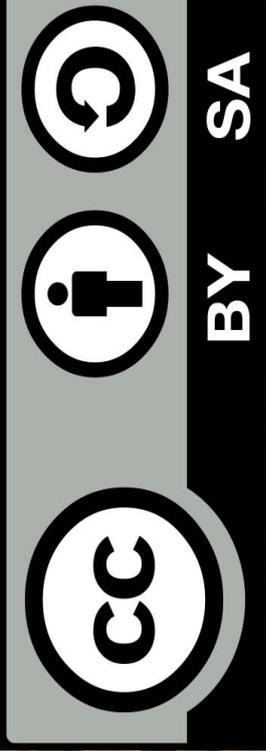




Juan Julián Merelo  
Depto. Arquitectura y  
Tecnología de  
Computadores  
Universidad de Granada  
<http://geneura.wordpress.com>

# Inteligencia Artificial y Simulación

Curso mixto UGR/MADOC  
simulación



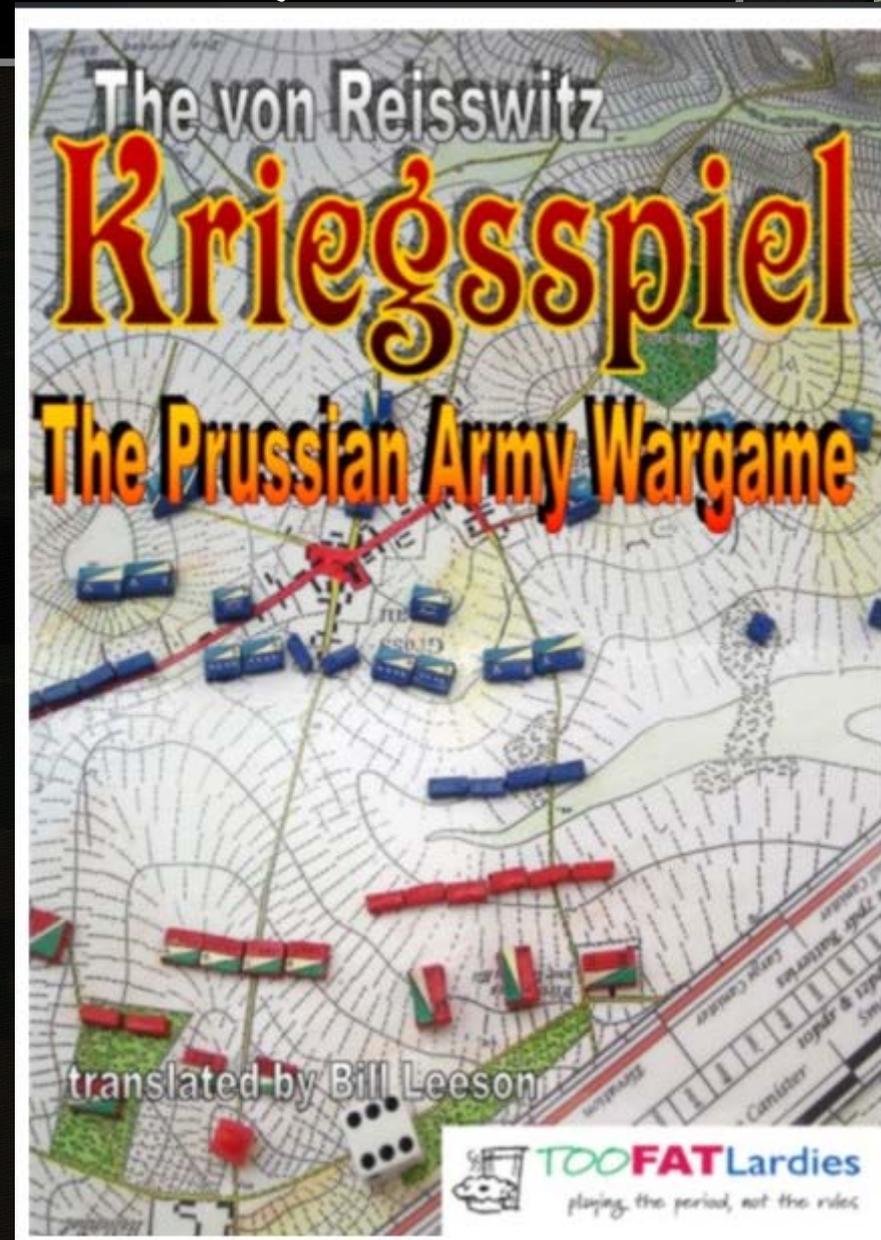
# El complejo lúdico-militar

Si la guerra ha impulsado el desarrollo de la **tecnología**, los juegos han impulsado el desarrollo y el **aprendizaje** de las tácticas de **combate**. Y viceversa.



# Todo lo que no es guerra, es simulación

- Una simulación es un *modelo* de la realidad.
- Los *juegos de guerra* o *kriegspiel* se introdujeron en el siglo XIX por parte de von Reisswitz (padre e hijo) para entrenar al ejército prusiano.



# La madre de todas las simulaciones

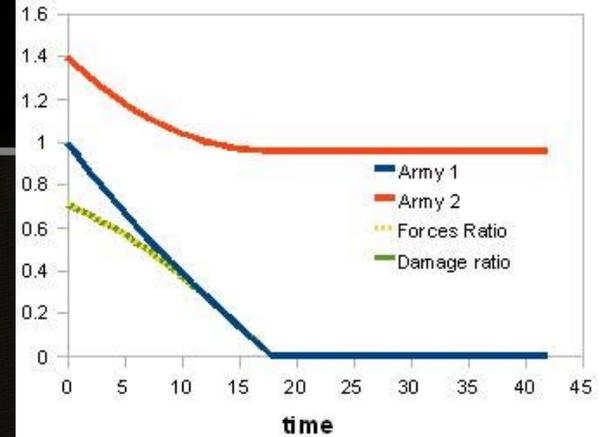


# Las leyes de Lanchester

- Modelo numérico del resultado de una batalla
- Leyes lineales (combate uno contra uno) o cuadráticas (con armas de fuego).
- Un modelo numérico se acerca a la creación de oponentes "automáticos".

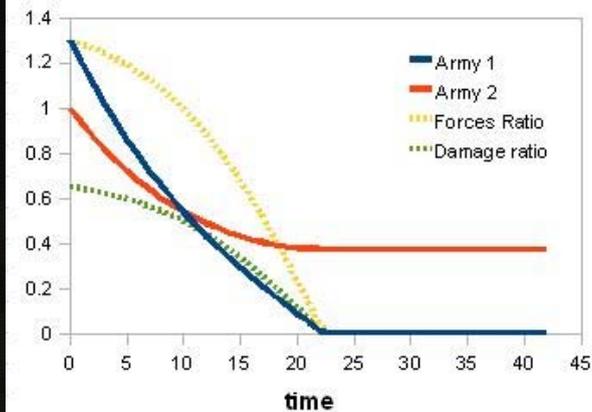
**Win by outnumber**

units: 1:1.4 damage rate per unit: 1:1



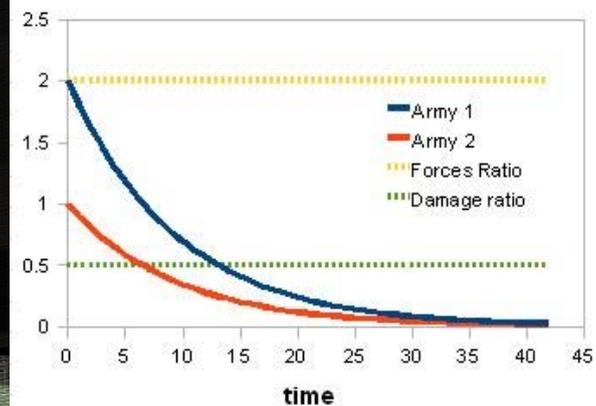
**Win by advantage**

units: 1.3:1 damage-rate per unit: 1:2



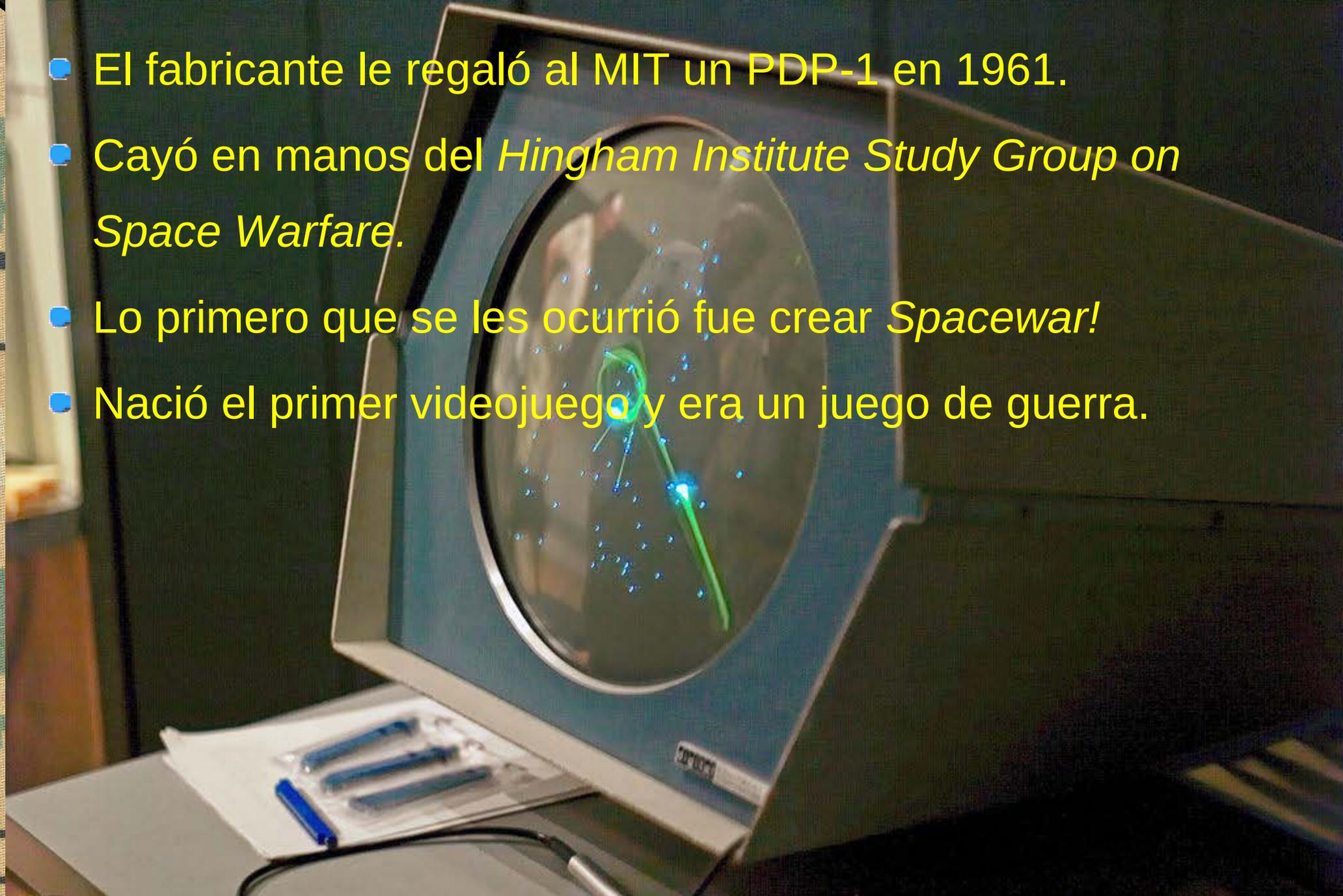
**Draw: advantage compensate number**

units: 1:2 damage rate per unit: 4:1



# Pero tenemos una solución para ello

- El fabricante le regaló al MIT un PDP-1 en 1961.
- Cayó en manos del *Hingham Institute Study Group on Space Warfare*.
- Lo primero que se les ocurrió fue crear *Spacewar!*
- Nació el primer videojuego y era un juego de guerra.



