“Actividad de heteroevaluación”

“Técnicas de búsqueda”

Titulación: Grado en Ingeniería Informática

Asignatura: Sistemas inteligentes

Grupo: 2

Año: 2014/15

Componentes:

Gema Pérez Torres

José Manuel Quero Marquéz

Ana Isabel Reyes Melero

Índice

1. Preguntas tipo test

1. ¿Qué tres niveles de descripción relacionados han sido propuestos?

   a) Teoría computacional, representación y algoritmo, y agentes inteligentes

   b) Teoría computacional, implementación y representación y algoritmo.

   c) Implementación, agentes reactivos basados en modelos y teoría computacional

   d) Ninguna de las anteriores es correcta.

2. ¿Di cuál de estos no es un entorno?

   a) Totalmente observable

   b) Determinista

   c) Continua

   d) Racional

3. ¿Qué tipo de búsqueda tiene como ventaja reducir la complejidad temporal y espacial?

   a) En anchura

   b) En profundidad

   c) Bidireccional

   d) Todas las anteriores son correctas

4. ¿Cuál de las siguientes búsquedas ciegas es un método óptimo?

   a) Iterativa

   b) Limitada

   c) Con retroceso

   d) Profundidad

5. La solución que devuelve la búsqueda A* es la lista de explorados

   a) Verdadero

   b) Falso

6. Si la heurística de un nodo es igual a 0 y A* es óptima entonces el coste que A* ha calculado para el nodo solución es el coste de camino más corto y el nodo solución

   a) Verdadero

   b) Falso

7. Con respecto a la búsqueda en profundidad:

   a) Se evalúan todos los nodos de un nivel antes de pasar a las siguientes

   b) Son prioritarios los nodos de mayor profundidad

   c) Genera sólo un nodo hijo de cada nodo M

   d) Evita quedar atrapado en una rama infinita

8. Una de las propiedades del algoritmo de búsqueda A* es la elección del nodo no depende únicamente del valor heurístico

   a) Verdadero

   b) Falso

9. ¿A qué nos referimos cuando hablamos de complejidad espacial?

   a) Los nodos que mantiene en memoria para ser explorados

   b) Al tiempo empleado en la ejecución de la búsqueda

   c) Ninguna de las respuestas es correcta

   d) a y b son correctas

10. ¿A qué nos referimos cuando hablamos de complejidad temporal?

a) Los nodos que mantiene en memoria para ser explorados

b) Al tiempo empleado en la ejecución de la búsqueda

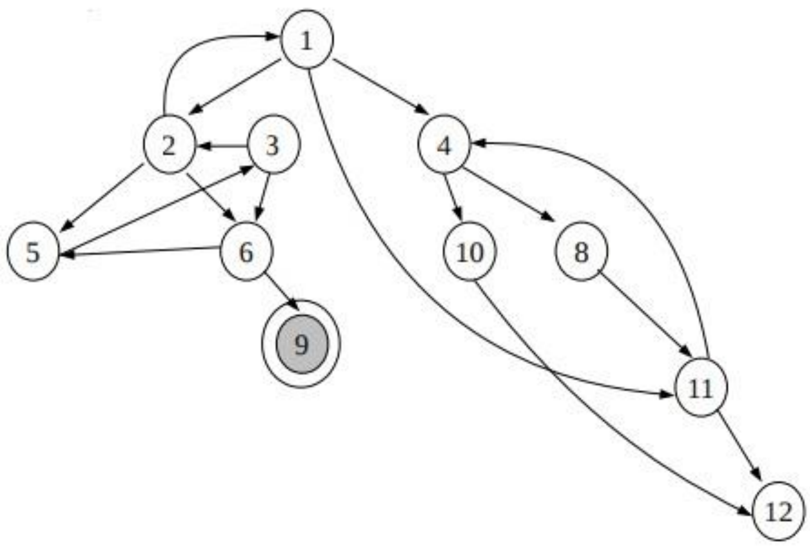
c) Ninguna de las respuestas es correcta

d) a y b son correctas

Pregunta:	**1**		**2**		**3**		**4**		**5**		**6**		**7**		**8**		**9**		**10**	
Respuestas	a		a		a		a		Verdadero		Verdadero		a		Verdadero		a		a	
	b		b		b		b		Falso		Falso		b		Falso		b		b	
	c		c		c		c						c				c		c	
	d		d		d		d						d				d		d	

2. Ejercicios técnicas de búsqueda

1. Dado el siguiente espacio de estados, aplica la búsqueda en anchura, en profundidad, bidireccional e iterativa (sólo 10 iteraciones para ésta última). Representa, por cada iteración, el estado de las pilas y del grafo en memoria (aplica el borrado de nodos que utilice cada técnica).



BÚSQUEDA EN ANCHURA O AMPLITUD:

Procedemos a la búsqueda en anchura, anotando los nodos explorados y la frontera de cada iteración:

<u>Iteración 0:</u>
Frontera: {(1, -)}
Explorados: { }

<u>Iteración 1:</u>
Frontera: {(2,1), (4,1), (11,1)}
Explorados: {(1, -)}

<u>Iteración 2:</u>
Frontera: {(4,1), (11,1), (5,2), (6,2)}
Explorados: {(1, -), (2,1)}

<u>Iteración 3:</u>
Frontera: {(11,1), (5,2), (6,2), (10,4), (8,4)}
Explorados: {(1, -), (2,1), (4,1)}

<u>Iteración 4:</u>
Frontera: {(5,2), (6,2), (10,4), (8,4), (12,11)}

Explorados: {(1, -), (2,1), (4,1), (11,1)}

Iteración 5:
Frontera: {(6,2), (10,4), (8,4), (12,11), (3,5)}
Explorados: {(1, -), (2,1), (4,1), (11,1), (5,2)}

Iteración 6:
Frontera: {(10,4), (8,4), (12,11), (3,5), (9,6)}
Explorados: {(1, -), (2,1), (4,1), (11,1), (5,2), (6,2)}

Iteración 7:
Frontera: {(8,4), (12,11), (3,5), (9,6)}
Explorados: {(1, -), (2,1), (4,1), (11,1), (5,2), (6,2), (10,4)}

Iteración 8:
Frontera: {(12,11), (3,5), (9,6)}
Explorados: {(1, -), (2,1), (4,1), (11,1), (5,2), (6,2), (10,4), (8,4)}

Iteración 9:
Frontera: {(3,5), (9,6)}
Explorados: {(1, -), (2,1), (4,1), (11,1), (5,2), (6,2), (10,4), (8,4), (12,11)}

Iteración 10:
Frontera: {(9,6)}
Explorados: {(1, -),(2,1),(4,1), (11,1),(5,2),(6,2), (10,4), (8,4),(12,11), (3,5)}

Iteración 11:
Frontera: { }
Explorados: {(1, -), (2,1), (4,1), (11,1), (5,2), (6,2), (10,4), (8,4), (12,11), (3,5), (9,6)}

RESULTADO FINAL: 1-2-6-9

BÚSQUEDA EN PROFUNDIDAD:
Procedemos a realizar la búsqueda en profundidad del espacio de estados anterior:

Iteración 0:
Frontera: {(1, -)}
Explorados: { }

Iteración 1:
Frontera: {(2,1), (4,1), (11,1)}

Explorados: {(1 -)}

<u>Iteración 2:</u>
Frontera: {(5,2), (6,2), (4,1), (11,1)}
Explorados: {(1, -), (2,1)}

<u>Iteración 3:</u>
Frontera: {(3,5), (6,2), (4,1), (11,1)}
Explorados: {(1, -), (2,1), (5,2)}

<u>Iteración 4:</u>
Frontera: {(6,2), (4,1), (11,1)}
Explorados: {(1, -), (2,1), (5,2), (3,5)}

<u>Iteración 5:</u>
Frontera: {(9,6), (4,1), (11,1)}
Explorados: {(1, -), (2,1), (5,2), (3,5), (6,2)}

<u>Iteración 6:</u>
Frontera: {(4,1), (11,1)}
Explorados: {(1, -), (2,1), (5,2), (3,5), (6,2), (9,6)}

<u>RESULTADO FINAL</u>: 1-2-6-9

BÚSQUEDA BIDIRECCIONAL:

A continuación analizaremos nuestro problema con una búsqueda bidireccional, comenzando primero desde el nodo inicial, y posteriormente desde el nodo final.

- **<u>Desde el nodo inicial:</u>**

<u>Iteración 0:</u>
Frontera: {(1, -)}
Explorados: { }

<u>Iteración 1:</u>
Frontera: {(2,1), (4,1), (11,1)}
Explorados: {(1, -)}

<u>Iteración 2:</u>
Frontera: {(4,1), (11,1), (5,2), (6,2)}
Explorados: {(1, -), (2,1)}

<u>Iteración 3:</u>
Frontera: {(11,1), (5,2), (6,2), (10,4), (8,4)}
Explorados: {(1, -), (2,1), (4,1)}

- **<u>Desde el nodo final:</u>**

<u>Iteración 0:</u>
Frontera: {(- ,9)}
Explorados: { }

<u>Iteración 1:</u>
Frontera: {(9, 6)}
Explorados: {(- ,9)}

<u>Iteración 2:</u>
Frontera: {(6,2), (6,3)}
Explorados: {(- ,9), (9, 6)}

<u>Iteración 3:</u>
Frontera: {(6,3), (2,1)}
Explorados: {(- ,9), (9, 6), (6,2)}
<u>RESULTADO FINAL</u>: 1-2

BÚSQUEDA ITERATIVA:

A continuación procedemos al análisis del problema mediante el tipo de búsqueda iterativa, como bien indica el problema, debemos analizar solo 10 iteraciones, representando el estado de las pilas y el grafo de memoria por cada iteración.

<u>Iteración 0: profundidad límite = 2</u>
Frontera: {(1,-)}
Explorados: { }

<u>Iteración 1:</u>
Frontera: {(2,1), (4,1), (11,1)}
Explorados: {(1,-)}

Iteración 2:
Frontera: {(1,-), (5,2), (6,2), (2,1), (4,1), (11,1)}
Explorados: {(1,-), (2,1)}

Iteración 3:
Frontera: {(10,4), (8,4), (4,1), (11,1)}
Explorados: {(1,-), (2,1), (4,1)}

Iteración 4:
Frontera: {(4,1), (12,11)}
Explorados: {(1,-), (2,1), (4,1), (11,1)}

Iteración 5: profundidad límite = 3
Frontera: {(1,-)}
Explorados: { }

Iteración 6:
Frontera: {(2,1), (4,1), (11,1)}
Explorados: {(1,-)}

Iteración 7:
Frontera: {(1,-), (5,2), (6,2), (4,1), (11,1)}
Explorados: {(1,-), (2,1)}

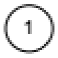
Iteración 8:
Frontera: {(3,5), (6,2), (4,1), (11,1)}
Explorados: {(1,-), (2,1), (5,2)}

Iteración 9:
Frontera: {(9,6), (4,1), (11,1)}
Explorados: {(1,-), (2,1), (5,2), (6,2)}

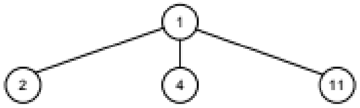
Iteración 10:
Frontera: {(9,6), (4,1), (11,1)}
Explorados: {(1,-), (2,1), (5,2), (6,2), (9,6)}
RESULTADO FINAL: 1-2-6-9

- **Representación de los grafos por cada iteración:**

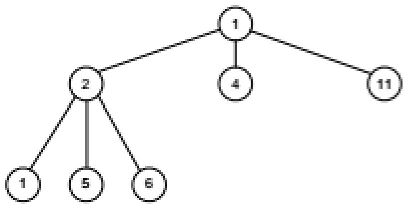
Iteración 0: profundidad límite = 2



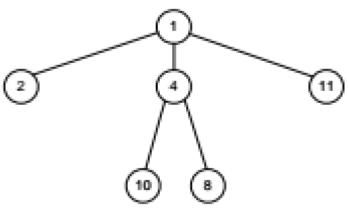
Iteración 1:



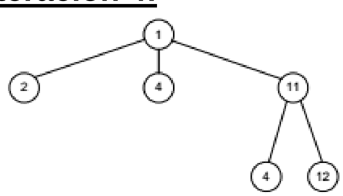
Iteración 2:



Iteración 3:

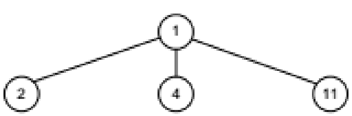


Iteración 4:

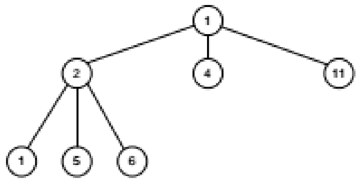


Iteración 5: profundidad límite = 3

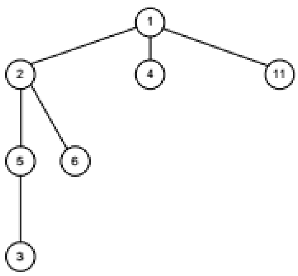
Iteración 6:



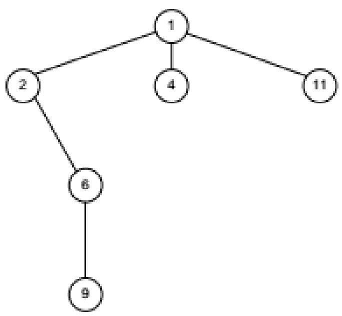
Iteración 7:



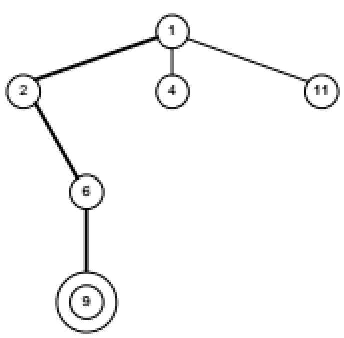
Iteración 8:



Iteración 9:



Iteración 10:

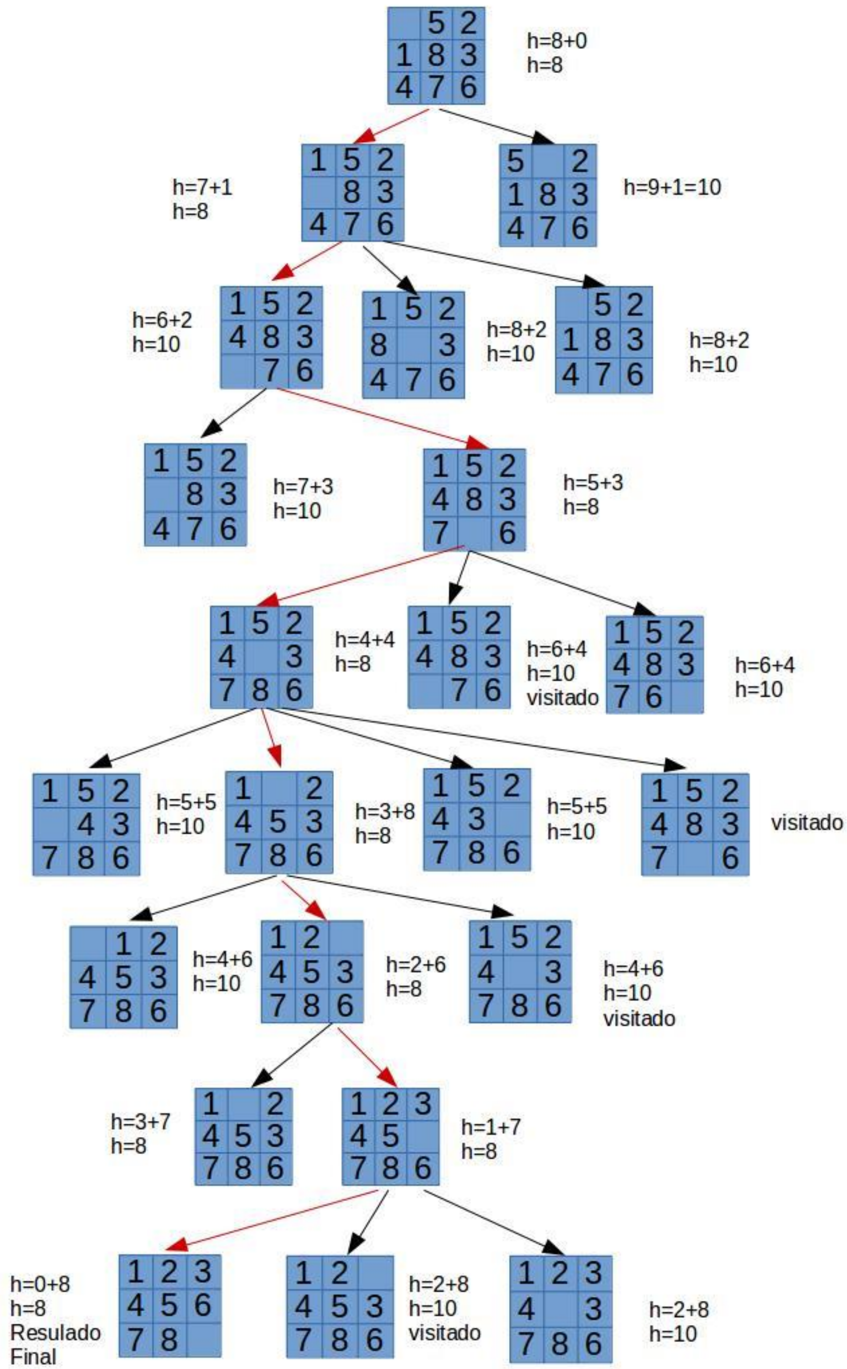


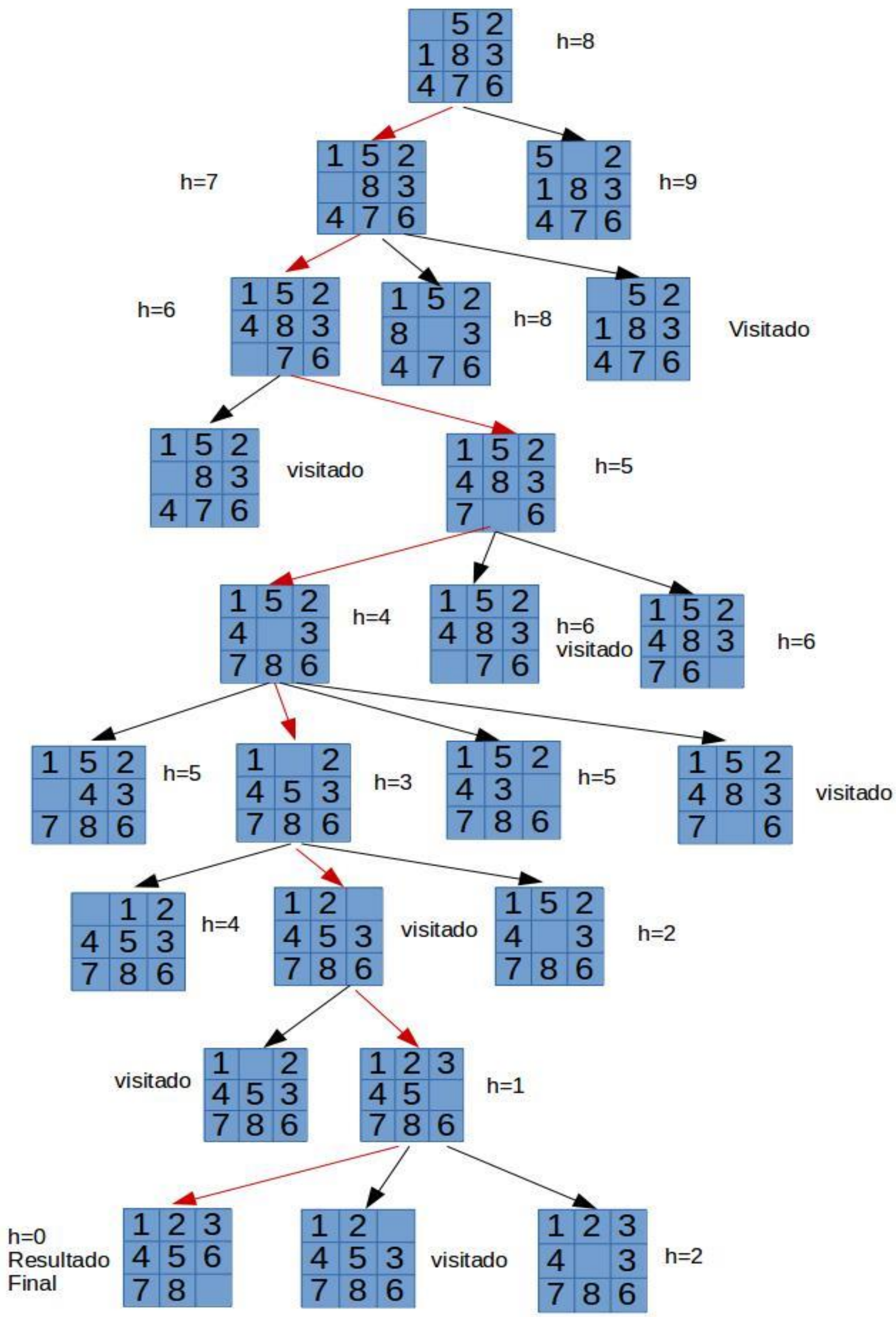
2. Para los siguientes problemas, describa los siguientes aspectos. Cuando el problema concreto se considere simple, resuelva los apartados con un lenguaje

formal, en otro caso, describa en lenguaje natural y brevemente la solución a realizar:
d) Puzzle a ocho

a) Representación de los estados:

El problema del puzle a 8, nos presenta el número de diferentes ordenaciones de 9 casillas (una de ellas en blanco) sin repetición. Estas diferentes ordenaciones se producen a partir de todas las permutaciones de estas nueve casillas, por lo tanto 9! = 362.880, este número se divide por dos para hallar el número exacto, ya que con un número de inversiones pares y otro impar, solo la mitad es alcanzable debido a la imposibilidad de mover dos o más piezas del puzle adyacentes.
Atendiendo a las anteriores premisas, el tamaño del espacio de estados del puzle a 8 es de 9!/2 = 181.440 estados posibles.


h=8+0
h=8
h=7+1
h=8
h=9+1=10
h=6+2
h=10
h=8+2
h=10
h=8+2
h=10
h=7+3
h=10
h=5+3
h=8
h=4+4
h=8
h=6+4
h=10
visitado
h=6+4
h=10
h=5+5
h=10
h=3+8
h=8
h=5+5
h=10
visitado
h=4+6
h=10
h=2+6
h=8
h=4+6
h=10
visitado
h=3+7
h=8
h=1+7
h=8
h=0+8
h=8
Resulado
Final
h=2+8
h=10
visitado
h=2+8
h=10



*La flecha roja significa la ruta que sigue

b) Reglas de producción

1) Si la casilla blanca no está en la fila 1, dicha casilla se puede mover hacia arriba.

2) Si la casilla blanca no está en la fila 3, dicha casilla se puede mover hacia abajo.

3) Si la casilla blanca no está en la columna 1, dicha casilla se puede mover a la izquierda.

4) Si la casilla blanca no se encuentra en la columna 3, dicha casilla se puede mover hacia la derecha.

c) Estrategia de control apropiada para encontrar la solución

La mejor estrategia de control apropiada para dar con una solución es el Algoritmo A*, utilizando como heurística, por ejemplo, la suma de las distancias de Manhattan de todas las fichas que forman un estado concreto en el puzzle. Esta suma es para todas las casillas mal colocadas de las distancias horizontales y verticales a las posiciones de esas casillas en el estado final.

m) **Juego Soy y Sombra:** se dispone de un tablero de 7 casillas y seis fichas, tres de color blanco y tres de color negro, tal como aparece en la figura. El objetivo es intercambiar la colocación de las fichas con el mínimo número de movimientos teniendo en cuenta que:

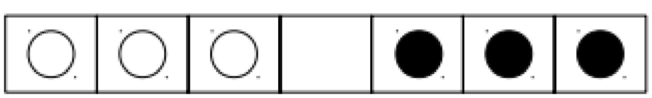


Figura 1: Tablero Inicial

a) Representación de los estados:

Hemos decidido que para representar el tablero vamos a tomar un vector de siete posiciones t[7], donde el 0 representa el hueco, el 1 representa una ficha blanca y el -1 una ficha negra.

