

# TEORIA

**Inteligencia artificial:** Es la inteligencia llevada a cabo por máquinas. En ciencias de la computación, una máquina «inteligente» ideal es un agente flexible que percibe su entorno y lleva a cabo acciones que maximicen sus posibilidades de éxito en algún objetivo o tarea.

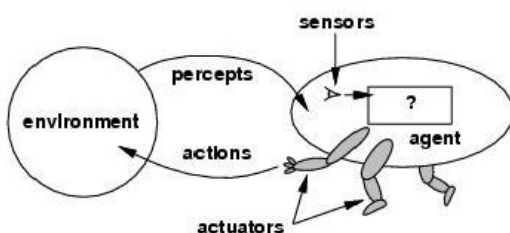
Coloquialmente, el término inteligencia artificial se aplica cuando una máquina imita las funciones «cognitivas» que los humanos asocian con otras mentes humanas, como por ejemplo: «aprender» y «resolver problemas».

Se conoce también como la capacidad de un sistema para interpretar correctamente datos externos, para aprender de dichos datos y emplear esos conocimientos para lograr tareas y metas concretas a través de la adaptación flexible".

## Agentes inteligentes

**Agentes racionales:** Un agente es una entidad que percibe y actúa. Tiene preferencias claras y su objetivo es maximizar los valores esperados, y siempre elige llevar a cabo la acción con el resultado esperado óptimo, de entre todas las acciones posibles.

Para cualquier clase dada de entornos y tareas, buscamos el agente con el mejor rendimiento. Las limitaciones computacionales hacen que la perfecta racionalidad sea inalcanzable.



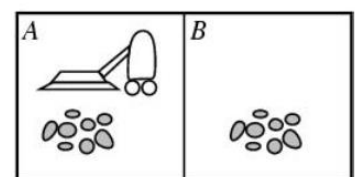
Los agentes incluyen humanos, robots, termostatos, etc. La **función de agente** transforma las secuencias percibidas en acciones.

$$f : P^* \rightarrow A$$

La función de agente estará representada internamente por el **programa de agente**. El programa se ejecuta en la arquitectura física para producir f.

### EJEMPLO DE LA ASPIRADORA

- Entorno:** cuadros A y B
- Percibe:** [localización, estado] → p.ej [A, Sucio]
- Acciones:** izquierda, derecha y limpiar



```
function REFLEX-VACUUM-AGENT ([localizacion, estado]) return an action
  if estado == Sucio then return Limpiar
  else if localizacion == A then return Derecha
  else if localizacion == B then return Izquierda
```

[A, Limpio] → Derecha  
[A, Sucio] → Limpiar  
[B, Limpio] → Izquierda  
[B, Sucio] → Limpiar

**Racionalidad:** Un agente racional es aquel que hace lo correcto, es decir, maximiza el rendimiento de lo que se espera, dada la información disponible. La medida de rendimiento debe ser objetiva (por ejemplo, la cantidad de suciedad limpiada dentro de un tiempo determinado). Las medidas de

rendimiento deben basarse según lo que se desea en el entorno en lugar de cómo deben comportarse los agentes.

Lo que es racional en un momento dado depende de cuatro cosas:

- Medida de rendimiento,
- Conocimiento previo del entorno,
- Acciones,
- Secuencia de percepción hasta la fecha (sensores).

Un agente racional elige cualquier acción que maximiza el valor esperado de la medida de rendimiento dada la secuencia de percepción hasta la fecha y el conocimiento previo del entorno.

- **No es omnisciencia:** Un agente omnisciente conoce el resultado real de sus acciones.
- **No es clarividencia:** Los resultados de la acción pueden no ser los esperados.
- **No es éxito:** La racionalidad maximiza el rendimiento esperado, mientras que la perfección maximiza el rendimiento real.

