

# Buscaminas Hexagonal

Estefanía Laverde Becerra<sup>1</sup>, Isabella Martínez Martínez<sup>1</sup>

## Resumen

En el presente se realiza una representación mediante lógica proposicional de la variación del clásico juego de buscaminas conocido como buscaminas hexagonal, en donde, como el nombre sugiere, las casillas son hexágonos. Esto se logra utilizando algoritmos de deducciones del tipo *encadenamiento hacia atrás*, como lo es *and or graph search*, y el uso de agentes basados en modelos. Se desarrolla un análisis de tiempos de ejecución y de rendimiento de la solución planteada variando el tamaño del problema.

## Keywords

Inteligencia Artificial – Lógica Proposicional – Juegos

<sup>1</sup> Escuela de Ingeniería, Ciencia y Tecnología, Universidad del Rosario

## Índice

<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>1 Métodos y planteamiento de la solución</b>	<b>2</b>
1.1 Agente y deducción	2
1.2 Definición formal	2
1.3 Representación en lógica proposicional	2
Átomos • Reglas	
<b>2 Resultados y discusión</b>	<b>2</b>
2.1 Solución particular	2
2.2 Comparativa de funcionamiento del agente para distintos tamaños del tablero	3
2.3 Comparación de tiempos	3
<b>3 Conclusiones</b>	<b>3</b>
<b>Referencias</b>	<b>3</b>

## Introducción

La búsqueda en espacios de estados, en conjunto con el uso de la lógica proposicional, que se enfoca en la representación de eventos de interés, se puede utilizar para la resolución de juegos. Esto permite la deducción de determinadas proposiciones que a su vez, llevan a la toma de decisiones que se enfocan a la resolución pertinente del objetivo del juego.

Es en este contexto que se propone una solución al **buscaminas hexagonal**, una variación del buscaminas clásico en el que sus casillas constituyen hexágonos, por lo que cada una de estas tiene seis casillas adyacentes. Dejando ese aspecto de lado, se juega de la misma manera en que lo hace el

buscaminas, cuyas reglas se pueden sintetizar de la siguiente manera.

- En cada casilla puede haber o no un número que indique la cantidad de minas que hay en las casillas circundantes. Si no posee un número, esto es que ninguna de sus casillas vecinas tiene mina.
- Si se descubre una casilla con mina se pierde la partida.
- Se pueden poner marcas (banderas) en las casillas donde se cree que hay una mina.

Con esto en mente, el objetivo es despejar todas las casillas que no posean una mina, mientras que a su vez se marcan todos los puntos en los que las haya.

Por lo tanto, las propiedades del entorno a trabajar son las siguientes:

- Parcialmente observable, puesto que el jugador solo puede visualizar la parte del tablero que va despejando conforme avanza.
- Agente único, solo hay un jugador.
- Determinista, se escoge un posible movimiento del espacio de estados.
- Secuencial, el movimiento del jugador afecta a la elección del siguiente movimiento.
- Estático, la posición de las minas no cambia.
- Discreto, se tiene un número finito de casillas por despejar y minas por marcar.

- Conocido, el jugador conoce el objetivo a cumplir y las reglas del mismo.

## 1. Métodos y planteamiento de la solución

### 1.1 Agente y deducción

Dentro del marco de la solución mediante lógica proposicional propuesta, es necesario constituir lo que es un **agente**. Este se define como cualquier cosa que pueda verse como percibiendo su entorno a través de sensores y actuando sobre éste a través de actuadores. En el caso particular del buscaminas, note que este es el jugador. Aunque hay varios tipos de agente, el que se plantea mediante el uso de reglas lógicas está **basado en un modelo**, por lo que verifica en cada paso de la solución el cómo su propia dinámica y sus acciones afectan al entorno.

Además, el agente maneja lo que se conoce como una **base de conocimiento**, esto es un conjunto de hechos (que llamaremos átomos) y reglas (conocidas también como implicaciones), que definen lo que este conoce como cierto y el proceso de deducción que puede llevar a cabo. Aquí se pueden definir distintos algoritmos de búsqueda en espacios de estados, particularmente aquellos que ayuden a realizar deducciones dentro de este marco lógico. Destacan dos tipos, el encadenamiento hacia adelante y el encadenamiento hacia atrás, aunque el algoritmo que se utilizó fue el `and or graph search`, que es de esta última categoría.

