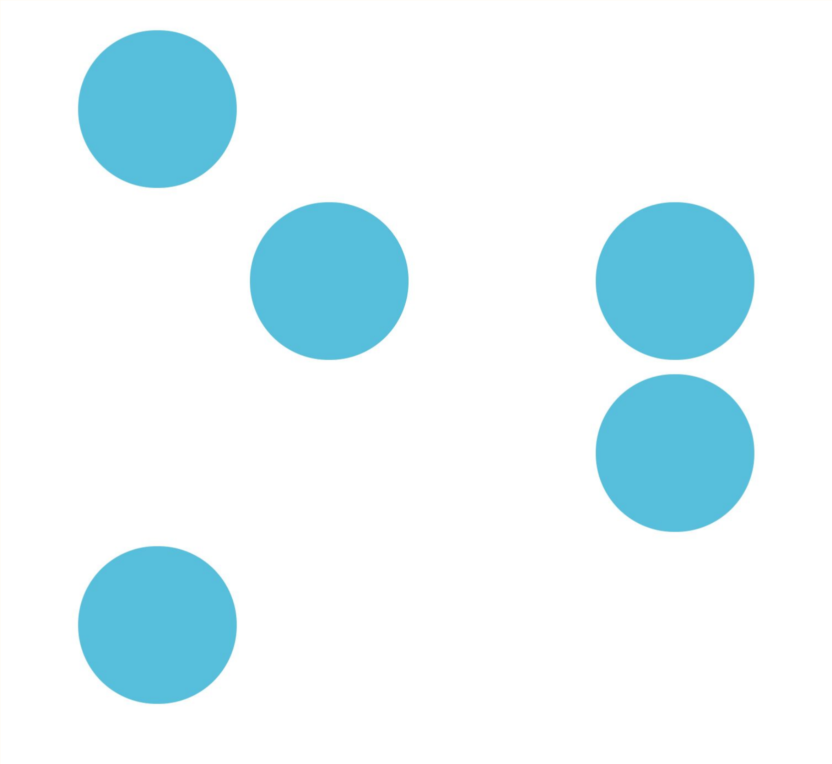
Sistemas de Inteligencia Artificial
Grupo 12

Integrantes:

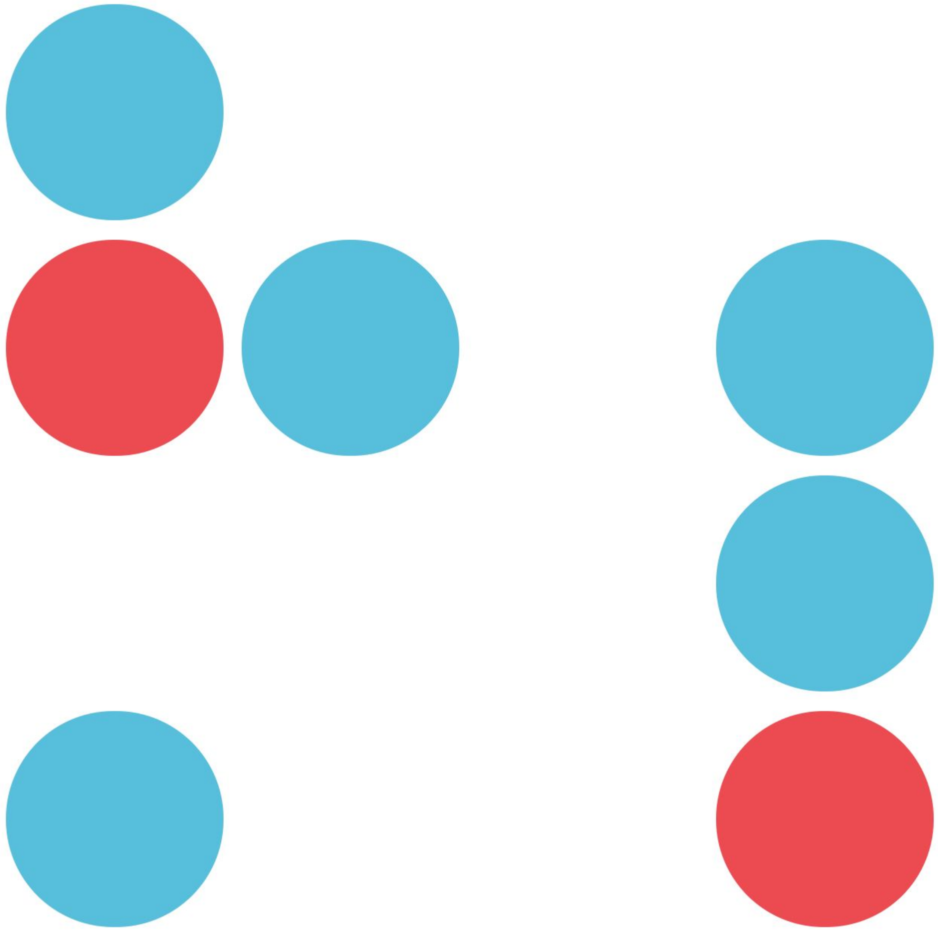
- Balaguer, Pedro 55795
- Izaguirre, Agustín 57774
- Li Puma, Juan 55824