La definición propuesta requiere:

- **Recopilación de información / exploración:** Maximizar futuras recompensas.
- **Aprender de las percepciones:** Ampliando conocimientos previos.
- **Autonomía del agente:** Compensar el conocimiento previo incorrecto

## Entornos

Para diseñar un agente racional debemos especificar su entorno de tareas. Se ha de realizar una descripción **PEAS (performance, environment, actuators, sensors)**:

### EJEMPLO TAXI AUTOMATIZADO PEAS

- **Rendimiento:** seguridad, destino, beneficios, legalidad, comfort...
- **Entorno:** calles, tráfico, viandantes, meteorología..
- **Actuadores:** dirección, aceleración, freno, bocina, altavoz...
- **Sensores:** video, sonar, GPS, velocímetro, sensores de motor...

## **Tipos de entorno**

- Observable: Es completamente observable si los sensores pueden detectar todos los aspectos relevantes para elegir la acción.
- Determinista o estocástico: Es determinista si el siguiente estado del entorno se puede determinar completamente a partir del estado actual. (sino es estocástico)
- Episódico o secuencial: En un entorno episódico, la experiencia del agente se puede dividir en pasos atómicos donde los agentes perciben y luego realizan una sola acción. La elección de la acción depende solo del propio episodio. (sino es secuencial)
- Estático o dinámico: Es dinámico si el entorno puede cambiar mientras el agente elige una acción.

- Discreto o continuo: Se aplica al estado del entorno, en cómo se maneja el tiempo, las percepciones y las acciones.
- Simple o multi-agente: Es multi-agente si hay más agentes en el entorno que dependen del agente actual.

El entorno más simple es completamente observable, determinista, episódico, estático, discreto y simple. En cambio, la mayoría de situaciones son todo lo contrario.

El agente se compone de la arquitectura y el programa. Todos los agentes tienen el mismo esqueleto:

- Entrada = percepciones actuales
- Salida = acción
- Programa = manipula la entrada para producir salida

El programa es diferente de la función de agente, que toma todo el historial de percepciones.

### Tipos de agentes

#### **Agentes reactivos simples (simple-reflex)**

Actúan sólo sobre la base de la percepción actual, ignorando el resto del historial de percepción. La función de agente se basa en la regla condición-acción: "si condición, entonces acción". Solo tiene éxito cuando el entorno es completamente observable. Los bucles infinitos a menudo son inevitables si operan en entornos parcialmente observables. Un ejemplo sería el robot aspirador.

```
function SIMPLE-REFLEX-AGENT(percept) returns an action
```

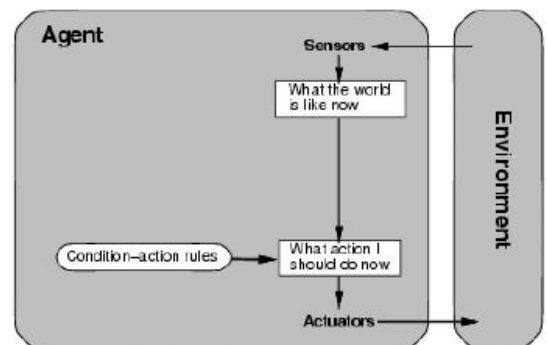
```
  static: rules, a set of condition-action rules
```

```
  state ← INTERPRET-INPUT(percept)
```

```
  rule ← RULE-MATCH(state, rules)
```

```
  action ← RULE-ACTION[rule]
```

```
  return action
```



#### **Agentes reactivos basados en modelos**

Puede manejar entornos parcialmente observables. Su estado actual se almacena dentro del agente manteniendo una especie de estructura que describe la parte del mundo que no se puede ver. Este conocimiento sobre "cómo funciona el mundo" se denomina modelo del mundo, de ahí el nombre

de "agente basado en modelos". Se mantiene un modelo interno que depende de la historia de percepción.

### Agentes basados en objetivos

Los agentes basados en objetivos amplían aún más las capacidades de los agentes basados en modelos mediante

**function** REFLEX-AGENT-WITH-STATE(*percept*) **returns** an action

**static:** *rules*, a set of condition-action rules

*state*, a description of the current world state

*action*, the most recent action.

