



Idea principal, combinar...

1) Algoritmo Mini-Max

- ◆ Profundización iterativa (*IDS*)

2) Podas Alfa-Beta

3) Heurísticas auxiliares

- ◆ Historia (*History*)

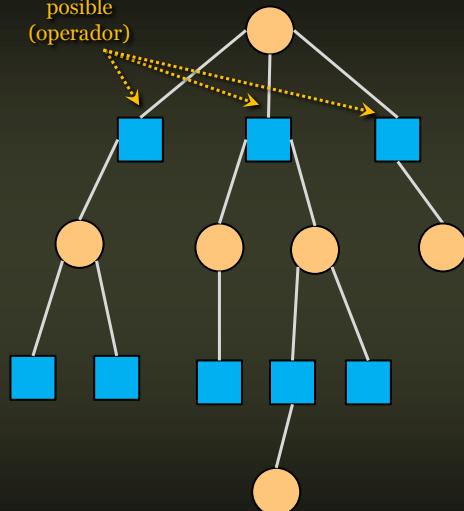
- ◆ Asesina (*Killer*)

- ◆ Otras...

Dr. Salvador Godoy Calderón

Decidir cada movimiento...

Movimiento
posible
(operador)



El primer nivel de expansión representa las ramas de c/u de los operadores...

El mismo algoritmo se puede ver como una evaluación del valor de *backtracking*...

Dr. Salvador Godoy Calderón

Mini-Max..

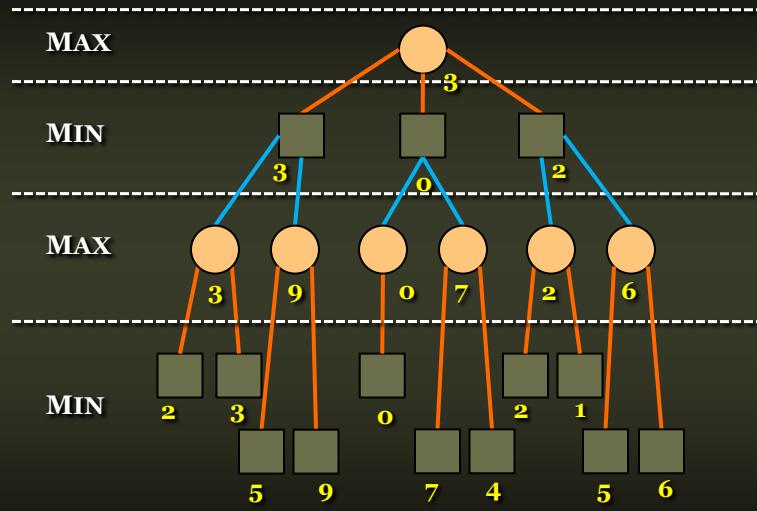
- ◆ Es el núcleo de prácticamente todos los motores de juego...
- ◆ Aplica en juegos competitivos donde los jugadores toman turnos y tienen visión completa del juego...

Gato, Ajedrez, Damas inglesas, Damas chinas, etc.

- ◆ Puede aproximar la estrategia en juegos con visión parcial, elementos de azar o turnos no intercalados...

Poker, Monopolio, Mancala, e t c ...

Dr. Salvador Godoy Calderón

Desarrollo..

Dr. Salvador Godoy Calderón

Ideas iniciales...

- ◆ Expandir *TODO* el árbol de búsqueda
(*Puede ser imposible expandirlo todo en Ajedrez: promedio de 35 posibles movimientos por turno y aprox 10^{120} posibles estados*)
- ◆ Función heurística de evaluación de los estados con la forma general:

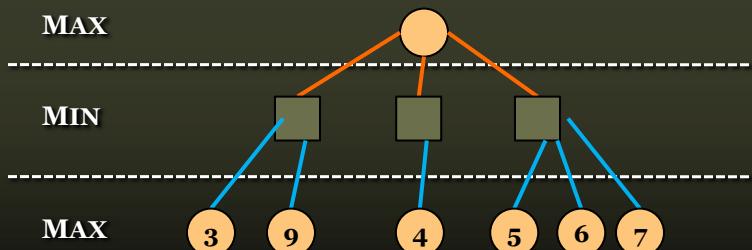
Opciones Ganadoras - Opciones ganadoras para el oponente

- ◆ En su turno, cada jugador selecciona la jugada con mayor expectativa de victoria...