THE SIMULATION OF HUMAN THOUGHT

A. Newell  
H. A. Simon\*

Mathematics Division  
The RAND Corporation

P-1734

June 22, 1959

Presented at a program on Current Trends in  
Psychology, The University of Pittsburgh,  
March 12-13, 1959.

# Piensen, luego piensan

[The] technological advances that are necessary to permit a theory of thinking to be formulated and tested have occurred.

...

It was natural to ask whether such a machine could perform some of the more general symbol-manipulating processes required for thinking and problem solving as well as the very specialized processes required for arithmetic.

The answer, as we shall see, is "yes."

# El pez chico se come al grande

- Sólo a veces.
- Batalla de Lissa, 7 acorazados + 6 cruceros austríacos vencieron a 12+10 italianos.
- Es necesaria representación a nivel individual de los agentes de la batalla.



# Esto no encaja

- No-linealidad de los resultados del combate.
- Aspectos cognitivos: sobrecarga de información, aprendizaje de tácticas enemigas.
- Aspectos psicológicos: moral.
- Comportamientos emergentes: liderazgo, agrupamiento, improvisación.



# Nuevos modelos para nuevos juegos

- *First-Person Shooters.*
- *Real-Time Strategy.*
- Simuladores de vuelo.
- De la masa al individuo.
- De las simulaciones militares a los juegos y viceversa.
  - De World of Warcraft a SIMNET.

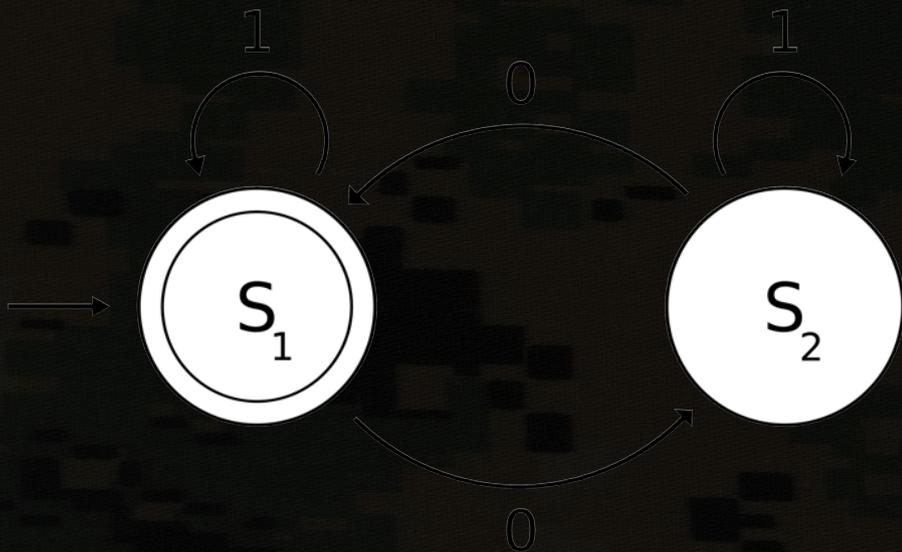


# Pero los enemigos son bastante tontos.

- Inteligencia artificial: guión.
- Comportamientos repetitivos.
- “Inteligencia” = conocimiento del jugador y rapidez.
- *Non-playing-characters = Bots*



# Los autómatas son automáticos.



- Los juegos usan autómatas de estados finitos:
  - Estados.
  - Reglas de transición.
  - Eventos.
- El autómata es diseñado generalmente por los autores del juego.
- Da “personalidad” al bot.

# Vamos a jugar: Unreal

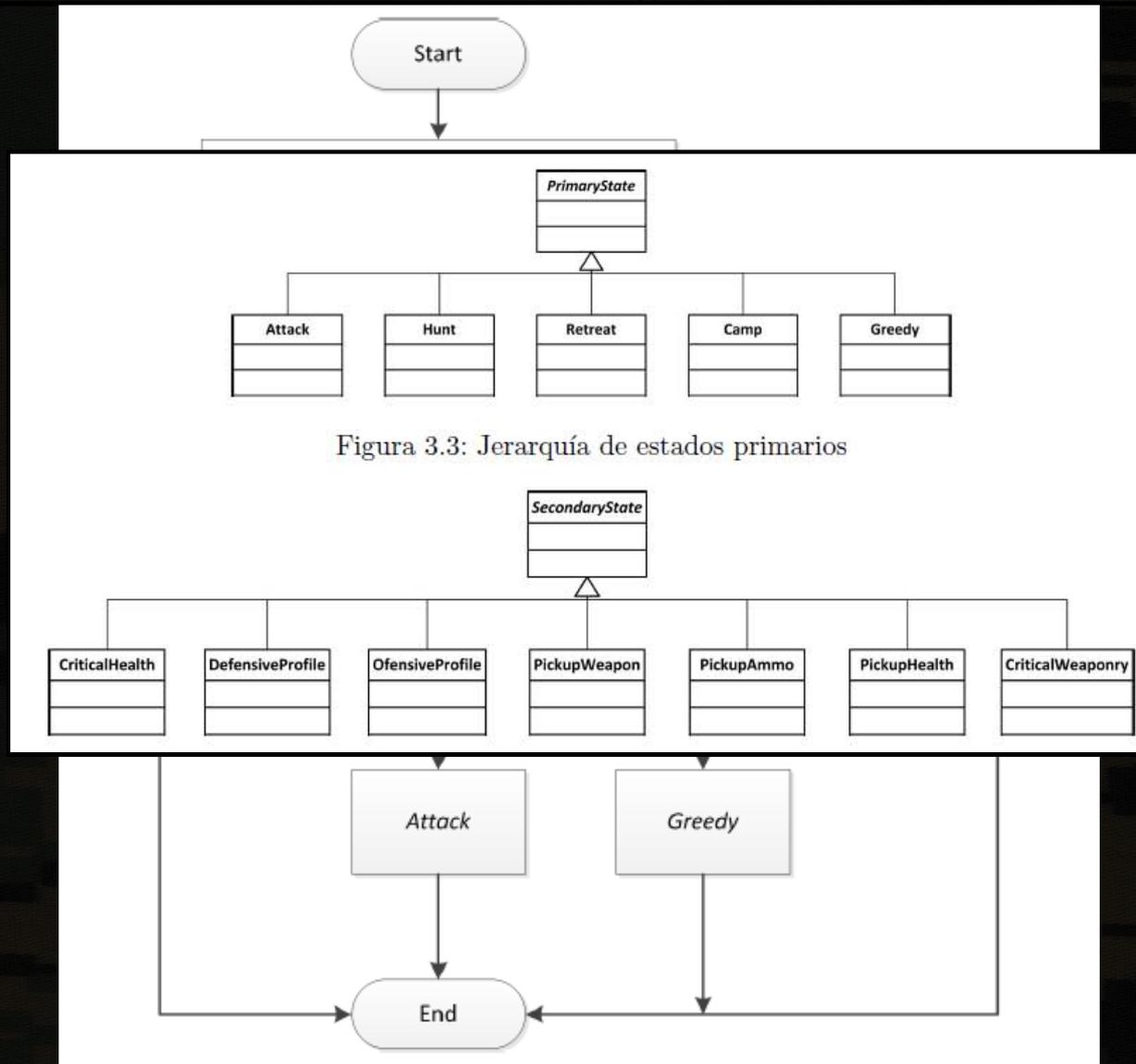
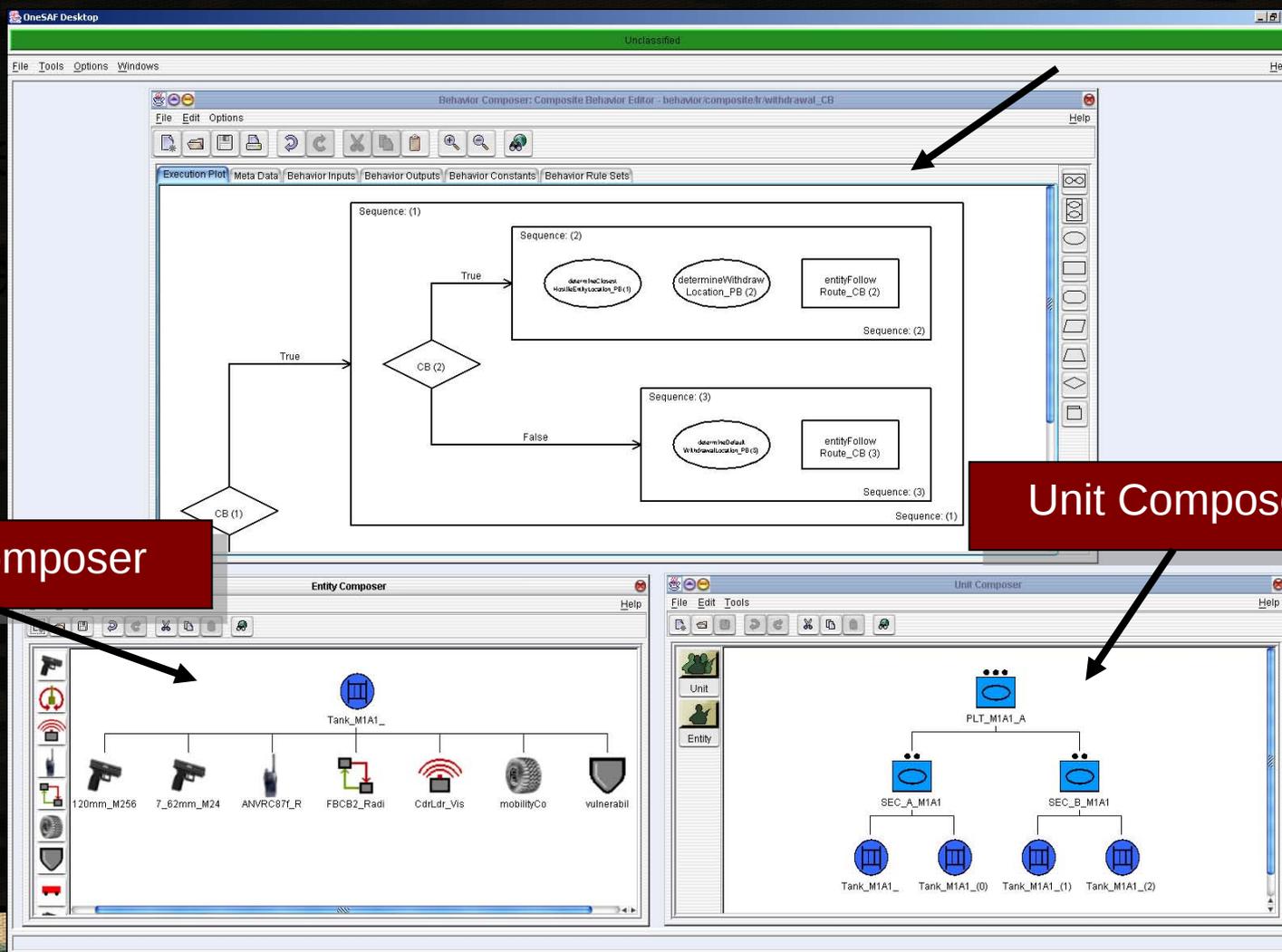


