

# a15 ROBOTS AUTÓNOMOS

## a15-00 - guía aprendizaje

### Robots Autónomos



El objetivo general de la Robótica cognitiva computacional es la construcción de máquinas "inteligentes" que sean capaces de percibir e incluso modelar el estado del entorno dinámico en el que se desenvuelven y que actúen tomando como referencia esa información. Así es como se define el bucle básico de control que plantea una serie de grandes retos a disciplinas tales como la electrónica, la mecánica, la matemática aplicada y, muy especialmente, la informática y, en particular, la inteligencia artificial.

Los robots autónomos se han desarrollado como una especialidad de la Robótica cognitiva computacional, impulsada por aplicaciones muy específicas del programa espacial de la NASA (proyectos de exploración y navegación autónomas) y por programas de intervención robotizada (supervisada por agentes humanos) en catástrofes y en situaciones de emergencia en entornos rurales y urbanos, así como por proyectos convencionales de automatización industrial avanzada.

El desarrollo de los robots autónomos ha interactuado profundamente con algunas subdisciplinas de la Inteligencia Artificial como el razonamiento, la planificación y la visión computacionales. Este desarrollo sinérgico ha dado lugar a la consolidación de metodologías y técnicas muy significativas tales como la visión computacional y el aprendizaje automático que en los sistemas robotizados se ha centrado en el aprendizaje supervisado y por refuerzo e, incluso, en el aprendizaje interactivo basado en la imitación. Tras una primera etapa centrada en los sistemas robóticos puramente autónomos el interés actual dentro de esta disciplina se ha focalizado en la interacción humanos-robots que plantea nuevos retos al evolucionar los robots desde "simples" máquinas autónomas a agentes "sofisticados" capaces de interactuar no sólo con entornos físicos sino incluso con agentes humanos. En la asignatura abordamos únicamente una parte especializada de una problemática tan amplia y nos centramos fundamentalmente en la navegación autónoma de robots móviles (terrestres y aéreos) para lo cual se ha estructurado la

asignatura en tres temas:

Tema 1.- Introducción a la navegación de robots móviles y arquitecturas de control.

Tema 2.- Navegación autónoma basada en mapas topológicos visuales.

Tema 3.- Representaciones del espacio y planificación.

La impartición de estos tres temas es secuencial y las entregas y calificaciones de los correspondientes trabajos se realiza independientemente. La calificación final resulta de promediar, con el mismo peso, las notas obtenidas en cada tema, siendo lógicamente muy recomendable realizar las tres entregas para cursar con éxito la asignatura. Este criterio se aplica tanto en la convocatoria ordinaria como en las extraordinarias.

El programa y la bibliografía específicas pueden consultarse en esta misma aula virtual y en el correspondiente apartado de cada uno de los tres temas.

!Profesorado

![(http://dia.fi.upm.es/masteria/sites/default/files/styles/medium/public/dmaravall.jpg?itok=\_7AOLgwn)]

Darío Maravall Gómez-Allende, Catedrático de Universidad (**Coordinador**)

e-mail: dario.maravall @upm.es ; despacho 2207

Tutorías: Martes (12:00-15:00), Jueves (12:00-15:00) ; se recomienda contactar previamente por correo electrónico

![(http://dia.fi.upm.es/masteria/sites/default/files/styles/medium/public/javierdlope.jpg?itok=DqTLreY0)]

Javier de Lope Asiaín, Profesor Titular de Universidad

e-mail: [jdlope@fi.upm.es](mailto:jdlope@fi.upm.es), despacho 4123

Tutorías: Lunes (11:00-13:00), Miércoles (11:00-13:00)

![([http://dia.fi.upm.es/masteria/sites/default/files/styles/medium/public/nik.jpg?itok=x\\_Lkn2po](http://dia.fi.upm.es/masteria/sites/default/files/styles/medium/public/nik.jpg?itok=x_Lkn2po))

Nik Swoboda, Profesor Contratado Doctor

e-mail: [nswoboda@fi.upm.es](mailto:nswoboda@fi.upm.es), despacho 2205

Tutorías: Lunes (10:00-13:00), Miércoles (10:00-13:00)

## !Temario

La asignatura está estructurada en tres temas secuenciales

### **1. Introducción a la navegación de robots y arquitecturas de control.**

1.1 Introducción a la navegación de robots móviles y su desarrollo cronológico.

1.2 Sistemas de control.

### **2. Navegación autónoma basada en mapas topológicos visuales**

2.1 Mapas topológicos y grafos basados en información visual.

2.2.- Planteamiento y desarrollo de un sistema de navegación topológica visual para interiores de la Escuela como trabajo práctico de este tema de la asignatura.

### **3. Representaciones del espacio y planificación.**

**Nota: consultar en cada uno de los tres temas el desarrollo docente y su**

## **bibliografía específicos, así como su documentación propia .**

### **!Bibliografía**

Cada uno de los tres temas de la asignatura tiene su bibliografía y documentación específicas. No obstante, puede consultarse el siguiente texto como una referencia orientativa y genérica:

- Dudek, G., Jenkin, M. (2010) Computational Principles of Mobile Robotics, Cambridge University Press (2nd edition).


### **!Guía de aprendizaje y calendario**

Guía de aprendizaje de la asignatura 2018/2019

Calendario académico 2018/2019

- 

#### **Información de la asignatura**

-  (<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/forum/1568361107/icon>) Foro de NoticiasForum](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/forum/view.php?id=148328>)

- 

#### **Enlaces**

-  (<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/url/>)

[1568361107/icon](https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/url/view.php?id=220278))Página del grupo de Robótica Cognitiva ComputacionalURL](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/url/view.php?id=220278>)

- [!](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/core/1568361107/f/pdf-24>)Presentación de la asignatura, curso 2019File](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/resource/view.php?id=990761>)

Presentación de la asignatura, curso 2019 ( 17 de septiembre)

## Prácticas

Not available

## Wiki/Glosario






Not available

## Tests

Not available

## Tema 1. Navegación de robots y arquitecturas de control

- [!](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/core/1568361107/f/pdf-24>)Transparencias Tema 1File](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/resource/view.php?id=802423>)
- [!](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/core/1568361107/f/pdf-24>)Computational EthologyFile](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/resource/view.php?id=912594>)
- [!](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/url/1568361107/icon>)Simulador V-REPURL](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/url/view.php?id=802424>)
- [!](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/core/1568361107/f/unknown-24>)Ejemplo de escenaFile](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/resource/view.php?id=808588>)

-  (<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/core/1568361107/f/unknown-24>) Ejemplo de cliente en Python (client.py) File (<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/resource/view.php?id=808586>)
-  (<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/url/1568361107/icon>) Tutorial de Python (inglés) URL (<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/url/view.php?id=305297>)
-  (<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/url/1568361107/icon>) Tutorial de Python (español) URL (<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/url/view.php?id=305298>)
-  (<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/forum/1568361107/icon>) Foro Tema 1 Forum (<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/forum/view.php?id=158258>)
-  (<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/assign/1568361107/icon>) Entrega práctica 1 Assignment (<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/assign/view.php?id=587127>)

## Tema 2. Mapas Topológicos visuales

En este tema abordamos el paradigma de la navegación autónoma con **mapas topológicos visuales**, que se inspiran en el concepto de mapas cognitivos espaciales, modelados básicamente como **grafos** en los que los nodos están asociados a lugares relevantes (landmarks) definidos fundamentalmente por información visual ampliable a otras modalidades de información perceptiva tales como audio, olor, sabor, tacto etc, y en los que los arcos pueden asociarse a acciones de bajo nivel (orientaciones y distancias) o de alto nivel (estrategias de actuación). El trabajo práctico del tema consistirá en el desarrollo y pruebas (estáticas y dinámicas) de un navegador mediante mapas topológicos visuales en dos entornos de interiores de la Escuela, de elección voluntaria. Sensu stricto, al no disponerse de robots físicos, el trabajo práctico se centra en el desarrollo y **testeo estático y dinámico** de un reconocedor de las imágenes de los landmarks del entorno de navegación. El testeo estático se basa en la evaluación cruzada del reconocedor desarrollado en la práctica contra el data set de las imágenes de los landmarks. El testeo dinámico se realiza contra vídeos de recorridos grabados por los alumnos. Estos trabajos prácticos se pueden realizar individualmente o en equipo, **con un**

**máximo de seis personas por equipo.** La secuencia prevista de las clases de este tema durante el actual curso académico 2019/ 2020 es la siguiente:

**1ª clase ( 8 de octubre de 2019) : planteamiento del trabajo práctico: sistema de navegación en dos posibles entornos de la Escuela [ ascensor B2- Aula A3202/ ascensor B4 -Aula 3202 ]**

2ª clase ( 15 de octubre de 2019) : fundamentos teóricos de los mapas topológicos visuales.

