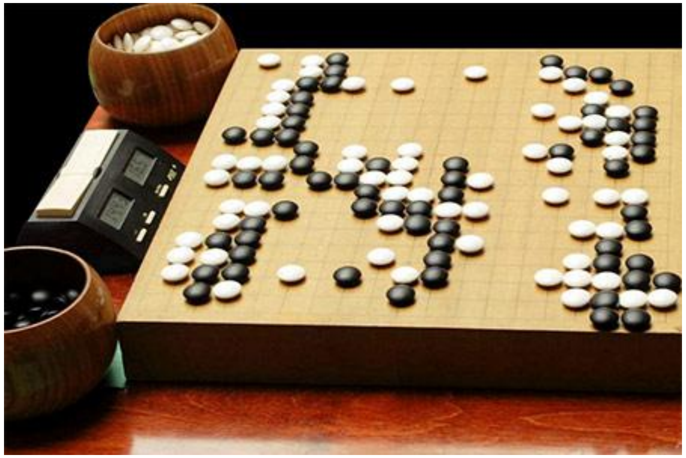
Tema 4: Búsqueda con adversario: juegos



Objetivos

- Adquirir las habilidades básicas para construir sistemas capaces de resolver problemas mediante técnicas de IA.
- Entender que la resolución de problemas en IA implica definir una representación del problema y un proceso de búsqueda de la solución.
- Analizar las características de un problema dado y determinar si es susceptible de ser resuelto mediante técnicas de búsqueda. Decidir en base a criterios racionales la técnica más apropiada para resolverlo y saber aplicarla.
- Conocer las técnicas básicas de búsqueda con adversario (minimax, poda alfa-beta) y su relación con los juegos.

Estudia el tema en …

- Nils J. Nilsson, *“Inteligencia Artificial: Una nueva síntesis”,* Ed. Mc Graw Hill, 2000. pp. 175-192
- S. Russell, P. Norvig, *“Inteligencia Artificial: Un enfoque moderno”,* Ed. Prentice Hall, 2ª edición, 2004.

Contenido

- Juegos bipersonales con información perfecta
- Árboles de exploración de juegos
- El modelo básico
- Juegos en los que interviene un elemento aleatorio

Interés

- Laboratorios perfectos para investigar en técnicas de resolución de problemas.
- Es fácil medir el éxito o el fracaso.
- Fascinación para cierta gente.
- Aspecto comercial.
- Aplicaciones en ámbitos empresariales.

Juegos bipersonales con información perfecta

- Hasta el momento, hemos considerado entornos en los que hay un único agente.
- Los entornos en los que dos o más agentes intervienen simultáneamente se denominan **sistemas multiagente**.
- Las acciones de un agente influyen, en mayor o menor medida, en la percepción y/o toma de decisiones del resto de agente.
- Existen dos modelos básicos para modelar la situación:
  - **Entornos cooperativos**, donde los agentes colaboran para alcanzar un mismo fin (ejemplo: Inteligencia de enjambres).
  - **Entornos competitivos**, donde los agentes tienen metas contrapuestas.

Juegos bipersonales con información perfecta

- En un **entorno cooperativo**, los agentes pueden comunicarse o no entre ellos, tener las mismas o distintas habilidades, tener las mismas o diferentes metas, etc.
- Ejemplo de entorno multiagente cooperativo: **RoboCup**.

Juegos bipersonales con información perfecta

- En un **entorno competitivo**, los agentes son adversarios que se enfrentan por conseguir su meta particular.
- En este tema estudiaremos este caso, particularizado a entornos donde existen dos únicos agentes.
- Estas situaciones se estudian y resuelven utilizando la **Teoría de Juegos**.
- La teoría matemática de juegos fue inventada como tal por **John von Neumann** y por **Oskar Morgenstern** en 1944.
- La investigación y resultados de **John Forbes Nash** (el protagonista de ***Una Mente Maravillosa***) aún se utilizan hoy día como parte clave y central de la teoría de juegos.

Juegos bipersonales con información perfecta

- **¿Qué es un juego?**
  - Es cualquier situación de decisión, caracterizada por poseer una interdependencia estratégica, gobernada por un conjunto de reglas y con un resultado bien definido.
- En un juego, cada jugador intenta conseguir el mayor beneficio para sus intereses. La solución de un juego permite indicar a cada jugador qué resultado puede esperar y cómo alcanzarlo.
- Por tanto, un juego puede plantearse como un **problema de maximización**.

Juegos bipersonales con información perfecta

- **Ejemplo de juego:** El dilema del prisionero
  - Dos individuos son detenidos por la policía debido a que cometieron cierto delito. Ambos son encerrados en celdas diferentes y son interrogados de forma individual. Ambos tienen dos alternativas: no confesar o delatar al compañero. Saben que si ninguno confiesa, ambos irán a la cárcel por 2 años, pero si uno delata a su compañero y el otro no, entonces al que confiesa le absuelven y al otro le encierran por 10 años. Si ambos confesasen, entonces la pena se repartiría y ambos irían a prisión por 5 años.

Juegos bipersonales con información perfecta

- **Ejemplo de juego:** El dilema del prisionero

		Prisionero 1	
Prisionero 2		**No delatar**	**Delatar**
	No delatar	(-2, -2)	(0, -10)
	Delatar	(-10, 0)	(-5, -5)

- **¿Qué harán los prisioneros?** Con toda lógica: Cooperar. Sin embargo, la tentación de hacer la promesa de no delatar, para después traicionar al compañero es muy grande.
- El juego tiene una estructura no cooperativa.