Figura 3.3: Jerarquía de estados primarios

# Haciendo los juegos más inteligentes

- Agentes autónomos o semi-autónomos: semi-automated forces
- Aprender del entorno
- Generar estrategias
- Estrategias de guerra

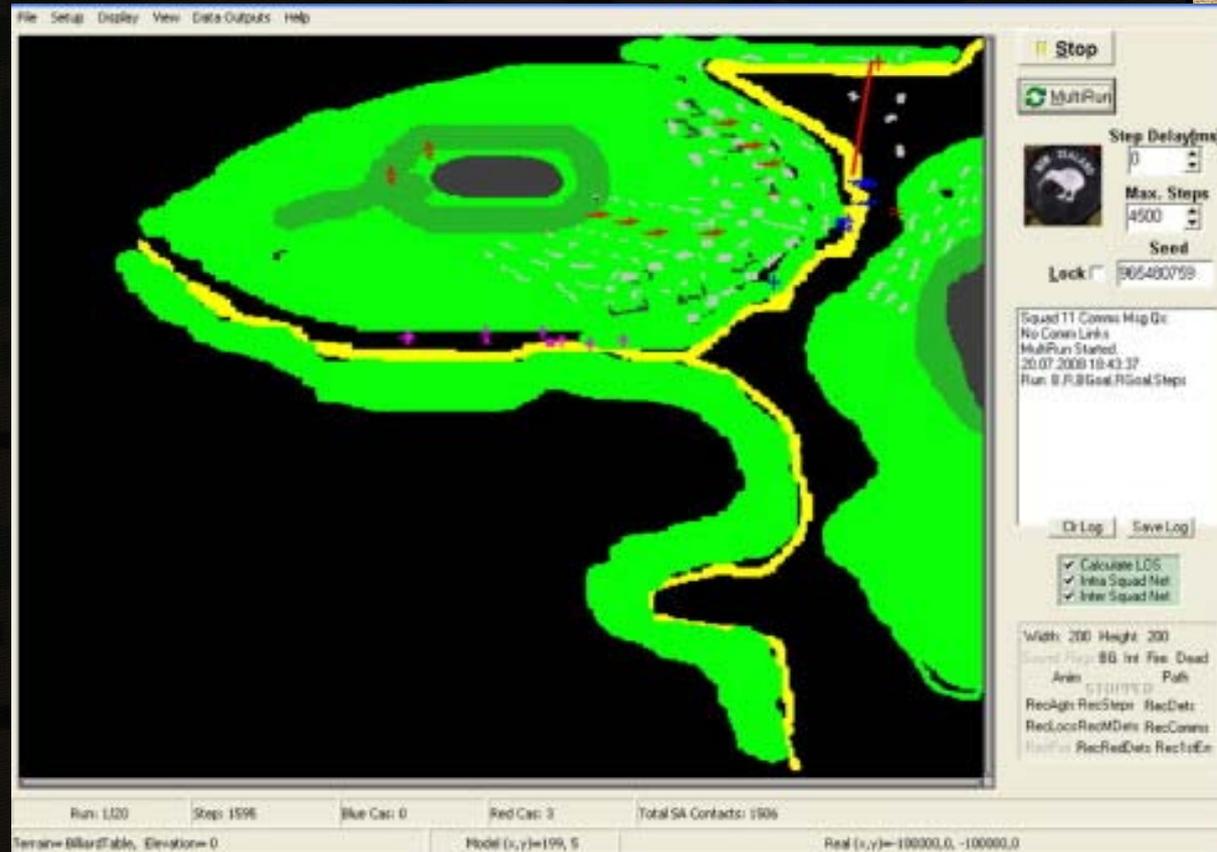


# Diferentes técnicas

- **Sistemas expertos:** razonamiento automático a partir de reglas.
- **Algoritmos evolutivos:** algoritmos de búsquedas inspirados por la teoría de la evolución
  - Evolución de poblaciones de soluciones.
- **Algoritmos de colonia de hormigas:** búsqueda en grafos (redes).
- **Redes neuronales:** inspiradas por modelos del cerebro, sistemas para aprendizaje y reconocimiento de patrones.

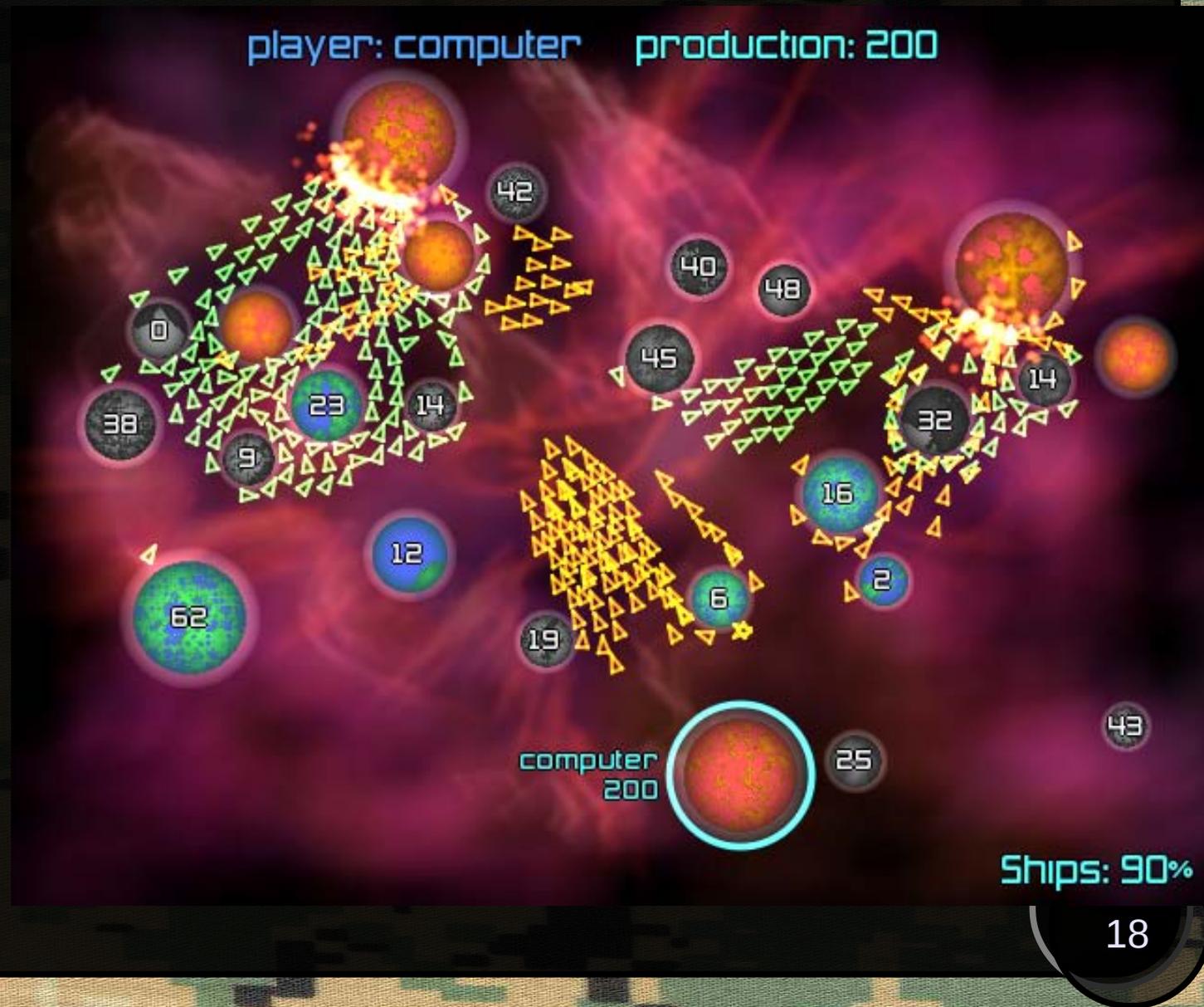
# Neuronas patinando

- Permite entrenar en situaciones específicas agentes que reaccionarán de forma autónoma.
- Usa *Map-Aware Non-Uniform Automata*
- Múltiples agentes: situación, misión...



# Guerra planetaria, de nuevo.

Usando  
algoritmos  
genéticos para  
optimizar  
estrategias.



*¡Oh, no! ¡Son ellas!*

Las hormigas son las únicas criaturas de la tierra, aparte del hombre que van a la guerra. Hacen campañas, son agresoras crónicas, capturan esclavos



# Colonia de hormigas

- Hormigas y otros insectos pueden resolver:
  - Búsqueda del camino más corto.
  - Mantenimiento de la temperatura.
  - Reunir cadáveres y pastorear áfidos.
  - Estropear los pícnicos y barbacoas.