El estado inicial es el vector t_0={1,1,1,0,-1,-1,-1}, como muestra la figura1.1.
El estado final es el vector t_f={-1,-1,-1,0,1,1,1}
Del estado inicia salen dos ramas:
t_1={1,1,1,-1,0,-1,-1} y t_2={1,1,0,1,-1,-1,-1}

Como se puede observar estas ramas son simétricas y siguiendo los mismo pasos se obtendrán los mismo estados simétricos, es por esto que sólo vamos a mostrar una de las ramas, en este caso la rama t_1.

Antes de indicar los estados vamos a utilizar una nomenclatura para poder ir siguiendo las ramas, cada tablero se llamara $t_{i,j}$ donde la i hace referencia al nodo padre y j al número de nodo actual(se verá más claro con la representación gráfica que se utiliza para el ejercicio siguiente). El resto de estados para la rama t_1 son los siguientes:

$t_{1,3}$={1,1,0,-1,1,-1,-1}, $t_{1,4}$={1,1,1,-1,-1,0,-1},
$t_{3,5}$={1,1,-1,0,1,-1,-1}, $t_{3,6}$={1,0,1,-1,1,-1,-1},
$t_{4,7}$={1,1,1,-1,-1,-1,0},
$t_{5,8}$={1,0,-1,1,1,-1,-1}, $t_{5,9}$={1,1,-1,0,1,-1,-1},
$t_{6,10}$={0,1,1,-1,1,-1,-1}, $t_{6,11}$={1,-1,1,0,1,-1,-1},
$t_{8,12}$={0,1,-1,1,1,-1,-1}, $t_{8,13}$={1,-1,0,1,1,-1,-1},
$t_{9,14}$={1,1,-1,-1,0,1,-1}, $t_{9,15}$={1,1,-1,-1,1,-1,0},
$t_{11,16}$={1,-1,0,1,1,-1,-1}, $t_{11,17}$={1,-1,1,-1,1,0,-1},
$t_{12,18}$={-1,1,0,1,1,-1,-1},
$t_{13,19}$=$t_{16,19}$={0,-1,1,1,1,-1,-1},
$t_{14,20}$={1,1,-1,-1,-1,1,0},
$t_{15,21}$={1,1,-1,-1,0,-1,1},
$t_{17,22}$={1,-1,1,-1,1,-1,0}, $t_{17,23}$={1,-1,1,-1,0,1,-1},
$t_{18,24}$=$t_{19,24}$={-1,0,1,1,1,-1,-1},
$t_{20,25}$=$t_{21,25}$={1,1,-1,-1,-1,0,1},
$t_{22,26}$={1,-1,1,-1,0,-1,1},
$t_{23,27}$={1,-1,0,-1,1,1,-1}, $t_{23,28}$={1,-1,1,-1,-1,1,0},
$t_{26,29}$={1,-1,0,-1,1,-1,1}, $t_{26,30}$=$t_{28,30}$={1,-1,1,-1,-1,0,1},
$t_{27,31}$={0,-1,1,-1,1,1,-1}, $t_{27,32}$={1,-1,-1,0,1,1,-1},
$t_{29,33}$={0,-1,1,-1,1,-1,1}, $t_{29,34}$={1,-1,-1,0,1,-1,1},
$t_{31,35}$={-1,0,1,-1,1,1,-1},
$t_{33,36}$={-1,0,1,-1,1,-1,1},
$t_{34,37}$={1,-1,-1,-1,1,0,1},
$t_{35,38}$={-1,-1,1,0,1,1,-1},
$t_{36,39}$={-1,-1,1,0,1,-1,1},
$t_{37,40}$={1,-1,-1,-1,0,1,1},
$t_{38,41}$={-1,-1,0,1,1,1,-1},
$t_{39,42}$={-1,-1,0,1,1,-1,1}, $t_{39,43}$={-1,-1,1,-1,1,0,1},
$t_{43,44}$={-1,-1,1,-1,0,1,1},
$t_{44,45}$={-1,-1,0,-1,1,1,1}

b) Reglas de producción:

La siguiente tabla representa a las reglas de producción, donde la primera columna es el estado actual(o antecedente), lo que se tiene que cumplir, la segunda columna es el estado nuevo(o consecuente) lo que pasa si se cumple el antecedente, y la tercera columna es la descripción, lo que está pasando si se lanza la regla:

Estado Actual	**Estado Nuevo**	**Descripción**
Si t[i]=1 y t[i+1]=0	Entonces t[i]=0 y t[i+1]=1	Mover a la derecha una ficha blanca
Si t[i]=-1 y t[i-1]=0	Entonces t[i]=0 y t[i-1]=-1	Mover a la izquierda una ficha negra
Si t[i]=1, t[i+1]=-1 y t[i+2]=0	Entonces t[i]=0 y t[i+2]=1	Saltar hacia la derecha solo fichas blancas
Si t[i]=-1, t[i-1]=1 y t[i-2]=0	Entonces t[i]=0 y t[i-2]=-1	Saltar hacia la izquierda solo fichas negras

Tabla 1: Representación de las reglas

Recordatorio: 1=ficha blanca, 0=hueco, -1=ficha negra, t[]=vector que representa el tablero, y los valores que puede tornar i están entre 1 y 7.

c) Estrategia de control apropiada para encontrar la solución

Se debe tener en cuenta que antes de realizar un movimiento, se debe revisar el tablero y comprobar las posiciones de las fichas, por ejemplo si se va a mover una ficha blanca hacia la derecha, además de que en la siguiente posición haya un hueco, en la posición a lado del hueco no haya una ficha blanca, a no ser que sean las dos últimas posiciones. De una manera formal sería:

Si se cumple que t[i]=1 y t[i+1]=0 y además t[i+2]=-1 entonces si realizar el movimiento t[i]=0 y t[i+1]=1.

Si se cumple que t[i]=1 y t[i+1]=0 y además t[i+2]=1 entonces comprobar el valor de la i antes de realizar el movimiento, si i=5 realizar el movimiento t[i]=0 y t[i+1]=1.

Lo mismo se puede aplicar a las fichas negras.

3. Resuelva el problema juego Sol y Sombra con los diferentes métodos de búsqueda.
   A partir de los estados del ejercicio 2 hemos construido el siguiente árbol:

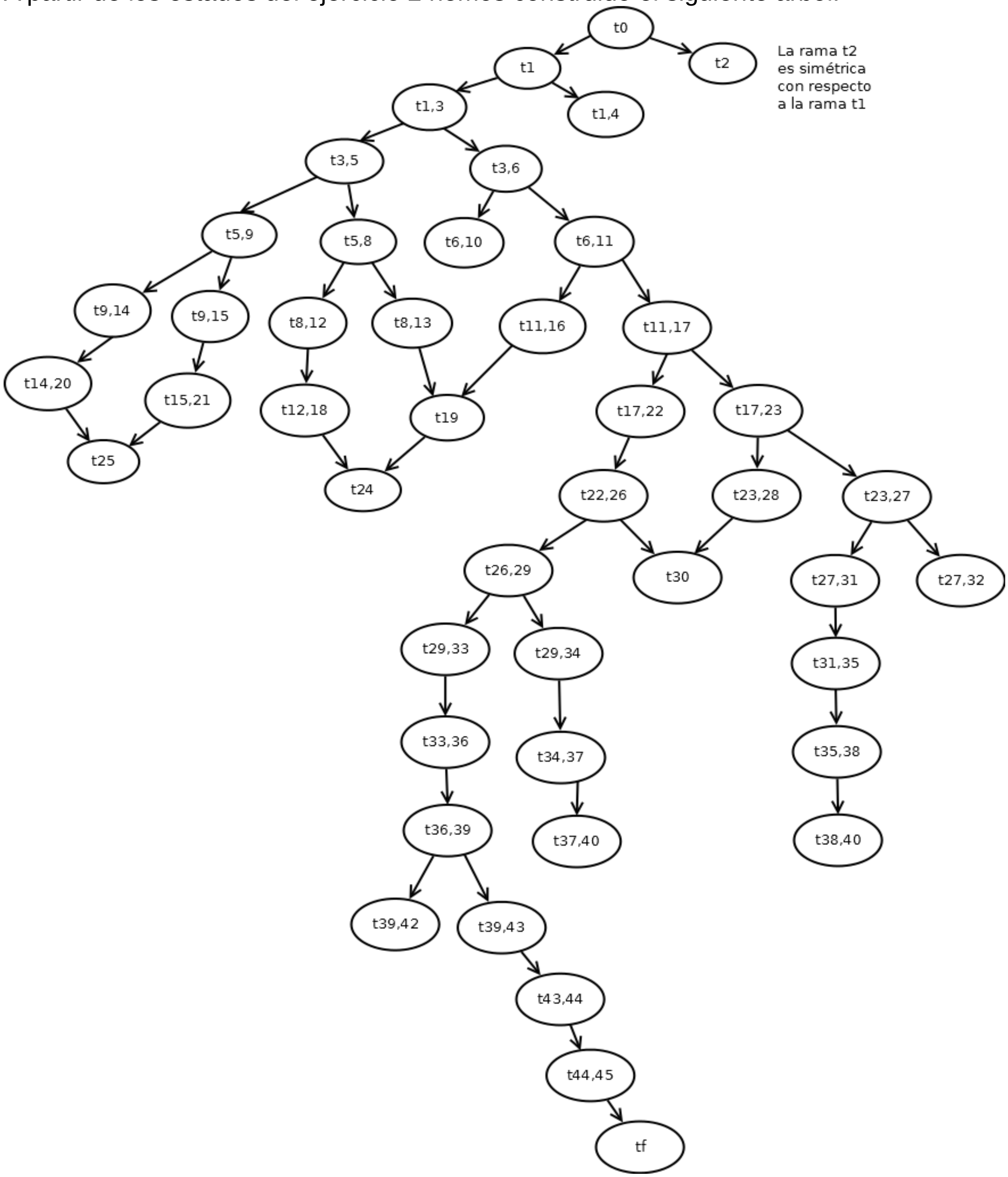


Figura 2: Grafo de los estados del juego Sol y Sombra

Donde t_0 es el nodo inicial y t_f es el nodo solución

Búsqueda en Amplitud:

Iteración 0:

F={t_0}

E={}

actual= t_0, no es la solución, se lleva a explorados(E) y en Frontera se añaden los hijos del nodo actual.

Iteración 1:

F={t_1, t_2 }

E={t_0}

actual=t_1, como no es la solución, se lleva a explorados y se introducen los hijos al final de la cola.

Iteración 2:

F={t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$}

E={t_0, t_1}

actual=t_2, como no es la solución, se lleva a explorados, y se introducen sus hijos al final de la cola.

Iteración 3:

F={$t_{1,3}$, $t_{1,4}$}

E={t_0, t_1, t_2}

actual=$t_{1,3}$, no es la solución, se lleva a explorados, e introducimos sus hijos en frontera.

