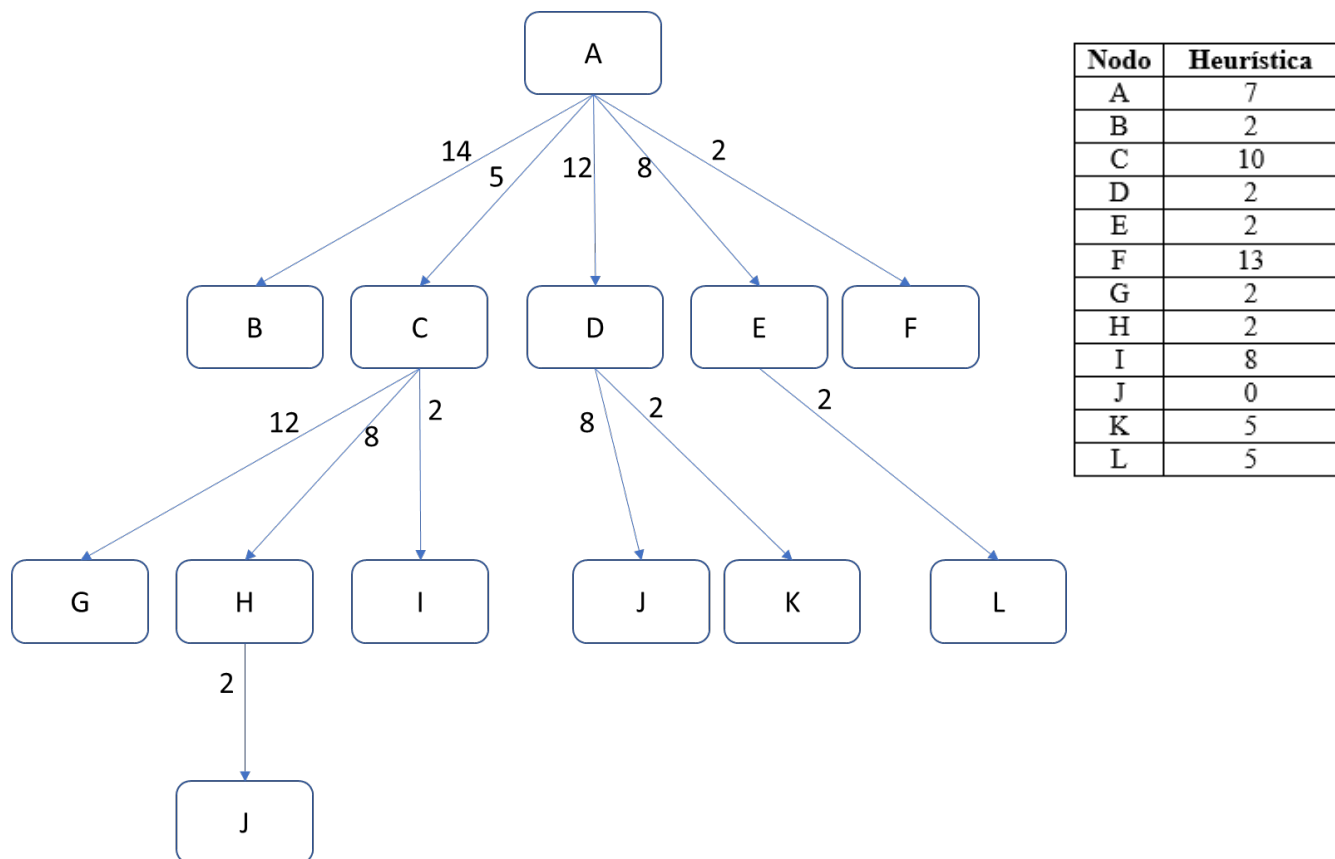


1. Consideremos un problema de búsqueda en el grafo



- Utilizando la heurística definida la table, despliega el árbol que genera A* con eliminación de estados repetidos. El orden de exploración entre nodos hermanos es de izquierda a derecha.
 - Indica para cada nodo n los valores $g(n) + h(n) = f(n)$ el orden en el que los nodos son explorados (es decir, cuando son considerados para su expansión). En caso de que haya empates, se elegirá primero en la exploración el nodo que haya sido generado antes.
 - Indica la solución y su coste.
- ¿Garantiza A* con esta heurística y eliminación de estados repetidos encontrar la solución óptima? Explica la razón.
- ¿Garantiza A* con esta heurística y sin eliminación de estados repetidos encontrar la solución óptima? Explica la razón.
- La heurística indicada en el grafo, ¿es monótona? ¿por qué?
- Pon un ejemplo y justifica que cambio o cambios deberías hacer para que, si es monótona, deje de serlo y, si no lo es monótona, convertirla en monótona.