**3ª clase ( 22 de octubre de 2019) : diseño y evaluación estática y dinámica del reconocedor de landmarks visuales. Planificación del desarrollo y presentaciones de los trabajos prácticos.**

**4ª clase( 29 de octubre de 2019) : primera entrega : presentaciones en clase de los mapas topológicos visuales( grafos y data sets de los landmarks visuales) y de los vídeos fpv( perspectiva subjetiva) de recorridos del entorno escogido por cada equipo ( máximo de 6 personas por equipo). Al final de cada presentación se hará entrega de la presentación powerpoint en formato pdf. Los data set de imágenes de los landmarks y lo videos fpv no hay que entregarlos.**

**Pruebas presenciales( previa petición: [dario.maravall@upm.es](mailto:dario.maravall@upm.es)) : martes 5, 12 y 19 de noviembre de 2019 en el despacho D2207**

**Finalizadas las anteriores clases y formados ya los equipos de prácticas, los cuales habrán escogido y presentado públicamente su entorno de navegación y el correspondiente mapa en la clase del 29 de octubre, se iniciará a continuación el proceso de evaluación final de la Práctica a partir del martes 5 noviembre de 2019 y finalizando antes del martes 26 de noviembre de 2019. La evaluación final consistirá en las presentaciones de los resultados obtenidos en la evaluación estática y dinámica del navegador. La presentación/ entrega final se realizará en el despacho del profesor( D2207) en el turno previamente asignado a cada equipo de prácticas. Esta última entrega y presentación final de la práctica se basará (aparte de justificar la eficiencia " estática" del reconocedor sobre el data set de imágenes de los landmarks) en las pruebas dinámicas del navegador contra vídeos de recorridos fpv del entorno escogido captados por el equipo. Estas entregas y presentaciones finales se realizarán en el despacho [ D2207 del DIA] del profesor del tema, previa solicitud y asignación por correo electrónico [ [dario.maravall@upm.es](mailto:dario.maravall@upm.es)] del correspondiente turno de evaluación final. Estas presentaciones finales se realizarán**

mediante el portátil del equipo de alumnos.

Los trabajos prácticos se podrán desarrollar individualmente o en equipos de un máximo de seis personas. Las presentaciones en clase(29 de octubre de 2019) de la 1ª entrega [ mapas y vídeos fpv de los recorridos del entorno escogido] se realizarán con power point en un tiempo máximo de 5 minutos y se entregará una memoria en formato pdf del trabajo realizado por cada equipo ( el data set de imágenes de landmarks y los vídeos fpv de recorridos no hay que entregarlos).

Insistimos en que las presentaciones finales de resultados( pruebas estática y dinámica) se efectuarán en el despacho del profesor [ D2207 de la 2ª planta del D.I.A. ] en la hora y día asignados a cada equipo para lo cual los equipos deberán ponerse previamente en contacto , mediante correo electrónico , con el profesor del tema: [dario.maravall@upm.es](mailto:dario.maravall@upm.es).

Los turnos se asignarán según disponibilidad por riguroso orden de recepción de la solicitud y se distribuirán preferiblemente entre los martes lectivos del mes de noviembre de 2019 en turnos de mañana o tarde . Las presentaciones serán muy breves y concisas y deberá entregarse una breve memoria. El plazo definitivo y final ( no prorrogable) de estas presentaciones de resultados es el martes 19 de noviembre de 2019, ya que el siguiente tema comienza el martes 26 de noviembre de 2019.

Finalmente, y sin ánimo de ser reiterativos, la entrega de los mapas de los entornos se realizará mediante una presentación física en la clase del martes 29 de octubre y, además, se entregará la versión pdf de la correspondiente presentación al finalizar la misma. Esta entrega del documento pdf del grafo del mapa es obligatoria y se tendrá en cuenta a la hora de la calificación global de la Práctica de Mapas Topológicos visuales, aparte de la defensa presencial de los resultados de las pruebas estática y dinámica en el despacho D2207.



Recordamos que la fecha tope para la presentación presencial de resultados( pruebas estática y dinámica) de esta Práctica es el 19 de noviembre de 2019 y no es posible prorrogarla, ya que a continuación comienzan las clases del siguiente tema de la asignatura el martes 26 de noviembre de 2019.

- [\[!\]\(https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/forum/1568361107/icon\)](https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/forum/1568361107/icon)Foro Tema 2Foro](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/forum/view.php?id=158259>)



- [](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/assign/1568361107/icon>)Entrega Tema 2Assignment](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/assign/view.php?id=380111>)
- [](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/core/1568361107/f/pdf-24>)Oficina grafoFile](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/resource/view.php?id=416477>)
- [](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/core/1568361107/f/pdf-24>)Monografia consulta Robots móvilesFile](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/resource/view.php?id=513706>)
- [](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/core/1568361107/f/powerpoint-24>)Memoria-ejemplo Práctica Mapas Topológicos curso 2015( equipo A)File](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/resource/view.php?id=593662>)
- [](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/core/1568361107/f/pdf-24>)Transparencias de clase-Fundamentos Mapas Topológicos visuales 2019File](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/resource/view.php?id=701473>)

Transparencias de las clases del tema 2 " Navegación mediante MapasTopológicos visuales"

- [](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/core/1568361107/f/pdf-24>)TFM Navegacion Mapas Topológicos 2016File](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/resource/view.php?id=711533>)
- [](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/core/1568361107/f/pdf-24>)Transparencias de clase-Reconocedor Práctica mapas topológicos visuales 2018File](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/resource/view.php?id=713893>)

Transparencias de clase para el diseño y evaluación del reconocedor de imágenes de landmarks obligatorio aplicando un reconocedor estándar q-NN y los histogramas como variables discriminantes.

Para aplicar las variantes opcionales ( eigen images , DPL-CNN, bag of words) hay que consultar otra documentación también colgada en el aula virtual o contactar con el profesor: [dario.maravall@upm.es](mailto:dario.maravall@upm.es)

Atención: estas transparencias sirven únicamente como resumen del reconocedor básico de la práctica( q-NN sobre histogramas) y las fechas que aparecen en dichas transparencias no tienen validez para el curso actual, ya que se refieren al anterior curso 2018; las fechas actualizadas para el curso actual 2019 se especifican en otras transparencias de esta aula virtual: "Planificación Práctica MapasTopológicos visuales del curso 2019."

- [\[!\]\(https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/core/1568361107/f/video-24\)](https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/core/1568361107/f/video-24)Vídeo prueba de recorrido fpv entorno de interiorFile](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/resource/view.php?id=714761>)
- [\[!\]\(https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/core/1568361107/f/pdf-24\)](https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/core/1568361107/f/pdf-24)Graph Metric MapsFile](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/resource/view.php?id=805660>)

Transparencias de clase de los mapas métricos basados en grafos.

- [\[!\]\(https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/core/1568361107/f/pdf-24\)](https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/core/1568361107/f/pdf-24)Eigen ImagesFile](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/resource/view.php?id=816487>)

Reconocimiento de imágenes mediante métodos de eigen images y Fisher images o transformaciones reductoras PCA y LDA.

- [\[!\]\(https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/core/1568361107/f/pdf-24\)](https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/core/1568361107/f/pdf-24)Bag of visual WordsFile](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/resource/view.php?id=816488>)

Reconocimiento de imágenes con el método " bag of visual words"

- [\[!\]\(https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/core/1568361107/f/pdf-24\)](https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/core/1568361107/f/pdf-24)Manual de usuario de open cvFile](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/resource/view.php?id=899013>)

Manual de usuario de la plataforma open cv; para utilizar open cv no es necesario

este manual ( pensado como referencia de consulta y estudio), ya que todas las funciones de open cv están auto-documentadas en la plataforma.

- []Enunciado Práctica Mapas Topológicos visuales 2019File] (<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/resource/view.php?id=990755>)







Resumen del enunciado del trabajo práctico sobre mapas topológicos visuales, curso 2019.

- []editsection.php-id=32294srFile](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/resource/view.php?id=990764>)
- []Planificación del tema mapas topológicos visuales, curso 2019File](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/resource/view.php?id=1004765>)

Planificación del temario y del trabajo práctico sobre navegación con mapas topológicos visuales, curso 2019.