Iteración 4:

F={$t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$}

E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$}

actual= $t_{1,4}$

Iteración 5:

F={$t_{3,5}$, $t_{3,6}$}

E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$}

actual= $t_{3,5}$

Iteración 6:

F={$t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$}

E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$}
actual=$t_{3,6}$

Iteración 7:
F={$t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$}
actual=$t_{5,9}$

Iteración 8:
F={$t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$}
actual=$t_{5,8}$

Iteración 9:
F={$t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$}
actual=$t_{6,10}$

Iteración 10:
F={$t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$}
actual=$t_{6,11}$

Iteración 11:
F={$t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$}
actual=$t_{9,14}$

Iteración 12:
F={$t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$}
actual=$t_{9,15}$

Iteración 13:
F={$t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$}
actual=$t_{8,12}$

Iteración 14:
F={$t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$}
actual=$t_{8,13}$

Iteración 15:
F={$t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$, t_{19}}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$}

actual=$t_{11,16}$

Iteración 16:
F={$t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$, t_{19}}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$}
actual=$t_{11,17}$

Iteración 17:
F={$t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$, t_{19}, $t_{17,22}$, $t_{17,23}$}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$}
actual=$t_{14,20}$

Iteración 18:
F={$t_{15,21}$, $t_{12,18}$, t_{19}, $t_{17,22}$, $t_{17,23}$, t_{25}}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$}
actual=$t_{15,21}$

Iteración 19:
F={$t_{12,18}$, t_{19}, $t_{17,22}$, $t_{17,23}$, t_{25}}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$}
actual=$t_{12,18}$

Iteración 20:
F={t_{19}, $t_{17,22}$, $t_{17,23}$, t_{25}, t_{24}}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$,}
actual=t_{19}

Iteración 21:
F={t_{19}, $t_{17,22}$, $t_{17,23}$, t_{25}, t_{24}}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$}
actual=t_{19}

Iteración 22:
F={ $t_{17,22}$, $t_{17,23}$, t_{25}, t_{24}}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$, t_{19}}
actual=$t_{17,22}$

Iteración 23:
F= {$t_{17,23}$, t_{25}, t_{24}, $t_{22,26}$ }
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$, t_{19}, $t_{17,22}$}
actual= $t_{17,23}$

Iteración 24:
F= {t_{25}, t_{24}, $t_{22,26}$, $t_{23,28}$, $t_{23,27}$}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$, t_{19}, $t_{17,22}$, $t_{17,23}$}
actual= t_{25}

Iteración 25:
F={t_{24}, $t_{22,26}$, $t_{23,28}$, $t_{23,27}$}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$, t_{19}, $t_{17,22}$, $t_{17,23}$, t_{25}}
actual=t_{24}

Iteración 26:
F={$t_{22,26}$, $t_{23,28}$, $t_{23,27}$}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$, t_{19}, $t_{17,22}$, $t_{17,23}$, t_{25}, t_{24}, }
actual= $t_{22,26}$

Iteración 27:
F= {$t_{22,26}$, $t_{23,28}$, $t_{23,27}$}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$, t_{19}, $t_{17,22}$, $t_{17,23}$, t_{25}, t_{24}}
actual= $t_{22,26}$

Iteración 28:
F= {$t_{23,28}$, $t_{23,27}$,$t_{26,29}$, t_{30} }
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$, t_{19}, $t_{17,22}$, $t_{17,23}$, t_{25}, t_{24}, $t_{22,26}$ }
actual= $t_{23,28}$

Iteración 29:
F= {$t_{23,27}$,$t_{26,29}$, t_{30} }
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$, t_{19}, $t_{17,22}$, $t_{17,23}$, t_{25}, t_{24}, $t_{22,26}$, $t_{23,28}$ }
actual= $t_{23,27}$

Iteración 30:
F= {$t_{26,29}$, t_{30}, $t_{27,31}$, $t_{27,32}$ }
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$, t_{19}, $t_{17,22}$, $t_{17,23}$, t_{25}, t_{24}, $t_{22,26}$, $t_{23,28}$, $t_{23,27}$ }
actual= $t_{26,29}$

Iteración 31:
F={t_{30}, $t_{27,31}$, $t_{27,32}$, $t_{29,33}$, $t_{29,34}$}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$, t_{19}, $t_{17,22}$, $t_{17,23}$, t_{25}, t_{24}, $t_{22,26}$, $t_{23,28}$, $t_{23,27}$,$t_{26,29}$}
actual=t_{30}

Iteración 32:
F={$t_{27,31}$, $t_{27,32}$, $t_{29,33}$, $t_{29,34}$}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$, t_{19}, $t_{17,22}$, $t_{17,23}$, t_{25}, t_{24}, $t_{22,26}$, $t_{23,28}$, $t_{23,27}$,$t_{26,29}$, t_{30}}
actual=$t_{27,31}$

Iteración 33:
F={$t_{27,32}$, $t_{29,33}$, $t_{29,34}$, $t_{31,35}$}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$, t_{19}, $t_{17,22}$, $t_{17,23}$, t_{25}, t_{24}, $t_{22,26}$, $t_{23,28}$, $t_{23,27}$,$t_{26,29}$, t_{30}, $t_{27,31}$ }
actual=$t_{27,32}$

Iteración 34:
F={$t_{29,33}$, $t_{29,34}$, $t_{31,35}$}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$, t_{19}, $t_{17,22}$, $t_{17,23}$, t_{25}, t_{24}, $t_{22,26}$, $t_{23,28}$, $t_{23,27}$,$t_{26,29}$, t_{30}, $t_{27,31}$, $t_{27,32}$ }
actual=$t_{29,33}$

Iteración 35:
F={$t_{29,34}$, $t_{31,35}$, $t_{33,36}$}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$, t_{19}, $t_{17,22}$, $t_{17,23}$, t_{25}, t_{24}, $t_{22,26}$, $t_{23,28}$, $t_{23,27}$,$t_{26,29}$, t_{30}, $t_{27,31}$, $t_{27,32}$, $t_{29,33}$}
actual=$t_{29,34}$

Iteración 36:
F={$t_{31,35}$, $t_{33,36}$, $t_{34,37}$}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$, t_{19}, $t_{17,22}$, $t_{17,23}$, t_{25}, t_{24}, $t_{22,26}$, $t_{23,28}$, $t_{23,27}$,$t_{26,29}$, t_{30}, $t_{27,31}$, $t_{27,32}$, $t_{29,33}$, $t_{29,34}$}
actual=$t_{31,35}$

Iteración 37:
F={$t_{33,36}$, $t_{34,37}$, $t_{35,38}$}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$, t_{19}, $t_{17,22}$, $t_{17,23}$, t_{25}, t_{24}, $t_{22,26}$, $t_{23,28}$, $t_{23,27}$,$t_{26,29}$, t_{30}, $t_{27,31}$, $t_{27,32}$, $t_{29,33}$, $t_{29,34}$, $t_{31,35}$}
actual=$t_{33,36}$

Iteración 38:
F={$t_{34,37}$, $t_{35,38}$, $t_{36,39}$}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$, t_{19}, $t_{17,22}$, $t_{17,23}$, t_{25}, t_{24}, $t_{22,26}$, $t_{23,28}$, $t_{23,27}$,$t_{26,29}$, t_{30}, $t_{27,31}$, $t_{27,32}$, $t_{29,33}$, $t_{29,34}$, $t_{31,35}$, $t_{33,36}$ }

actual=$t_{34,37}$

Iteración 39:

F={$t_{35,38}$, $t_{36,39}$, $t_{37,40}$}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$, t_{19}, $t_{17,22}$, $t_{17,23}$, t_{25}, t_{24}, $t_{22,26}$, $t_{23,28}$, $t_{23,27}$,$t_{26,29}$, t_{30}, $t_{27,31}$, $t_{27,32}$, $t_{29,33}$, $t_{29,34}$, $t_{31,35}$, $t_{33,36}$, $t_{34,37}$}
actual=$t_{35,38}$

Iteración 40:

F={$t_{36,39}$, $t_{37,40}$, $t_{38,41}$}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$, t_{19}, $t_{17,22}$, $t_{17,23}$, t_{25}, t_{24}, $t_{22,26}$, $t_{23,28}$, $t_{23,27}$,$t_{26,29}$, t_{30}, $t_{27,31}$, $t_{27,32}$, $t_{29,33}$, $t_{29,34}$, $t_{31,35}$, $t_{33,36}$, $t_{34,37}$, $t_{35,38}$}
actual=$t_{36,39}$

Iteración 41:

F={$t_{37,40}$, $t_{38,41}$, $t_{39,42}$, $t_{39,43}$}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$, t_{19}, $t_{17,22}$, $t_{17,23}$, t_{25}, t_{24}, $t_{22,26}$, $t_{23,28}$, $t_{23,27}$,$t_{26,29}$, t_{30}, $t_{27,31}$, $t_{27,32}$, $t_{29,33}$, $t_{29,34}$, $t_{31,35}$, $t_{33,36}$, $t_{34,37}$, $t_{35,38}$, $t_{36,39}$}
actual=$t_{37,40}$

Iteración 42:

F={$t_{38,41}$, $t_{39,42}$, $t_{39,43}$}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$, t_{19}, $t_{17,22}$, $t_{17,23}$, t_{25}, t_{24}, $t_{22,26}$, $t_{23,28}$, $t_{23,27}$,$t_{26,29}$, t_{30}, $t_{27,31}$, $t_{27,32}$, $t_{29,33}$, $t_{29,34}$, $t_{31,35}$, $t_{33,36}$, $t_{34,37}$, $t_{35,38}$, $t_{36,39}$, $t_{37,40}$}
actual=$t_{38,41}$

Iteración 43:

F={$t_{39,42}$, $t_{39,43}$}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$, t_{19}, $t_{17,22}$, $t_{17,23}$, t_{25}, t_{24}, $t_{22,26}$, $t_{23,28}$, $t_{23,27}$,$t_{26,29}$, t_{30}, $t_{27,31}$, $t_{27,32}$, $t_{29,33}$, $t_{29,34}$, $t_{31,35}$, $t_{33,36}$, $t_{34,37}$, $t_{35,38}$, $t_{36,39}$, $t_{37,40}$, $t_{38,41}$}
actual=$t_{39,42}$

Iteración 44:

F={$t_{39,43}$}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$, t_{19}, $t_{17,22}$, $t_{17,23}$, t_{25}, t_{24}, $t_{22,26}$, $t_{23,28}$, $t_{23,27}$,$t_{26,29}$, t_{30}, $t_{27,31}$, $t_{27,32}$, $t_{29,33}$, $t_{29,34}$, $t_{31,35}$, $t_{33,36}$, $t_{34,37}$, $t_{35,38}$, $t_{36,39}$, $t_{37,40}$, $t_{38,41}$, $t_{39,42}$}
actual=$t_{39,43}$

Iteración 45:
F={$t_{43,44}$}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$, t_{19}, $t_{17,22}$, $t_{17,23}$, t_{25}, t_{24}, $t_{22,26}$, $t_{23,28}$, $t_{23,27}$,$t_{26,29}$, t_{30}, $t_{27,31}$, $t_{27,32}$, $t_{29,33}$, $t_{29,34}$, $t_{31,35}$, $t_{33,36}$, $t_{34,37}$, $t_{35,38}$, $t_{36,39}$, $t_{37,40}$, $t_{38,41}$, $t_{39,42}$, $t_{39,43}$}
actual=$t_{43,44}$

Iteración 46:
F={$t_{44,45}$ }
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$, t_{19}, $t_{17,22}$, $t_{17,23}$, t_{25}, t_{24}, $t_{22,26}$, $t_{23,28}$, $t_{23,27}$,$t_{26,29}$, t_{30}, $t_{27,31}$, $t_{27,32}$, $t_{29,33}$, $t_{29,34}$, $t_{31,35}$, $t_{33,36}$, $t_{34,37}$, $t_{35,38}$, $t_{36,39}$, $t_{37,40}$, $t_{38,41}$, $t_{39,42}$, $t_{39,43}$, $t_{43,44}$}
actual=$t_{44,45}$

Iteración 47:
F={t_f }
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$, t_{19}, $t_{17,22}$, $t_{17,23}$, t_{25}, t_{24}, $t_{22,26}$, $t_{23,28}$, $t_{23,27}$,$t_{26,29}$, t_{30}, $t_{27,31}$, $t_{27,32}$, $t_{29,33}$, $t_{29,34}$, $t_{31,35}$, $t_{33,36}$, $t_{34,37}$, $t_{35,38}$, $t_{36,39}$, $t_{37,40}$, $t_{38,41}$, $t_{39,42}$, $t_{39,43}$, $t_{43,44}$, $t_{44,45}$}
actual=t_f , como t_f es la solución, se lleva a explorados y se devuelve el camino

Iteración 48:
F={ }
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{1,4}$, $t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{14,20}$, $t_{15,21}$, $t_{12,18}$, t_{19}, $t_{17,22}$, $t_{17,23}$, t_{25}, t_{24}, $t_{22,26}$, $t_{23,28}$, $t_{23,27}$,$t_{26,29}$, t_{30}, $t_{27,31}$, $t_{27,32}$, $t_{29,33}$, $t_{29,34}$, $t_{31,35}$, $t_{33,36}$, $t_{34,37}$, $t_{35,38}$, $t_{36,39}$, $t_{37,40}$, $t_{38,41}$, $t_{39,42}$, $t_{39,43}$, $t_{43,44}$, $t_{44,45}$, t_f }

La ruta es: $t_0 \rightarrow t_1 \rightarrow t_{1,3} \rightarrow t_{3,6} \rightarrow t_{6,11} \rightarrow t_{11,17} \rightarrow t_{17,22} \rightarrow t_{22,26} \rightarrow t_{26,29} \rightarrow t_{29,33} \rightarrow t_{33,36} \rightarrow t_{36,39} \rightarrow t_{39,43} \rightarrow t_{43,44} \rightarrow t_{44,45} \rightarrow t_f$

Búsqueda en profundidad:

Iteración 0:
F={t_0}
E={}
actual= t_0, no es la solución, se lleva a explorados(E) y en Frontera se añaden los hijos del nodo actual.