*state* ← UPDATE-STATE(*state*, *action*, *percept*)

*rule* ← RULE-MATCH(*state*, *rule*)

*action* ← RULE-ACTION[*rule*]

**return** *action*

el uso de información de "objetivos". La información de objetivos describe situaciones que son deseables. Esto permite al agente una forma de elegir entre múltiples posibilidades, seleccionando la que alcanza un estado objetivo. Típicamente investigado en búsqueda y planificación, los subcampos de la inteligencia artificial dedicados a encontrar secuencias de acción que logran los objetivos del agente. El futuro se tiene en cuenta.

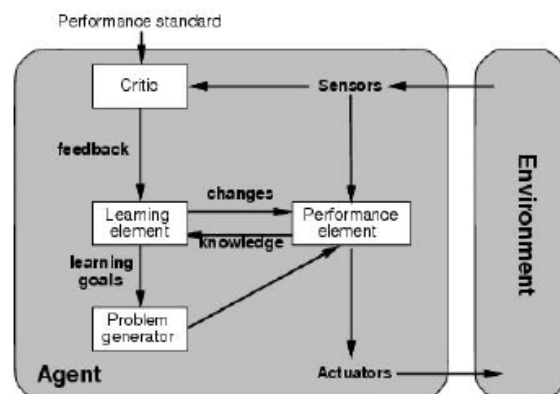
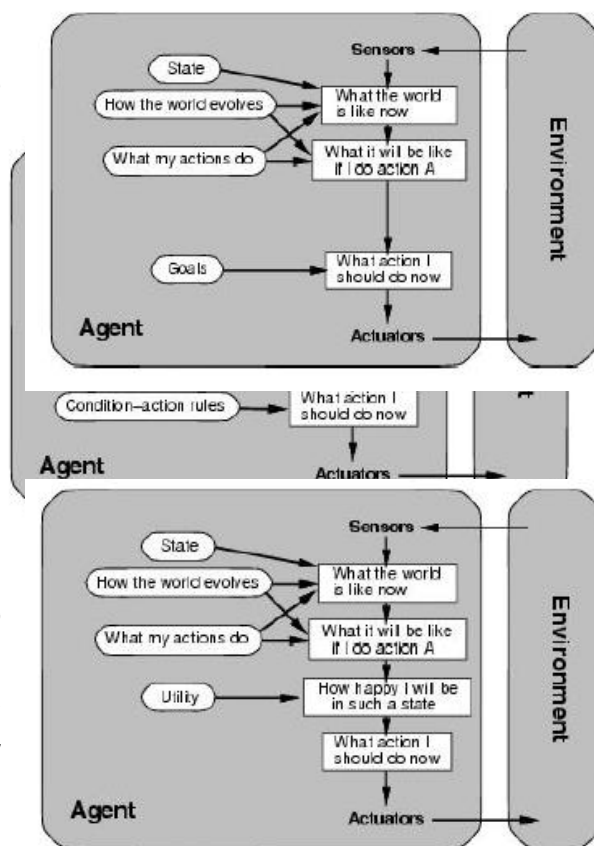
### Agentes basados en la utilidad

Los agentes basados en objetivos sólo distinguen entre estados objetivo y estados no objetivos. Es posible definir una medida de cuán deseable es un estado particular. Esta medida se puede obtener mediante el uso de una función de utilidad que asigna a un estado un número real que mide la utilidad. El término utilidad se puede usar para describir cuán "feliz" está el agente. Selecciona apropiadamente entre varias metas basadas en la probabilidad de éxito.

### Agentes de aprendizaje

El aprendizaje tiene la ventaja de que les permite a los agentes operar inicialmente en entornos desconocidos y ser más competentes de lo que su conocimiento inicial podría permitir. La distinción más importante es entre el "elemento de aprendizaje", que es responsable de realizar mejoras, y el "elemento de rendimiento", que es responsable de seleccionar acciones externas.

- El elemento de aprendizaje utiliza la retroalimentación de la "crítica" sobre cómo se está desempeñando el agente y determina cómo se debe modificar el



elemento de desempeño para que funcione mejor en el futuro.

