizar allí una tarea



# ¿Qué significa "ir del punto A al punto B"?

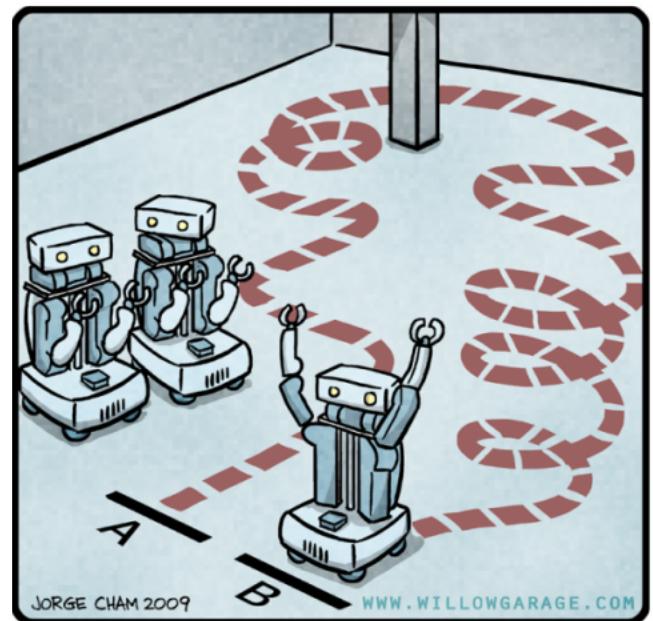
- Dónde estoy (localización)
- A dónde quiero ir, cuál es la mejor trayectoria para hacerlo
  - Necesitamos un mapa, puede que lo tengamos que crear (mapeado)
  - De entre todas las trayectorias posibles, ¿cuál es la óptima? (planificación de trayectorias)
- Cómo moverme para seguir la trayectoria planificada (cinemática)



"HIS PATH-PLANNING MAY BE  
SUB-OPTIMAL, BUT IT'S GOT FLAIR."

# ¿Qué significa "ir del punto A al punto B"?

- Mientras me estoy moviendo
  - Localizarme continuamente
  - No chocar con los obstáculos por el camino (percepción del entorno, evitación de obstáculos)
  - Replanificar si un camino no es posible (p.ej. puerta cerrada)
  - Cómo coordino la ejecución de todos estos procesos (arquitectura de control)

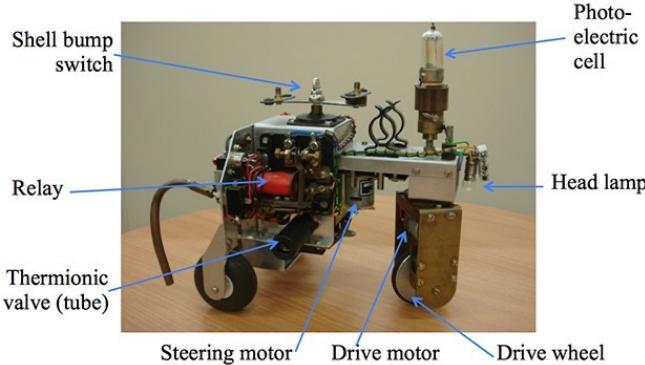
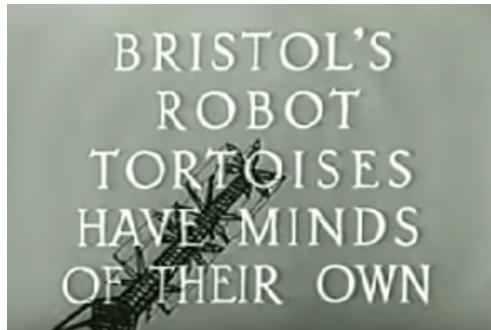


# Temario

- Tema 1: Sistemas de locomoción y tipos de robots
- Tema 2: Cinemática de los robots móviles
- Tema 3: Localización y mapeado de un robot móvil
- Tema 4: Planificación de trayectorias y navegación
- Tema 5: Métodos de evitación de obstáculos