Iteración 1:
F={t_1, t_2 }
E={t_0}
actual=t_1, como no es la solución, se lleva a explorados y se introducen los hijos al principio de la pila, en nuestro caso al principio de Frontera (F).

Iteración 2:
F={$t_{1,3}$, $t_{1,4}$, t_2}

E={t_0, t_1}
actual=$t_{1,3}$, como no es la solución, se lleva a explorados, y se introducen sus hijos al inicio de frontera (F).

Iteración 3:
F={$t_{3,5}$, $t_{3,6}$, $t_{1,4}$, t_2}
E={t_0, t_1,$t_{1,3}$,}
actual=$t_{3,5}$, como no es la solución, se lleva a explorados, y se introducen sus hijos al inicio de frontera (F).

Iteración 4:
F={$t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{3,6}$, $t_{1,4}$, t_2}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{3,5}$,}
actual= $t_{5,9}$

Iteración 5:
F={$t_{9,14}$, $t_{9,15}$, $t_{5,9}$, $t_{5,8}$, $t_{3,6}$, $t_{1,4}$, t_2}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{3,5}$, $t_{5,9}$}
actual= $t_{9,14}$

Iteración 6:
F={$t_{14,20}$, $t_{9,15}$, $t_{5,8}$, $t_{3,6}$, $t_{1,4}$, t_2}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{3,5}$, $t_{5,9}$, $t_{9,14}$}
actual= $t_{14,20}$

Iteración 7:
F={t_{25}, $t_{9,15}$, $t_{5,8}$, $t_{3,6}$, $t_{1,4}$, t_2}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{3,5}$, $t_{5,9}$, $t_{9,14}$, $t_{14,20}$}
actual= t_{25}

Iteración 8:
F={$t_{9,15}$, $t_{5,8}$, $t_{3,6}$, $t_{1,4}$, t_2}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{3,5}$, $t_{5,9}$, $t_{9,14}$, $t_{14,20}$, t_{25}}
actual= $t_{9,15}$

Iteración 9:
F={, $t_{15,21}$, $t_{5,8}$, $t_{3,6}$, $t_{1,4}$, t_2}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{3,5}$, $t_{5,9}$, $t_{9,14}$, $t_{14,20}$, t_{25}, $t_{9,15}$,}
actual= $t_{15,21}$

Iteración 10:
F={$t_{5,8}$, $t_{3,6}$, $t_{1,4}$, t_2}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{3,5}$, $t_{5,9}$, $t_{9,14}$, $t_{14,20}$, t_{25}, $t_{9,15}$, $t_{15,21}$}
actual= $t_{5,8}$

Iteración 11:
F={$t_{8,12}$, $t_{8,13}$, $t_{3,6}$, $t_{1,4}$, t_2}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{3,5}$, $t_{5,9}$, $t_{9,14}$, $t_{14,20}$, t_{25}, $t_{9,15}$, $t_{15,21}$, $t_{5,8}$}
actual= $t_{8,12}$

Iteración 12:
F={$t_{12,18}$, $t_{8,13}$, $t_{3,6}$, $t_{1,4}$, t_2}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{3,5}$, $t_{5,9}$, $t_{9,14}$, $t_{14,20}$, t_{25}, $t_{9,15}$, $t_{15,21}$, $t_{5,8}$, $t_{8,12}$}
actual= $t_{12,18}$

Iteración 13:
F={t_{24}, $t_{8,13}$, $t_{3,6}$, $t_{1,4}$, t_2}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{3,5}$, $t_{5,9}$, $t_{9,14}$, $t_{14,20}$, t_{25}, $t_{9,15}$, $t_{15,21}$, $t_{5,8}$, $t_{8,12}$, $t_{12,18}$}
actual= t_{24}

Iteración 14:
F={$t_{8,13}$, $t_{3,6}$, $t_{1,4}$, t_2}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{3,5}$, $t_{5,9}$, $t_{9,14}$, $t_{14,20}$, t_{25}, $t_{9,15}$, $t_{15,21}$, $t_{5,8}$, $t_{8,12}$, $t_{12,18}$, t_{24}}
actual= $t_{8,13}$

Iteración 15:
F={t_{19}, $t_{3,6}$, $t_{1,4}$, t_2}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{3,5}$, $t_{5,9}$, $t_{9,14}$, $t_{14,20}$, t_{25}, $t_{9,15}$, $t_{15,21}$, $t_{5,8}$, $t_{8,12}$, $t_{12,18}$, t_{24}, $t_{8,13}$}
actual= t_{19}

Iteración 16:
F={$t_{3,6}$, $t_{1,4}$, t_2}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{3,5}$, $t_{5,9}$, $t_{9,14}$, $t_{14,20}$, t_{25}, $t_{9,15}$, $t_{15,21}$, $t_{5,8}$, $t_{8,12}$, $t_{12,18}$, t_{24}, $t_{8,13}$, t_{19}}
actual= $t_{3,6}$

Iteración 17:
F={$t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{1,4}$, t_2}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{3,5}$, $t_{5,9}$, $t_{9,14}$, $t_{14,20}$, t_{25}, $t_{9,15}$, $t_{15,21}$, $t_{5,8}$, $t_{8,12}$, $t_{12,18}$, t_{24}, $t_{8,13}$, t_{19}, $t_{3,6}$, }
actual= $t_{6,10}$

Iteración 18:
F={$t_{6,11}$, $t_{1,4}$, t_2}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{3,5}$, $t_{5,9}$, $t_{9,14}$, $t_{14,20}$, t_{25}, $t_{9,15}$, $t_{15,21}$, $t_{5,8}$, $t_{8,12}$, $t_{12,18}$, t_{24}, $t_{8,13}$, t_{19}, $t_{3,6}$, $t_{6,10}$}
actual= $t_{6,11}$

Iteración 19:
F={$t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{1,4}$, t_2}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{3,5}$, $t_{5,9}$, $t_{9,14}$, $t_{14,20}$, t_{25}, $t_{9,15}$, $t_{15,21}$, $t_{5,8}$, $t_{8,12}$, $t_{12,18}$, t_{24}, $t_{8,13}$, t_{19}, $t_{3,6}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$}
actual= $t_{11,16}$

Iteración 20:
F={$t_{11,17}$, $t_{1,4}$, t_2}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{3,5}$, $t_{5,9}$, $t_{9,14}$, $t_{14,20}$, t_{25}, $t_{9,15}$, $t_{15,21}$, $t_{5,8}$, $t_{8,12}$, $t_{12,18}$, t_{24}, $t_{8,13}$, t_{19}, $t_{3,6}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{11,16}$}
actual= $t_{11,17}$

Iteración 21:
F={$t_{17,22}$, $t_{17,23}$, $t_{1,4}$, t_2}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{3,5}$, $t_{5,9}$, $t_{9,14}$, $t_{14,20}$, t_{25}, $t_{9,15}$, $t_{15,21}$, $t_{5,8}$, $t_{8,12}$, $t_{12,18}$, t_{24}, $t_{8,13}$, t_{19}, $t_{3,6}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$}
actual= $t_{17,22}$

Iteración 22:
F={$t_{22,26}$, $t_{17,23}$, $t_{1,4}$, t_2}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{3,5}$, $t_{5,9}$, $t_{9,14}$, $t_{14,20}$, t_{25}, $t_{9,15}$, $t_{15,21}$, $t_{5,8}$, $t_{8,12}$, $t_{12,18}$, t_{24}, $t_{8,13}$, t_{19}, $t_{3,6}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{17,22}$}
actual= $t_{22,26}$

Iteración 23:
F={$t_{26,29}$, t_{30}, $t_{17,23}$, $t_{1,4}$, t_2}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{3,5}$, $t_{5,9}$, $t_{9,14}$, $t_{14,20}$, t_{25}, $t_{9,15}$, $t_{15,21}$, $t_{5,8}$, $t_{8,12}$, $t_{12,18}$, t_{24}, $t_{8,13}$, t_{19}, $t_{3,6}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{17,22}$, $t_{22,26}$}
actual= $t_{26,29}$

Iteración 24:
F={$t_{29,33}$, $t_{29,34}$, t_{30}, $t_{17,23}$, $t_{1,4}$, t_2}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{3,5}$, $t_{5,9}$, $t_{9,14}$, $t_{14,20}$, t_{25}, $t_{9,15}$, $t_{15,21}$, $t_{5,8}$, $t_{8,12}$, $t_{12,18}$, t_{24}, $t_{8,13}$, t_{19}, $t_{3,6}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{17,22}$, $t_{22,26}$, $t_{26,29}$}
actual= $t_{29,33}$

Iteración 25:
F={$t_{33,36}$, $t_{29,34}$, t_{30}, $t_{17,23}$, $t_{1,4}$, t_2}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{3,5}$, $t_{5,9}$, $t_{9,14}$, $t_{14,20}$, t_{25}, $t_{9,15}$, $t_{15,21}$, $t_{5,8}$, $t_{8,12}$, $t_{12,18}$, t_{24}, $t_{8,13}$, t_{19}, $t_{3,6}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{17,22}$, $t_{22,26}$, $t_{26,29}$, $t_{29,33}$}
actual= $t_{33,36}$

Iteración 26:
F={$t_{36,39}$, $t_{29,34}$, t_{30}, $t_{17,23}$, $t_{1,4}$, t_2}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{3,5}$, $t_{5,9}$, $t_{9,14}$, $t_{14,20}$, t_{25}, $t_{9,15}$, $t_{15,21}$, $t_{5,8}$, $t_{8,12}$, $t_{12,18}$, t_{24}, $t_{8,13}$, t_{19}, $t_{3,6}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{17,22}$, $t_{22,26}$, $t_{26,29}$, $t_{29,33}$, $t_{33,36}$}
actual=$t_{36,39}$

Iteración 27:
F={$t_{39,42}$, $t_{39,43}$, $t_{29,34}$, t_{30}, $t_{17,23}$, $t_{1,4}$, t_2}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{3,5}$, $t_{5,9}$, $t_{9,14}$, $t_{14,20}$, t_{25}, $t_{9,15}$, $t_{15,21}$, $t_{5,8}$, $t_{8,12}$, $t_{12,18}$, t_{24}, $t_{8,13}$, t_{19}, $t_{3,6}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{17,22}$, $t_{22,26}$, $t_{26,29}$, $t_{29,33}$, $t_{33,36}$, $t_{36,39}$}

actual= $t_{39,42}$

Iteración 28:
F={$t_{39,43}$, $t_{29,34}$, t_{30}, $t_{17,23}$, $t_{1,4}$, t_2}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{3,5}$, $t_{5,9}$, $t_{9,14}$, $t_{14,20}$, t_{25}, $t_{9,15}$, $t_{15,21}$, $t_{5,8}$, $t_{8,12}$, $t_{12,18}$, t_{24}, $t_{8,13}$, t_{19}, $t_{3,6}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{17,22}$, $t_{22,26}$, $t_{26,29}$, $t_{29,33}$, $t_{33,36}$, $t_{36,39}$, $t_{39,42}$}
actual= $t_{39,43}$