- El elemento de rendimiento es lo que previamente hemos considerado como el agente completo: toma en cuenta las percepciones y decide sobre las acciones.
- El último componente del agente de aprendizaje es el "generador de problemas". Es responsable de sugerir acciones que conduzcan a experiencias nuevas e informativas.

## ESTO PARECE INUTIL

### Marco de referencia

Los agentes pueden explotar las leyes físicas incluso si no son conscientes de ellas. Muchas veces la inteligencia está más bien en el ojo del espectador que en el comportamiento del agente.

#### Ejemplo: la hormiga de Herbert Simon en la playa

- **El punto de vista del observador:** la ruta compleja de la hormiga es porque camina alrededor de los objetos.
- **Punto de vista de la hormiga:** "si el obstáculo a la izquierda gira a la derecha", "si el obstáculo a la derecha gira a la izquierda", "si no hay ningún obstáculo, siga recto"

- Tenemos que hacer una distinción clara entre la perspectiva del diseñador o el observador y la perspectiva del robot.
- El comportamiento en animales y robots no se puede reducir solo al mecanismo interno. Es el resultado de la interacción del agente con el mundo real, no solo su sistema neuronal sino también todo su cuerpo: cómo se distribuyen los sensores, las propiedades del material.

## Principios de diseño de Sistemas Inteligentes **IMPORTANTE**

### 1. El principio de los 3 constituyentes (Three-Constituents)

Diseñar un agente inteligente implica las siguientes tareas:

- Definir el **nicho ecológico**: concepto de ecología que se refiere a una propiedad que describe a una especie o población en un ecosistema.
- Definir los **comportamientos y tareas** deseados
- Diseñar el **agente**

### 2. El principio del Agente Completo

Establece que al diseñar un agente se debe pensar en el agente completo comportándose en el mundo real, no sólo en partes aisladas.

### **3. Diseño Barato**

El diseño y la construcción de los agentes será mucho más fácil y barato si se construyen para explotar las propiedades del nicho ecológico y las características de la interacción con el medio ambiente.

### **4. Redundancia**

Los agentes inteligentes ganan en robustez si se diseñan de tal manera que:

- Sus subsistemas funcionen sobre la base de diferentes procesos físicos
- La funcionalidad entre los subsistemas se superpone parcialmente

### **5. Principio de coordinación sensomotora**

A través de la coordinación sensomotora se induce una estimulación sensorial estructurada:

- autoestructuración de datos sensoriales a través de la interacción física con el entorno
- reducción de la complejidad
- inducción de correlaciones

### **6. Balance ecológico**

El principio del equilibrio ecológico tiene dos partes:

- Dado un determinado entorno, debe haber una coincidencia entre las complejidades de los sistemas sensorial, motor y neural del agente.
- El segundo aspecto está estrechamente relacionado con el primero. Este indica que existe un cierto equilibrio o distribución de tareas entre la morfología, los materiales, el control y el entorno.

### **7. Procesos paralelos débilmente acoplados**

Procesos paralelos, asíncronos y parcialmente autónomos, en gran parte acoplados a través de la interacción con el entorno.

### **8. Principio de valor**

Los agentes inteligentes están equipados con un sistema de valores que constituye un conjunto básico de supuestos sobre lo que es bueno para el agente. Fuerzas impulsoras:

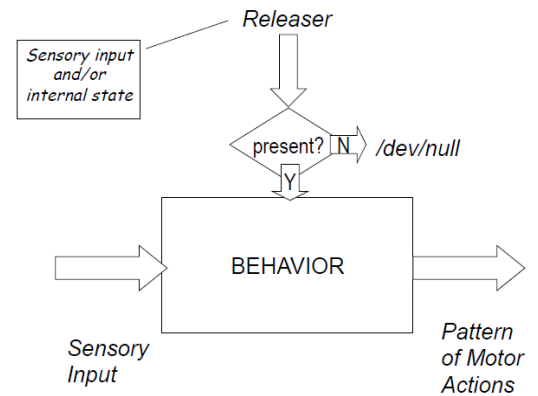
- mecanismos de desarrollo
- auto-organización

**Computación morfológica:** Ciertos procesos son realizados mediante las propiedades materiales del cuerpo en lugar de por el cerebro.