### TEMA 3: Representaciones del espacio y planificación

- - 26 de noviembre - Intro () - Navegación en entornos desconocidos ()
- 3 de diciembre - Representaciones del espacio ()
- 10 de diciembre - Construcción de representaciones métricas ()
- 17 de diciembre - Planificación ()]([https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/pluginfile.php/800544/mod\\_label/intro/robot-map-2014-12-11.pdf](https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/pluginfile.php/800544/mod_label/intro/robot-map-2014-12-11.pdf))
- 14 de enero - Discusión de artículos
- []2018 ICAPS - PlanRob WorkshopURL](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/url/view.php?id=608780>)

-  (<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/url/1568361107/icon>) 2017 ICAPS - PlanRob WorkshopURL](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/url/view.php?id=925576>)
-  (<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/url/1568361107/icon>) 2016 ICAPS - PlanRob WorkshopURL](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/url/view.php?id=831128>)
-  (<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/url/1568361107/icon>) 2015 ICAPS - PlanRob WorkshopURL](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/url/view.php?id=728666>)
-  (<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/url/1568361107/icon>) 2014 ICAPS - PlanRob WorkshopURL](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/url/view.php?id=608779>)
-  (<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/forum/1568361107/icon>) Foro Tema 3Forum](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/forum/view.php?id=828122>)
-  (<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/assign/1568361107/icon>) Entrega Tema 3Assignment](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/assign/view.php?id=385434>)
-  (<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/theme/image.php/boost/assign/1568361107/icon>) Entrega Tema 3 (junio)Assignment](<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/mod/assign/view.php?id=882208>)

## a15-00 - TASKS Robots Autónomos

- 20190917
  - ☒ Install V-REP ~~Downloads, Coppelia Robotics~~
- 20190924
  - ☐

## a15-01 - TEMA 1

compañero francisco

**FECHA: 13 de octubre.** Para que no se alargue, el 14 no va a estar corrigiendo.

EJECUTAR: /Applications/vrep.app/Contents/MacOS/vrep

EJECUTAR: /Users/macbookpro/Downloads/V-REP\_PRO\_EDU\_V3\_6\_2\_Mac/vrep.app/Contents/  
MacOS/vrep

Darío viene el 8 de octubre

1 tercio de la nota

## Instalar V-Rep

```
cd Local/vrep/  
# 3.6.2 o 3.6.1  
# Descargar  
# Desempaquetar  
tar xf V-RE ... tar.xz  
# Directorio con todos los archivos que necesitamos  
cd V-RE .../  
# abre la ventana  
# "tylab" para tener la consola siempre abierta y ver logs  
./vrep.sh
```

- Botones de left-side
  - Path (editor de caminos)
  - Robot
  - jerarquía
  - vídeo
- Botón arriba
  - Seleccionar objeto

- desplazar
- copiar pegar
- 
- Usaremos el robot pioneer
  - 8 sensores de ultrasonidos a distintos ángulos delante
  - **El objetivo es que siga la bola roja y que no choque**
  - 3 controladores
    1. Que evite obstáculos
    2. seguir la bola a cierta distancia
      1. el tamaño de la bola
      2. coordenada X,Y para acercarnos un poco cuando se nos vaya

Si queremos

Se puede subir capturas para la memoria con el trayectoria.

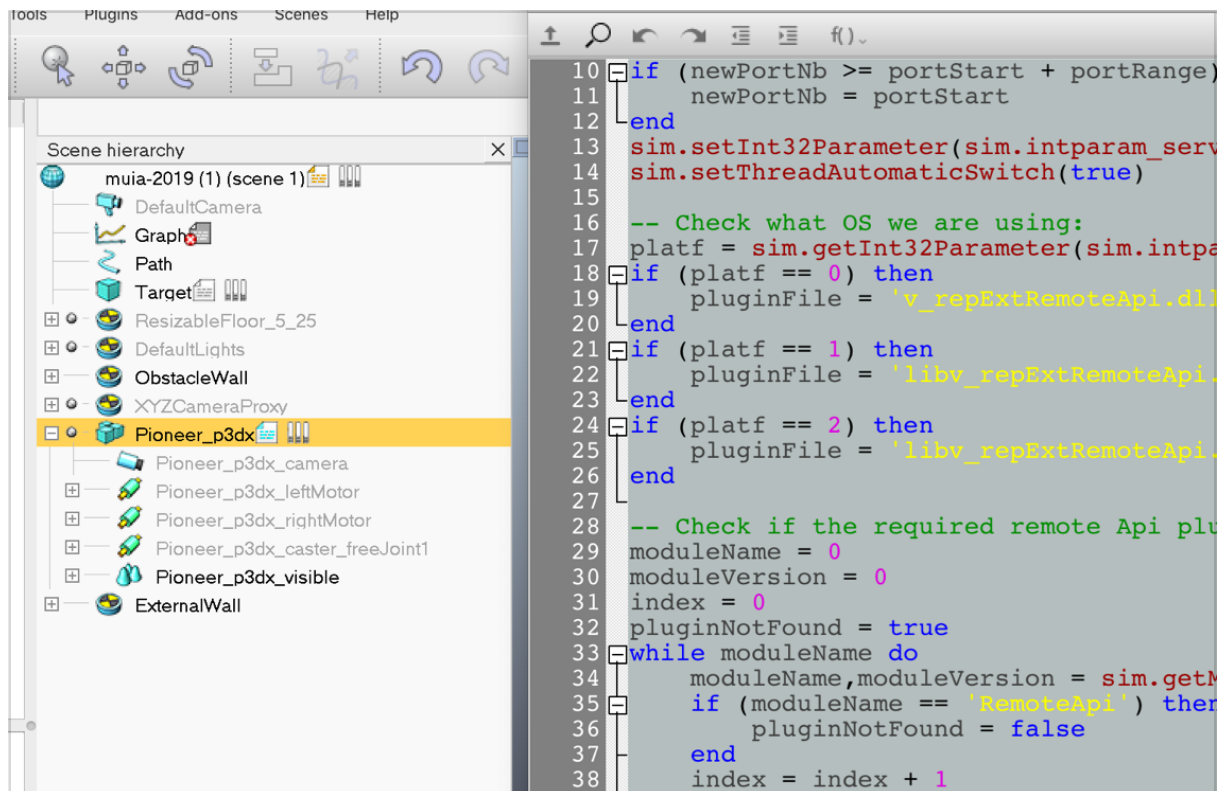
Se puede generar el vídeo desde el V-REP

También le podemos enviar el modelo del simulador.

En el Path , lo podemos modificar para complicar el path

- Motores dinámicos:
  - Bullet 2.78
  - Bullet
  - ODE

Doble click en la hoja azul:



código Lua

Cambiar el path al client

```

48 -- Now we start the client application:
49 pathtoexec = "/Users/wadoudip/Library/Mobile Documents/com.apple.CloudDocs/00-M01A/s13-robots-actonoma/00/client.py"
50 args = portNb
51 result = sim.launchExecutable(pathtoexec, args, 1) -- set the last argument to 1 to see the console of the launched client
52

```

Archivos que tiene que haber en la carpeta:

programming/remoteApiBindings/python/python/vrep\*.py

programming/remoteApiBindings/lib/lib/{Linux|Mac|Windows}/remoteApi.so

- verp.py
- vrepConst.py
- remoteApi.so
- client.py

Doble click en la cámara del robot

Filtros a la imagen

Controlador proporcional

La consigna de las ruedas es proporcional al error.

Ganancia por error

Centro: 128x128

Otra opción es la diferencia entre errores. La derivada del error y la integral.

También para control borroso

O redes de neuronas, o evolutivos.

/Applications/vrep.app/Contents/MacOS/vrep

| Se pueden hacer transparentes los obstáculos.

## Memoria

20 - 30 páginas

Avance,

varias pruebas,

imágenes

| que se note que está trabajada

Cómo lo hemos hecho

Conclusiones

Cómo ha fallado y qué hemos hecho para evitarlo

| en esta situación falla, las patas de la sillas se las come

Podemos sugerir : Con tiempo podríamos

Otro experimento:

Con este mundo, un segundo mundo.

Quiero probar esto, lo pruebas

Críticas constructivas

Todo comprimido:

- Escenarios nuevos creados
- Programa client.py
- Vídeo demo
- Memoria

## Próxima clase



La próxima semana veremos los comportamientos simultáneamente.