Iteración 29:
F={ $t_{43,44}$, $t_{29,34}$, t_{30}, $t_{17,23}$, $t_{1,4}$, t_2}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{3,5}$, $t_{5,9}$, $t_{9,14}$, $t_{14,20}$, t_{25}, $t_{9,15}$, $t_{15,21}$, $t_{5,8}$, $t_{8,12}$, $t_{12,18}$, t_{24}, $t_{8,13}$, t_{19}, $t_{3,6}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{17,22}$, $t_{22,26}$, $t_{26,29}$, $t_{29,33}$, $t_{33,36}$, $t_{36,39}$, $t_{39,42}$, $t_{39,43}$}
actual=$t_{43,44}$

Iteración 30:
F={$t_{44,45}$, $t_{29,34}$, t_{30}, $t_{17,23}$, $t_{1,4}$, t_2}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{3,5}$, $t_{5,9}$, $t_{9,14}$, $t_{14,20}$, t_{25}, $t_{9,15}$, $t_{15,21}$, $t_{5,8}$, $t_{8,12}$, $t_{12,18}$, t_{24}, $t_{8,13}$, t_{19}, $t_{3,6}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{17,22}$, $t_{22,26}$, $t_{26,29}$, $t_{29,33}$, $t_{33,36}$, $t_{36,39}$, $t_{39,42}$, $t_{39,43}$, $t_{43,44}$}
actual= $t_{44,45}$

Iteración 31:
F={t_f , $t_{29,34}$, t_{30}, $t_{17,23}$, $t_{1,4}$, t_2}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{3,5}$, $t_{5,9}$, $t_{9,14}$, $t_{14,20}$, t_{25}, $t_{9,15}$, $t_{15,21}$, $t_{5,8}$, $t_{8,12}$, $t_{12,18}$, t_{24}, $t_{8,13}$, t_{19}, $t_{3,6}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{17,22}$, $t_{22,26}$, $t_{26,29}$, $t_{29,33}$, $t_{33,36}$, $t_{36,39}$, $t_{39,42}$, $t_{39,43}$, $t_{43,44}$, $t_{44,45}$}
actual= t_f , como hemos encontrado el nodo solución se lleva a explorado y se devuelve la ruta para encontrarlo

Iteración 32:
F={$t_{29,34}$, t_{30}, $t_{17,23}$, $t_{1,4}$, t_2}
E={t_0, t_1, t_2, $t_{1,3}$, $t_{3,5}$, $t_{5,9}$, $t_{9,14}$, $t_{14,20}$, t_{25}, $t_{9,15}$, $t_{15,21}$, $t_{5,8}$, $t_{8,12}$, $t_{12,18}$, t_{24}, $t_{8,13}$, t_{19}, $t_{3,6}$, $t_{6,10}$, $t_{6,11}$, $t_{11,16}$, $t_{11,17}$, $t_{17,22}$, $t_{22,26}$, $t_{26,29}$, $t_{29,33}$, $t_{33,36}$, $t_{36,39}$, $t_{39,42}$, $t_{39,43}$, $t_{43,44}$, $t_{44,45}$, t_f }

la ruta es: $t_0 \rightarrow t_1 \rightarrow t_{1,3} \rightarrow t_{3,6} \rightarrow t_{6,11} \rightarrow t_{11,17} \rightarrow t_{17,22} \rightarrow t_{22,26} \rightarrow t_{26,29} \rightarrow t_{29,33} \rightarrow t_{33,36} \rightarrow t_{36,39} \rightarrow t_{39,43} \rightarrow t_{43,44} \rightarrow t_{44,45} \rightarrow t_f$

El resto de técnicas, como la búsqueda con retroceso, la búsqueda con profundidad limitada, y búsqueda iterativa, tiene una secuencia muy parecida a la búsqueda en profundidad.
Tal vez algo diferente sería la búsqueda bidireccional, pero se aplica por ejemplo búsqueda en profundidad para el nodo inicial, y desde el nodo solución se aplica la búsqueda en amplitud.

4. Resuelva el problema del puzzle a 8 con los diferentes métodos de búsqueda. Para las búsquedas primero el mejor y A* utilice como heurística la suma de la distancia de manhattan de cada ficha hasta su posición objetivo.
   Ya que la realización a mano de los diferentes algoritmos de búsqueda a ciegas sobre este problema serían muy costosos e ineficientes, se procederá a realizar la solución del problema solo por los métodos de Primero el mejor y A*.
   ESTADO INICIAL:

	5	2
1	8	3
4	7	6

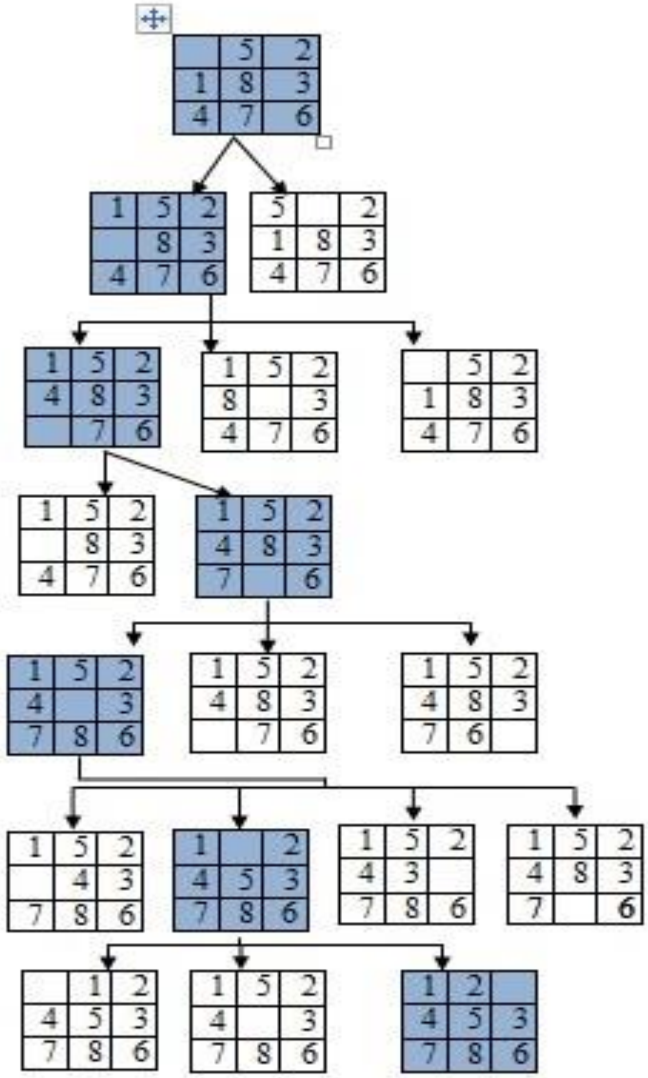
   ESTADO FINAL:

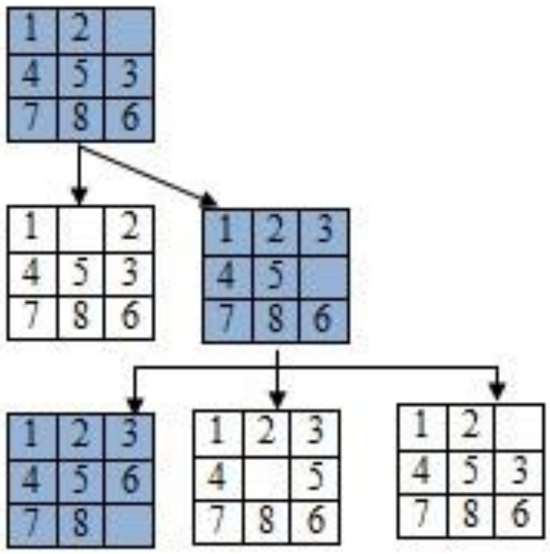
1	2	3
4	5	6
7	8	

ALGORITMO PRIMERO EL MEJOR.

En cada iteración, vamos escogiendo el estado con menor heurística hasta llegar al nodo objetivo. Los nodos los vamos a representar como la figura de cómo se encontraría el puzzle en ese momento.

A continuación pasamos a representar el problema desde su estado inicial, paso a paso, hasta que lleguemos al estado final representado anteriormente.





Resultado final

5. Consideremos un árbol finito de profundidad d con un factor de ramificación b (un sólo nodo raíz, con profundidad 0, y b sucesores por cada nodo, etc.). Supongamos que el nodo objetivo menos profundo se encuentra a una profundidad g ≤ d.
   a) ¿Cuál es el número mínimo de nodos generados por la búsqueda primero en profundidad con una profundidad límite d. ¿Y el máximo?

Profundidad(d)	Nodos Mínimos	Nodos Máximo
d=0	1	1
d=1	b+1	1+b
d=2	b+b+1=2b+1	$1+b+b^2$
d=3	b+b+b+1=3b+1	$1+b+b^2+b^3$
...	...	...
d=g	bg+1	Σb^i

b) ¿Cuál es el número mínimo de nodos generados por la búsqueda primero en anchura? ¿Y el máximo?

Profundidad(d)	Nodos Mínimos	Nodos Máximo
d=0	1	1
d=1	1+b	1+b
d=2	$1+b+b^2$	$1+b+b^2$
d=3	$1+b+b^2+b^3$	$1+b+b^2+b^3$
...	...	...
d=g	Σb^i	$b+\Sigma b^i$

c) ¿Cuál es el número mínimo de nodos generados por el descenso iterativo?. ¿Y el máximo? (Considérese que comenzamos con una profundidad límite inicial de 1 y la vamos incrementando una unidad cada iteración).

Profundidad(d)	Nodos
d=g	g
d=g	bg
d=g-1	$b^2(g-1)$
d=g-2	$b^3(g-2)$
...	...
d=g(g-2)	$b^{g-1}(g-(g-2))$

La cantidad de nodos es $n=g\ \Sigma b^i(g-(i-1))$ Tanto para el máximo como el mínimo

6. Supongamos que mediante la búsqueda primero en anchura se pueden generar 10000 nodos por segundo y que para almacenar cada nodo son necesarios 100 bytes. Con estos datos ¿cuáles son los requisitos de tiempo y memoria para una búsqueda aplicada a un árbol de búsqueda de profundidad d y un factor de ramificación de 5? Muestre los resultados del análisis en una tabla.
Si 10000 nodos tardan 1 segundo, entonces 1 nodo tardan x segundos x=1/10000 s= 10^{-4}s
En la siguiente tabla se mostraran los nodos, el tiempo y espacio que se necesitan:

Profundidad(d)	Nodos	Tiempo	Espacio
d=0	1	10^{-4}s	100 Bytes
d=1	1+5 = 6	$6*10^{-4}$s	600 Bytes
d=2	$1+5+5^2=31$	$31*10^{-4}$s	3100 Bytes
d=3	$1+5+5^2+5^3=156$	$156*10^{-4}$s	15600 Bytes
...	...	...	...
d=g	$\sum 5^i$	$(\sum 5^i)*10^{-4}$s	$(\sum 5^i)$*100 Bytes

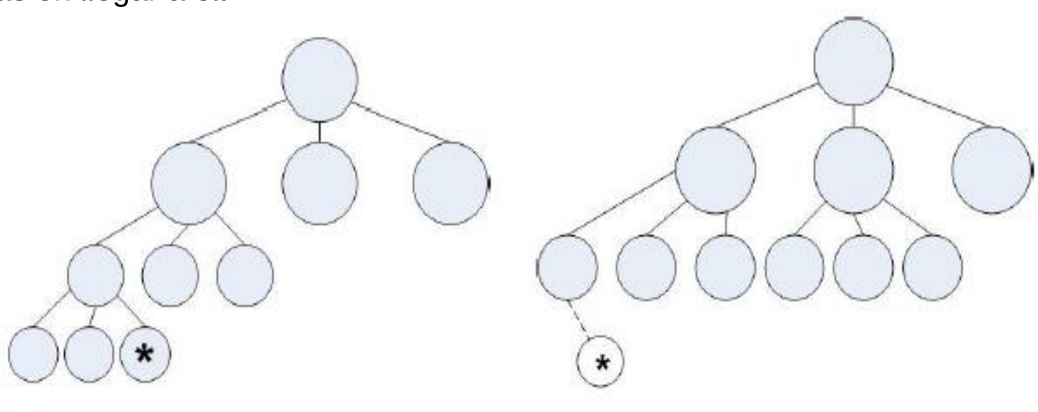
7. Razona situaciones, y dibuja los espacios de búsqueda asociados (árboles o grafos con nodos iniciales y finales y camino encontrado a la solución), en los que:

   a) La búsqueda en profundidad encuentre la solución antes que la búsqueda en anchura.