## Sistemas basados en el comportamiento

Son sistemas que dan lugar a comportamientos complejos a partir de la interacción de comportamientos reactivos de bajo nivel con un entorno complejo. Los programas deben descomponer las acciones complejas en comportamientos. La complejidad surge de los comportamientos concurrentes que actúan de manera independiente.

Los agentes deben confiar en mecanismos de activación sencillos, como los **mecanismos de liberación innatos**. La percepción filtra la detección y considera solo lo que es relevante para la tarea.



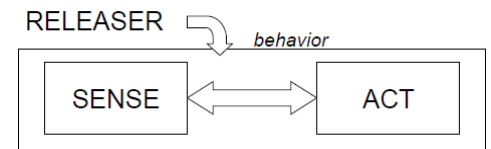
**Mecanismos de liberación innatos**

Los comportamientos pueden “compartir” la percepción sin saberlo. Esto se conoce como fusión de sensores de comportamiento.

## Robots reactivos

Se basan en la biología:

- Los comportamientos son liberados por eventos perceptivos o internos.
- Ausencia de modelos del mundo o memoria a largo plazo
- Comportamiento modular y emergente
- Conexiones cortas entre sensores y actuadores: respuesta rápida a los cambios en el mundo.



## El sistema de control postural

El sistema postural es automático y fundamental. Se basa en reflejos:

- reflejos elásticos
- reflejos cutáneos, reflejos tónicos del cuello...
- control visual de la postura
- control de la cabeza

## Principios de diseño en la IA clásica

1. **Diseños basados en objetivos:** Las acciones de un agente deben derivarse de objetivos y conocimientos sobre cómo alcanzarlos. A partir de los objetivos, se generan planes que se pueden ejecutar.
2. **Agentes racionales:** Si un agente racional tiene una meta y sabe que una acción en particular acercará al agente a la meta, elegirá esa acción para su ejecución.
3. **Modularidad:** Los modelos deben ser construidos de forma modular, incluyendo módulos de:
  - percepción (subdividida en módulos: visual, auditivo, olfativo, táctil, gustativo..)

- formación
- memoria
- planificación
- razonamiento
- actuación

4. **Sense-think-act:** El funcionamiento del ciclo “sense-think-act” es el siguiente:

- Se detecta el entorno
- Se mapea en una representación interna
- Se procesa la información
- Se genera un plan de acción
- Finalmente, la acción es ejecutada

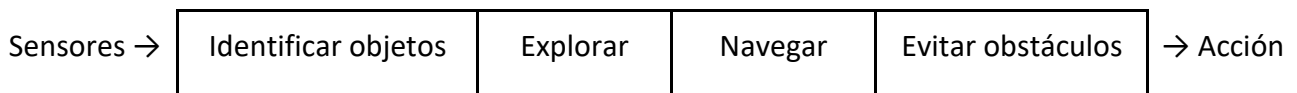
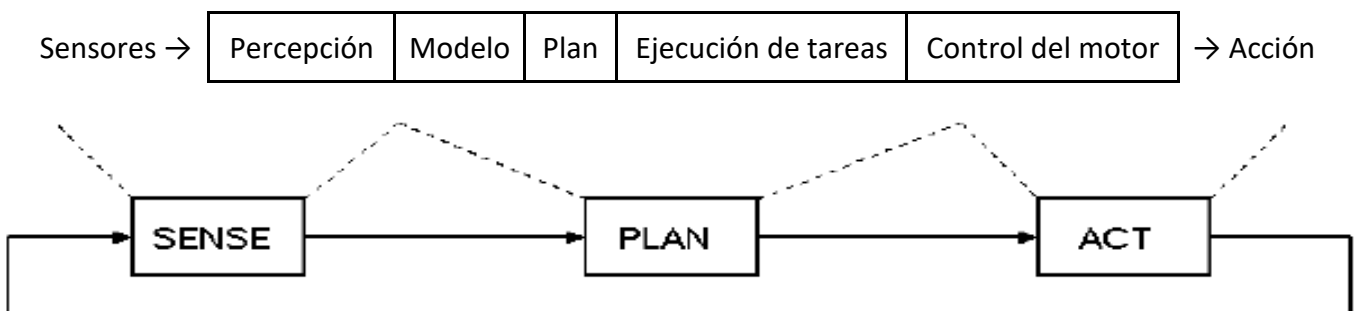
5. **Diseño de arriba a abajo:**