Juegos bipersonales con información perfecta

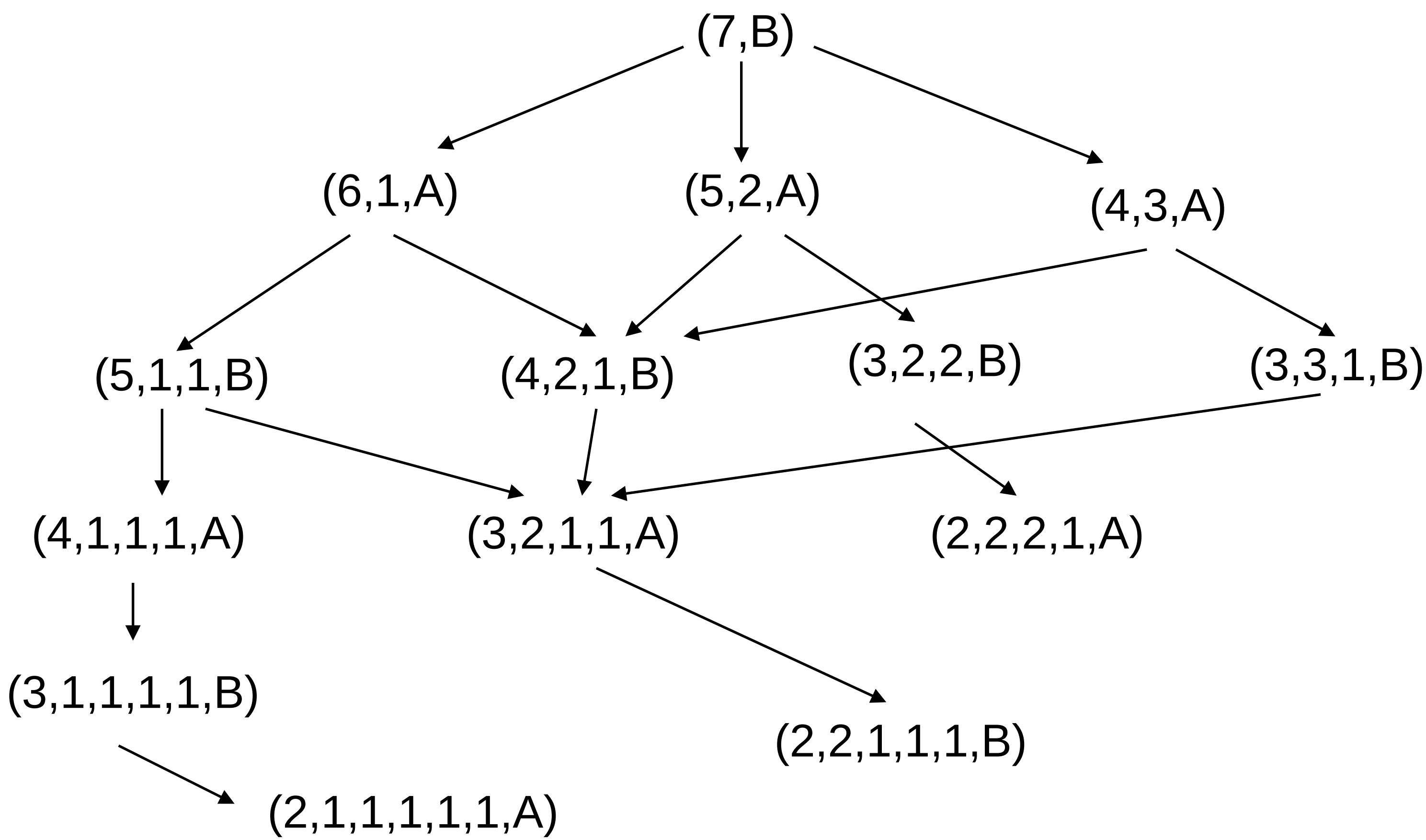
- **Ejemplo de juego:** El juego de los palillos
  - Inicialmente, hay **n** palillos sobre la mesa, y dos jugadores A y B. El jugador A comienza el juego quitando 1, 2 ó 3 palillos. Le sigue el jugador B, que también podrá quitar 1, 2 ó 3 palillos. El turno vuelve al jugador A, y estas acciones se repiten hasta que quede un único palillo en la mesa. Aquel que quite este último palillo pierde el juego.

- **Pregunta:** ¿Cómo debe jugar **A** para maximizar su beneficio?

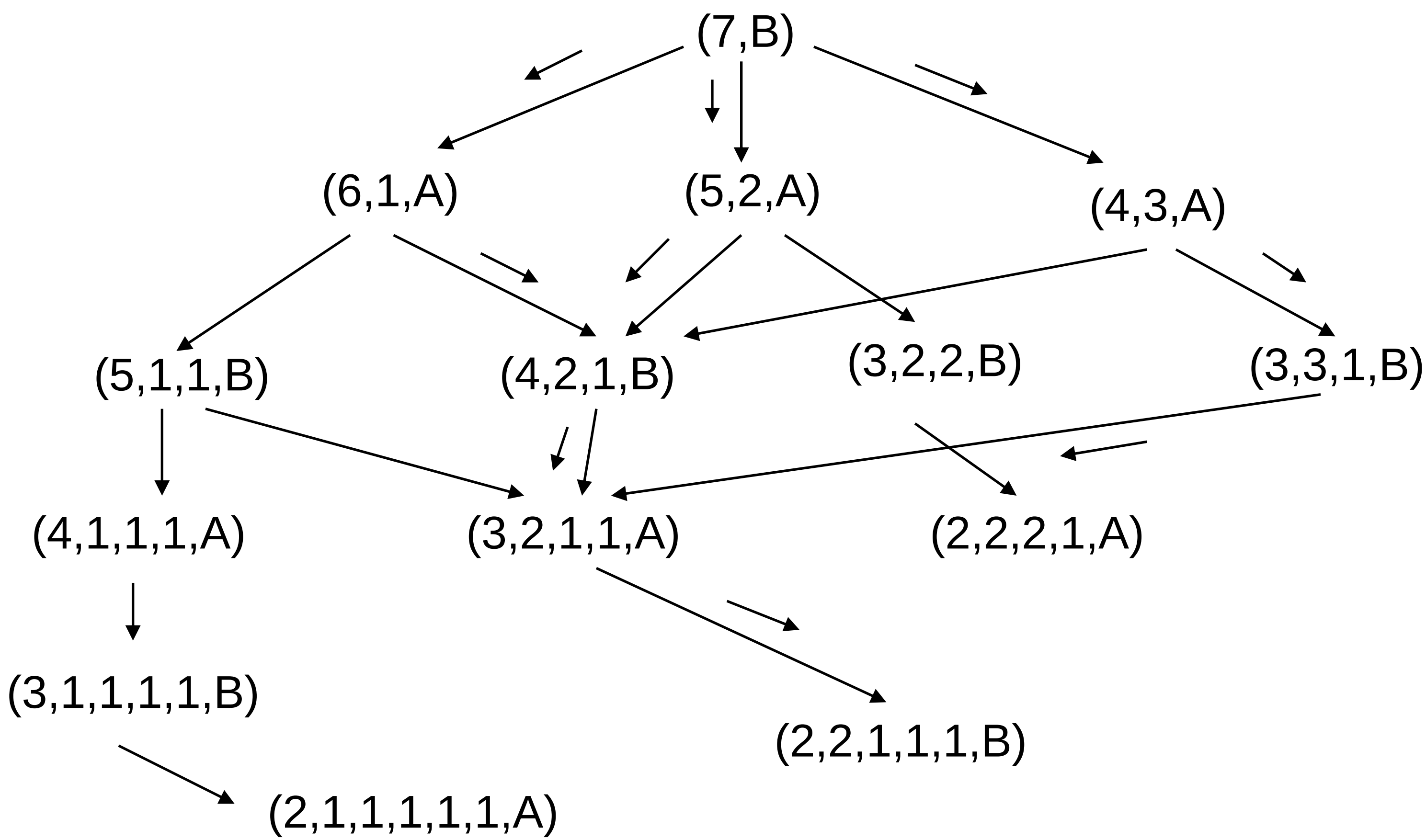
Árboles de exploración de juegos

- Un árbol del juego es una representación explícita de todas las formas de jugar a un juego
- Correspondencia entre árboles de juegos y árboles Y/O