# Las "tortugas" de Grey Walter (1951)

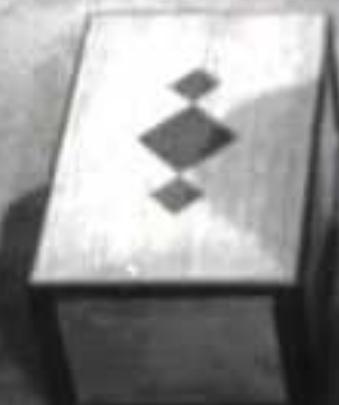
Dispositivos puramente electromecánicos (*sin programación*) que con circuitos sencillos sorprendentemente podían realizar comportamientos “complejos” (*ir hacia la luz/evitarla, “evitar” obstáculos*) ([más info](#))



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



ATH

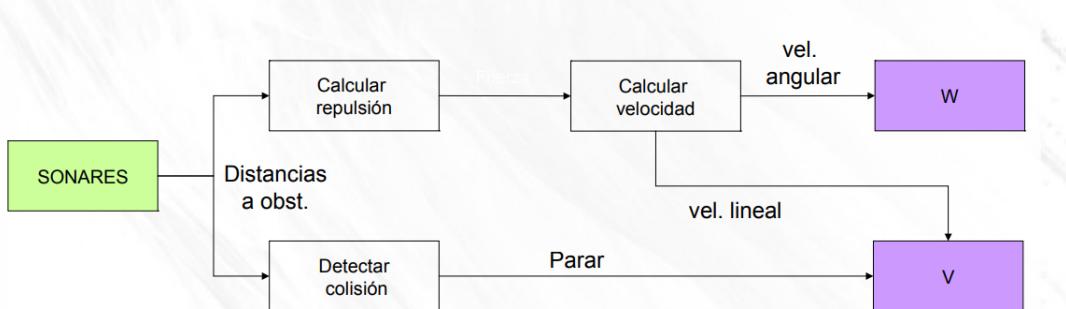
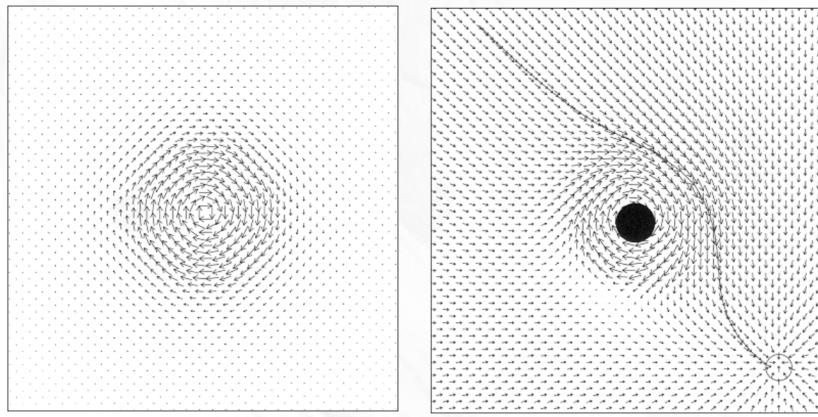


# Robótica reactiva (80s) (*tema 4*)

Combinación de conductas elementales

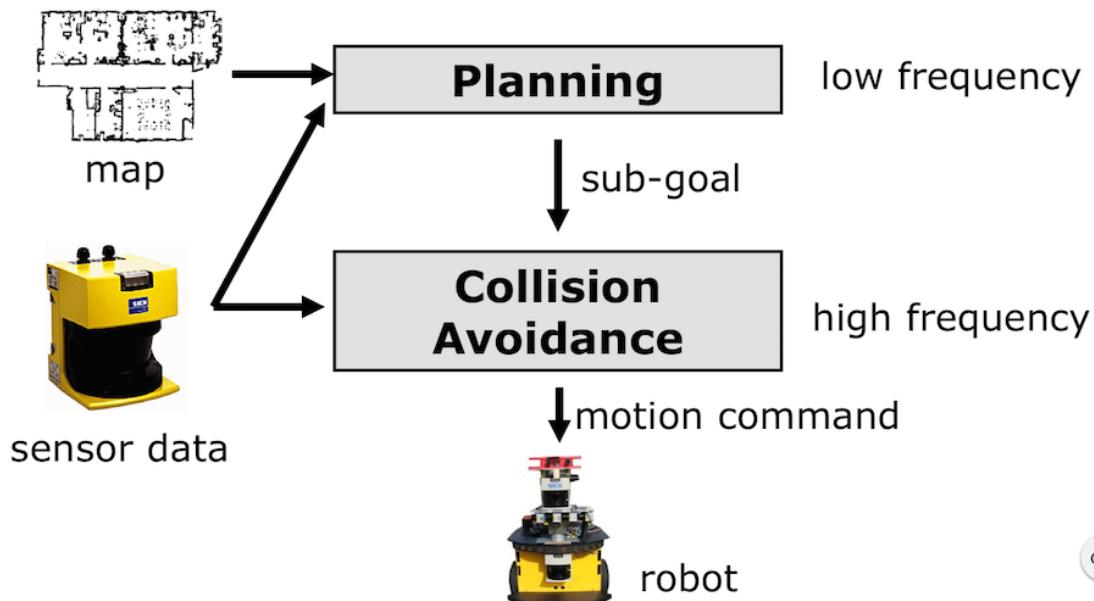
Permite resolver el cálculo de trayectorias y la evitación de obstáculos