Dr. Salvador Godoy Calderón

El problema...

- ◆ En realidad no existen funciones de evaluación estáticas que sean perfectas...
- ◆ Intentar planear un juego usando una función estática ocasiona un resultado desastroso...



Dr. Salvador Godoy Calderón

Planteamiento recursivo...

```

función Decisión-MINIMAX(estado)
;; regresa un operador (op)

Para cada/op hacer:
    Valor[op] ← Valor-MINIMAX(<Aplicar op a estado>)
Regresar el op con MAYOR Valor[op]

```

```

función Valor-MINIMAX(estado)
;; regresa un valor

if estado es TERMINAL, regresar Evaluación[estado]
else
    Sucesores ← Sucesores[estado]
    if turno de MAX, entonces
        regresar the MÁXIMO de Valor-MINIMAX(Sucesores)
    else
        regresar the MÍNIMO de Valor-MINIMAX(Sucesores)

```

Dr. Salvador Godoy Calderón

Pseudocódigo de MiniMax (ID S)...

```

MinMax(estado, jugador, profundidad, maxProf)
Si (FinDeJuego() o profundidad = maxProf)
    regresar evaluación(estado)
de lo contrario,
    MejorMov = nil
    Si (Turno(jugador)) MejorValor= -INFINITY
    de lo contrario, MejorValor= +INFINITY
    Mecanismo de UNDO
    Para cada operador,
        nuevoEstado= Aplica(estado,operador)
        valor = MinMax(nuevoEstado,jugador,profundidad+1,
maxProf)
        Si Turno(jugador), Cuando (valor > MejorValor)
            MejorValor ← valor
            MejorMov ← operador
        de lo contrario, Cuando (valor < MejorValor)
            MejorValor ← valor
            MejorMov ← operador
    Aplica para varios jugadores
    Regresar [MejorMov,MejorValor]

```

Dr. Salvador Godoy Calderón

Simplificación...

Resulta obvio que el *MiniMax* realiza trabajo extra innecesariamente...

En realidad, si sólo compiten 2 jugadores (con turnos intercalados) en un juego de suma-cero, es posible simplificar *MiniMax* para que sólo calcule opciones del jugador actual...

Basta con modificar el valor de cada oleada para adaptarlo a los intereses del jugador actual...

Se basa en la propiedad de que

$$\max(a, b) = -\min(-a, -b)$$

Dr. Salvador Godoy Calderón

NegaMax...

En realidad no es necesario revisar el turno para decidir la evaluación...

NegaMax(estado, profundidad, maxProf)

Si (FinDeJuego() o profundidad = maxProf)
regresar evaluación(estado)

de lo contrario,

MejorMov = nil

MejorValor = -INFINITY

Para cada operador,

nuevoEstado = Aplica(estado, operador)

valor = NegaMax(nuevoEstado, profundidad+1, maxProf)

valor = -valor

Cuando (valor > MejorValor)

MejorValor ← valor

MejorMov ← operador

Dr. Salvador Godoy Calderón

Poda del árbol...

Rastrear dos valores durante todo el proceso:

- ◆ *Alpha* - Mejor movimiento del oponente.

Cualquier valor menor que alpha, no será usado por el oponente y puede ser ignorado (podado)...

Condición de Poda:

$$\alpha > \beta$$

- ◆ *Beta* - Mejor movimiento propio.

Cualquier valor mayor que beta, no es de utilidad y puede ser ignorado (podado)...

Dr. Salvador Godoy Calderón

Poda del árbol...

NegaMax-AlfaBeta(estado, profundidad, maxProf, alfa, beta)

Si (FinDeJuego() o profundidad = maxProf)
regresar evaluación(estado)

de lo contrario,

MejorMov = NIL

MejorValor = -INFINITY

Para cada operador,

nuevoEdo = Aplica(estado, operador)

valor = *NegaMax-AlfaBeta*(nuevoEdo, profundidad+1, maxProf
-beta, -Max(alfa, MejorValor))

valor = -valor

Cuando (valor > MejorValor)