La búsqueda en profundidad encontrará la solución antes que en anchura si el nodo destino se encuentra a alta profundidad y en una de las primeras ramas que examinemos

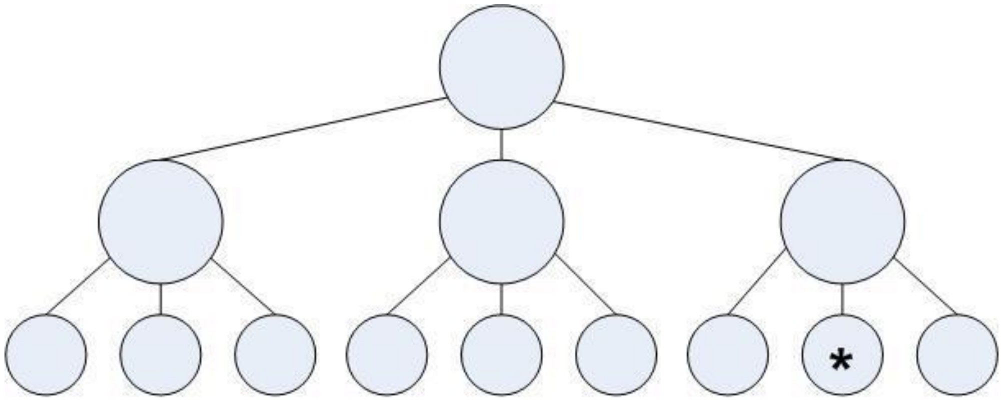
En ambos casos se han realizado las mismas iteraciones, mientras que en la izquierda ya se ha conseguido llegar al nodo solución, en la derecha no lo ha conseguido (necesitaría dos iteraciones más).

Búsqueda en anchura va creando todos los hijos de los nodos que están a un mismo nivel, entonces si la solución se encuentra a una profundidad alta, tardará más en llegar a él.

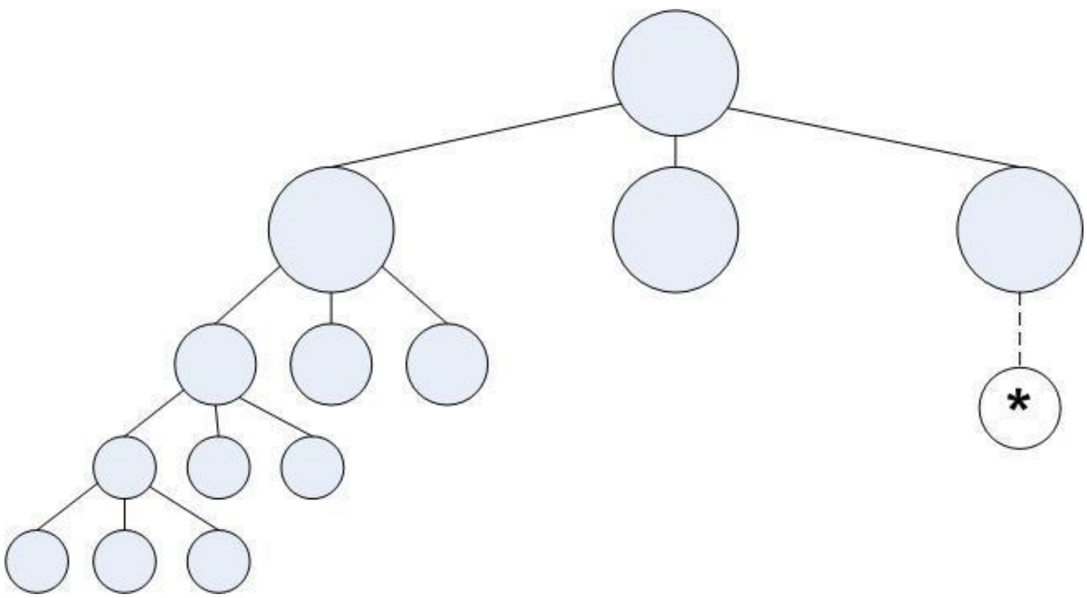


Búsqueda en profundidad Búsqueda en anchura

b) La búsqueda en anchura encuentre la solución antes que la búsqueda en profundidad.
Si el nodo solución se encuentra a baja profundidad y en una de las últimas ramas que exploraríamos con profundidad.



Búsqueda en anchura



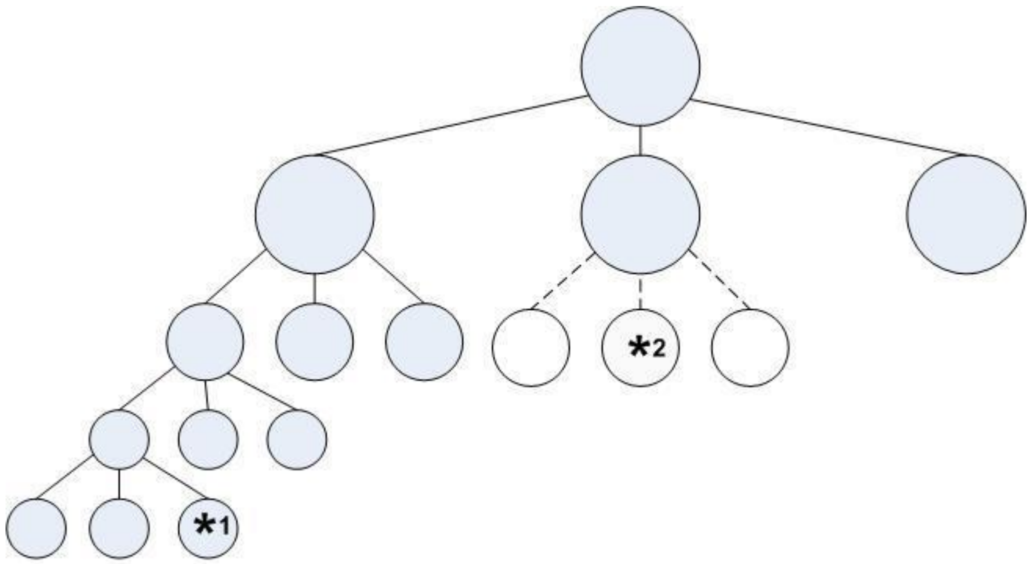
Búsqueda en profundidad

En ambos dibujos se han realizado las mismas iteraciones, mientras que en búsqueda en anchura ya hemos conseguido encontrar el nodo solución, en profundidad no.

Esto se debe a que profundidad busca hasta abajo en una rama y luego pasa a otra. Si la solución se encuentra en una de las últimas ramas que explora, tardará más.

c) La búsqueda en profundidad no encuentre la solución óptima.

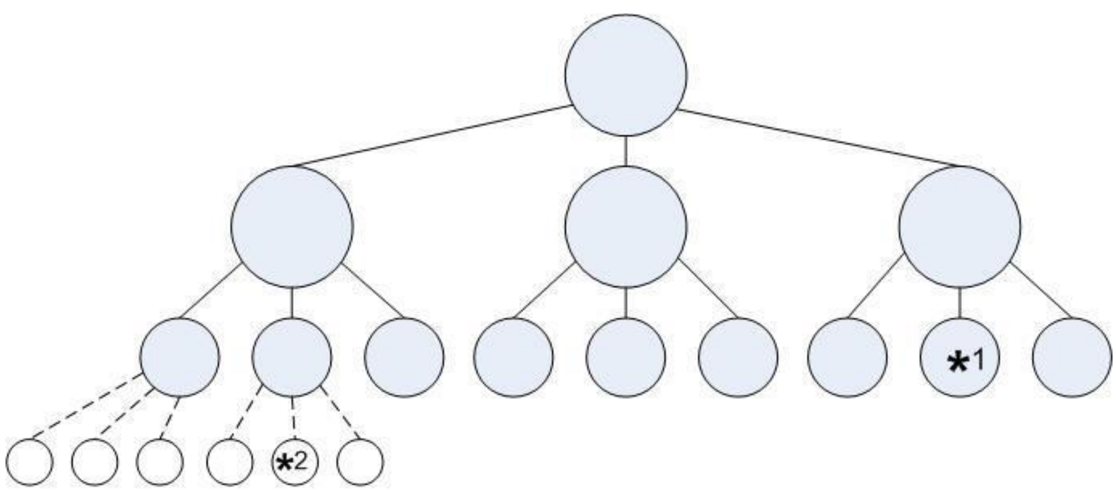
Si hay varios nodos destino, puede ser que la primera rama que examinemos en la que se encuentre un nodo solución, éste no sea el menos profundo. Es decir, si examinamos antes una rama con un nodo solución más profundo que la rama que tiene el nodo solución menos profundo.



Como se puede ver, tenemos dos nodos solución. La búsqueda en profundidad podría comenzar examinando las ramas de la izquierda, encontrando el nodo *1, mientras que la solución óptima sería *2.

d) La búsqueda en anchura no encuentre la solución óptima.

La búsqueda en anchura siempre encuentra la solución óptima, pues va avanzando conforme a distancia (primero explora todos los caminos de distancia 1, luego todos los de distancia 2,…, no puede encontrar un camino de distancia 4 y que haya uno de 2 porque ya los había explorado antes).



Como el método de búsqueda en anchura va creando los hijos de todos los nodos de una misma profundidad, siempre encontrará el nodo *1 antes que el *2.

e) Búsqueda en profundidad sea mejor que Primero el mejor.

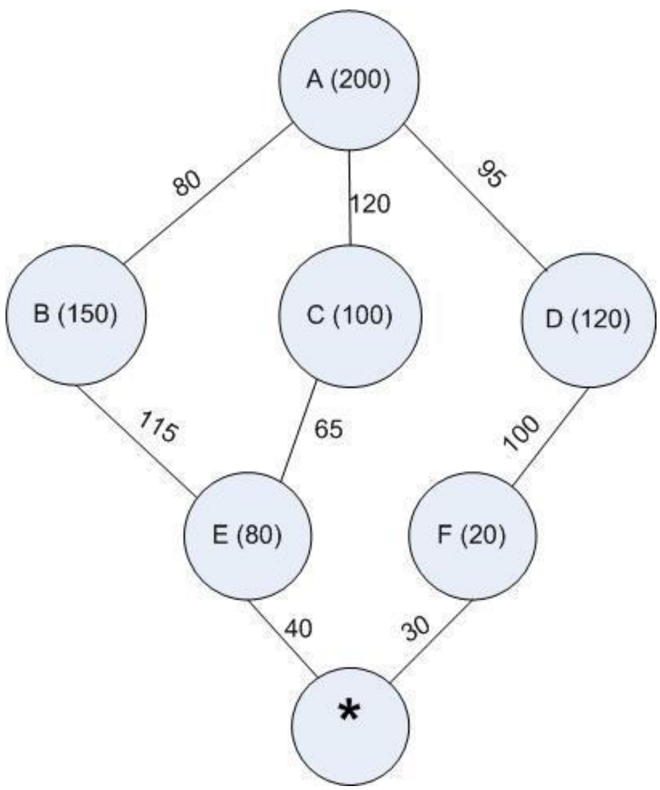
Si la heurística que tenemos es mala, el método de búsqueda Primero el mejor no garantiza que funcione bien, por lo que el método en profundidad puede ser mejor.

f) Búsqueda en anchura sea mejor que A*.