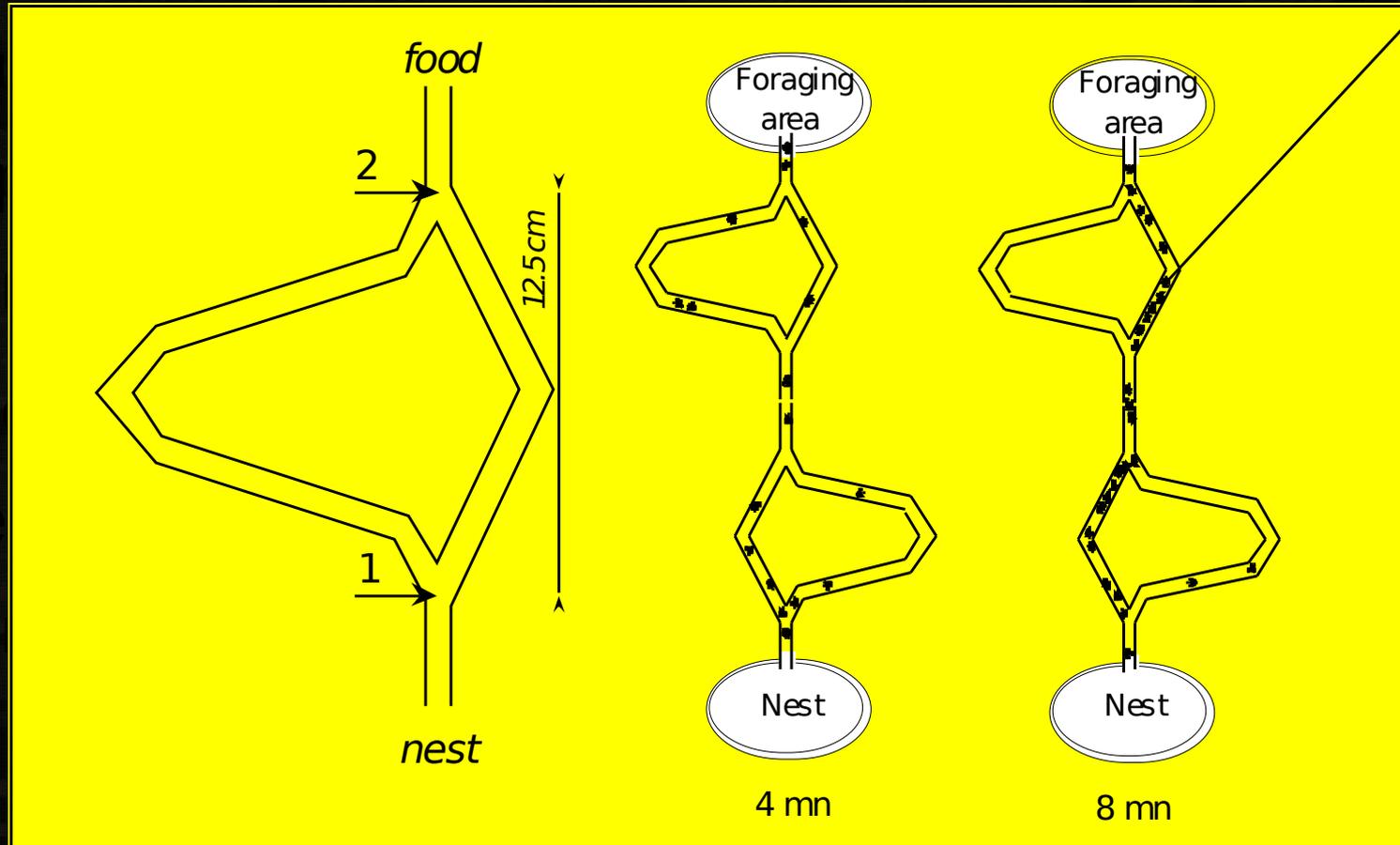
# Pongámosle nombre

- Pierre-Paul Grassé propuso la **stigmergia** como un mecanismo de cooperación mediado por el entorno.
- Evita la necesidad de control central.
- Explica el estropeamiento de picnics a través de un mecanismo de exploración-explotación

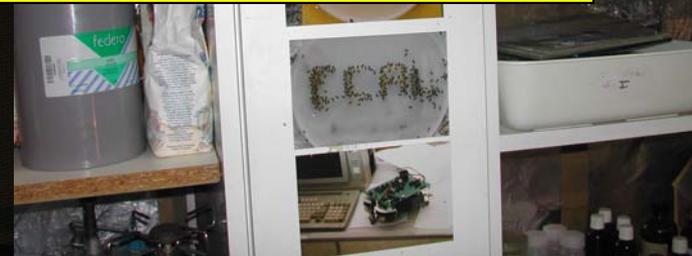


# Descentralizando

- Jean-Louis Deneubourg

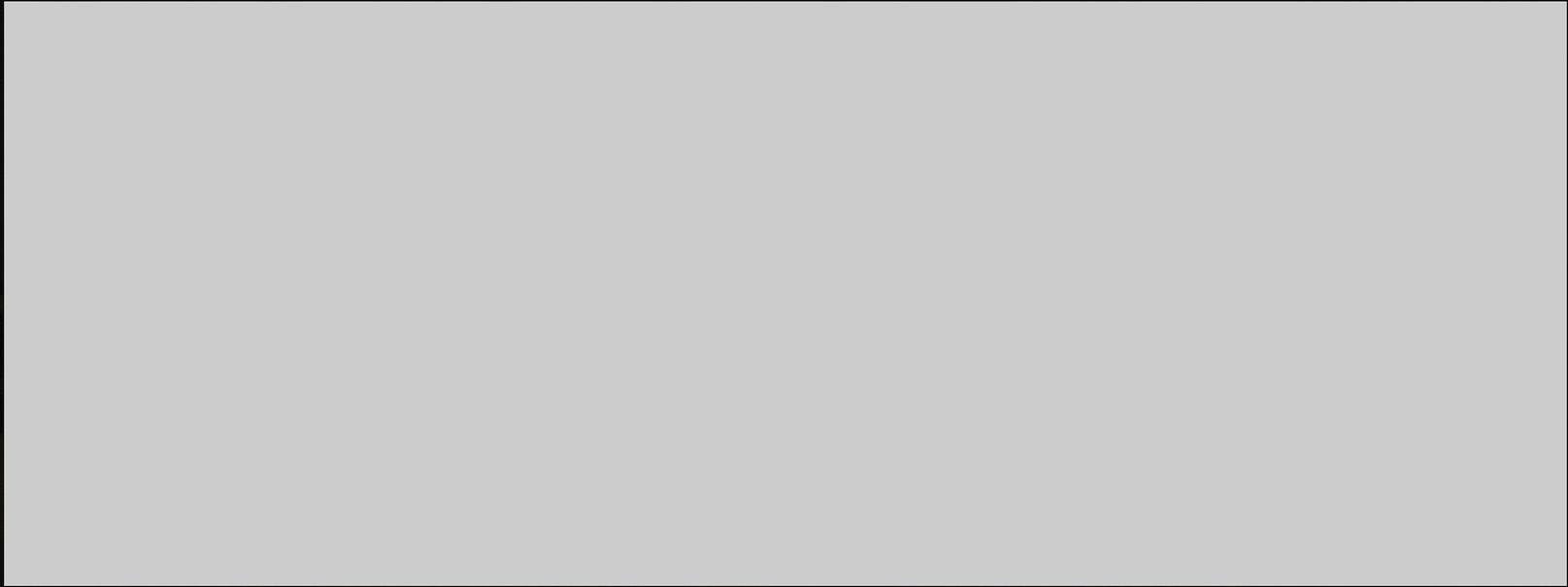


tants

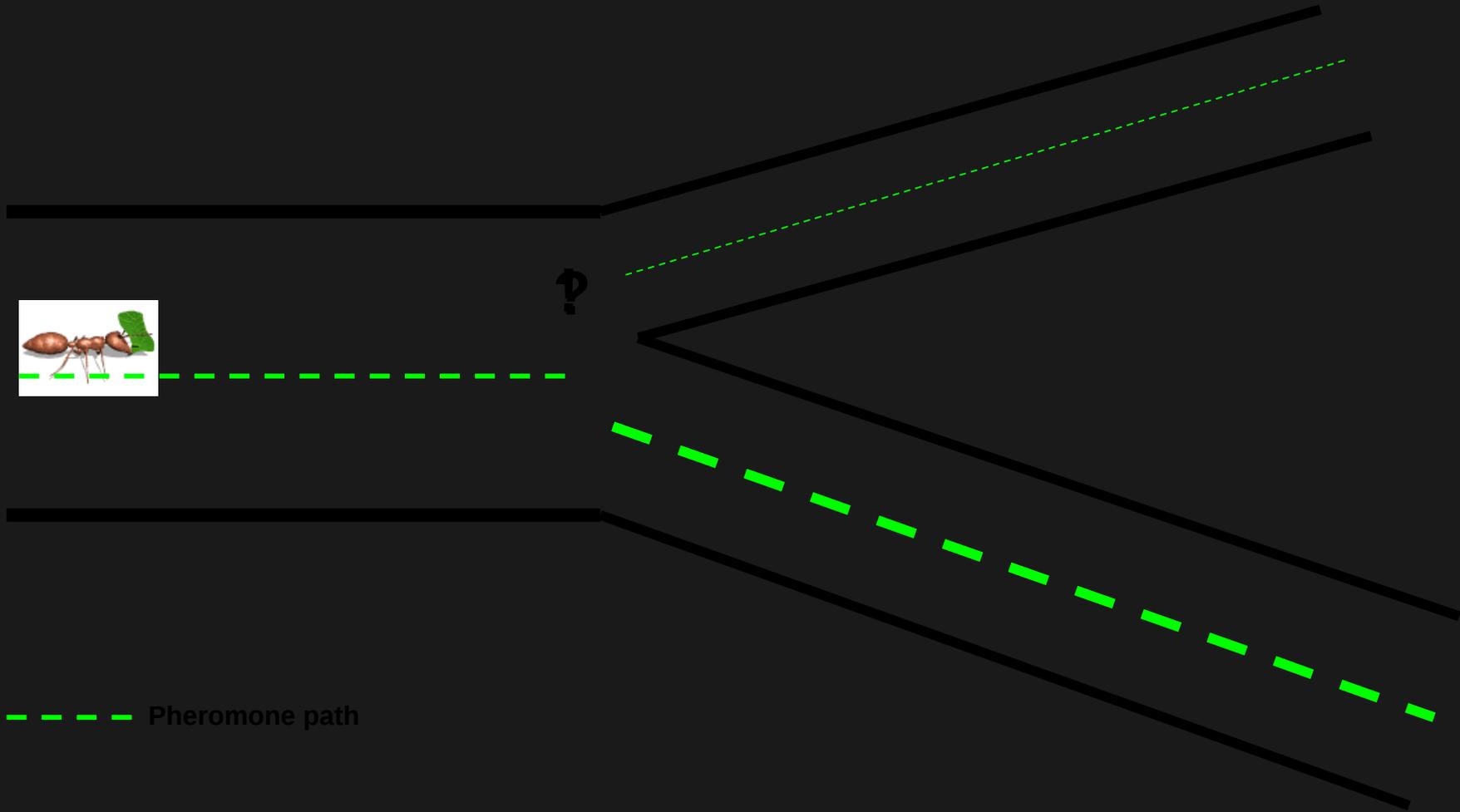


Pero todavía no hay más...

Marco Dorigo propuso en su tesis el AntSystem para resolver el problema del recorrido del viajante.