Ejemplo simple



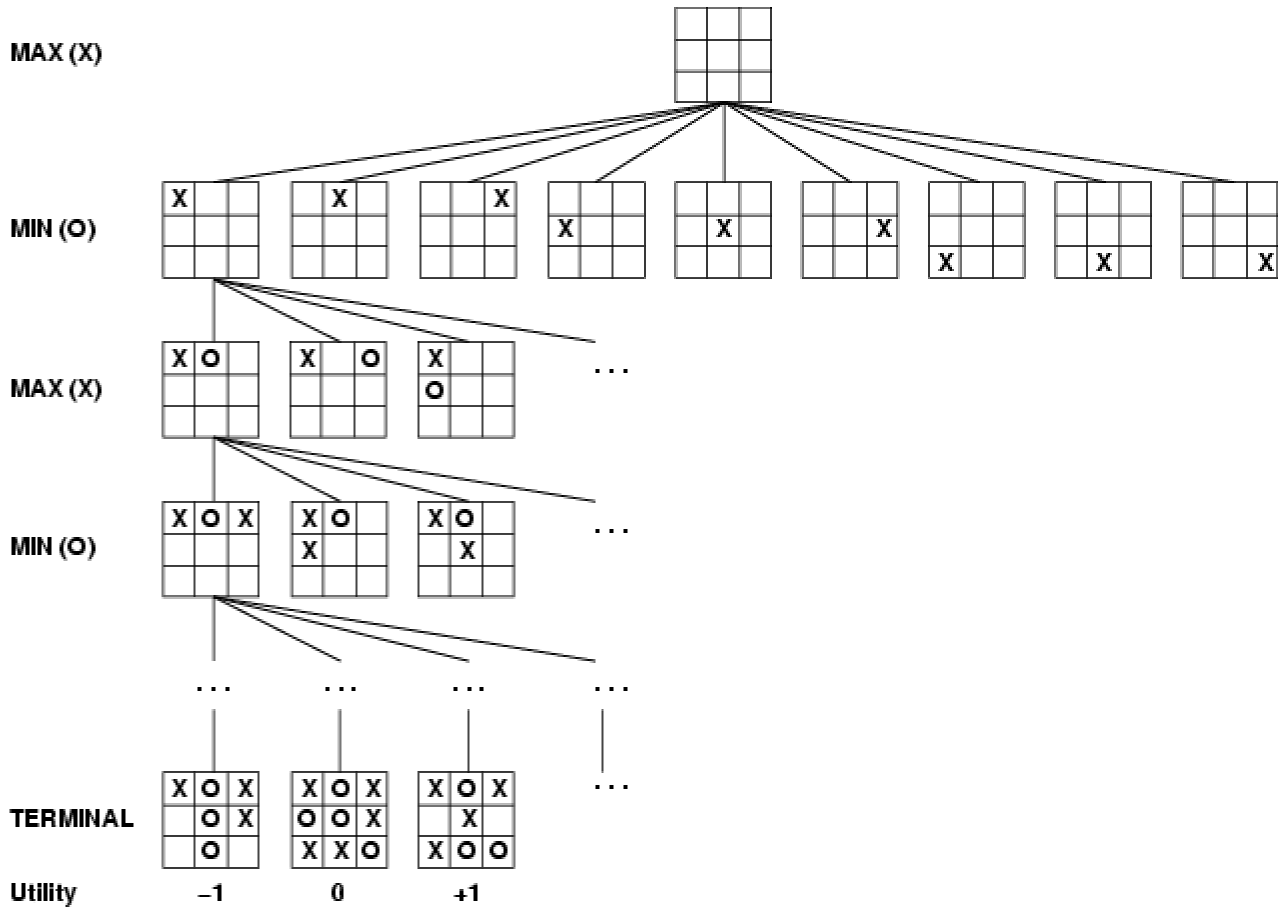
Resolución del ejemplo



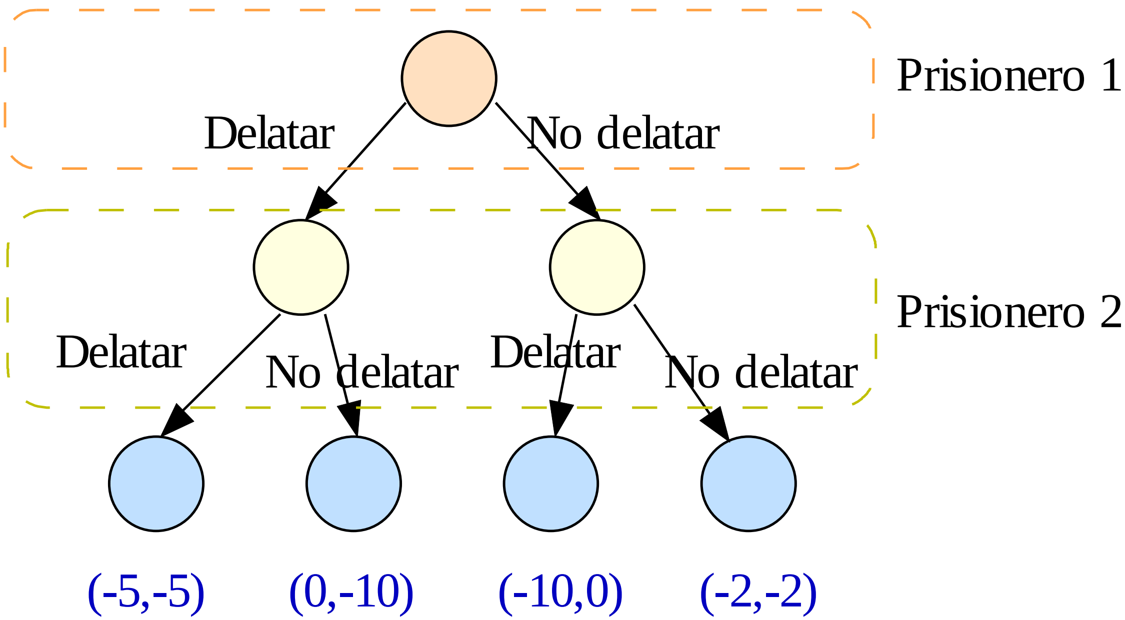
Notación min-max

- MAX: primer jugador
- MIN: segundo jugador
- Nodos MAX y nodos MIN
- Los nodos terminales se etiquetan con V, D o E desde el punto de vista de MAX

Ejemplo



Ejemplo


Prisionero 1
Delatar
No delatar
Prisionero 2
Delatar
No delatar
Delatar
No delatar
(-5,-5)
(0,-10)
(-10,0)
(-2,-2)

Algoritmo STATUS

- Si J es un nodo MAX no terminal, entonces STATUS(J)=
  - V si alguno de los sucesores de J tiene STATUS V
  - D si todos los sucesores de J tienen STATUS D
  - E en otro caso
- Si J es un nodo MIN no terminal, entonces STATUS(J)=
  - V si todos los sucesores de J tienen STATUS V
  - D si alguno de los sucesores de J tiene STATUS D
  - E en otro caso

Nuevo modelo de solución

- Los juegos complejos no se pueden resolver ya que es imposible la exploración total hasta la terminación
- Nuevo objetivo: encontrar una buena jugada inmediata
- Importancia de la heurística en el proceso

El modelo básico

- Arquitectura percepción/planificación/actuación
- Búsqueda con horizonte
- Uso de heurísticas