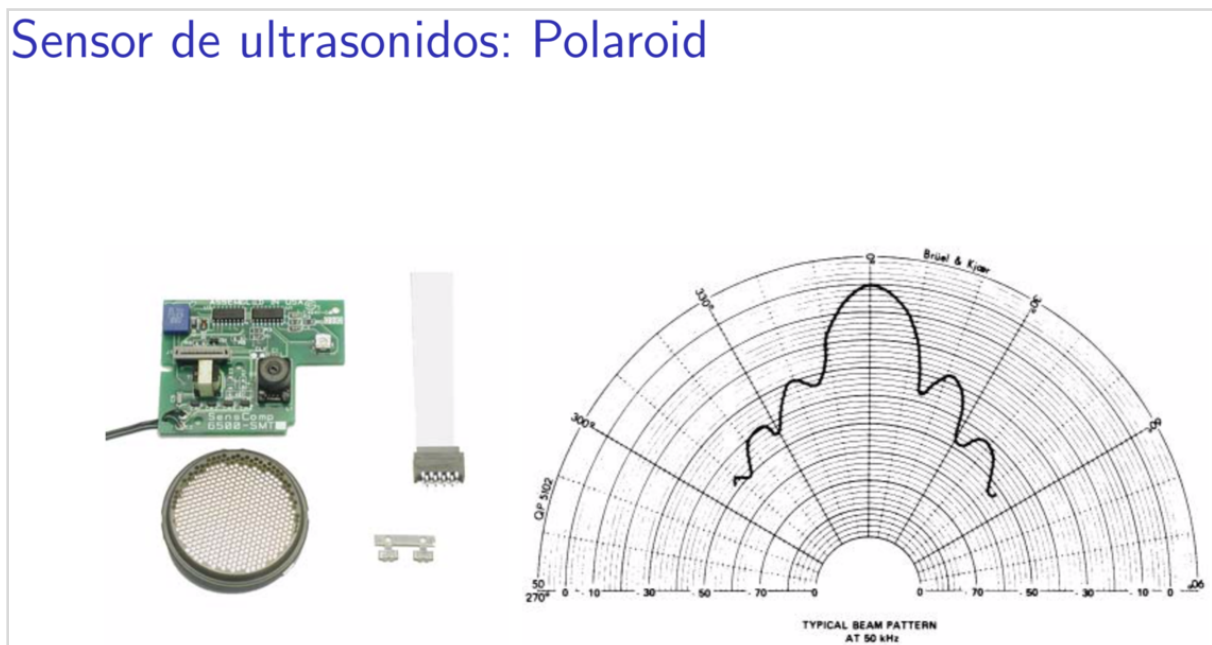
- No me choco
- veo la bola

## a15-03 - Navegación de robots y arquitecturas de control

### Ultrasonidos: polaroid

pueden llegar a 5-6 metros

### Sensor de ultrasonidos: Polaroid

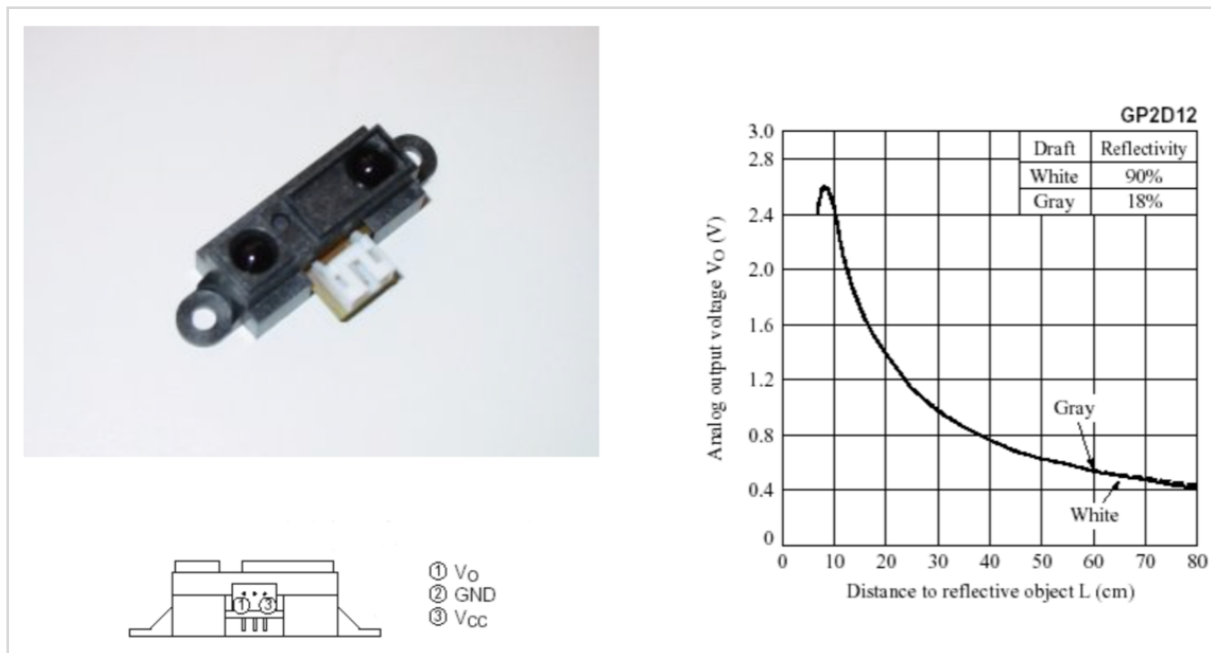


Estaba en la cámara,

- (Juegos concursos)
  - para promover innovación
  - congresos internacionales

### Infrarojos : Sharp GP2D12

Como mucho 1 metro



Infrarojos : negra-blanco rastreadores

Las cámaras de fotos, pueden alterar los sensores.

Cada uno tiene sus ventajas y desventajas.

El ultrasonido, tiene problemas en paredes de pladur, o en salas acolchadas (huevos).

Los turquesas pueden fallar con los infrarrojos

Todos los sensores son malos, no hay que fiarse de ellos  
mejor tener varios de distintos tipos

## Arquitecturas de control

Metodología particular para construir agentes, típicamente incluye definiciones de estructuras de datos software y operaciones sobre esas estructuras (Wooldridge y Jennings).

Sistema software que establece las acciones o movimientos que debe realizar el robot a partir de la adquisición y tratamiento de la información sensorial y del objetivo u objetivos que le hayan sido indicados.

Cosas internas como actualizar un mapa.

Definición de tiempo real.

Estricto Hard vs Soft

Hard real time.

En robótica estamos en `soft real time`

## Características de las arquitecturas de control

- Capacidad de abordar múltiples objetivos de forma simultánea.
- Capacidad de integración de la información de múltiples sensores de diferente procedencia.
- Robustez ante fallos en elementos del sistema.
- Adaptación ante nuevos entornos.
- Capacidad de extensión y modificación a lo largo de su vida.
- Capacidad para considerar posibilidades y valorar consecuencias.
- Interacción con el entorno para percibir cambios en él y responder adecuadamente.

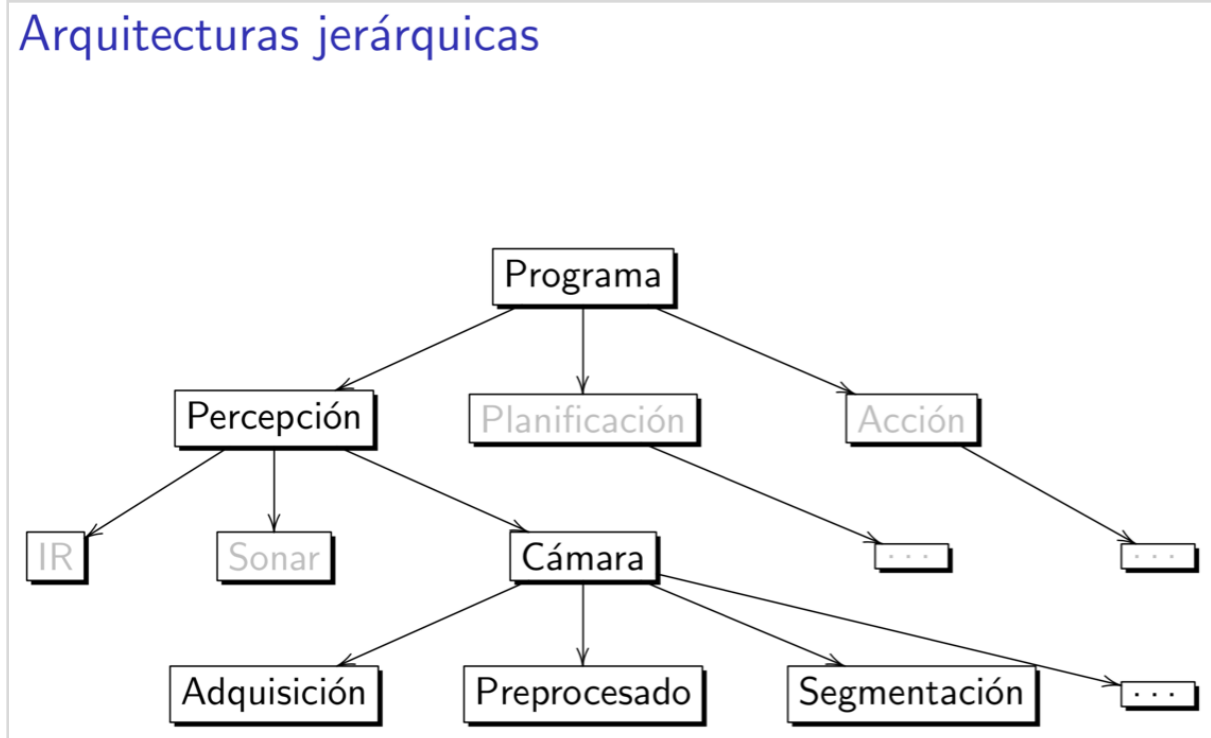
| Percepción del entorno de inteligencia artificial.

| Alcalabot, sotelo, pastor

En la prueba de rastreadores: telemadrid deslumbraba

El sol también deslumbra

## Arquitecturas jerárquicas



## Arquitectura de pizarra

Memoria compartida por las fuentes de conocimiento (Agentes)

Las fuentes de conocimiento podían estar en diferentes lenguajes. La comunicación se

hacía por las pizarras.

## Nomad 200

18°

486, pentium pro,

ruedas

Syncrolife: 3 ruedas, 1 fija y 2 que rotaban

20K€

80Kg

Baterías → 20 minutos, y de respaldo

## Robuter

Para llevar peso

Sensores polaroid

Instuto de tecnología, Inves corte inglés.