# Elección del camino basado en feromonas



# Vamos de paseo...

- Suelta una población de

hormiga

- Sigue

dependi

■ Ferom

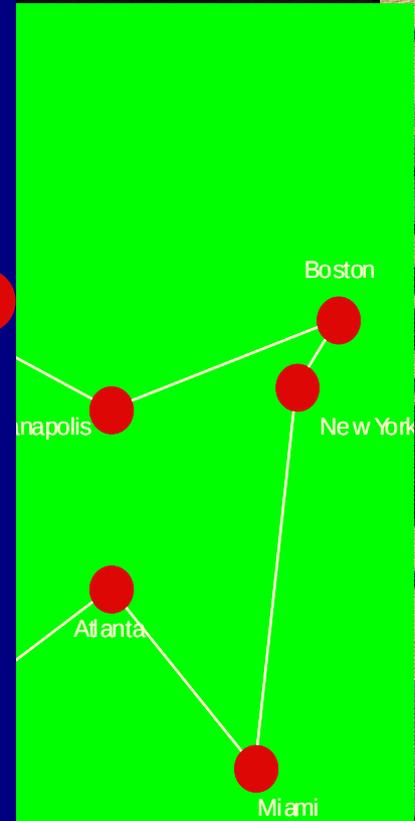
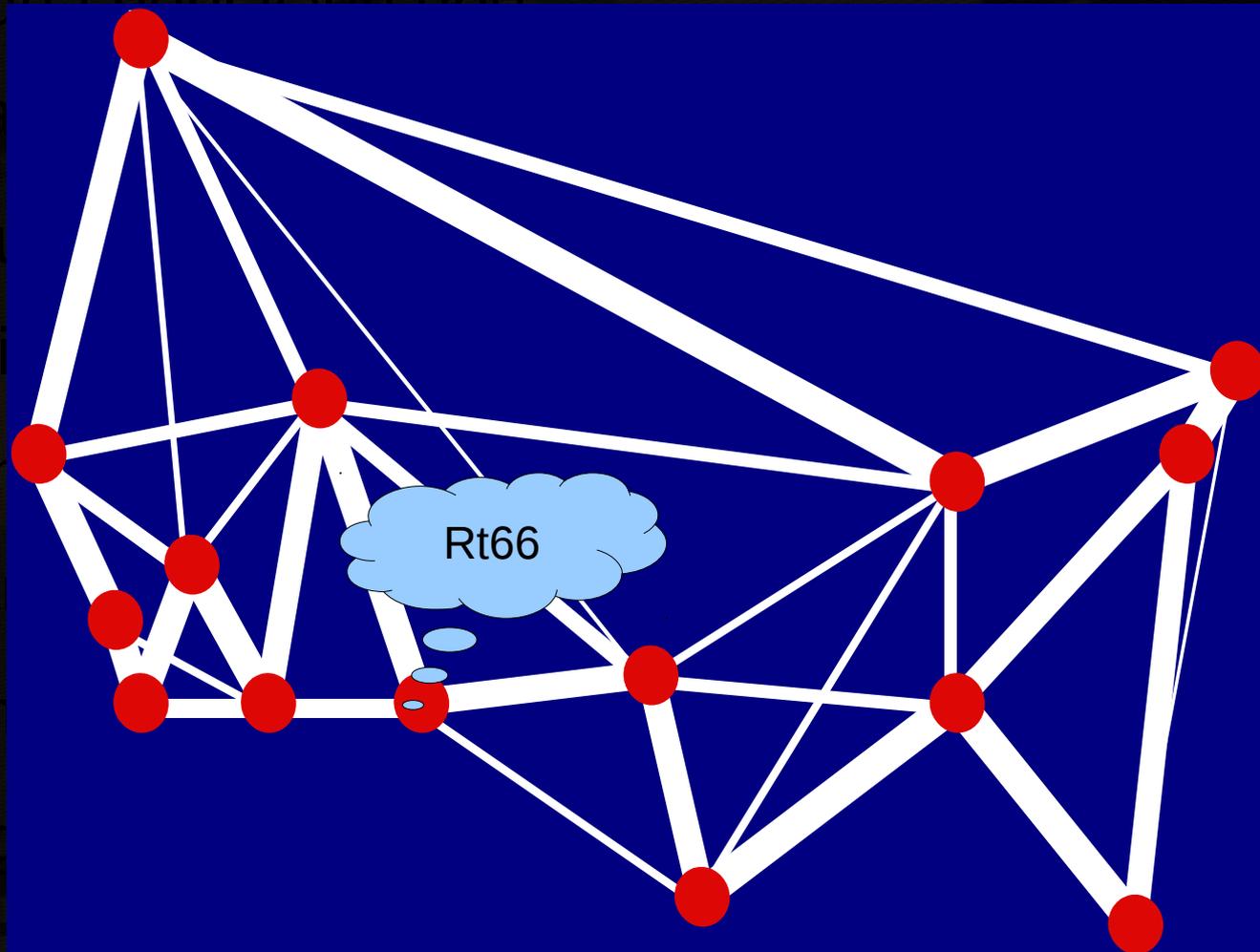
■ Dista

- La ferom

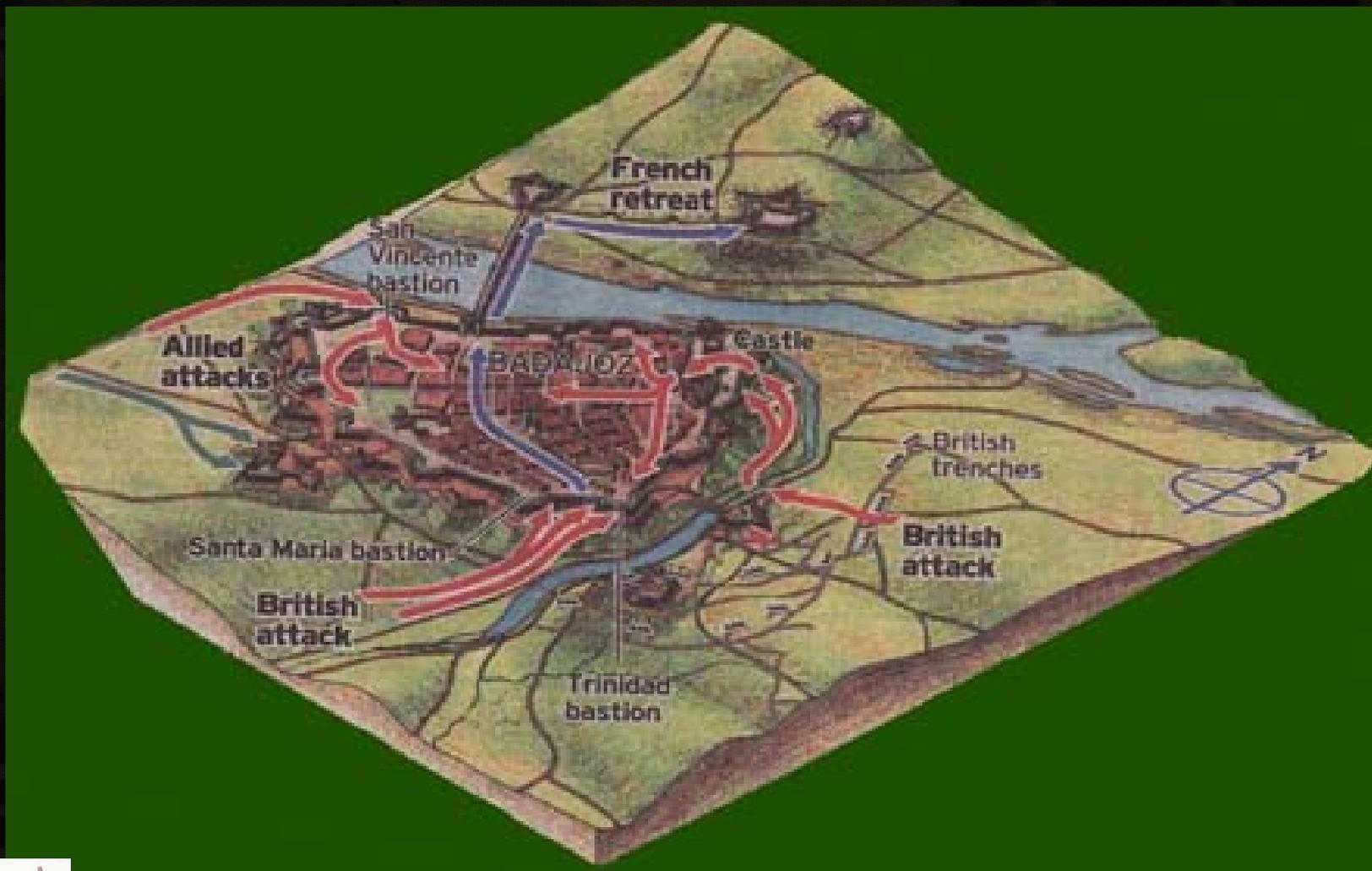
- Descar

camino elegido.

- Vuelta al principio.

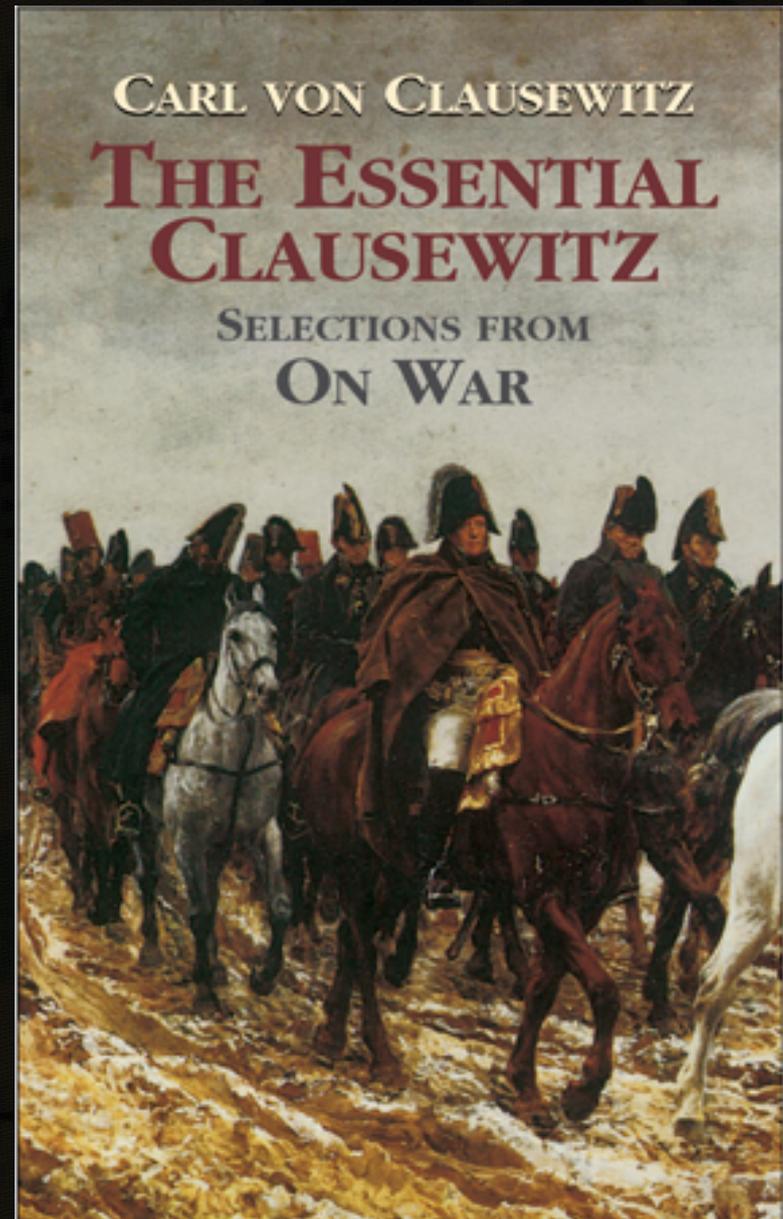


# Problema militar de búsqueda de caminos.



# Moviéndose en un simulador

- Cada unidad tendrá los parámetros habituales de una compañía de infantería.
  - Despliegue, gastos de combustible.
  - Unidad mínima que puede moverse y disparar.
- Siguiendo doctrina militar



# ¿Cuál es el objetivo?

- Dar alguna *inteligencia* a simuladores militares.
- Usarla como ayuda en *juegos de guerra*.
- Incorporación a dispositivos móviles para ayuda a la *decisión*.



# Compañía de hormigas acorazadas; problema multiobjetivo

- Hay dos objetivos: –
  - Seguridad: bajas no de combate (relacionadas con el terreno)
  - Velocidad: minimizar el camino al objetivo (cuanto más corto, mejor).