MejorValor ← valor

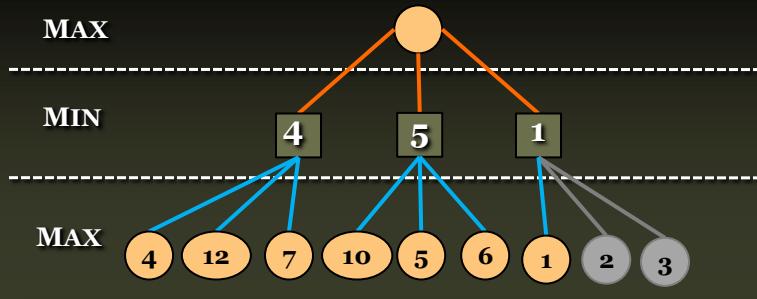
MejorMov ← operador

Cuando MejorValor >= beta, terminar y regresar

[MejorMov, MejorValor]

Dr. Salvador Godoy Calderón

Importancia del orden...

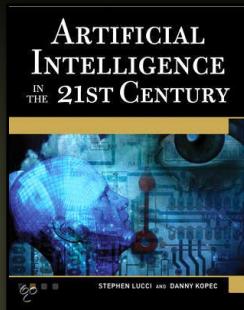


El orden en que se revisen los operadores determina las podas que se realicen...

Las heurísticas auxiliares tratan de solucionar eso...

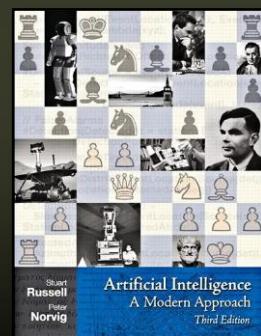
Dr. Salvador Godoy Calderón

Estudio...



Del libro de Lucci - Kopec,

Capítulo 4 Search Using Games



Del libro de Russell-Norvig,

Capítulo 5 Adversarial Search

Dr. Salvador Godoy Calderón

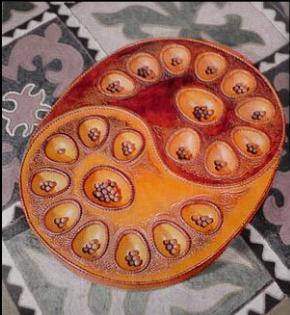


Mancala...

El nombre *Mancala* designa una familia de juegos, en lugar de uno específico...

- ◆ Kalah/Togus Europa y América
- ◆ Congkak Sur de Asia
- ◆ Bao África (Este)
- ◆ Oware El Caribe

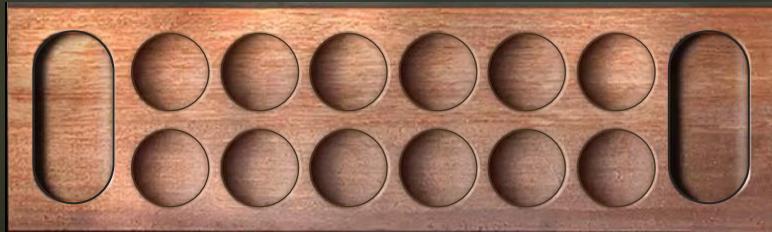
Dr. Salvador Godoy Calderón

Tableros...

Dr. Salvador Godoy Calderón

El babilego...

Dos jugadores, sin azar (*no usa dados*). Cada jugador tiene seis casillas y una base ...



Dr. Salvador Godoy Calderón

El bolo de Juego..

Al inicio del juego, las 6 casillas de c/jugador contienen 3 fichas, con valores **1**, **5** y **10** respectivamente...



Dr. Salvador Godoy Calderón

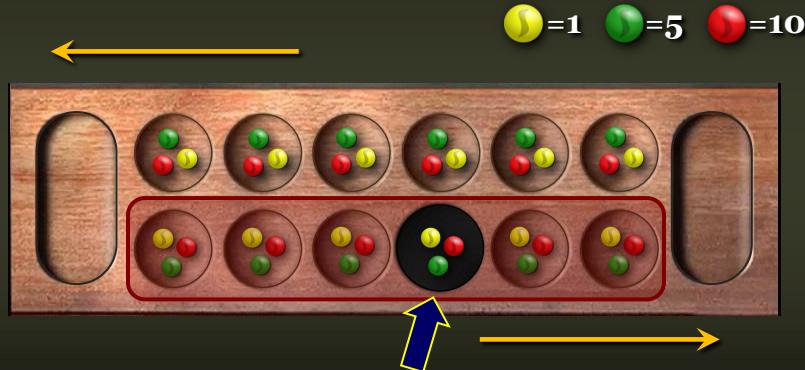
Reglas..**1) Movimiento básico**

- 1) En su turno, cada jugador elige alguna de sus casillas, remueve TODAS las fichas en esa casilla y las reparte, una en cada una de las siguientes casillas, excepto en la base del oponente.