- Especificación del nivel de conocimiento (lo que el agente debería poder hacer).
- Derivación del nivel lógico (cómo se va a lograr la especificación inicial).
- Implementación (producción del código real).

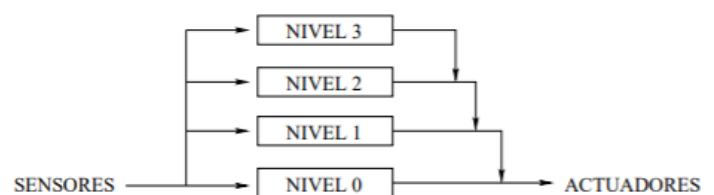
**Robot situado (situated):** Está incrustado en el mundo, y no trata con descripciones abstractas, sino a través de sus sensores con el aquí y ahora del mundo, lo que influye directamente en el comportamiento del robot.

**Robot personificado (embodied):** Tiene un cuerpo físico y experimenta el mundo, al menos en parte, directamente a través de la influencia del mundo en ese cuerpo.

### Filosofía de subsunción



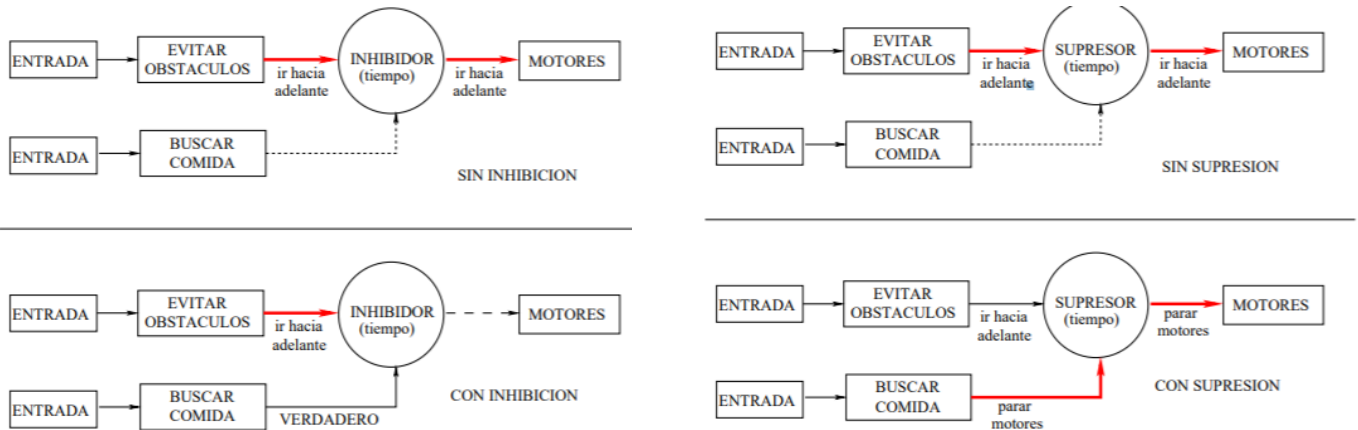
Los módulos deben agruparse en niveles de competencia, que definen los comportamientos deseados: evitar obstáculos, explorar, etc. Cada nivel se puede implementar independientemente y permite una gran escalabilidad.





Las entradas/salidas se pueden inhibir/suprimir. Los módulos de los niveles de competencia superiores pueden inhibir a los inferiores. Los niveles de competencia inferiores siguen funcionando como si no existieran los niveles superiores.