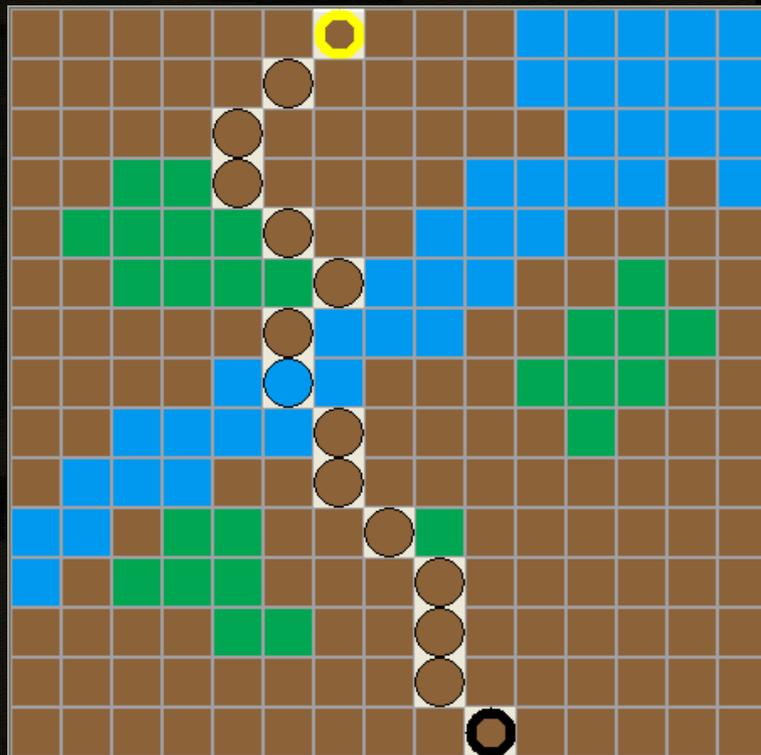
# ¿Por qué hormigas?

- Otros algoritmos *clásicos* usados con anterioridad.
- Idea inicial: representar las unidades con *hormigas* simuladas.
- Algoritmos de hormigas se pueden extender a otras situaciones: dinámicas, diferentes escalas...



# Objetivos del algoritmo CHAC

- Una sola unidad
  - Niveles de salud y *recursos*.
  - Desarmada.
- Moviéndose de un origen a un destino en el mapa.
- Se conoce al enemigo y las zonas de impacto de armas.
- Condiciones tan reales como sea posible.
- Células de 500 metros.



# Tratando de recorrer el mapa



# Algunos resultados

CSTR regla



Ff = 70.0, Fs = 195.2

500 iteraciones

20 hormigas

Más rápido

( $\lambda=0.9$ )

DSTR regla



Ff = 79.0, Fs = 367.9



Ff = 71.5, Fs = 66.6

Más seguro

( $\lambda=0.1$ )



Ff = 104.0, Fs = 69.4

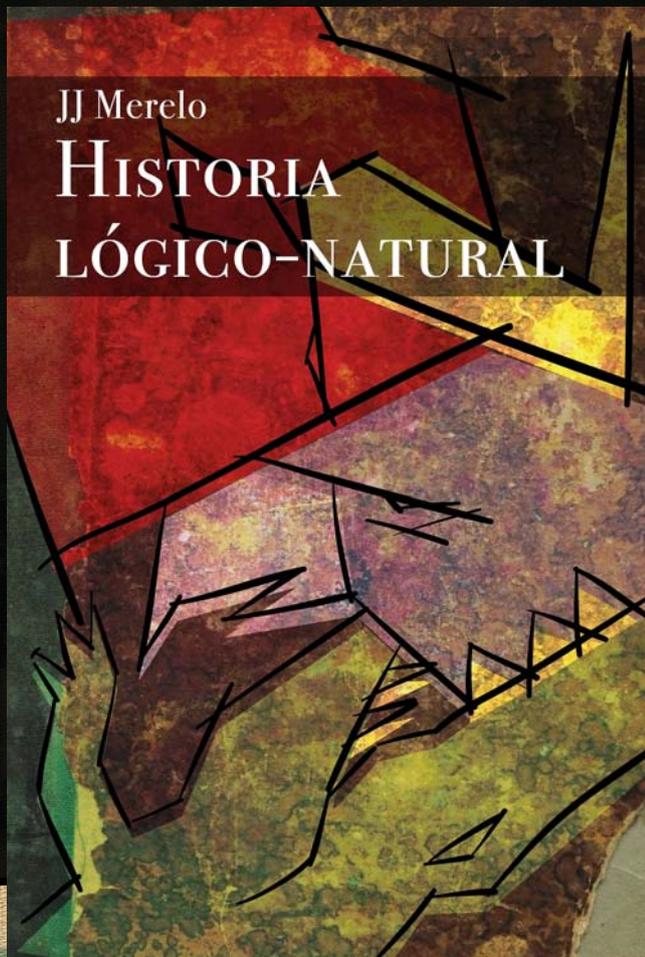






Muchas gracias por su atención

¿Una guerra de Cuba con submarinos, dirigibles a radiocontrol y computadoras? Historia lógico natural 1.02€ en <http://compra.historialn.es>



¿Alguna pregunta?





Esta presentación tiene licencia creative commons cc-by-sa, salvo las imágenes que no tienen ningún tipo de licencia y que son propiedad de sus autores.

## El complejo lúdico-militar

Si la guerra ha impulsado el desarrollo de la **tecnología**, los juegos han impulsado el desarrollo y el **aprendizaje** de las tácticas de **combate**. Y viceversa.



Imagen de johngarghan en

<http://www.flickr.com/photos/johngarghan/6820167473/s>

La idea del complejo lúdico-militar se ha obtenido del artículo "Theaters of war: the military-entertainment complex"

<http://www.stanford.edu/class/sts145/Library/Lenoir-Lowoo>  
que al parecer fue quien creó el término

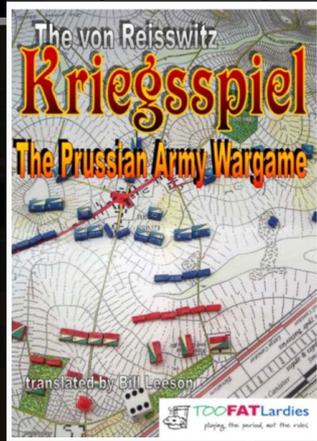
También recientemente se ha publicado un artículo en salon.com sobre el tema

[http://www.salon.com/2013/09/19/shall\\_we\\_play\\_a\\_game\\_](http://www.salon.com/2013/09/19/shall_we_play_a_game_)  
por lo que es de total actualidad.

Además, la modelización de las situaciones de combate han evolucionado con los juegos relacionados con la misma, de forma que se produce una retroalimentación entre todos los aspectos de cada una de las disciplinas

Todo lo que no es guerra, es simulación

- Una simulación es un modelo de la realidad.
- Los juegos de guerra o *kriegsspiel* se introdujeron en el siglo XIX por parte de von Reisswitz (padre e hijo) para entrenar al ejército prusiano.



3

## Artículo

[http://en.wikipedia.org/wiki/Kriegsspiel\\_%28wargame%29](http://en.wikipedia.org/wiki/Kriegsspiel_%28wargame%29)  
de la wikipedia para información general.

Imagen de hg wells de

<http://www.filfre.net/2011/07/22/>

Y la puesta de

<http://boardgamegeek.com/boardgame/16957/kriegsspiel>

En realidad se supone que el propio Sun Tzu, el del Arte de la Guerra, se entretuvo en crear un juego llamado Wei Hai, que significa algo así como “Rodeamiento”

<http://naomi-mcfarlane-y1-dd1000.blogspot.com.es/>

La madre de todas las simulaciones



4

Imagen de la mesa original de von Reisswitz en  
Boardgamegeek

<http://boardgamegeek.com/image/656008/kriegsspiel?size>

Von Reisswitz creó el término “Kriegsspiel” o juego de guerra con el objetivo de entrenar a oficiales prusianos y entretener al rey Federico Guillermo III

[http://en.wikipedia.org/wiki/Kriegsspiel\\_%28wargame%29](http://en.wikipedia.org/wiki/Kriegsspiel_%28wargame%29)

Autores como H.G. Wells, el de “La guerra de los mundos”, también creó un manual para “juegos de suelo” llamado “Little wars”

[http://en.wikipedia.org/wiki/Little\\_Wars](http://en.wikipedia.org/wiki/Little_Wars)

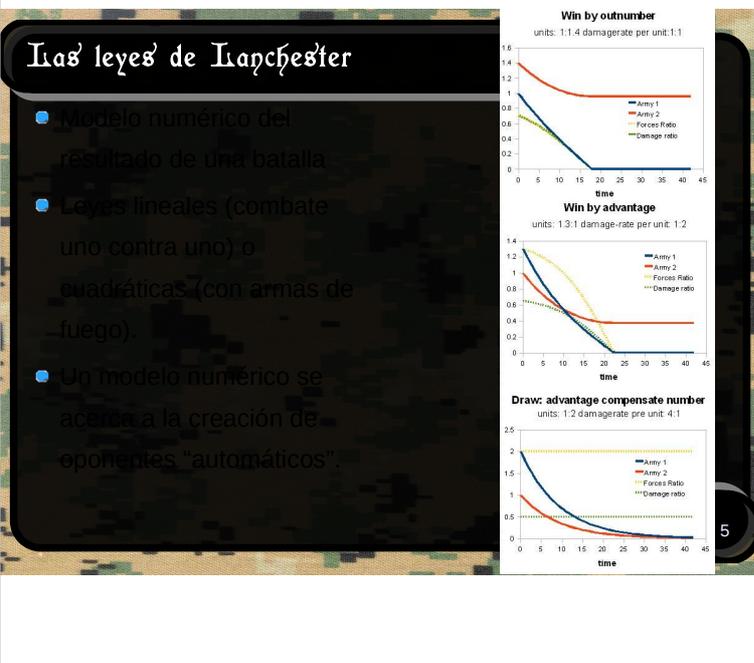


Imagen de la wikipedia

[http://en.wikipedia.org/wiki/Lanchester\\_laws](http://en.wikipedia.org/wiki/Lanchester_laws)

Previamente los resultados de los combates se basaban en la suerte o en un árbitro que decidiera qué pasaba. Con estas ecuaciones se podían modelar de forma más o menos precisa masas de combatientes y predecir el resultado; también se podían modelizar y simular diferentes situaciones y calcular, a mano o a máquina, tal resultado.

Lanchester lo desarrolló en 1916 y lo aplicó, por ejemplo, a las tácticas de Nelson en Trafalgar, pero también se puede ajustar a Iwo Jima, Las Árdenas y Kursk. En general, grandes masas de combatientes.

Sobre los modelos de combate de Lanchester

<http://arxiv.org/abs/math.HO/0606300> y mucho más interesante este artículo de Gamasutra donde comenta el papel de Lanchester en la creación del campo completo de la investigación operacional, que daría lugar más adelante a la IA.

Pero tenemos una solución para ello

- El fabricante le regaló al MIT un PDP 1 en 1961.
- Cayó en manos del *Hingham Institute Study Group on Space Warfare*.
- Lo primero que se les ocurrió fue crear *Spacewar!*
- Nació el primer videojuego y era un juego de guerra.