La regla minimax

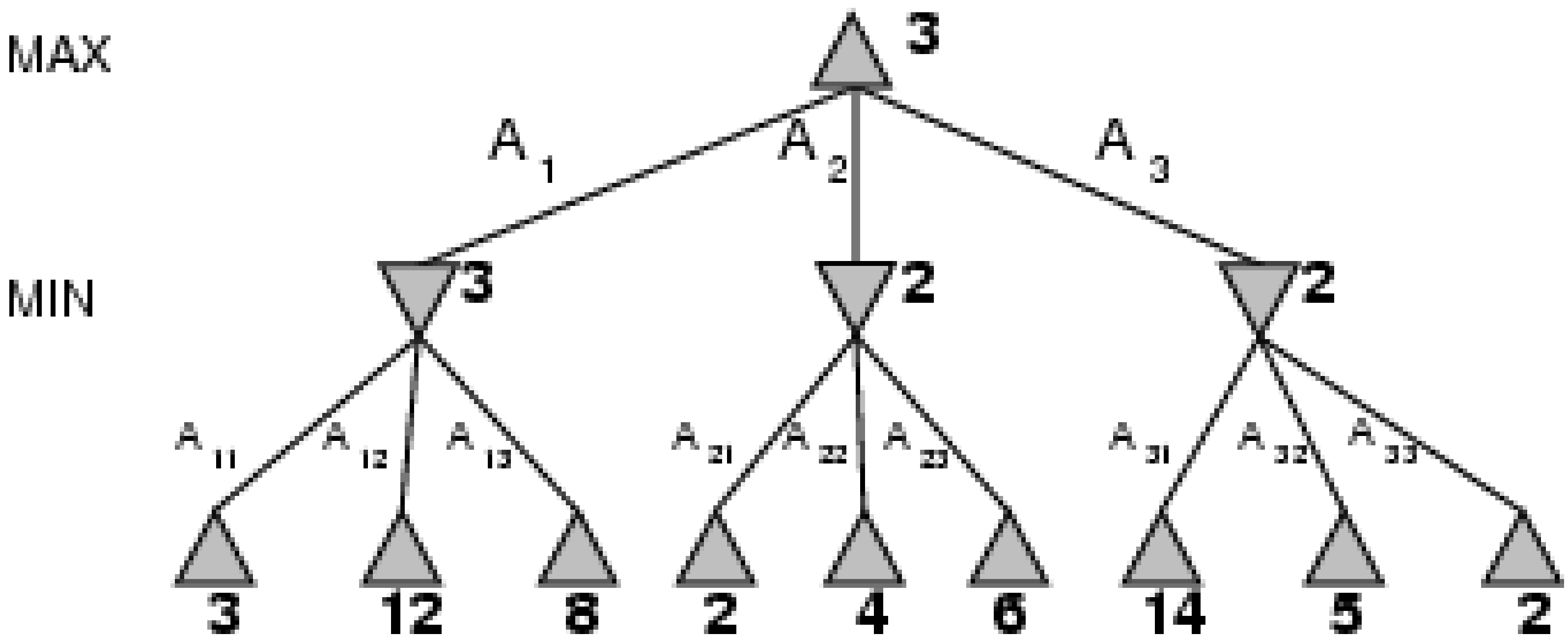
- El valor V(J) de un nodo J de la frontera de búsqueda es igual al de su evaluación estática; en otro caso
- Si J es un nodo MAX, entonces su valor V(J) es igual al máximo de los valores de sus nodos sucesores
- Si J es un nodo MIN, entonces su valor V(J) es igual al mínimo de los valores de sus nodos sucesores.

Algoritmo Minimax

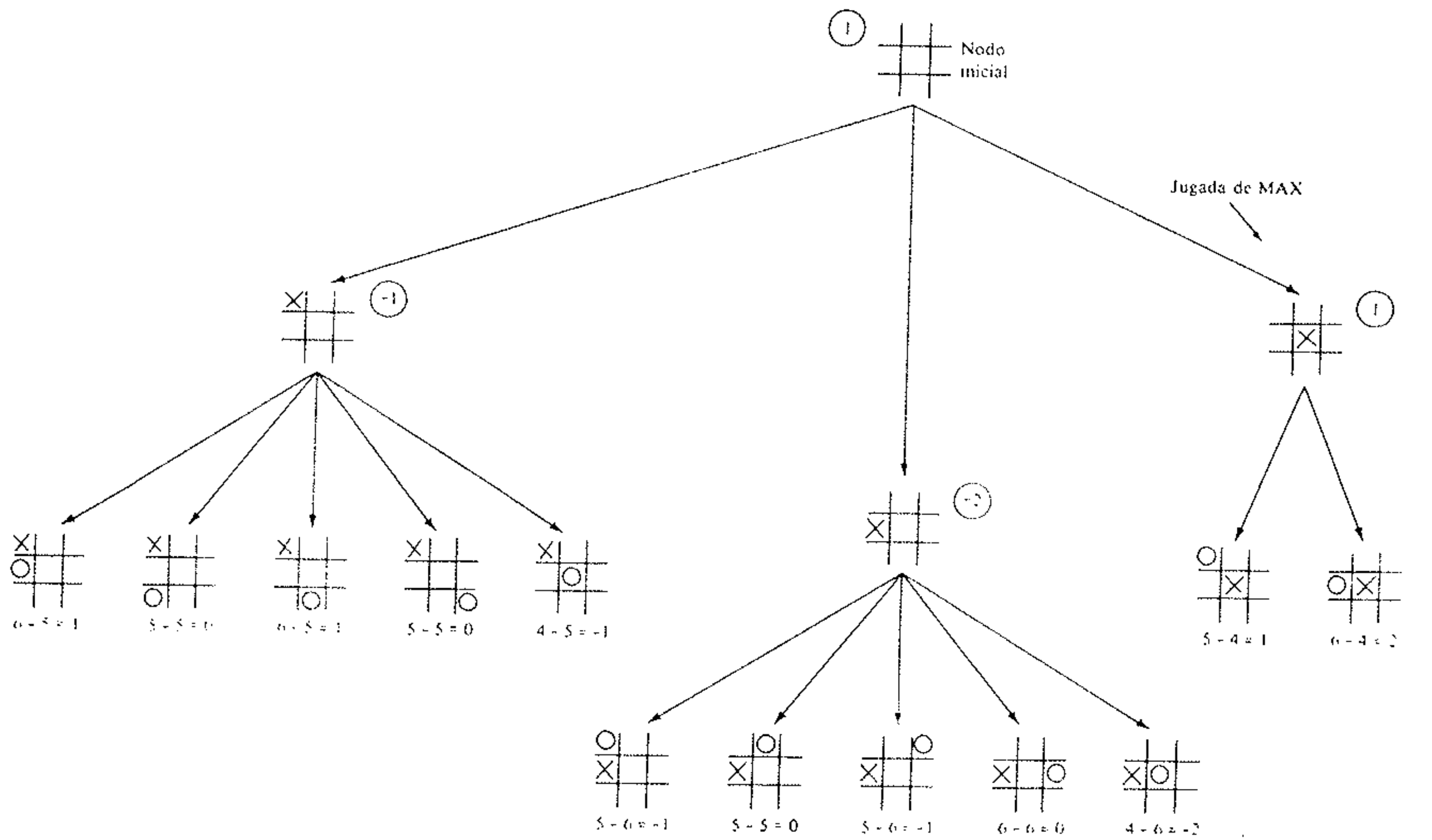
Para determinar el valor minimax, V(J) de un nodo J, hacer lo siguiente:

- Si J es un nodo terminal, devolver V(J)=f(J); en otro caso
- Para k=1,2,…,b, hacer:
  - Generar J_k, el k-ésimo sucesor de J
  - Calcular $V(J_k)$
  - Si k=1, hacer $AV(J) \leftarrow V(J_1)$; en otro caso, para k>=2,
  - hacer $AV(J) \leftarrow \max\{AV(J),V(J_k)\}$ si J es un nodo MAX o
  - hacer $AV(J) \leftarrow \min\{AV(J),V(J_k)\}$ si J es un nodo MIN
- Devolver V(J)=AV(J)