**No holonómico** : como un coche necesitas aparcar

No puedes llevarlo de Posición orientación inicial a la final de un movimiento.

## Robart

I, II , II → dardos tranquilizantes tele operado

## CMU Navlab

- 90's
- Red de neuronas para control (ALVINN)
- Retina: Cámaras orientadas a la carretera ,
- 8x8 = 64 neuronas
  - asociaba imagen de entrada con giro del coche

Principios de los 2000 → No hands across america, de este a oeste. Navlab5

80% de autónomo

Lira → Lasers que miden a distancia

## Coches autónomos

- 
- Autopía Españoles
  - cesic, darío , car (centro )
  - berlingas eléctricos
  - C3 descapotables
  - GPS diferencial, una estación en tierra para mejorar la señal
    - llega a ser centimétrico
  - El error es muy grande
  - En agranda, la poveda
  - Congreso de Las Palmas, versalles
  - salieron 2 veces en la tele
  - sainz se retiró , cibeles
- Tesla

## Robots con patas: Hexápodos

Con patas es mucho más divertido

MIT finales de los 80

Gengis 1 y 2

Instituto de cibernética,

Detectores de calor , detectan presencias.

Brazos tipo remero, solo tiene hombros.

2 grados de libertad

Servo, reductoras

### Forma de trípode

Trípode		Onda o secuencial	
×	●	1	6
●	×	2	5
×	●	3	4

Onda , tiene 5 patas en el suelo y permite más carga

Poner la pata anterior en la siguiente, está inspirado en las cabras de montaña. Para pisar en piedras estables

## Bípedos

**Leg-Lab:** robots de dinosaurios y vídeos de youtube

## Monópodos: Saltadores de una pata

Inestables estáticamente

2.2 m/s

**Brooks** : angel del pubil, estuvo con brooks haciendo crock, un robot que aprendía de 0 hasta un niño de 2 años. Coger cosas

¿A qué distancia estáis de hacer patas? a 6 plantas, porque es otro departamento.

Nosotros nos encargamos cognitivos.

## Boston Dynamics

### Humanoides

Pino era de HW abierto

Asimov y P2 de honda

- balance estático vs balance dinámico
  - mantener el centro de gravedad dentro del polígono de soporte
- Balance estático
  - el centro de gravedad debe caer en la línea en una silla de dos patas
- Como no tienen dedos , utilizan las rodillas para equilibrarse
- Balance dinámico
  - al ir corriendo proyectamos el centro de masa un poco por delante
  - al salir los corredores , proyectan su centro de masa muy delante

NAO ,

Dario quiere que el robot conduzca el coche

## Micro robótica

- Knephera : 55mm de diámetro , 30 mm de alto , 70 gramos, 9 ir
- Lego: Piezas de juego de construcción, tarjeta controlador
  - Mindstorms

## Microrobótica personal

Similar a arduino

Omniwheel

Problema de péndulo invertido

Mantener un palo de escoba en equilibrio

## Modulares y serpientes

Módulos autocontenidos con su batería, HW , etc

Que se pudieran conectar y reconfigurarse en línea

Serpiente , oruga

Septanoide

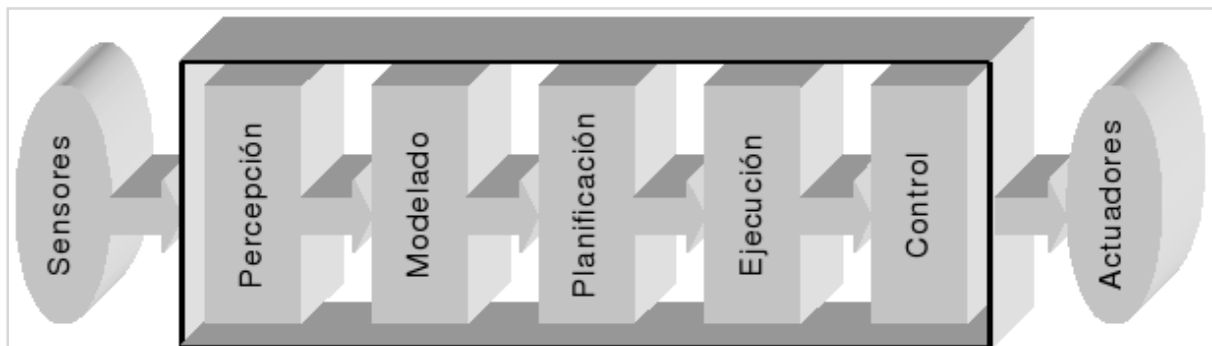
- Maya mataritz: primera persona en trabajar en colaborativos.

## Drones

Parrot,

Subacuáticos

## Enfoque tradicional



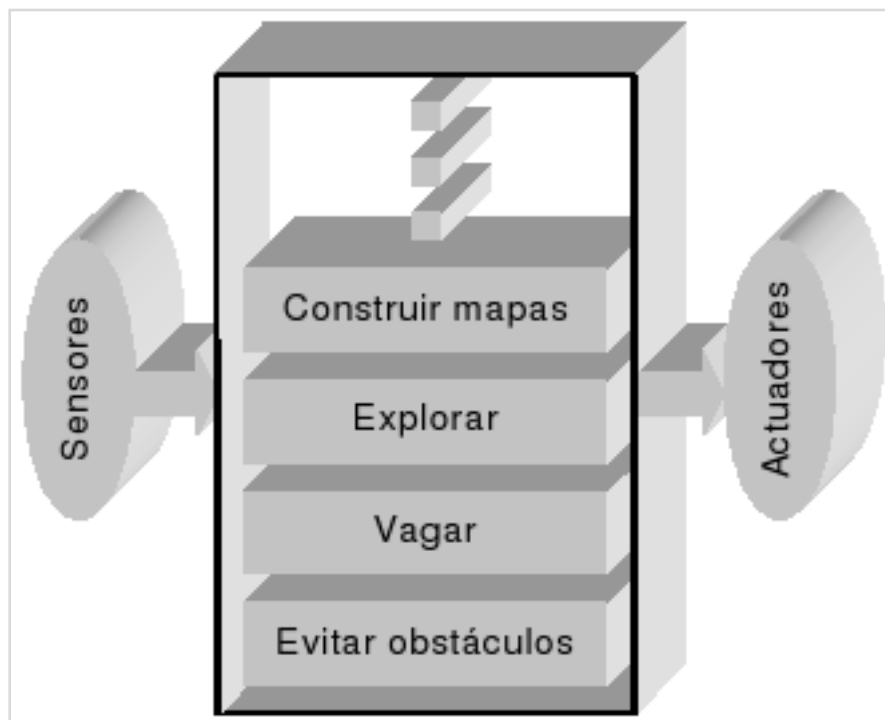
- Arquitecturas jerárquicas
  - Shakey
  - Meystel
- Arquitecturas basadas en sistemas de pizarras

Sensores, percepción, modelado, planificación,

### Problemas del enfoque tradicional

- Mundo dinámico.
    - Modelos muy complejos →
  - Acciones requeridas son simples
    - Acciones reflejas
    - y más concretas precisa razonamiento
  - Validez del razonamiento está limitada
    - En Madrid
    - La información queda obsoleta
- | Los sensores no son buenos, siempre van a medir mal

### Enfoque reactivo



### Arquitectura de Brooks

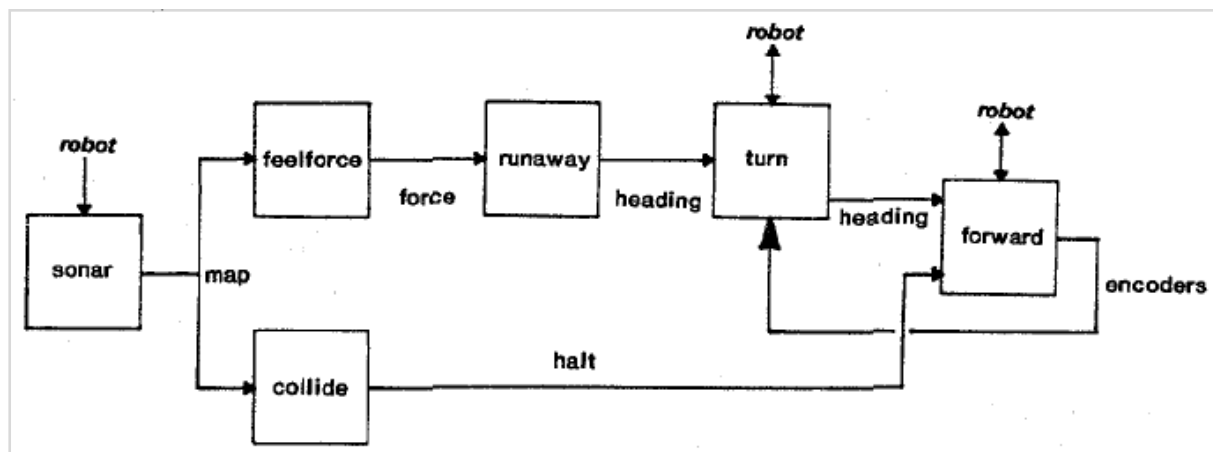


\* Arquitectura organizada en niveles de competencia.