No necesitamos mapa



# Arquitecturas robóticas en la actualidad (tema 4)

## Classic Two-layered Architecture



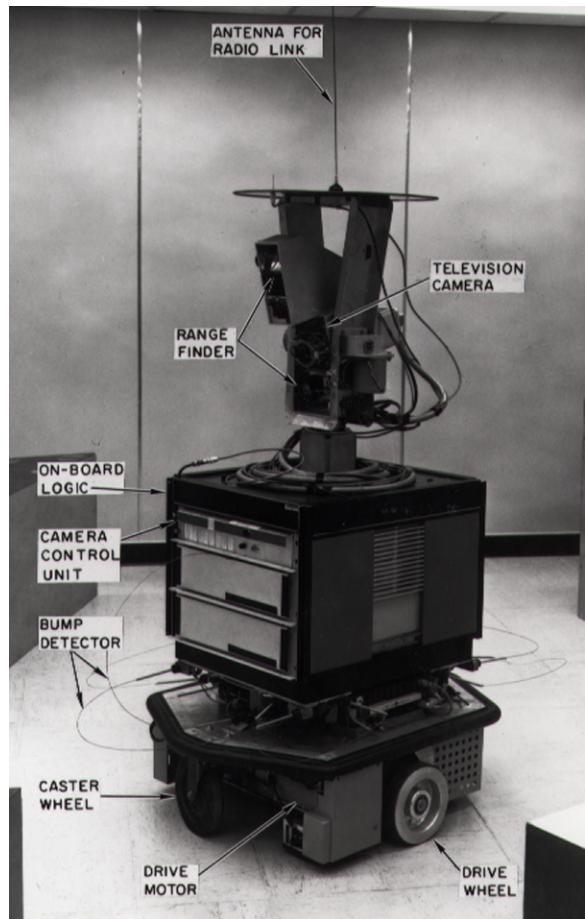
# Shakey (1966-1972)

El primer robot móvil de propósito general basado en visión y capaz de razonar sobre sus propias acciones

- Cálculo de la trayectoria óptima ( $A^*$ , grafo de visibilidad)
- Percepción basada en visión 2D (detección de líneas mediante la transformada de Hough)
- Planificación de tareas (STRIPS)

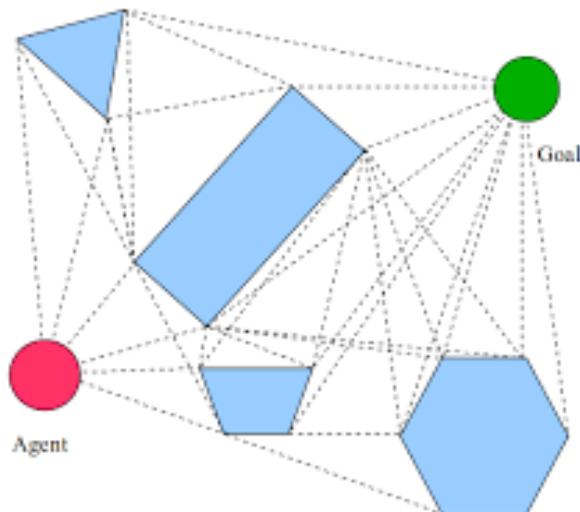


[Video: Shakey: Experiments in Robot Planning and Learning \(1972\)](#)