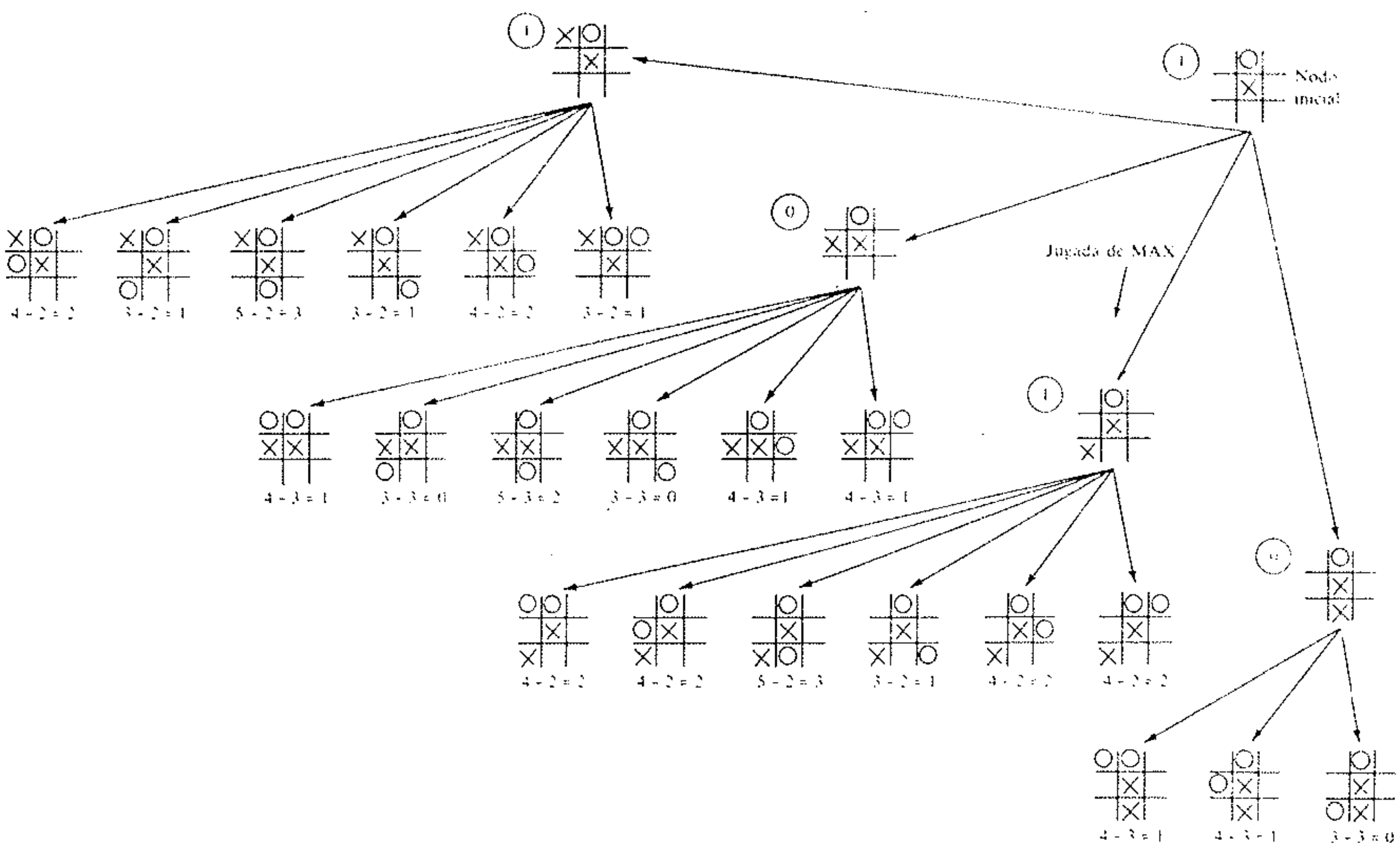
Ejemplo


MAX
MIN
A 1
A 2
A 3
3
3
2
2
A 11
A 12
A 13
A 21
A 22
A 23
A 31
A 32
A 33
3
12
8
2
4
6
14
5
2

Ejemplo

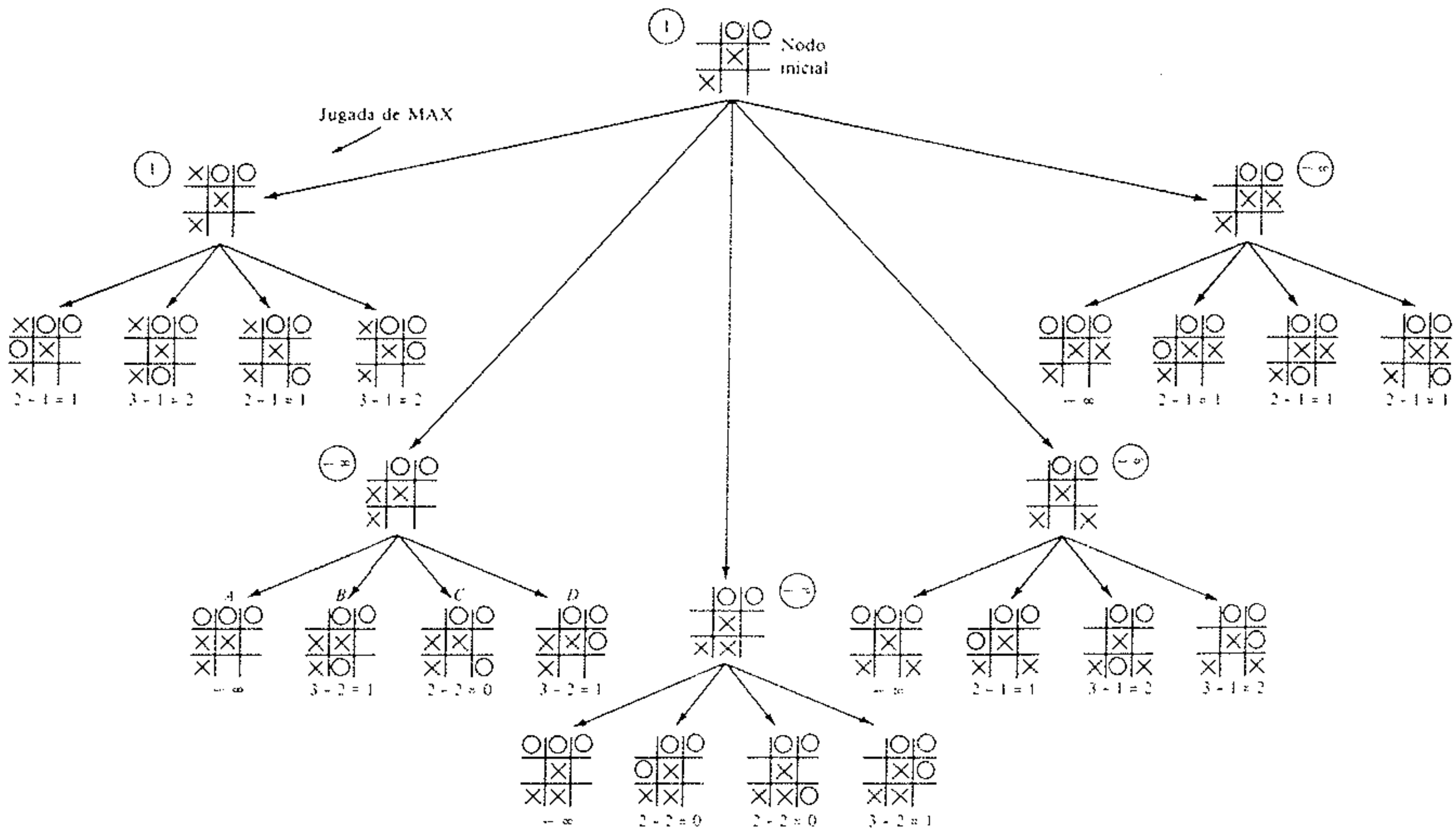

1
Nodo
inicial
Jugada de MAX
-1
-2
1
6 - 5 = 1
5 - 5 = 0
6 - 5 = 1
5 - 5 = 0
4 - 5 = -1
5 - 6 = -1
5 - 5 = 0
5 - 6 = -1
6 - 6 = 0
4 - 6 = -2
5 - 4 = 1
6 - 4 = 2