\* Cada Nivel de Competencia:

- Es un conjunto de comportamientos que cumplen un objetivo.
- Se corresponde con un nivel de control.
- Niveles de competencia superiores en la jerarquía (de más alto nivel) implican clases de comportamientos más específicos. ### \* Cada Comportamiento:
- Es un conjunto de módulos que generan una acción observable. ### \* Cada Módulo:
- Es un proceso elemental con ejecución en paralelo y comunicación asíncrona.
- Cada nivel de competencia subsume a los inferiores, aumenta la interacción entre ellos aprovechando los efectos.
- Mecanismo de arbitraje para evitar situaciones de bloqueo por las decisiones de dos o más módulos.
- Inhibición: Eliminación temporal de la acción de un módulo. \* Supresión: Alteración de una funcionalidad para fines propios.
- Extensibilidad: Añadir procesadores para nuevos módulos.
- Incrementalidad: Añadir comportamientos sin modificar los existentes.
- Modularidad: Cada nivel de competencia forma parte de los niveles superiores pero no los necesita para su funcionamiento.

Evitar obstáculos mediante los mecanismos de arbitraje

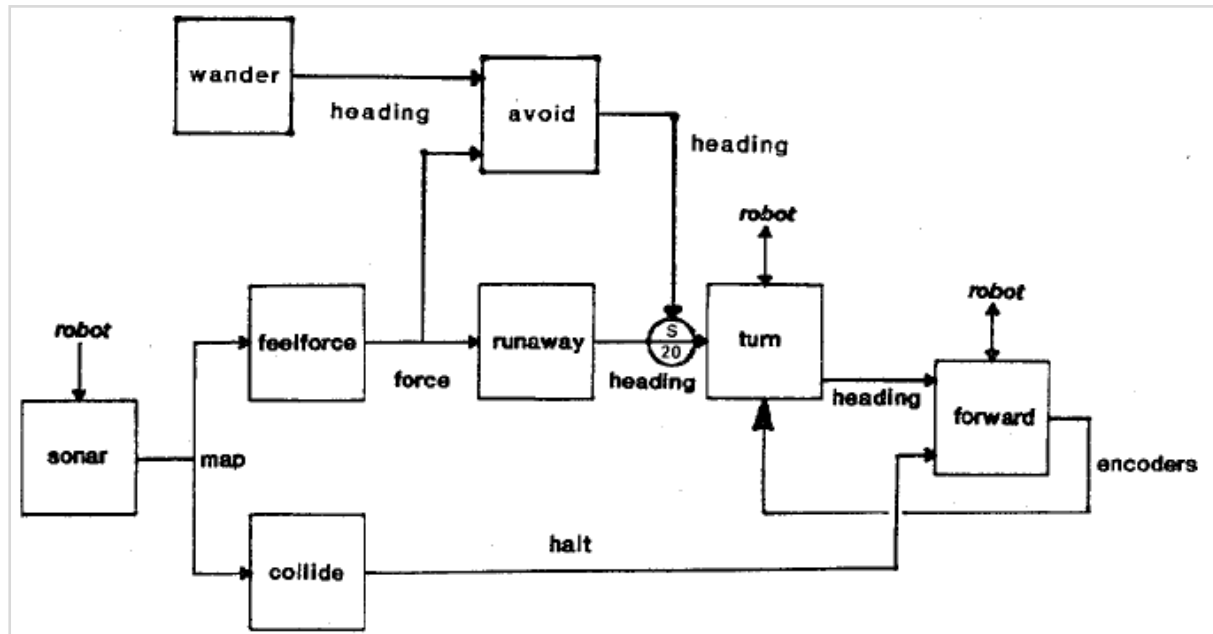


- El **collide** → cuando los sensores miden poco, emite el **halt** que para el robot
- **Heading** → Rumbo

Los encoders, nos permite saber a cuantas vueltas está dando. Si está chocando contra una pared

- **Feelforce** → genera una fuerza de repulsión

## Nivel de vagar



**wander** → 1 de cada 20 hace un heading y gira aleatoriamente

## Método del Campo de Potencial Artificial

Se hicieron par que los brazos robóticos no chocaran

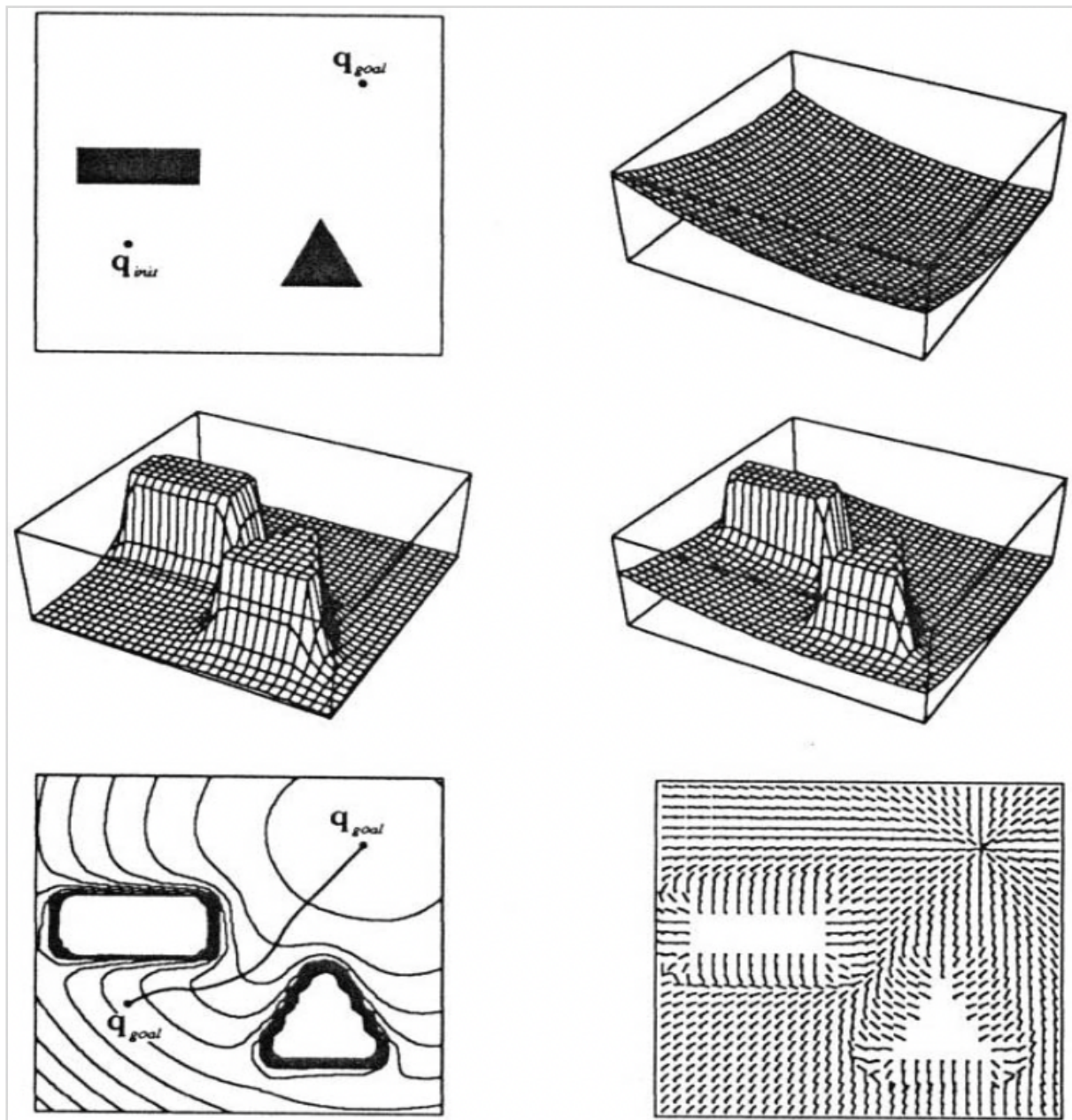
Mayor repulsión cuanto más

Si sumas todas las fuerzas, dónde podrá ir el robot sin que choque

Todas las paredes le empujarán y estará en el centro

Si se le pone un objetivo, se hará una fuerza positiva.