### 1.2 Definición formal

El problema a tratar se puede describir mediante las siguientes características.

- **Entorno:** una rejilla de hexágonos, de tamaño definido  $n \times m$ , donde  $n$  es el ancho y  $m$  el alto, y una cantidad de minas  $k$ , repartidas de manera aleatoria con probabilidad uniforme en las casillas definidas.
- **Actuadores:** el agente puede escoger despejar una casilla si cree que no hay una mina, o por el contrario, marcar la casilla con una bandera si cree que tiene una mina.
- **Sensores:** el agente puede saber cuántas minas hay en las casillas circundantes a una casilla en particular al determinar el número que posee esta.
- **Medida de desempeño:** el agente puede o ganar la partida al despejar todas las casillas sin bomba o perderla si despeja una mina o no las marca de forma correcta.

### 1.3 Representación en lógica proposicional

#### 1.3.1 Átomos

Cada casilla y la información que se posea sobre la misma constituye un átomo. Es por esto que es necesaria su ubicación dentro de la matriz y el número que esta tenga, toda vez que este indica el número de minas alrededor de la casilla actual.

Por lo tanto, se usa una tripleta  $(x, y, k)$ , siendo  $k$  el indicativo de su número.

Con esto, se utilizan los siguientes como átomos.

- $P(x, y, 0)$  es verdadero si la casilla  $(x, y)$  posee una mina.
- $P(x, y, k)$  con  $1 \leq k \leq 6$  es verdadero si alrededor de la casilla  $(x, y)$  hay  $k$  minas.

#### 1.3.2 Reglas

En general se plantean 3 reglas que determinarán el comportamiento del agente y por ende, las deducciones a las que será capaz de llegar.

1. **Determinación de casillas seguras:** el agente razona en que dado un número  $1 \leq k \leq 6$  en una casilla, si alguna combinación  $\binom{6}{k}$  de sus casillas adyacentes cumple que hay una mina en todas estas, entonces no habrá una mina en las adyacentes restantes.
2. **Determinación de casillas con mina:** el agente razona en que dado un número  $1 \leq k \leq 6$  en una casilla, si alguna combinación  $\binom{6}{6-k}$  de sus casillas adyacentes cumple que no hay una mina en todas estas, entonces habrá una mina en las adyacentes restantes.
3. **Casillas con número no tienen mina:** regla trivial que se asegura de definir que si una casilla tiene un número, entonces esta no tiene una mina.

## 2. Resultados y discusión

### 2.1 Solución particular

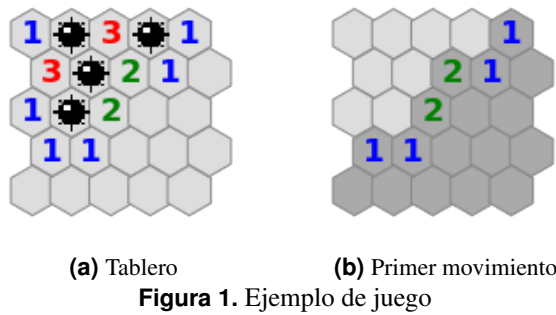
Comprobando el funcionamiento de las reglas propuestas, se resolvió un tablero particular de  $5 \times 5$  con 4 minas. La solución del juego se lleva a cabo con el siguiente razonamiento:

- En primer lugar, se despeja la primera casilla de forma manual, de manera que el agente pueda tomar decisiones.
- Posteriormente se revisa de forma iterativa las casillas adyacentes a las ya despejadas que no han sido despejadas, esto con el fin de determinar si alguna de ellas es segura o si tiene una mina y es necesario marcarla.
- En caso de que no sea posible determinar si una casilla es segura o tiene mina, se procede a escoger alguna de ellas y de manera aleatoria se despeja o se marca con mina.

En términos del ejemplo, se trabajó con el tablero generado como muestra la Fig. 1a y se despejó inicialmente la casilla  $(0, 0)$ , como se ve en la Fig. 1b.

Al realizar el procedimiento explicado anteriormente, el agente fue capaz de completar satisfactoriamente el juego. La Fig. 2 enseña dónde puso el agente las banderas que marcan una mina.