# Planificación de trayectorias (*tema 4*)

- Calcular grafo de visibilidad
- Aplicar algoritmo de búsqueda de camino más corto en grafos (por ejemplo, A\*)



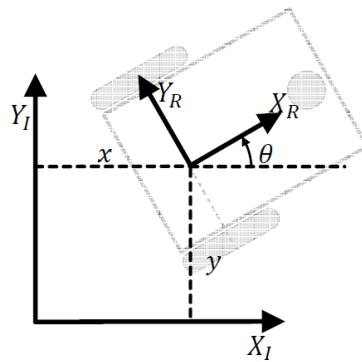
# Control del movimiento (*tema 2*)

## Cinemática de movimiento

- Tipos de ruedas y sus distintas restricciones
  - Restricciones de movimiento
  - Error en la odometría
- Cinemática del movimiento

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = f(\phi_1 \dots \phi_n, \theta, geometry)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{\phi}_1 \\ \vdots \\ \dot{\phi}_n \end{bmatrix} = f(\dot{x}, \dot{y}, \dot{\theta})$$

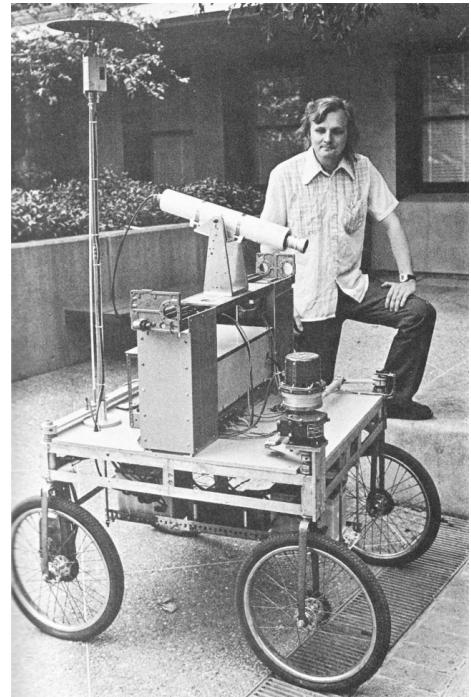


# Stanford cart (1966-1979)

- Paradigma see/think/act
- Percepción 3D con visión estéreo
- Mapas 3D



Hans Moravec con el carro de Stanford,  
alrededor de 1977



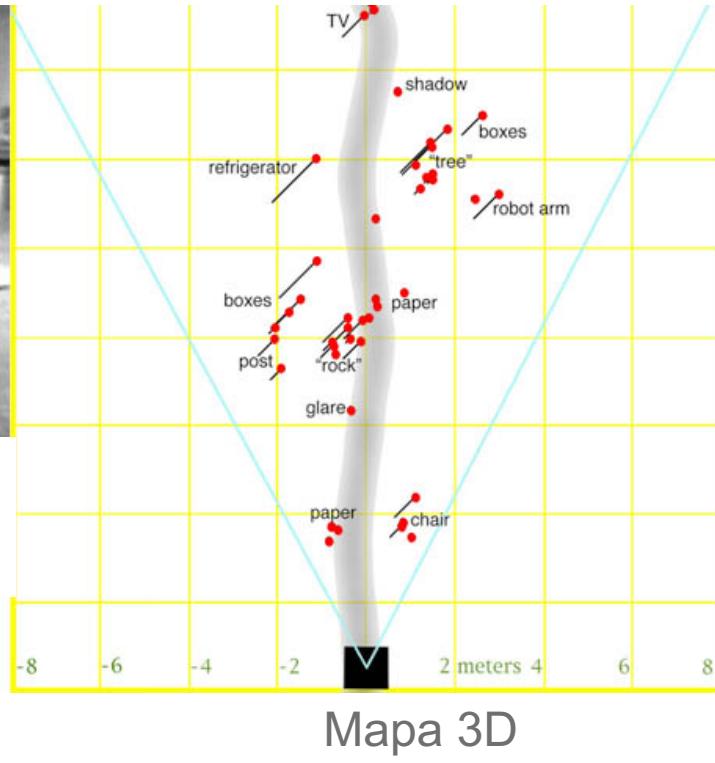
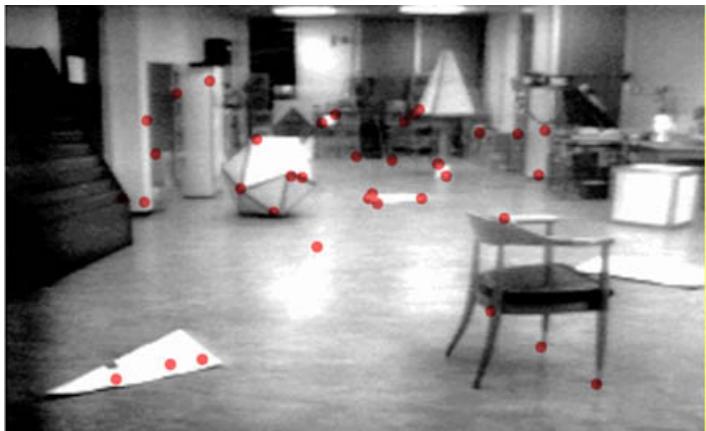
# **Stanford Cart**