Curvas de nivel, "fuerza gravitatoria"



- Problemas: Si la repulsión puede dar problemas si están desajustadas
  - Entrada en mínimos locales durante la navegación.
  - No atraviesa zonas si los objetos están relativamente cerca.
  - Oscilaciones en la trayectoria de avance con objetos.
  - Oscilaciones en la trayectoria en pasillos estrechos.
- Mínimos locales
  - las repulsiones anulan los objetivos

No funciona , pero sirve para generar tesis

Arquitectura de Arkin

A. Stay-on-path(find-path(gravel))  
 B. Move-ahead (NNE — 30 degrees)  
 C. Move-to-goal(right(find-landmark(LAMPPOST-107),3))  
 D. Move-to-goal(find-transition-zone(gravel,concrete))  
 E. Find-landmark(HYDRANT-2)  
 F. Find-landmark(GRC-TOWER(face-3))  
 G. Avoid-obstacles

(c)

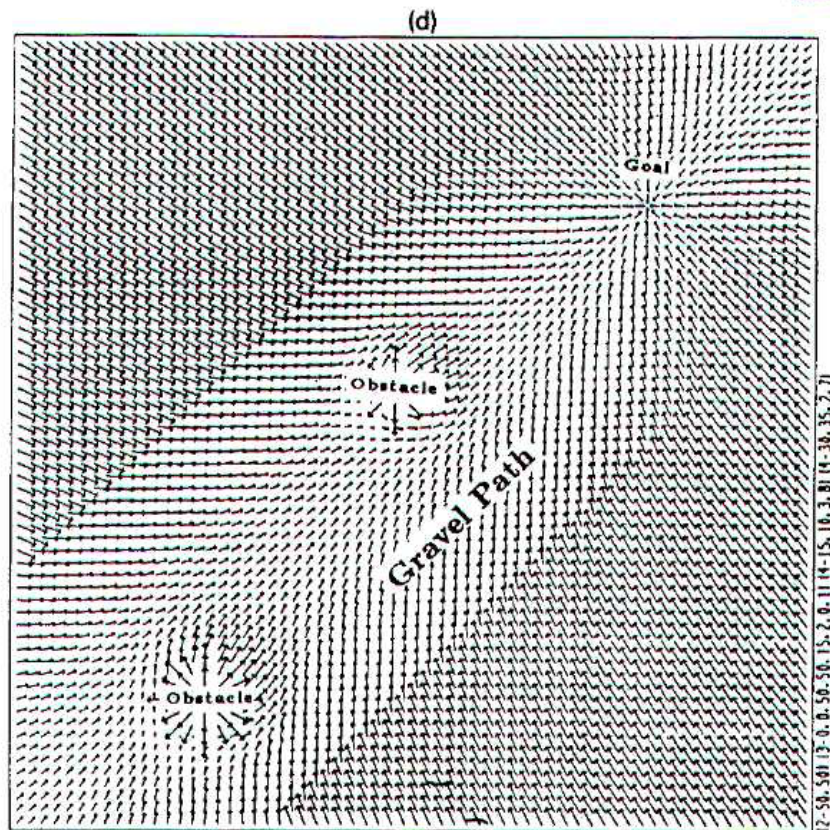


Fig. 4 (continued). (c) (*top*) Collection of behaviors to traverse leg 3 of Fig. 4b. (d) (*bottom*) Example of a potential field generated during path traversal where the robot is approaching the goal in the presence of unmodeled obstacles.

## La robótica móvil empezó a funcionar

Brooks:

No hay que utilizar mapas, hay que utilizar entornos

Creador de Roomba

Encuentra la base

Críticas, robots que no hacen nada

### Críticas

- "Prototipos" que pueden vagar por el entorno.
- No admiten la definición de objetivos.
- Demasiado dependientes de la información sensorial.



- R.A. Brooks (1990) Elephants don't play chess. *Robotics and Autonomous Systems*, 6(1-2): 3-15.
  - Pero tienen inteligencia animal
  - roles sociales
  - costumbres
- R.A. Brooks (1991) Intelligence without representation. *Artificial Intelligence*, 47(1-3):139-159.

## Enfoque híbrido

- Redefinición de los objetivos de la arquitectura de control.
  - ¿Qué se entiende por inteligencia?
  - ¿Qué se entiende por inteligencia de un robot móvil?
- Características de las arquitecturas híbridas:
  - Deberían ser lo "suficientemente" reactivas.
  - Deberían disponer de modelos del entorno para:
    - Planificar acciones (planificación "reactiva").
    - Predecir situaciones.
    - Eliminar errores y ambigüedad de los sensores.

## a15-04 Descripción práctica 2

Dario

20191008

### Planificación del tema

reconocimiento de imágenes

- Escoger entre dos entornos:
- bloque : **ascensor B2- Aula A3202**
- bloque 4 y este aula : **ascensor B4 -Aula 3202**

Complejidad de Mapas : se mide en nodos inicial y final.

De 7 a 10

### Práctica

Hoy veremos el esqueleto de la práctica  
el siguiente día, grafos, más adelante,

El 29 de octubre → presentación de los mapas. Memoria en pdf,  
De 1 a 6 como máximo  
Calificación es independiente del número de alumnos

Presentación :

prueba estática y prueba dinámica

- estática
  - 1-NN-fi : near neighbors
  - Histograma de la imagen en gris.
  - contra el dataset de los mapas
  - 9X%
- Dinámica
  - 50% de acierto
    - está muy bien, porque puede encajar la perspectiva
  - en su despacho con el vídeo ya grabado
  -

Cuántos nodos cogemos ? Mayor tamaño , más nodos.

Cuantos nodos , mejor

Más simple, más potente

Intentar conseguir el número mínimo de nodos

Los nodos ligados por arcos: orientación (teta) y distancia (lambda)

Son recursivos, un nodo puede tener un grafo dentro, se pueden autollamar

MAPA → Representación de del mapa en modo planta con una imagen por cada nodo.

El dataset tendrá entre 60 y 100 imágenes por nodo. Se suele hacer extrayendo los fotogramas con un vídeo.

Propuesta de navegación en exteriores con un Dron

- Por GPS
- y

Con grafos  $>10^3$  hace falta algoritmos de búsqueda más sofisticados o metaheurísticas.

Porque con  $A^*$  no se podría resolver en tiempo real

Grupo M, usaron el qNN, no el 1NN

Dividir el número de histograma por , para pasarlos a reales, número euclideos entre vectores

Consiguieron con  $q=3$  un 98,04% de éxito

En estática : Mínimo 98% en estática

| Dataset equilibrado, el mismo  $n^\circ$  de casos por cada nodo a reconocer

Sin condensar, editar la memoria de un clasificador para reducir al mínimo los casos.

Bajando la eficiencia, y mejorando los tiempos.

Cuanto más ejemplos, mejor reconoce, pero tarda más tiempo.

Tiempo VS Eficiencia

Siguiente clase 15 de octubre → ¿Cómo modelar el mapa de un entorno?

- Que el robot lo haga de forma autónoma (es un reto)
- Hacerlo supervisadamente (el diseñador) y luego inyectarle el mapa al robot

22 de octubre: diseño/test del reconocedor

29 de octubre → Presentación del mapa para todos los equipos.

- la presentación, es un entorno , un grafo y una imagen por cada nodo.
- no hace falta el dataset para la presentación
- La memoria: transparencias con mapa, y el nombre de todos los miembros del equipo

Estática: reconocedor de landmarks para nuestro entorno y la eficiencia de nuestro dataset.

Podemos elegir otro reconocedor. Por ejemplo en vez de 1-NN → Redes convolucionales.

Reconocedor dinámico → OpenCV

Reconocedor estático, para validar usaremos leaving 1 out.

- ☐ Grabar vídeo fingiendo que somos el robot
- ☐ Martes y jueves de noviembre → presentación de pruebas estática y dinámica D2207 .

Turno de mañana.

☐ por orden de llegada, con solicitud de email

☐ En dinámica entregar 2 vídeos

Preguntas:

- El reconocedor redondea al nodo más cercano?
- Cuantas personas hacen la presentación del reconocido dinámico en casa?
- cuanto dura la presentación del 29 de octubre?
- Podemos usar reconocedores para estático y dinámico?
- la presentación del mapa se entrega en moodle?
- 

## a15-05 Descripción práctica 3 : Teoría Mapas Topológicos Visuales

Dario

20191015

Si el mapa no está bien hecho.

Ciudad nueva, si

| Programación de actuación

| Si el robot percibe todo lo que necesita, el mapa no es necesario



Kubiski: el mejor mapa es el entorno

Si no tenemos representación del mundo

Del entorno con un mapa

Se limita a vivir el "presente" y a reaccionar lo que le pase

No podemos planear rutas ni nada.