2. Tenemos dos probetas, una de una capacidad de 75 mililitros y otra con capacidad de 100 mililitros. Por otra parte, tenemos un dispensador de agua destilada. Cada probeta se puede llenar de agua destilada o vaciar completamente. También se puede verter el contenido de una probeta en otra hasta que o bien la primera se vacíe o que la segunda se llene (lo que ocurra antes). El coste de cada operación es el número de mililitros que se transfieren. Inicialmente ambas probetas están vacías. El objetivo es llegar a la siguiente situación: que la probeta de 75 mililitros quede vacía y que la probeta de 100 mililitros contenga 25 mililitros. La heurística que vamos a utilizar es la suma de los valores absolutos de las diferencias entre los volúmenes de agua en cada una de las probetas y sus correspondientes valores objetivo.

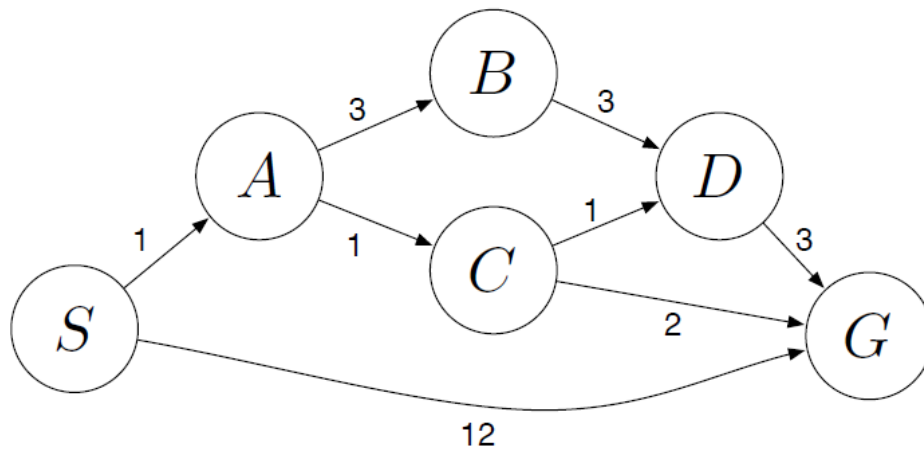
Responde a las siguientes cuestiones:

- a. Formaliza los estados de búsqueda.

Utilizando la formalización propuesta:

- b. Especifica las acciones para generar sucesores: Condiciones que debe cumplir el estado inicial, estado que resulta de aplicar la acción, el coste y el orden de aplicación de las acciones en un espacio de búsqueda.
- c. Especifica estado inicial.
- d. Especifica el test objetivo.
- e. Formula una expresión matemática para calcular el valor de la heurística.
- f. ¿Es la heurística propuesta admisible?, ¿monótona?
- g. ¿Garantiza A* con esta heurística y eliminación de estados repetidos encontrar la solución óptima? Justifica la respuesta
- h. Detalla el árbol generado por A* con eliminación de estados repetidos.
- a. Sigue el orden de generación diseñado en el apartado (b).
- b. Indica para cada nodo n los valores $g(n) + h(n) = f(n)$ el orden en el que los nodos son explorados (es decir, cuando son considerados para su expansión). En caso de que haya empates, se elegirá primero en la exploración el nodo que haya sido generado antes.
- c. Indica la solución y su coste.
- i. ¿Encuentra A* la solución óptima en este ejemplo concreto? Justifica tu respuesta, y debate su relación con tu respuesta al apartado (g).
- j. Diseña una heurística no trivial y diferente a la propuesta que sea monótona. Demuestra que es monótona. ¿Es esta heurística admisible?

3. Consideremos un problema de búsqueda en el grafo



El estado inicial es S. La meta es G. En caso de que haya empate, se expande primero el nodo que ha sido generando antes. Si persiste, el empate se deshace utilizando el orden alfabético. Para cada una de las estrategias explica cómo es seleccionado el nodo a expandir.