Ejemplo



Nodo inicial
Jugada de MAX
4 - 2 = 2
3 - 2 = 1
5 - 2 = 3
3 - 2 = 1
4 - 2 = 2
3 - 2 = 1
4 - 3 = 1
3 - 3 = 0
5 - 3 = 2
3 - 3 = 0
4 - 3 = 1
4 - 3 = 1
4 - 2 = 2
4 - 2 = 2
5 - 2 = 3
3 - 2 = 1
4 - 2 = 2
4 - 2 = 2
4 - 3 = 1
4 - 3 = 1
3 - 3 = 0

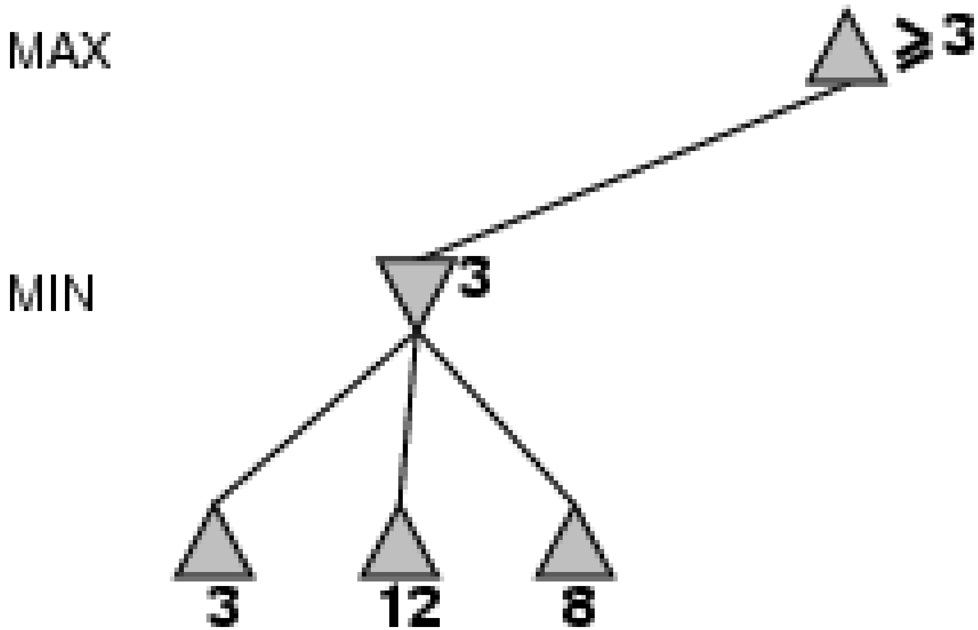
Ejemplo



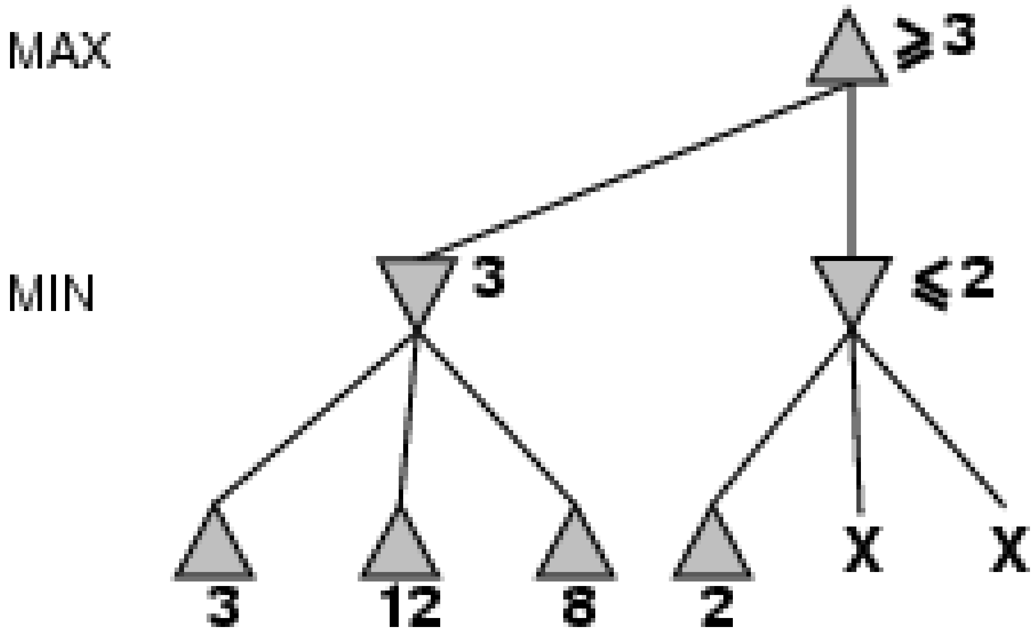
Poda alfa-beta

- ¿podríamos obtener el mismo resultado que el algoritmo minimax con menos esfuerzo computacional?