La imagen de la wikipedia

[http://en.wikipedia.org/wiki/Spacewar\\_%28video\\_game%2](http://en.wikipedia.org/wiki/Spacewar_%28video_game%2)

La historia de un artículo de la semana pasada en Salon:

[http://www.salon.com/2013/09/19/shall\\_we\\_play\\_a\\_game\\_](http://www.salon.com/2013/09/19/shall_we_play_a_game_)

En realidad, los primeros surgieron antes; en 1952 se hizo un tres en raya gráfico (OXO) y en 1958 algo similar con una computadora analógica. Hay todo un debate sobre el tema, pero sí es posible que este juego de guerra fuera de los 10 primeros

[http://en.wikipedia.org/wiki/First\\_video\\_game](http://en.wikipedia.org/wiki/First_video_game)

THE SIMULATION OF HUMAN THOUGHT

A. Newell  
H. A. Simon\*

Mathematics Division  
The RAND Corporation

P-1734

June 22, 1959

Presented at a program on Current Trends in  
Psychology, The University of Pittsburgh,  
March 12-13, 1959.

Captura de la pantalla del artículo original de Newell y Simon, en un documento de la corporación RAND disponible en

<http://doi.library.cmu.edu/10.1184/pmc/simon/box0006/fld00416/bdl0001/doc0001>

Rand tuvo a los padres de la doctrina de la "Destrucción mutua asegurada"

[http://en.wikipedia.org/wiki/RAND\\_Corporation](http://en.wikipedia.org/wiki/RAND_Corporation) que, hasta cierto punto, se basa en la ecuación de Lanchester.

Newell y Simon se consideran *padres* de la inteligencia artificial.

## Pensar, luego pensar

[The] technological advances that are necessary to permit a theory of thinking to be formulated and tested have occurred.

It was natural to ask whether some machine could perform some of the more general symbol-manipulating processes required for thinking and problem solving as well as the very specialized processes required for arithmetic.

Frases sacadas del artículo mencionado. Parece algo natural ahora, pero expresar los procesos de pensamiento como programas y previamente como procesos de manipulación de símbolos no es trivial. El hacerlo así dio lugar a la “inteligencia artificial”, o el arte y/o técnica de hacer que las máquinas piensen como los humanos.

Lo que ha cambiado desde esa época es principalmente la forma de expresar y de diseñar esos programas. Hoy en día los programas tienen una estructura determinada (que puede modelizar también el pensamiento humano) y no tienen por qué diseñarse a mano, pero lo cierto es que esos principios de Newell y Simon siguen vigentes.

## El pez chico se come al grande

- Solo a veces.
- Batalla de Lissa, 7 acorazados + 6 cruceros austriacos vencieron a 12+10 italianos.
- Es necesaria representación a nivel individual de los agentes de la batalla.



La imagen es de la pintura “Tegethoff en la batalla de Lissa”, por Anton Romako, la foto es mía. Más sobre la batalla en

[http://en.wikipedia.org/wiki/Battle\\_of\\_Lissa\\_%281866%29](http://en.wikipedia.org/wiki/Battle_of_Lissa_%281866%29)

En realidad, los austriacos lograron aislar una parte más pequeña de la fuerza italiana. Y los italianos tenían muy mala puntería. Pero, aún así, pone de manifiesto la importancia de decisiones personales e, incluso, moral y habilidad en el resultado de una batalla, más que la fuerza militar pura.

La incapacidad de los modelos de Lanchester para explicar en general esto, como explica Stoykov en <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a479996.pdf> “USING A COMPETITIVE APPROACH TO IMPROVE MILITARY SIMULATION ARTIFICIAL INTELLIGENCE DESIGN” llevó a la creación de nuevos modelos basados en los sistemas complejos adaptativos (CAS).

## Esto no encaja

- No linealidad de los resultados del combate.
- Aspectos cognitivos: sobrecarga de información, aprendizaje de tácticas enemigas.
- Aspectos psicológicos: moral.
- Comportamientos emergentes: liderazgo, agrupamiento, improvisación.



10

Imagen de Klinger en M\*A\*S\*H tomada de [http://wherearemykeys.typepad.com/where\\_are\\_my\\_keys/2011/10/bad-news-for-klinger.html](http://wherearemykeys.typepad.com/where_are_my_keys/2011/10/bad-news-for-klinger.html)

## Nuevos modelos para nuevos juegos

- First Person Shooters
- Real Time Strategy
- Simuladores de vuelo
- De la masa al individuo
- De las simulaciones militares a los juegos y viceversa
- De World of Warcraft a SIMNET



11

Los ordenadores, sobre todo los personales y en red, trajeron nuevas formas de modelizar la experiencia de combate y, sobre todo, de crear entretenimiento con ellas. Toda una nueva generación de juegos surgió durante los 90, que más o menos configuran los juegos que se usan hoy. Los que tienen más relevancia militar es la que se indica.

Imagen de America's Army de

<http://screenshots.teamxbox.com/screen/36868/Americas->  
un juego basado en el motor del Unreal y comisionado por el DoD americano para que refleje armas, tácticas y el máximo realismo. Y usado para entrenar a ejército y marines.

Los marines, según cuenta en "Theaters of war"

<http://www.stanford.edu/class/sts145/Library/Lenoir-Lowoo>  
crearon un MarineDoom modificando Doom.

Pero los enemigos son bastante tontos.

- Inteligencia artificial - guion.
- Comportamientos repetitivos.
- "Inteligencia" = conocimiento del jugador y rapidez.
- Non-playing-Characters = Bots



12

Imagen copiada de

<http://www.giantbomb.com/profile/retrovirus/blog/hot-keys->

La “inteligencia” de forma habitual va asociada al conocimiento del jugador humano que tienen los otros jugadores, no tanto con lo que llamamos tradicionalmente inteligencia (adaptación, aprendizaje). ¿Cómo se implementan estos *guiones*?

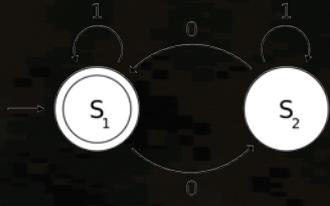
## Los autómatas son automáticos.

- Los juegos usan autómatas de estados finitos:

- Estados.
- Reglas de transición.
- Eventos.

- El autómata es diseñado generalmente por los autores del juego.

- Da "personalidad" al bot.



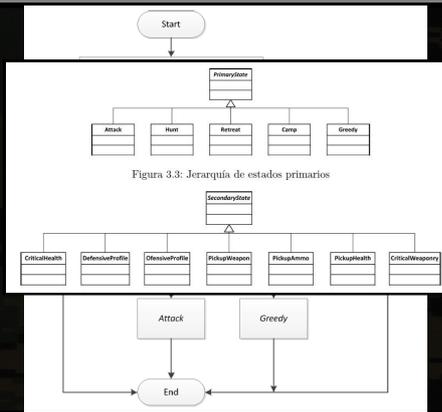


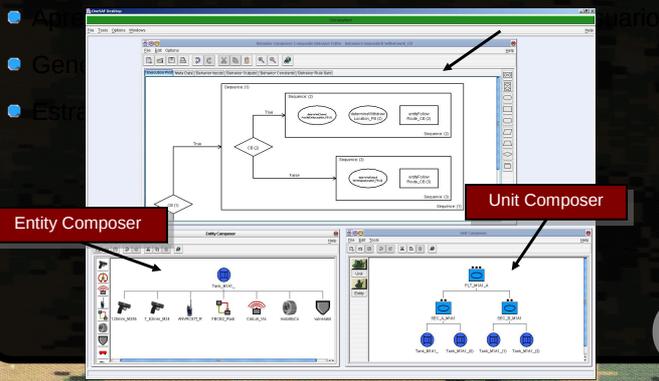
Figura 3.3: Jerarquía de estados primarios

Los SDKs para desarrollo de juegos tales como Corona SDK también implementan estas máquinas de estados finitos. Véase por ejemplo <http://jessewarden.com/2012/07/finite-state-machines-in-ga>

El motor del Unreal es el que se usa en America's Army, que es tanto una herramienta de reclutamiento del ejército americano como una herramienta para entrenamiento táctico.

## Haciendo los juegos más inteligentes

- Agentes autónomos o semi-autónomos: semi-automated forces



En general, lo que se trata en el uso de SAF o CGF o SF, synthetic forces, es de concentrarnos en el nivel de simulación que deseamos , con todos los niveles inferiores comportándose de forma más o menos realista.

Imagen obtenida de ***The Three-Block War Modeled in OneSAF***, Oanh Tran, LTC John Surdu, Doug Parsons de

[http://www.onesaf.net/community/documents/Papers\\_Presentations/Published/IITS](http://www.onesaf.net/community/documents/Papers_Presentations/Published/IITS)

Que muestra como se pueden hacer simulaciones de situaciones urbanas, complejas, con CGF (computer generated forces) que se adaptan a situaciones y al terreno y sean capaces de reaccionar a situaciones inesperadas.

Generalmente, la IA lo que hace es actuar sobre las estructuras de datos subyacentes del autómata que proporciona el motor del juego. En el caso de VBS2, por ejemplo, cuando se habla de IA es en realidad programación de esas reglas de transición del autómata, pero la IA Puede ir mucho más allá modificando estados, añadiendo o eliminando, dando nuevo significado a los mimos y por supuesto adaptando las reglas de transición de los estados para reflejar aprendizaje o evolución.

## Diferentes técnicas

- **Sistemas expertos:** razonamiento automático por medio de reglas.
- **Algoritmos evolutivos:** algoritmos de búsquedas inspirados por la teoría de la evolución.
  - Evolución de poblaciones de soluciones.
- **Algoritmos de colonia de hormigas:** búsqueda en grafos (redes).
- **Redes neuronales:** inspiradas por modelos del cerebro. Sistemas para aprendizaje y reconocimiento de patrones.

16

¿Qué técnicas se suelen usar habitualmente en simulación o juegos para crear esta inteligencia artificial? Para empezar en cualquiera de ellos se puede usar la Wikipedia, como es natural.

Todos ellos tendrán que adaptarse a las estructuras del juego que, como se ha dicho, son autómatas de estados finitos prácticamente de forma general.

Todas estas técnicas son técnicas de búsqueda que actúan sobre diferentes estructuras de datos y que están más adaptadas a diferentes problemas.

Inteligencia artificial, en ese contexto, es búsqueda.





Algunos ejemplos de esas técnicas aplicadas a juegos de simulación son las que vamos a ver a continuación. Galcon o Planet Wars es un juego de estrategia elegido por Google para el Google AI challenge hace un par de años. En el grupo hemos publicado diferentes artículos que tratan de optimizar las estrategias del juego usando algoritmos genéticos:

<http://geneura.wordpress.com/2012/02/15/optimizacion-ev>

Publicado en diferentes conferencias y revistas.

Google ha elegido en varias ocasiones juegos de simulación de combates: El último, por ejemplo, es Ant wars, donde hormigas se enfrentan unas con otras para dominar un territorio.

*¡Oh, no! ¡Son ellas!*

Las hormigas son las únicas criaturas de la tierra, aparte del hombre que van a la guerra. Hacen campañas, son agresoras crónicas, capturan esclavos.



## Colonia de hormigas

- Hormigas y otros insectos pueden resolver:
  - Búsqueda del camino más corto.
  - Mantenimiento de la temperatura.
  - Recoger cadáveres y pastorear aïidos.
  - Estropear los picnics y barbacoas.



Este fue un trabajo financiado por un proyecto conjunto UGR-MADOC que tuvo lugar desde el año 2004 al 2006.