## **October 25, 1979**

**seen from back of room**

In 1979, el carro cruzó una habitación llena de sillas de modo autónomo en unas cinco horas. El carro se movió en intervalos de un metro intercalados con pausas de quince minutos para hacer procesamiento de imágenes y cálculo de trayectorias

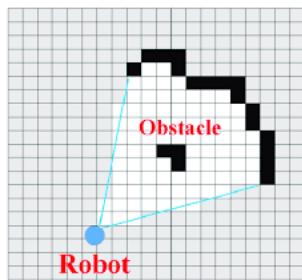
# Mapeado en el carro de Stanford



Detección de características

# Mapeado con rejillas de ocupación (*tema 3*)

Desarrollados por Moravec y otros durante los 80



Para poder aplicar estos algoritmos debemos tener resuelta la localización del robot

# Localización (*tema 3*)

## ¿Dónde estoy?

### 1. Consulta información de los sensores

- Ruido en los sensores
- Modelo de error

### 2. Movimiento del robot

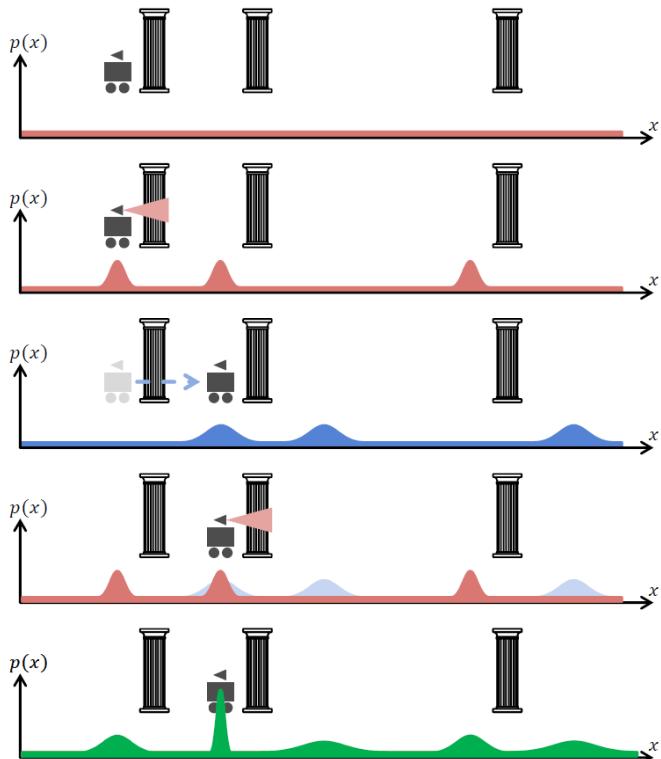
- Estimación del movimiento basada en odometría
- Acumulación de incertidumbre