Note que la posición de las banderas coincide con las minas señaladas en el tablero inicial, es decir, el agente ganó el juego.

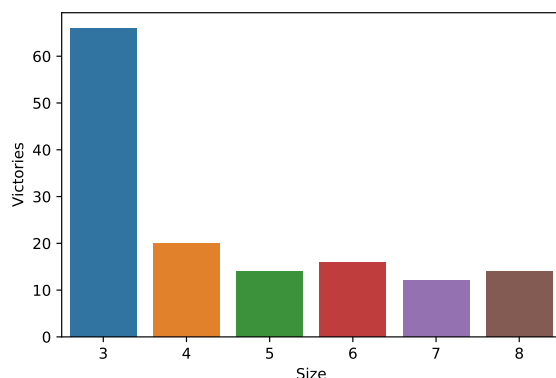


## 2.2 Comparativa de funcionamiento del agente para distintos tamaños del tablero

Continuando las pruebas de funcionamiento, se llevó a cabo una comparativa referente al porcentaje de victorias variando la dimensión de tableros  $n \times n$  con  $3 \leq n \leq 8$ , aumentando el número de minas según crece la dimensión del tablero e iterando el proceso de resolución del juego indicado previamente. Los resultados se guardaron en un *dataframe* con el fin de graficarlos.

Es importante mencionar que, como el primer movimiento donde se destapa una casilla se realiza sin conocer el tablero es posible que el agente pierda, así que se decidió que esas derrotas no se van a tener en cuenta para el resultado final, sino que empieza a jugar nuevamente hasta que destape correctamente.

Los resultados obtenidos se sintetizan en la Fig. 3.



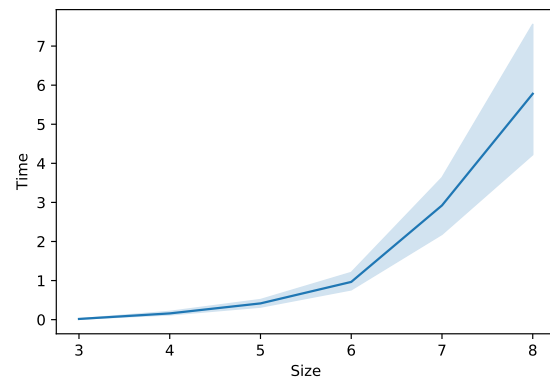
**Figura 3.** Comparación de funcionamiento

Note que conforme aumenta iterativamente el tamaño del

tablero, el porcentaje de victorias alcanzadas va disminuyendo de forma casi exponencial. Esto puede deberse a que aumentan las probabilidades de que el agente no pueda determinar con total seguridad qué casillas tienen o no mina y por ende, tenga que recurrir a adivinar.

## 2.3 Comparación de tiempos

Encontramos relevante además realizar un análisis exhaustivo de los tiempos de ejecución para distintas dimensiones  $n \times n$  del tablero, con  $3 \leq n \leq 8$  y asimismo aumentando el número de minas según  $n$  aumentaba. Siguiendo esta idea, se ejecutó el mismo proceso que en la comparativa del funcionamiento. Los resultados obtenidos se enseñan en la Fig. 4.



**Figura 4.** Comparación de tiempos

Este crecimiento exponencial es natural, toda vez que a medida que el tamaño del tablero aumenta lo hace a su vez el número de átomos y el número de reglas, puesto que estas surgen del resultado de múltiples combinaciones. Esto provoca que la deducción tome más tiempo.

## 3. Conclusiones

Se comprobó que el uso de lógica proposicional y algoritmos de deducción mediante el planteamiento de agentes permite la resolución exitosa de juegos basados en objetivos, como lo es el buscaminas hexagonal trabajado. Las reglas sencillas planteadas dejan ver que es posible solucionar el reto mediante nociones fundamentales del funcionamiento del buscaminas. Además, el análisis de funcionamiento y de tiempo conforme varía el tamaño del problema deja ver de la dificultad de adecuar este tipo de algoritmos para retos grandes.

El código utilizado para la realización de este informe se puede conseguir en el siguiente repositorio.

## Referencias

- [1] Peter Norvig and Stuart Russell. *Artificial Intelligence: A Modern Approach, Global Edition*. Pearson, 4 edition, 2021.