- ¿Qué camino devolvería la búsqueda primero en anchura para este problema?
- ¿Qué camino devolvería la búsqueda de coste uniforme para este problema?
- ¿Qué camino devolvería la búsqueda primero en profundidad para este problema?
- ¿Qué camino devolvería la búsqueda en grafo A*, usando una heurística consistente, para este problema?
- Considera las heurísticas para este problema que se muestran en la siguiente tabla.

| Estado | | h1 | h2 |
|--------|--|----|----|
| S | | 5 | 4 |
| A | | 3 | 2 |
| B | | 6 | 6 |
| C | | 2 | 1 |
| D | | 3 | 3 |
| G | | 0 | 0 |

- ¿Es h1 admisible?
- ¿Es h1 consistente?
- ¿Es h2 admisible?
- ¿Es h2 consistente?

4. Consideremos un juego en el que dos contrincantes se alternan poniendo fichas en un tablero de dimensiones 3x3. Uno de los jugadores coloca fichas etiquetadas con 'X'. El otro jugador coloca fichas etiquetadas con 'O'. Inicialmente el tablero está vacío. El primer movimiento en una partida corresponde a 'X'. Los jugadores alternan sus movimientos. En cada turno, el jugador que realiza el movimiento coloca una de sus fichas en una de las celdas libres del tablero. Los movimientos se exploran comenzando por la columna libre que se encuentre más a la izquierda y por la fila inferior. La partida termina cuando un jugador hace "esquina", por ejemplo:

Gana X

| | | |
|---|---|---|
| O | | |
| | X | X |
| O | X | O |

Gana O

| | | |
|---|---|---|
| | O | |
| | O | O |
| X | X | X |

La partida también termina cuando no hay casillas libres, en cuyo caso los dos jugadores empatan.

La situación actual del juego es:

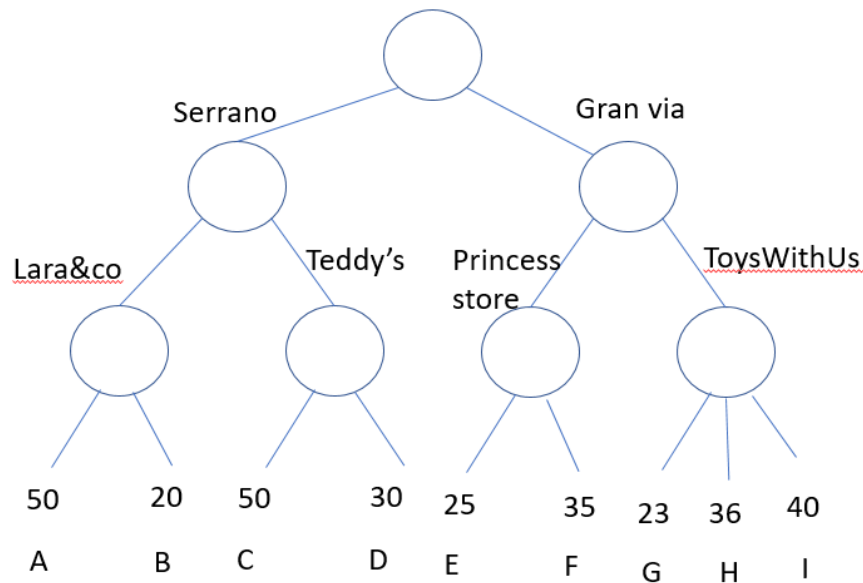
| | | |
|---|---|--|
| X | O | |
| O | X | |
| X | O | |

y le toca mover a X.

Contesta a las siguientes preguntas:

- Formaliza este juego como un juego de suma cero. ¿Quién es MAX y quién es MIN en este estado de la partida?
- Realiza paso a paso el despliegue del árbol de juego para encontrar la estrategia óptima de MAX mediante el algoritmo minimax con poda alfa-beta
 - En el árbol de juego, dibuja únicamente los nodos explorados, indicando dónde se realiza poda.
 - Indica, para cada nodo, el estado del tablero y si el nodo es MAX o MIN.
 - Indica en los nodos terminales el valor de la función de utilidad. d. Para los nodos internos, indica en cada paso los valores del intervalo [alfa, beta], etiquetándolo con un entero que se incrementa cada vez que este intervalo se propague hacia algún nodo hijo o se actualice con la información que proviene de algún nodo hijo.
 - ¿Cuál es el valor minimax en el nodo raíz?
 - ¿Cuál es la estrategia minimax para el jugador que tiene el turno?
 - ¿Cuál es el resultado del juego, de acuerdo con esta estrategia?