Al igual que antes, si no tenemos una buena heurística, el método A* no funciona como debiera, así que la búsqueda en anchura podría ser mejor.

g) A* no encuentre la solución óptima.

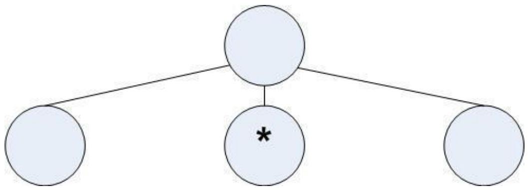
A* podrá no encontrar la solución óptima si tenemos una mala heurística, si la heurística es pesimista, es decir, que el valor de la heurística es mayor que el de la distancia real entre el nodo actual y el objetivo.



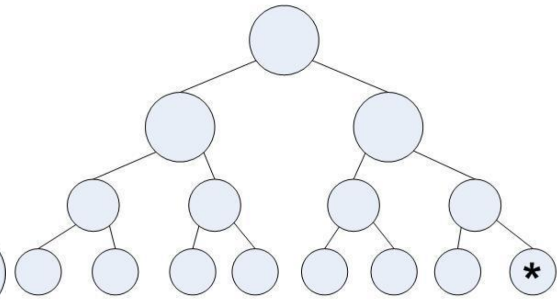
En este caso, por ejemplo (en el que en el camino se encuentra la distancia real, y dentro del nodo la heurística), podemos ver que la heurística del nodo E sería pesimista, pues es mayor que la distancia real que existe entre él y el objetivo, por lo que no podríamos asegurar que el método A* con esta heurística encontrase el camino óptimo.

h) La búsqueda en profundidad y la búsqueda en anchura tengan un funcionamiento equivalente.

Si el nodo objetivo se encuentra a profundidad 1, o si estuviese en el peor de los casos (última rama examinada en ambos casos).



Nodo solución en profundidad 1



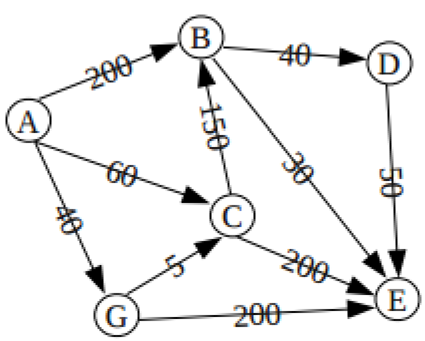
Nodo solución en peor de los casos

i) La búsqueda de profundidad iterativa sea peor que la búsqueda en profundidad.

Si solo hay un nodo objetivo, siempre que no haya ramas infinitas, pues el funcionamiento es el mismo, exceptuando que en la iterativa se establece un límite de profundidad que se va incrementando poco a poco. Si no hay ramas infinitas, será igual que la búsqueda en profundidad pero con un gran gasto en tiempo añadido (todas las iteraciones en las que la profundidad límite es menor a la profundidad en la que se encuentra el nodo objetivo).

Si hay varios nodos solución, aunque tarde más, la búsqueda en profundidad iterativa siempre va a encontrar entre ellos la solución óptima.

8. Dado el grafo de la figura, determinar el mejor camino para ir del nodo A al E mediante la utilización del algoritmo A*:



Nodo	*Distancia Heurística a E*
A	150
B	30
C	70
D	50
G	50
E	0

La notación que aparece para los nodos es: (nodo, mejor padre, distancia recorrida, heurística, suma de ambos)

<u>Iteración 0:</u>

Iteración 0: Frontera: {(A,-,0, 150,150)}

Explorados: { }

<u>Iteración 1:</u>

Frontera: {(G,A,40,50,90), (C,A,60,70,130), (B,A,200,30,230)}

Explorados: {(A,-,0, 150,150)}

<u>Iteración 2:</u>

Frontera: {(C,G,45,70,115), (B,A,200,30,230), (E,G,240,0,240)}

Explorados: {(A,-,0, 150,150), (G,A, 40,50,90)}

<u>Iteración 3</u>:

Frontera: {(B,C, 195,30,225), (E,G,240,0,240) }

Explorados: {(A,-,0,150,150), (G,A,40,50,90), (C,G,45,70,115)}

<u>Iteración 4:</u>

Frontera: {(E,B, 225,0,225), (D,B,235,50,285)}

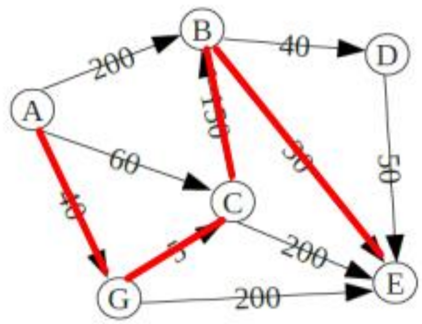
Explorados: {(A,-,0,150,150), (G,A,40,50,90), (C,G,45,70,115), (B,C,195,30,225) }

<u>Iteración 5:</u>

Frontera={(D,B,235,50,285)}

Explorados={(A,-,0,150,150), (G,A,40,50,90), (C,G,45,70,115), (B,C,195,30,225), (E,B,225,0,225)}

El camino será A-G-C-B-E



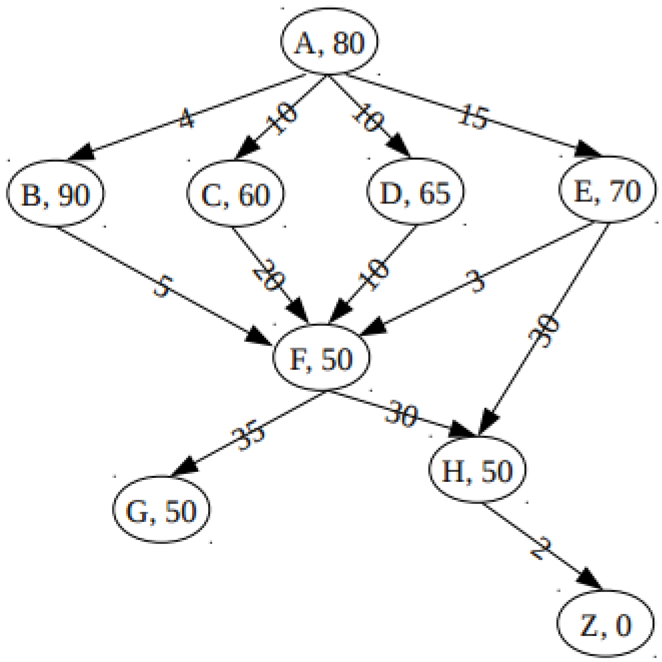
9. Sea el siguiente grafo, en el que los arcos tienen un coste y los nodos una estimación heurística de). su distancia al nodo Z (Z es el nodo objetivo y A es el nodo inicial).
   a) Sin ningún conocimiento a priori (sin conocer la estructura del grafo, sus pesos…) ¿qué podrías hacer para asegurarte de que A* encuentra el camino mínimo hasta el nodo solución?

      La búsqueda tiene que ser optimista.

   b) Observando el grafo, pero sin aplicar A*¿puedes asegurar si este método encontrará o no el camino mínimo entre A y Z?

      No, se puede asegurar porque la heurística no es optimista.

   c) Aplica el algoritmo A*. Dibuja en cada etapa del algoritmo el subgrafo parcial creado y la situación de las listas ABIERTA Y CERRADA.



<u>Iteración 0:</u>

{(nodo, g, h, g+h, mejor peso){

Frontera= {A, 0,80, 80,- }
Explorados= {0}

En la iteración 0 se coge el nodo de inicio A y se calcula su heurística, y se sigue el algoritmo de los puntos que están en Frontera. Se escoge el que tenga menor g(x)+h(x)=f(x)
¿Es A la solución?
No, entonces se pasa a explorados y sumas lo lejos de A y se ponen en Frontera.

<u>Iteración 1:</u>

Frontera={ (B,4,90,94,A), (C,10,60,70,A), (D,10,65,75,A),(E,15,70,85,A) }
Explorados= {(A,0,80,80,-)}
Se busca el menor (g+h) en este caso es C, se saca de Frontera y se pone en explorados, no es la solución se busca los de C.

<u>Iteración 2:</u>

Frontera={ (B,4,90,94,A), (D,10,65,75,A), (E,15,70,85,A),(F,30,50,80,C) }
Explorados= {(A,0,80,80,-),(C,10,60,70,A)}
El nodo D tiene el menor g+h, que saca de los puntos frontera, se lleva a explorados, como no es la solución se busca más hijos.

<u>Iteración 3</u>:

20 70 D

Frontera={ (B,4,90,94,A), (E,15,70,85,A), (F,30,50,80,C) }
Explorados= {(A,0,80,80,-),(C,10,60,70,A), (D,10,65,75,A), }
El nodo F se busca de los puntos frontera g+h en explorados.

<u>Iteración 4</u>:

Frontera={ (B,4,90,94,A),(E,15,70,85,A),(G,55,50,105,F),(H,50,50,100,F) }
Explorados= {(A,0,80,80,-),(C,10,60,70,A),(D,10,65,75,A),(F,20,50,70,D)}

<u>Iteración 5</u>:

53 103 45 95 E

Frontera={ (B,4,90,94,A),(G,55,50,105,F),(H,50,50,100,F) } 18 68 E
Explorados= {(A,0,80,80,-),(C,10,60,70,A),(D,10,65,75,A),(F,20,50,70,D),(E,15,70,85,A)}

<u>Iteración 6</u>:

14 94 39 89 F

Frontera={ (G,53,50,103,F),(H,50,50,100,E) } 9 59 B
Explorados={(A,0,80,80),(C,10,60,70,A),(D,10,65,75,A),(F,18,50,68,E),(E,15,70,85,A), (B,4,90,94,A)}

<u>Iteración 7</u>:

Frontera= {(G, 44, 50,94 ,F) (7,41,0,41,H)}
Explorados=={(A,0,80,80),(C,10,60,70,A),(D,10,65,75,A),(F,9,50,59,B),(E,15,70,85,A), (H,39,50,89,F),(B,4,40,94,A)}

<u>Iteración 8:</u>

Frontera= {(G,44 ,50,94,F) }
Explorados=={(A,0,80,80),(C,10,60,70,A),(D,10,65,75,A),(F,9,50,59,B),(E,15,70,85,A), (H,39,50,89,F),(B,4,40,94,A),(Z,41,0,41,H)}

Ya tenemos la solución ahora se trata de ir cogiendo, 7 y buscando el mejor padre.
(Z,41,0,41,H),(H,39,50,89,F),(F,9,50,59,B),(B,4,90,94,A),(A,0,80,80,-)

Solución: A→B→F→H→Z

10. Responde justificadamente a estas dos cuestiones:
   a) ¿Por qué la complejidad temporal de todas las búsquedas ciegas, exceptuando la búsqueda bidireccional, es la misma?

      Porque, en el peor de los casos, habrá que recorrer todos los nodos del grafo, por lo que ambos tardarían lo mismo.

   b) ¿Por qué la complejidad espacial de la búsqueda en profundidad es menor que la de la búsqueda en anchura?

      Porque, en el peor de los casos, en la búsqueda en anchura tendremos almacenados en memoria todos los nodos, mientras que en profundidad, cuando exploramos una rama, llegamos al final de la misma y no hemos encontrado ahí la solución, podemos ir borrando de memoria nodos innecesarios

3. Respuestas tipo test

Pregunta:	**1**		**2**		**3**		**4**		**5**		**6**		**7**		**8**		**9**		**10**	
Respuestas	a		a		a		**a**	**X**	Verdadero		**Verdadero**	**X**	a		**Verdadero**	**X**	**a**	**X**	a	
	b	**X**	b		b		b		**Falso**	**X**	Falso		**b**	**X**	Falso		b		**b**	**X**
	c		c		**c**	**X**	c						c				c		c	
	d		**d**	**X**	d		d						d				d		d	