Dr. Salvador Godoy Calderón

Desemb.

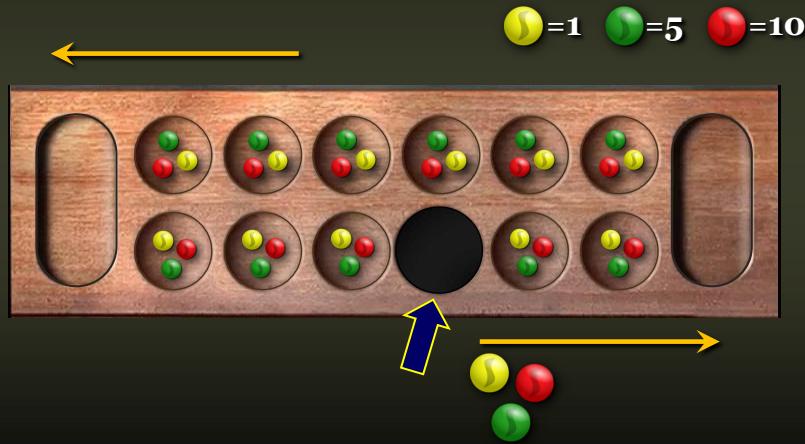
El jugador en turno selecciona alguna de sus casillas...



Dr. Salvador Godoy Calderón

Desemb..

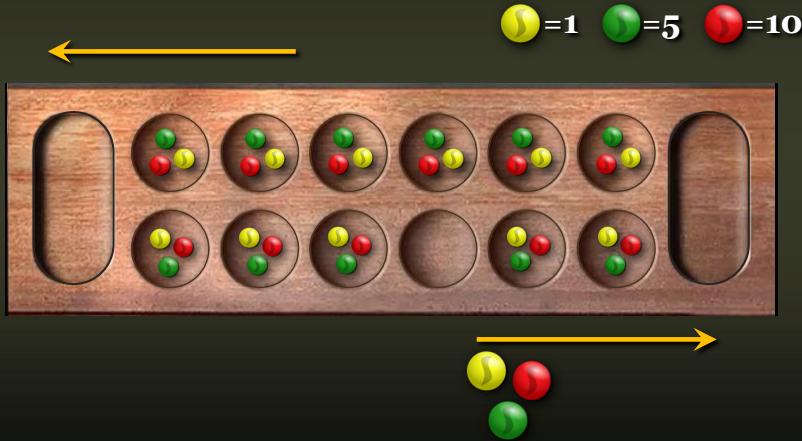
Retira TODAS las fichas de la casilla seleccionada...



Dr. Salvador Godoy Calderón

Desarrollo..

Y las reparte en c/u de las siguientes casillas incluyendo su base pero sin incluir la del oponente...



Dr. Salvador Godoy Calderón

Reglas..**2) Turnos**

- 2) Si la última ficha movida cae en la base del jugador en turno, entonces ese mismo jugador vuelve a tirar, de lo contrario, será turno del siguiente jugador...

Dr. Salvador Godoy Calderón

Desarrollo..

Como terminó en su base, el mismo jugador puede realizar otro movimiento...

 = 1  = 5  = 10

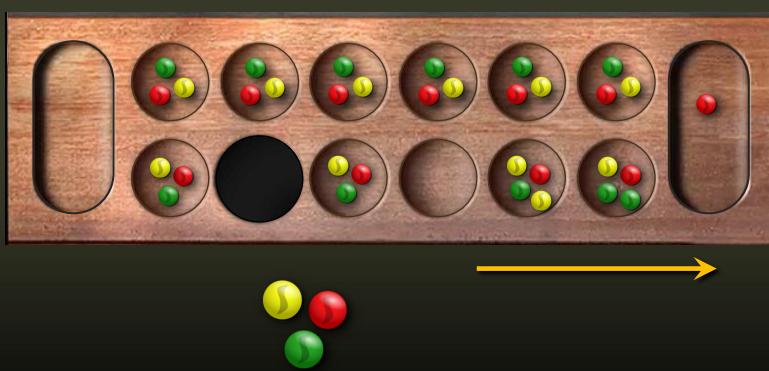


Dr. Salvador Godoy Calderón

Desarrollo..