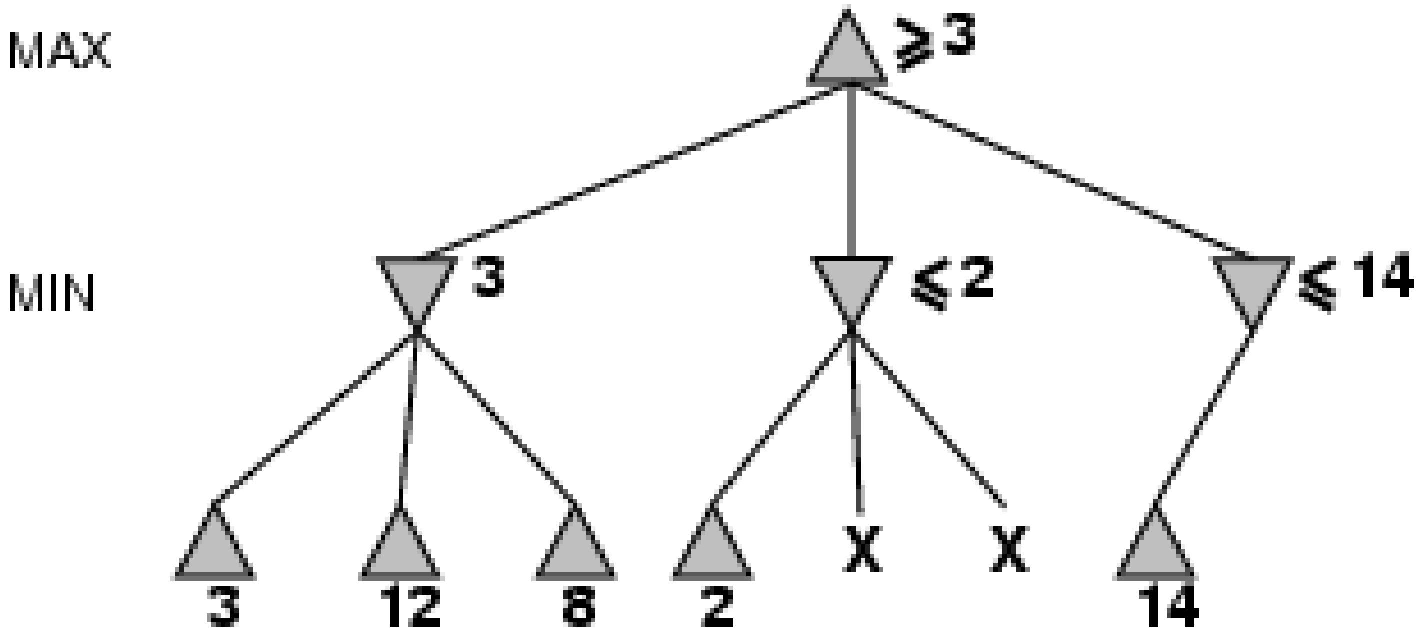
Ejemplo poda



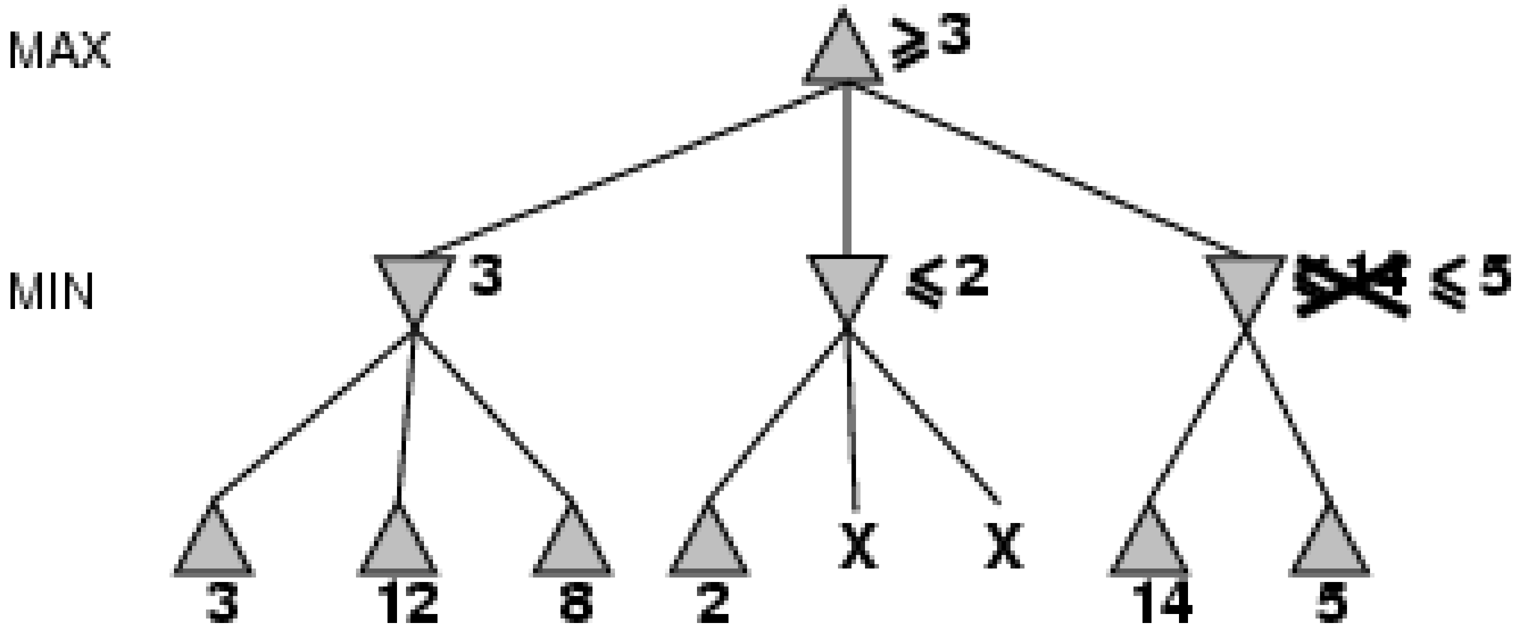
Ejemplo poda



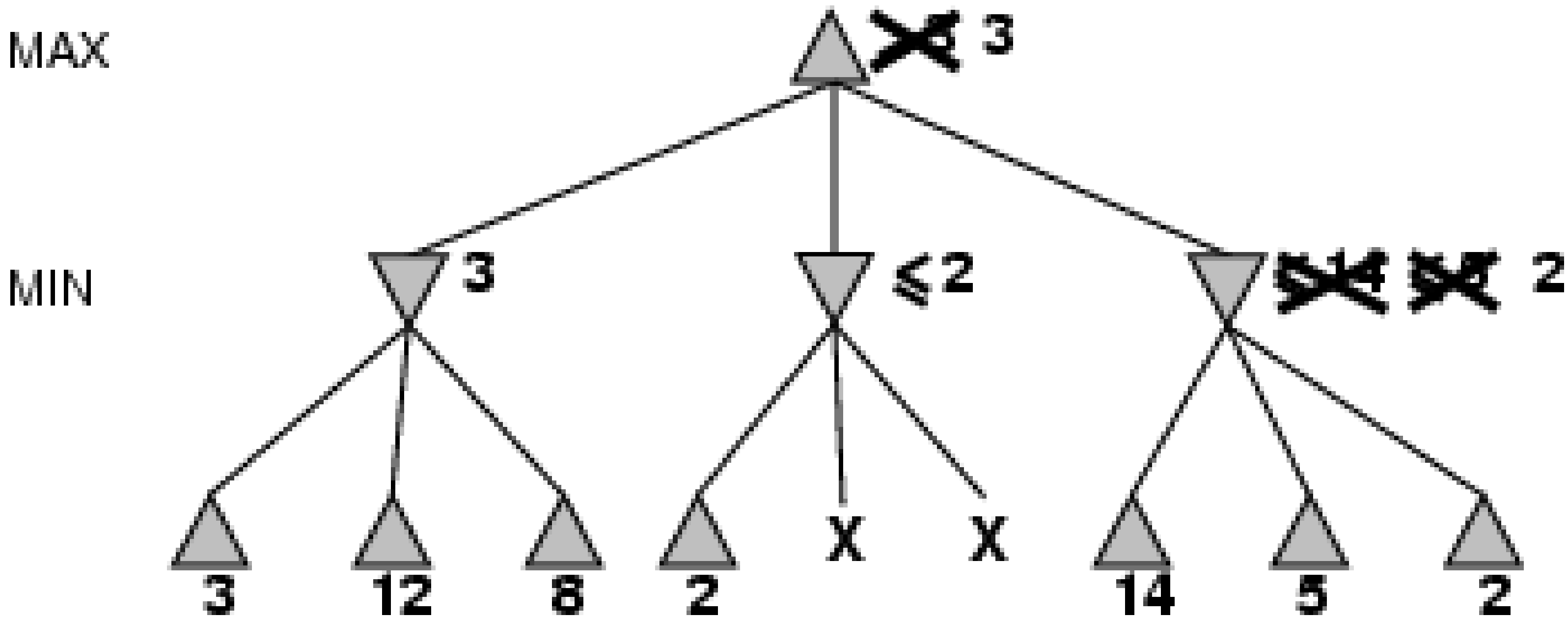
Ejemplo poda



Ejemplo poda



Ejemplo poda

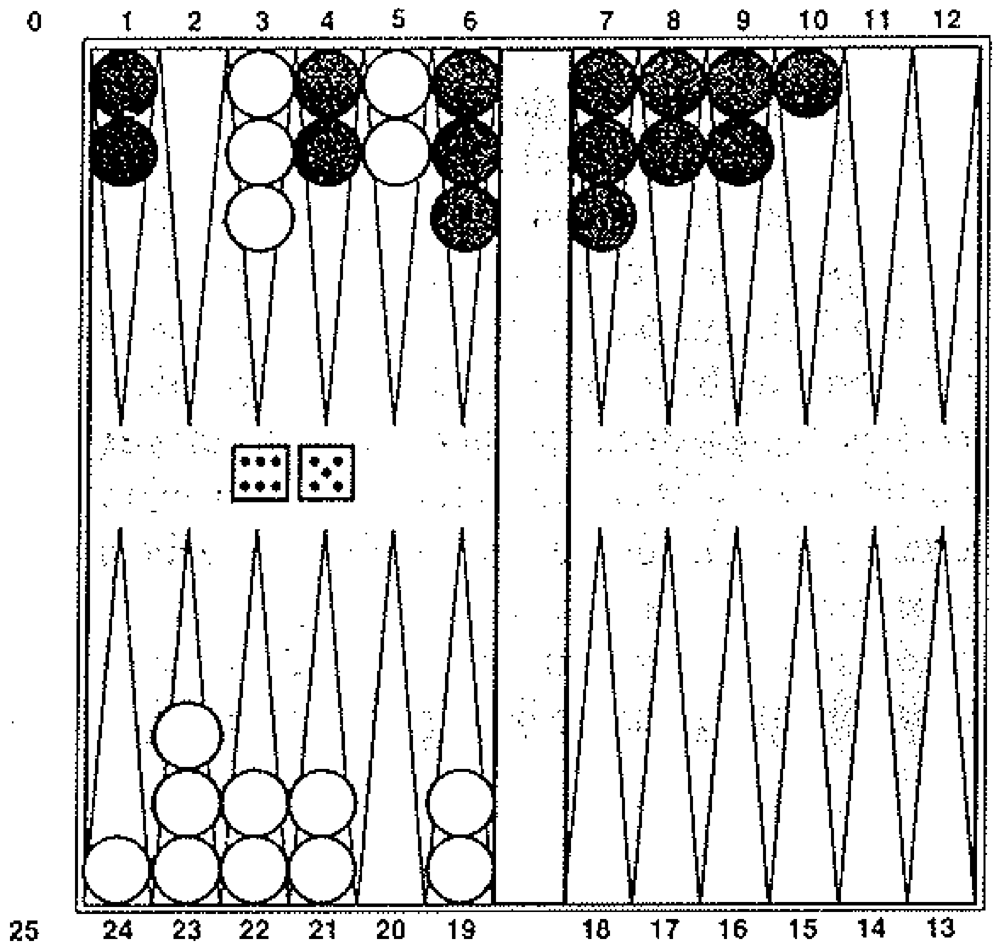


Algoritmo ALFA-BETA

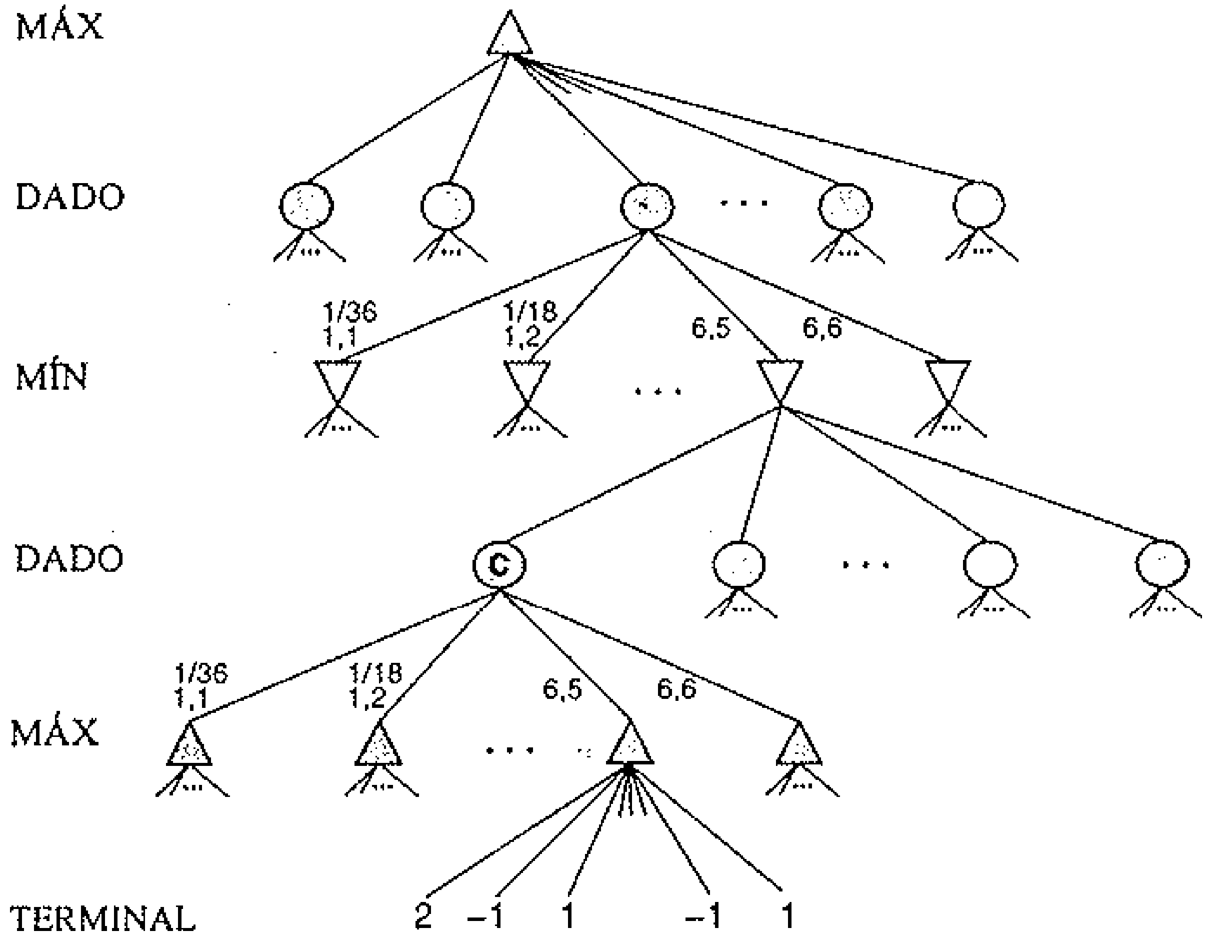
Para calcular el valor V(J,alfa,beta), hacer lo siguiente:

1. Si J es un nodo terminal, devolver V(J)=f(J). En otro caso, sean $J_1,\ldots,J_k,\ldots,J_b$ los sucesores de J. Hacer k ←1 y, si J es un nodo MAX ir al paso 2; si J es un nodo MIN ir al paso 5.
2. Hacer alfa ← max(alfa, V(J_k,alfa,beta)).
3. Si alfa >= beta devolver beta; si no, continuar
4. Si k=b, devolver alfa; si no, hacer k ← k+1 y volver al paso 2.
5. Hacer beta ← min(beta, V(J_k,alfa,beta)).
6. Si beta <= alfa devolver alfa; si no, continuar
7. Si k=b, devolver beta; si no, hacer k ← k+1 y volver al paso 5.

Juegos en los que interviene un elemento aleatorio



Modelo



MÁX
DADO
1/36
1,1
1/18
1,2
6,5
6,6
MÍN
DADO
C
1/36
1,1
1/18
1,2
6,5
6,6
MÁX
TERMINAL
2 –1 1 –1 1

Algunos problemas