- Supresión: se sustituye la entrada que va a un módulo
- Inhibir: desactiva la salida de un módulo



## PREGUNTAS EXAMEN MASIP

B3

1. Para diseñar un agente racional debemos especificar los PEAS: Performance, Environment, Actuators, Sensors.
2. En caso de que tuviéramos 2 robots, los cuales son considerados como agentes, y éstos estuvieran en un mismo entorno y con una misma tarea, podría darse la situación de que para uno de ellos el entorno es completamente observable y que para el otro sólo fuera parcialmente observable. Ésto es debido a que sus sensores serían notablemente distintos.

### PRINCIPIOS DE DISEÑO DE SI

3. El **principio de diseño de los tres constituyentes** se refiere a nicho ecológico, comportamientos/tareas (behaviors/tasks), y diseño del agente.

4. **Equilibrio ecológico** (Ecological Balance): principio de diseño de agentes inteligentes que establece en su segunda parte que debe haber "una cierta distribución de tareas entre la morfología, los materiales, el control y el entorno".
5. La primera parte del **Principio del Equilibrio Ecológico** establece que dada una cierta tarea en un entorno, debe haber una concordancia entre la complejidad de los sistemas sensorial, motor y neural del agente.
6. Si trabajamos con un sistema completo en una simulación que incluya la física y los sensores, estamos violando el **principio del agente completo** ya que no se comporta en el mundo real.
7. Es aconsejable permitir un solapamiento parcial entre la funcionalidad de diferentes subsistemas basados en diferentes procesos físicos ya que ganamos en robustez de acuerdo con el **principio de la redundancia** en el diseño de agentes.

#### **B4**

8. La **computación morfológica** nos viene a decir que ciertos procesos son realizados mediante las propiedades materiales del cuerpo en lugar de por el cerebro.
9. Behavior-based-systems: son sistemas que dan lugar a un comportamiento complejo a partir de la interacción de comportamientos reactivos de bajo nivel con un entorno complejo.
10. Ciclo "Sense-think-act": principio de diseño en la Inteligencia Artificial Clásica según el cual primero se percibe el entorno, luego se mapea en una representación interna, la cual es procesada dando lugar a un plan para una acción, que finalmente es ejecutada.
11. Reactive robots (simple-reflex) NO incluyen modelos del mundo y memoria a largo plazo.
12. The supervised learning NO es una manifestación del paradigma reactivo o basado en comportamientos en los seres humanos

#### **OTROS QUE NO SE DE DONDE SON PERO SON DE AGENTES**

13. La inteligencia artificial aún no ha conseguido realizar de manera autónoma una operación quirúrgica compleja.
14. Morfología en el diseño de agentes inteligentes:
  - o La distribución de los sensores sobre el cuerpo es fundamental en el diseño de agentes inteligentes.
  - o Además de los cuatro elementos PEAS clásicos, la morfología debe incluirse como elemento fundamental en el diseño de agentes inteligentes.
  - o Pequeños cambios en la morfología pueden dar lugar a comportamientos radicalmente diferentes.

**MARCO DORIGO FUE A DAR LA TURRA ESE AÑO, SUPONGO QUE NOSOTROS PASANDO DE ESTO**

15. Según el profesor Marco Dorigo los conceptos “distributed system”, “self-organized local interactions” y “complex global behavior” (comportamiento global complejo) forman parte de la definición de “swarm intelligence”.
16. Según el profesor Marco Dorigo, el algoritmo ant colony optimization está inspirado en la comunicación indirecta entre hormigas, ¿qué mecanismo concreto forma parte esencial de este algoritmo? Stigmergy mediante feromonas.
17. Los robots NO tienen morfología insectoide con 6 patas articuladas en un sistema de swarm robotics según el profesor Marco Dorigo.

## PRACTICAS

- Session 7-8 → BrickPy
- Session 9 → Braitenberg Vehicle
- Session 10-12 → Apagar fuego