Como terminó en su base, el mismo jugador puede realizar otro movimiento...

 = 1  = 5  = 10



Dr. Salvador Godoy Calderón

Reglas..**3) Final del juego**

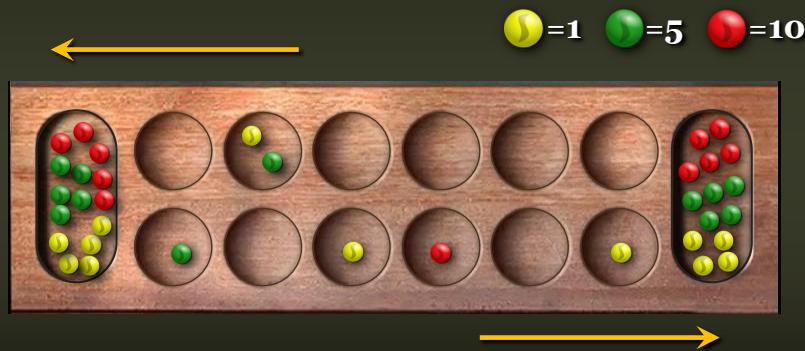
- 3) El primer jugador que vacíe todas sus casillas, captura todas las fichas restantes de su oponente y las agrega a su base...

Se realiza el conteo de puntos en las bases y el jugador con más puntos gana la partida...

Dr. Salvador Godoy Calderón

Desarrollo..

Después de varios movimientos el tablero se encuentra en una forma parecida a esto:



Dr. Salvador Godoy Calderón

Desarrollo..

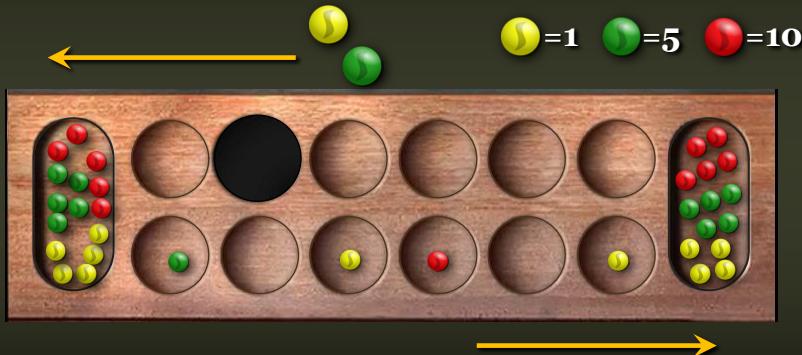
En su turno, el jugador de arriba vacía sus casillas
(con dos turnos consecutivos):



Dr. Salvador Godoy Calderón

Desarrollo..

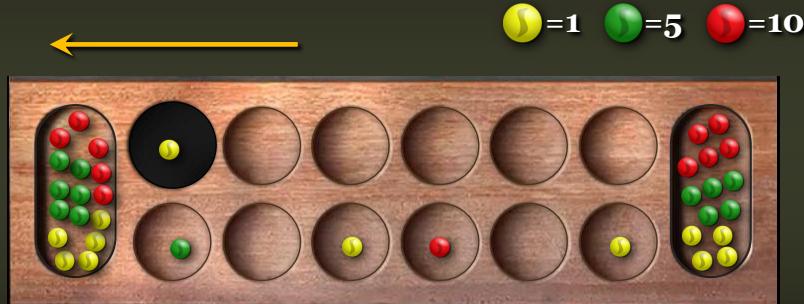
En su turno, el jugador de arriba vacía sus casillas
(con dos turnos consecutivos):



Dr. Salvador Godoy Calderón

Desarrollo..