### 3. Consulta sensores

- Detección de marcadores, localización

### 4. Actualización posición del robot

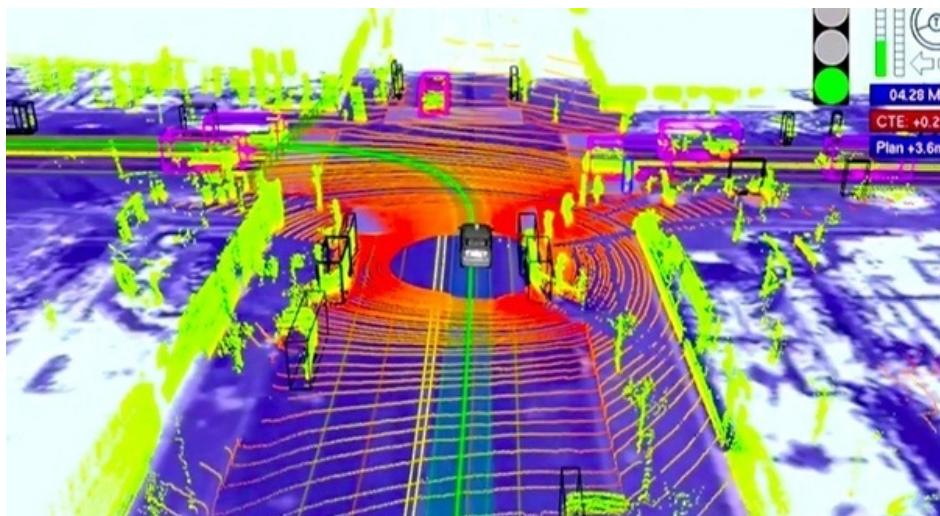
- Conocimiento



# SLAM (*tema 3*)

## Simultaneous Localization And Mapping

- Localizar un robot en la escena requiere de un mapeado previo
- Mapear el entorno requiere conocer la pose del robot
  - “El problema del huevo y la gallina”



# Índice

Contenidos  
Organización  
Evaluación

# Docencia dual 😞 en clase de teoría

- **Explicaciones teóricas** (aprox. 45 minutos)
  - Se grabarán y dejarán en la web si es posible
  - Para complementar, es posible que haya algún video corto adicional o artículos a leer, a veces se dejará tiempo de clase para ello
- **Ejercicios** (aprox. 30 minutos)
  - Ejercicios a realizar de manera individual en clase
- **Preparación de los trabajos en grupo** (aprox. 25 minutos)
  - Búsqueda/estudio de material
  - Resolver dudas
  - Puesta en común (dentro de lo posible... 😔)

# Docencia dual 😞 en clase de prácticas

- Las 2-3 sesiones iniciales serán **guiadas**
- En general, todo el tiempo de la clase será de **trabajo autónomo** y yo estaré para resolveros dudas
- Algunas sesiones se podrá **trabajar con los robots reales**, cuando os toque venir presencialmente

# Asistencia

- En general, no es obligatoria ni en teoría ni en prácticas
- Eso sí, para hacer prácticas en casa necesitaréis un software específico (ROS)
- Sí que habrá algunas semanas de trabajo presencial con el robot, y esas semanas tendréis que venir (cada uno/a cuando le toque)



# Índice

Contenidos  
Organización  
Evaluación

# Evaluación

- Prácticas (50% nota)
- Ejercicios de clase (25% nota)
- Trabajos en grupo (25% nota)

# Prácticas evaluables (50% nota)

- Práctica 1: Introducción a ROS y evitación de obstáculos (10%)
- Práctica 2: Mapeado y localización (30%)
- Práctica 3: Programación de tareas en robots móviles (40%)
- Sesiones de trabajo con el robot: **PRESENCIALES** (20%)

# Ejercicios de clase (25%)

- El objetivo es consolidar los conceptos vistos en clase de teoría
- Se deben realizar y terminar durante el horario de clase (se entregan en la web), **no se admitirán entregas posteriores**
- Algunos podrán hacerse sobre papel y otros requerirán ordenador, cuando vaya a hacer falta ordenador avisaré con antelación (para que los que vengáis en presencial lo podáis traer)

# Trabajos en grupo (25%)

- Trabajos sobre temas complementarios o que no se pueden ver en profundidad en la asignatura
- 2 trabajos durante el curso, a desarrollar en **grupos de 2-3 personas**. Reservaremos un tiempo de cada clase a avanzar en el trabajo
- Idealmente un trabajo debería tener una parte de conceptos y otra parte práctica (tutorial de un software, ejemplo de aplicación de un algoritmo, demo...), aunque podría haber trabajos totalmente teóricos
- Entregable del trabajo: video (Youtube o similar) y/o documento
- Estas primeras semanas no empezamos todavía, más adelante se publicará
  - Una lista de posibles temas, aunque podéis proponer los vuestros
  - Una guía de evaluación (p. ej. Se valorarán más los trabajos con parte práctica, con video, ...)