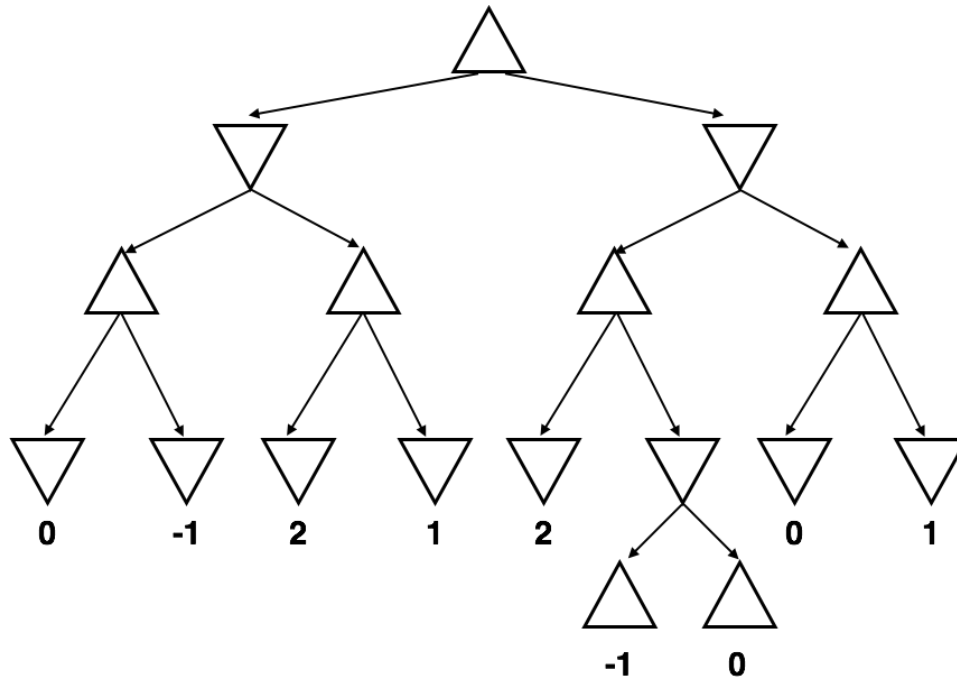
5. Tu hermano Pedro cumple años y le prometieron un juguete. Sin embargo, se ha estado portando mal últimamente. Tu madre piensa que se merece el regalo más barato. Peter, por supuesto, quiere el juguete más caro. Buscando el regalo llegan al acuerdo de que Peter elige la calle donde buscar y de entre esas tu madre elige la juguetería. Te indicamos los precios de los juguetes que están disponibles.



Utiliza el algoritmo minimax con poda alfa-beta para (puedes contestar en la hoja):

- Determinar el valor minimax en la raíz del árbol.
- Di qué juguete de qué tienda y calle se comprará, según el acuerdo que tienen. Ten en cuenta que tanto Peter como tu madre van a debatir óptimamente.
- ¿Qué rango de precios del juego I haría que se comprase en ToysWithUs? ¿Sería suficiente con este cambio? Indica si fueran necesarios más cambios, cuales habría que hacer.
- Indica el orden de recorrido en el árbol para llegar a la solución utilizando poda alfa-beta, numerando los nodos visitados junto con las actualizaciones de los valores $[\alpha, \beta]$ en cada paso.
- Indica quien es MAX y quien es MIN.
- ¿Qué tipo de juego es? ¿Es un juego de suma cero? Justifica tu respuesta.

6. Consideremos el árbol de juego de la figura, correspondiente a un juego de suma cero. Los valores con los que las hojas están etiquetadas corresponden a la función de utilidad para el jugador que tiene el turno en la raíz del árbol:



- Señala en cada nivel de profundidad del árbol si corresponde a MAX o a MIN
- ¿Cuál es la estrategia minimax para el jugador que hace el primer movimiento?
- ¿Cuál es el resultado del juego, de acuerdo con esta estrategia?
- Realiza paso a paso el despliegue del árbol de juego para encontrar la estrategia óptima de MAX mediante el algoritmo minimax con poda alfa-beta
 - En el árbol de juego, dibuja únicamente los nodos explorados, indicando dónde se realiza poda.
 - Indica, para cada nodo, el estado del tablero y si el nodo es MAX o MIN.
 - Indica en los nodos terminales el valor de la función de utilidad. d. Para los nodos internos, indica en cada paso los valores del intervalo $[\alpha, \beta]$, etiquetándolo con un entero que se incrementa cada vez que este intervalo se propague hacia algún nodo hijo o se actualice con la información que proviene de algún nodo hijo.
- ¿Cuál es el valor minimax en el nodo raíz?
- ¿Cuál es la estrategia minimax para el jugador que tiene el turno?
- ¿Cuál es el resultado del juego, de acuerdo con esta estrategia?