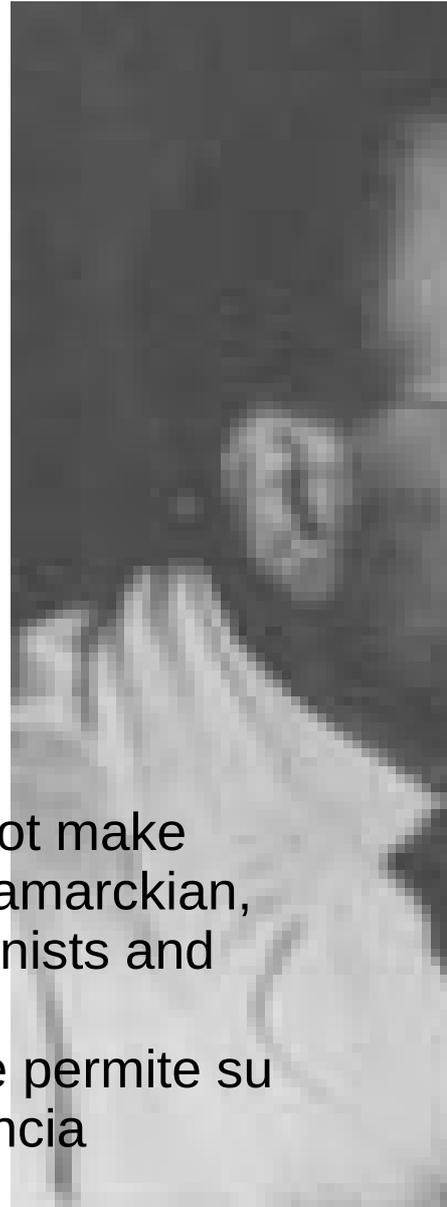
## Pongámosle nombre

- Pierre-Paul Grasse propuso la estigmergia como un mecanismo de cooperación mediado por el entorno.
- Evita la necesidad de control central.
- Explica el estropeamiento de puentes a través de un mecanismo de exploración-explotación.

21

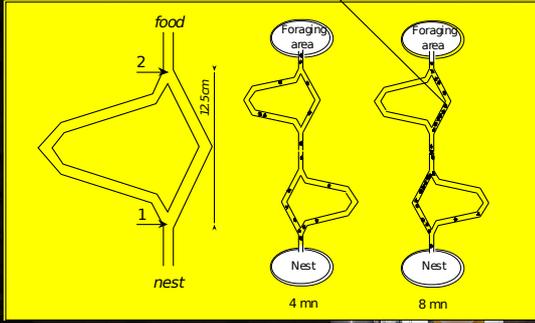
Being a good scientist in one area does not make him a good scientist always: he's neo-Lamarckian, and has been often quoted in anti-darwinists and "intelligent design" contexts.

Este mecanismo de estigmergia es el que permite su utilización como una técnica de inteligencia artificial.



## Descentralizando

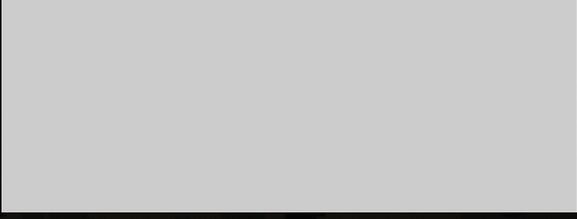
Jean-Louis Deneubourg



$P_p$  is picking probability,  $P_d$  dropping probability.  $K_s$  are constant that must be tuned.  
 $F$  is a function of the number of items.

Pero todavía no hay más...

Marco Dorigo propuso en su tesis el AntSystem para resolver el problema del recorrido del viajante.



23

Imagen de la Wikipedia

[http://en.wikipedia.org/wiki/Travelling\\_salesman\\_problem](http://en.wikipedia.org/wiki/Travelling_salesman_problem)

Los algoritmos de hormigas se adaptan muy bien a problemas que se puedan representar mediante un grafo o una red, como el recorrido del viajante.

Tras el modelo inicial de Deneuborg, los trabajos de Dorigo permitieron presentar y usar los algoritmos de colonia de hormigas como algoritmos de búsqueda.

## Elección del camino basado en feromonas



?

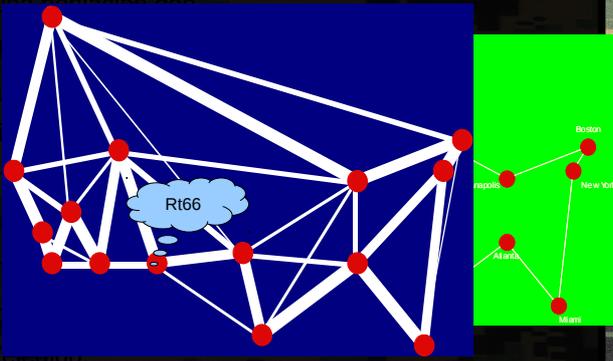
--- Pheromone path

24

Este sería un ejemplo de cómo actuaría cada una de las hormigas. Normalmente se trabaja con poblaciones de hormigas.

# Vamos de paseo...

- Seala...
- Sigue...
- depend...
- Fero...
- Dista...
- La feror...
- Descar...
- Camino...
- Vuelta al principio.



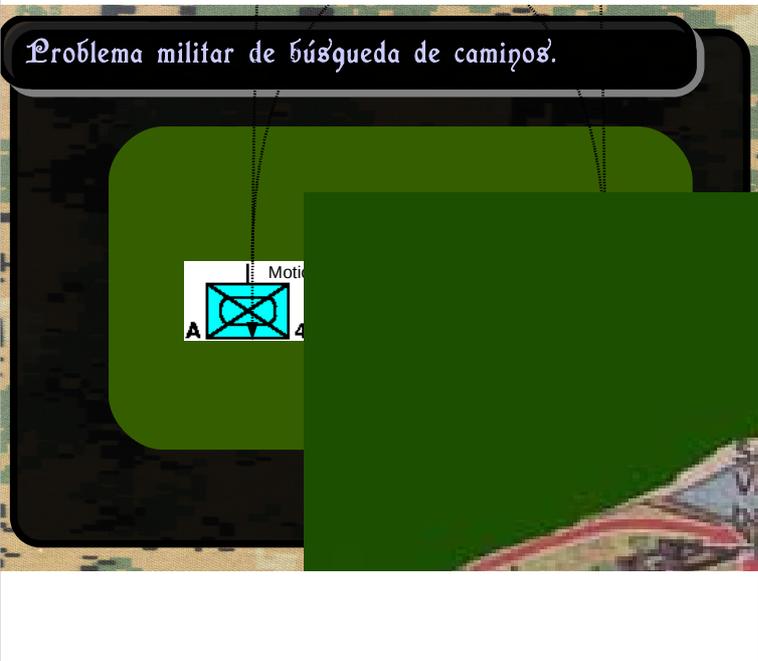


Imagen del ataque inglés a Badajoz, durante la guerra de la independencia, en el año 1812.

## Moviéndose en un simulador

- Cada unidad tendrá los parámetros habituales de una compañía de infantería.
- Despliegue, gastos de combustible.
- Unidad mínima que puede moverse y disparar.
- Siguiendo doctrina militar.



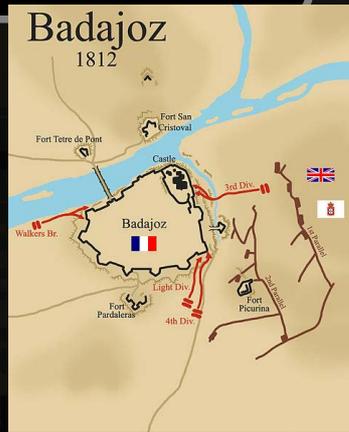
## ¿Cuál es el objetivo?

- Para alguna **inteligencia** a simuladores militares.
- Usar como ayuda en **juegos de guerra**.
- Incorporación a dispositivos móviles para ayuda a la **decisión**.



## Compañía de hormigas acorazadas; problema multiobjetivo

- Hay dos objetivos: –
  - Seguridad: bajas no de combate (relacionadas con el terreno)
  - Velocidad: minimizar el camino al objetivo (cuanto más corto, mejor).



29

It's like a classical travelling salesman problem, but with a bigger search space, and with more restrictions on each *city*; it's more difficult to arrive at one than at others.

Imagen de la wikipedia,  
<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Badajoz-battle.jpg>

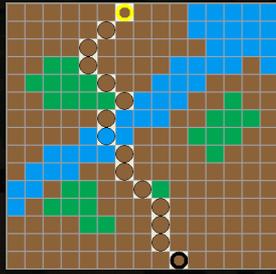
## ¿Por qué hormigas?

- Otros algoritmos *clásicos* usados con anterioridad.
- Idea inicial: representar las unidades con *hormigas* simuladas.
- Algoritmos de hormigas se pueden extender a otras situaciones: dinámicas, diferentes escalas...

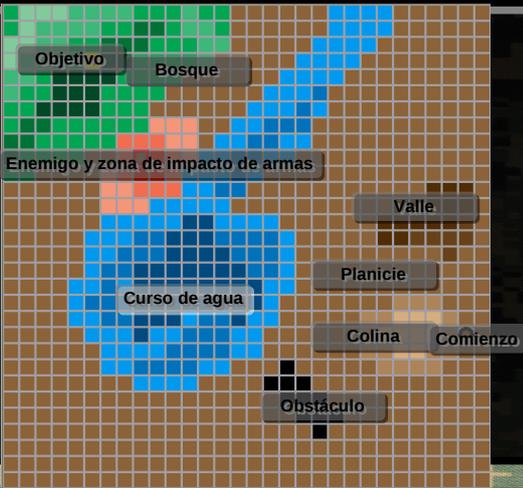


## Objetivos del algoritmo CHAC

- Una sola unidad
  - Niveles de salud y recursos
  - Desarmada.
- Moviéndose de un origen a un destino en el mapa.
- Se conoce al enemigo y las zonas de impacto de armas.
- Condiciones tan reales como sea posible.
- Células de 500 metros.



## Tratando de recorrer el mapa



# Algunos resultados



500 iteraciones  
20 hormigas

Más rápido  
( $\lambda=0.9$ )



$PI = 75.0$ ,  $FS = 307.9$



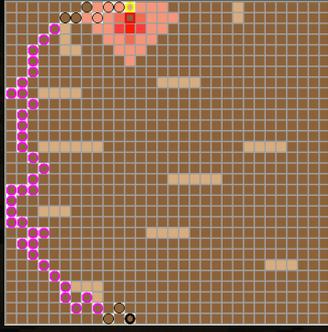
$PI = 75.0$ ,  $FS = 195.2$

Más seguro  
( $\lambda=0.1$ )

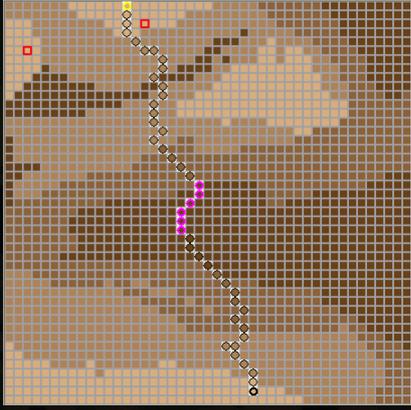


$PI = 75.0$ ,  $FS = 307.9$

Misión cumplida



Misión también cumplida



Muchas gracias por su atención

¿Una guerra de Cuba con submarinos, dirigida a radiocontrol y computadoras? Historia lógico natural 1.02€ en <http://compra.historialn.es>

¿Alguna pregunta?

36

JJ Merelo

# HISTORIA LÓGICO-NATURAL