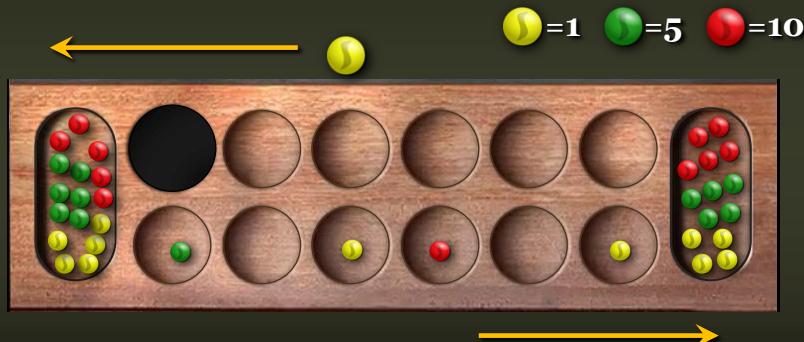
En su turno, el jugador de arriba vacía sus casillas
(con dos turnos consecutivos):



Dr. Salvador Godoy Calderón

Desarrollo..

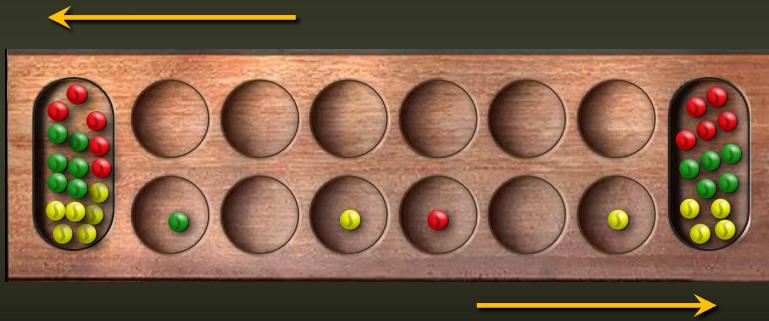
En su turno, el jugador de arriba vacía sus casillas
(con dos turnos consecutivos):



Dr. Salvador Godoy Calderón

Desemb.

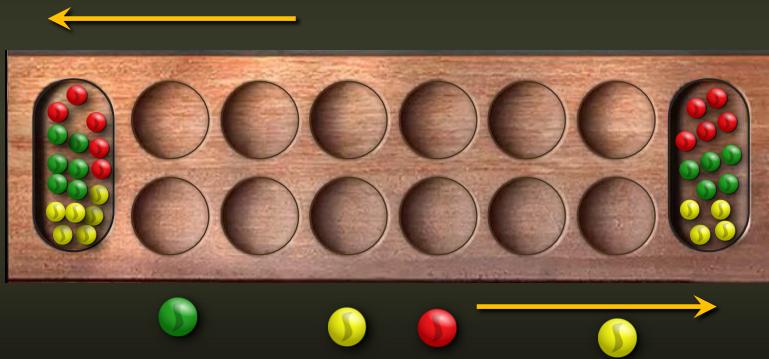
Por último, capture todas las fichas restantes del oponente y realiza el conteo final:



Dr. Salvador Godoy Calderón

Desemb..

Por último, capture todas las fichas restantes del oponente y realiza el conteo final:



Dr. Salvador Godoy Calderón

Descont..

Por último, capture todas las fichas restantes del oponente y realiza el conteo final:



Dr. Salvador Godoy Calderón

Reglas de juego..**Movimiento:**

- 1) En su turno, cada jugador elige alguna de sus casillas, remueve TODAS las fichas en esa casilla y las reparte, una en cada una de las siguientes casillas, excepto en la base del oponente.

Turnos:

- 2) Si la última ficha movida cae en la base del jugador en turno, entonces ese mismo jugador vuelve a tirar, de lo contrario, será turno del siguiente jugador...

Final de juego:

- 3) El primer jugador que vacíe todas sus casillas, capture todas las fichas restantes de su oponente y las agrega a su base. El jugador con más puntos gana la partida...

Dr. Salvador Godoy Calderón

Corporio..

El programa debe:

- ◆ Jugar contra un jugador humano (**no perder**)
- ◆ En cada turno desplegar el tablero (**en modo textual**)
- ◆ Informar de las jugadas que realiza en su turno
- ◆ Identificar el final del juego y realizar el conteo final

Dr. Salvador Godoy Calderón

¡ Gracias !

Dr. Salvador Godoy Calderón

CIC - IPN