Ni pasado / ni futuro

Los animales, no tienen ni pasado ni futuro, porque no son capaces de representar (modelar) el mundo

Años 30

Dos escuelas

- alemanas
  - borgan,
    - experimentos con primates
    - tenerife → casa amarilla
      - edificio que hizo keller
      - se sospechaba que keller era espía alemán
      - canarias sitio importante para la guerra con áfrica
      - preparaba un centro de operaciones de la marina del reig
    - Experimentos
      - habitaciones de la casa amarilla con alimentos
      - paseaba a los primates y les enseñaba la comida
      - después los soltaba , e ignoraban los alimentos e iban directamente a la zona superior
        - tenían mapas cognitivos/espacial que les hacían
          - no se demosotró
          - inteligencia en los primates
          - psicología cognitiva
        - hipótesis : no hacían caso de la información inmediata , utilizaban
    - Primates de Guinea, porque estaba cerca de canarias
    - Experimento 2: prueba del espejo
      - los perros : ladran a sus reflejos
      - prueba de que existo y me reconozco
        - mapa de interacción, y diferencia a si mismo del resto
      - más ladre y se enfurece, se retroalimenta

- americana
  - tolloman
    - experimento con roedores
      - resolver un laberinto
    - huracas
    - tienen un hipocampo muy desarrollado
      - permite recuperar
    - memoria → recuerdo → representación de la realidad
    - Ardillas
    - Mapa tipológico, conjunto de lugares con enlaces (similar a grafo)
      -

| Mapa métrico: navegación más exacta, porque tenemos las coordenadas del mundo

Navegación tipológica visual - 5 o 10 metros de margen de error

Con mapas híbridos (visual + coordenadas) precisión sub métrica o sub milimétrica

## Mapa métrico y visual tipológico para navegación interna de un Dron

Juan pablo fuentes, darío marvall y Javier de Lope

Dos procedimientos para detectar

- argonometría
  - podríamos actualizar la posición del robot
  - induce errores acumulativos
  - parámetros de velocidad y orientación
  - ecuaciones diferenciales,
  - las derivadas se aproximan a diferencias
- Telefonía móvil con GSM : GSM Localization
  - en qué coordenadas físicas están
  - actualizar la posición con las antenas, es un servicio de telefonía
- Tags RFID (Radio localización de interiores)
  - instalando pegatinas, como landmarks

Mapa tipológico visual

Información cualitativa, de alto nivel semántico.

Estoy en la ... "biblioteca", "cafetería"

Según eso se puede definir los papeles de esos agentes, mesas

## Práctica

TFM → [TFM Navegación Mapas Topológicos.pdf](#)

De 4 a 7 nodos en el mapa (entre 7 y 10) - en el pasillo 1 nodo es suficiente, se pueden poner más nodos de seguridad si giramos

El mínimo necesario

menos nodos es más robusto, para construir y testear

5 serán suficientes

- Generación de un Mapa
  - Pedir el plano al centro de operaciones o mantenimiento:



- Origen y destino
- crear nodos intermedios
  - cada nodo debe ser característico, fáciles de reconocer
  - reconocimiento dinámico con un vídeo
  -

Calcular la distancia entre dos puntos = arcotangente entre dos puntos

Nodos → arcos y distancias

Robots autónomos en

- Diferentes perspectivas.
  - te pones en el landmark y sacas un vídeo

En segundo lugar, debido a la configuración del mapa, al colocar un nodo directamente en dicha posición, nos ahorramos un nodo que es necesario en las otras configuraciones. Como se puede ver en la figura 3.5, si queremos continuar nuestra ruta es necesario colocar un nodo en esta posición, o muy similar a la misma, para cualquier configuración del mapa.

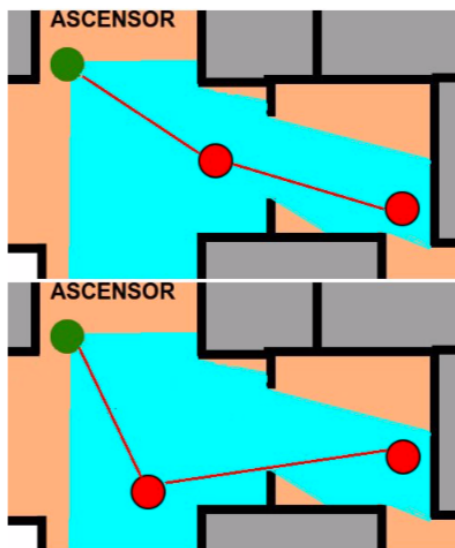


Figura 3.5: Muestra de la necesidad de un nodo intermedio

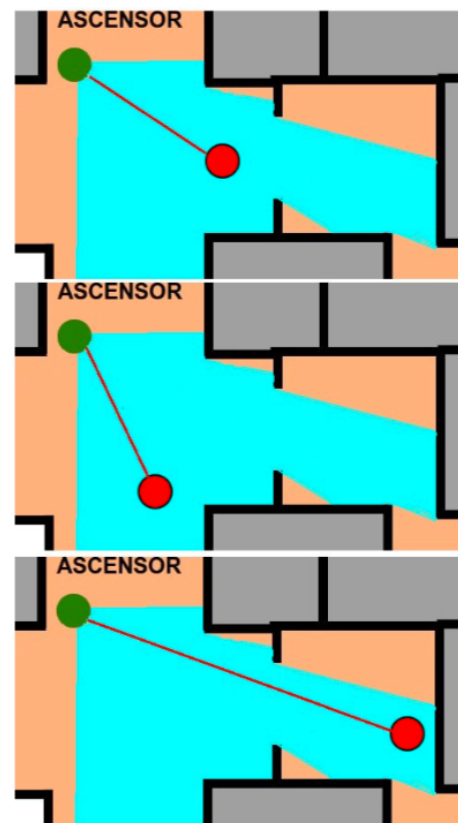


Figura 3.4: Opciones para colocar el nodo número 2

Tema de investigación

Mapa autónomo por el robot

Robot que leyera mapas y creara un mapa métrico

Text Data Mining → programas capaz de entender texto

- Reto de tesis doctoral

Se suele usar mapa de boronoy, un mapa topológico visual de forma autónoma. Soltarlo en un punto inicial del entorno y recorrer líneas rectas de forma aleatoria

El nodo inicial sería la coordenada de origen respecto a los que el resto de nodos se situarían.

## **System Nautilus de aganova Group**

Dos entornos en los que no es necesario que el robot tenga un mapa:

Startup del parque tecnológico de Málaga

El robot es una esfera, que se desplaza en tuberías

Éxito en España y filial en EEUU

Con diferencia sonora, comprueba si hay una fuga.

Se traslada linealmente, y va captando emisores de patrones de sonidos que va actualizando los nodos o puntos claves.

| El final de viaje , no es un telón que cae, sino un silencio total

## **Microcápsulas médicas**

Tragas, cámaras, capta imágenes y CPU

evita colonoscopias

se extrae y se sacan las imágenes

Puede emitir radiofrecuencia

Vídeos: medical microcapsuls, son solo captadores (sensores)

Se reconduce por imanes o radiofrecuencia (manualmente), guiando un filamento para que se mueva. El médico la guiaría.

cirugía

## **Práctica**

Mapas topológicos visuales

El próximo día , pautas técnica → última clase presencial, luego realización de la práctica.

22 presentación del Diseño del reconocedor y presentación

- ☐ El 29 , presentación del mapa

## a15-06 Núcleo básico del reconocedor de landmarks de imágenes

Hemos definido el mapa de navegación

Grafo con nodos

- ☐ Para el próximo 29 presentación de todos los equipos con su **mapa**
  - ☐ Grafo, con perspectiva del robot
  - ☐ 1 sola imagen representativa asociada por nodo (para saber dónde está el robot en cada momento)

- Cuantos más nodos
  - mejor navegación - menos se pierde
    - más fiabilidad al navegador si vamos detectando nodos intermedios
  - pero más difícil de reconocer
- Las cámaras de gran angular se puede solventar el fallo de perspectiva

| Un reto sería que la eficiencia en dinámica sea igual que en estática

- ☐ Miembros de equipo
- ☐ Plano

### Presentación PAUTAS

Rectas , orientaciones fijas

### Enunciado de la Práctica de mapas topológicos visuales

| El reconocedor de 1NN se basa en las distancias euclideas de los histogramas normalizados de las imágenes.

El reconocimiento por histogramas, es  
El histograma normalizado de grises es más robusto

se pueden sacar los histogramas en diferentes luces, para comparar que no al estar normalizado en blanco y negro no cambiarán tanto.

- ☐ Hay que crear un dataset de 60 imágenes por cada nodo, en el que entrenar nuestro reconocedor

Un parámetro importante para q-NN es la memoria  
si P labeled instances  
q siempre se coge impar para que no haya empate

La memoria del reconocedor será la propia información del dataset

Cuanto más imágenes tengamos de cada nodo, más eficiente será el reconocedor

## 1-NN

Usaremos 1-NN con el umbral ajustado

- Conjunto de datos etiquetados
- me llega histograma normalizado a reconocer
- cojo el primer caso
  - hay que ir jugando con el  $\delta$  hasta ver cual me funciona mejor
- Si el umbral no es el mínimo, no clasificamos

Hay que optimizar el  $\delta$  para mejorar la eficiencia del reconocedor

Lazy learning, no necesitamos reprogramar el reconocedor, solo la memoria.  
Se añade un caso nuevo a la memoria y el reconocedor funcionará bien.

## Test

Media del clasificador

True error rate = errores en los ejemplos de test/P

Estático → 95% de éxito

Memoria

Ejemplo vídeo:

1. Escalera -> 2. Zona de estudio -> 3. Pasillo -> 4. Laboratorio -> 3. Pasillo ->  
5. Sala Openinnovation -> 3. Pasillo -> 6. Conserjería -> 7. Aula

El pasillo sería más correcto, si el pasillo no fuera el nodo 3 siempre

- DUDAS
  - Por correo o por tutorías
    - Dataset
    - clasificador
    - testeo