0h n0

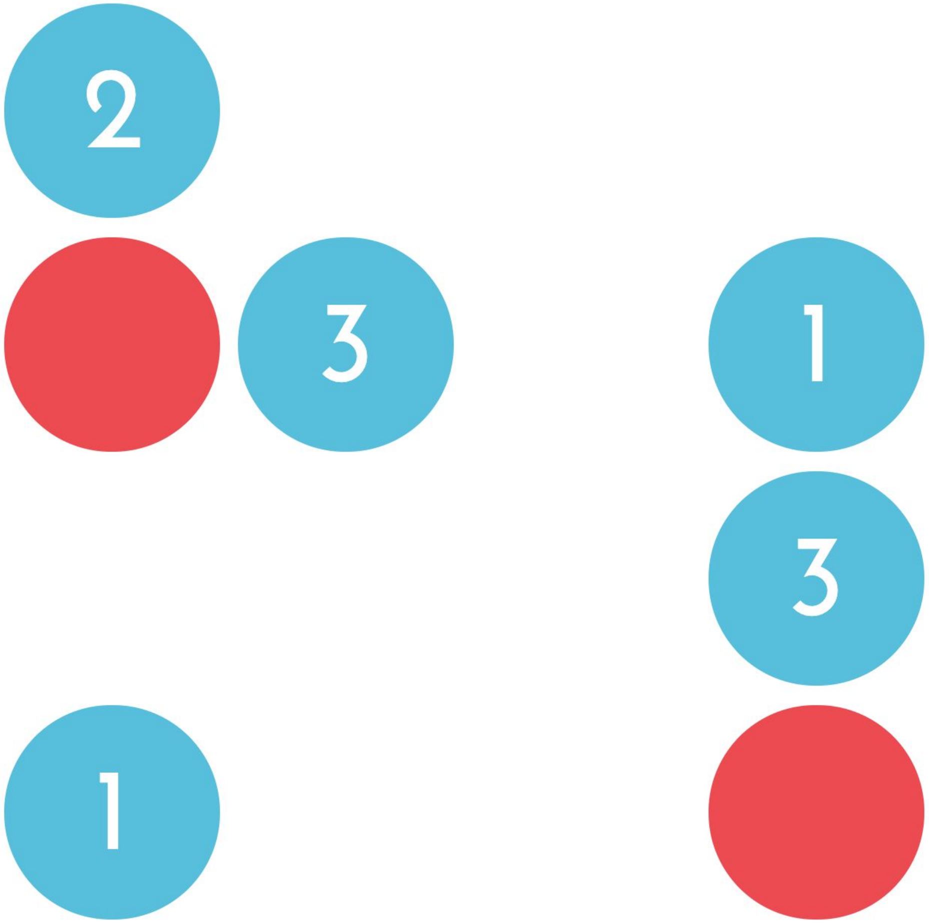
Los puntos azules pueden verse en la misma fila o columna.



Los puntos rojos bloquean su vista.

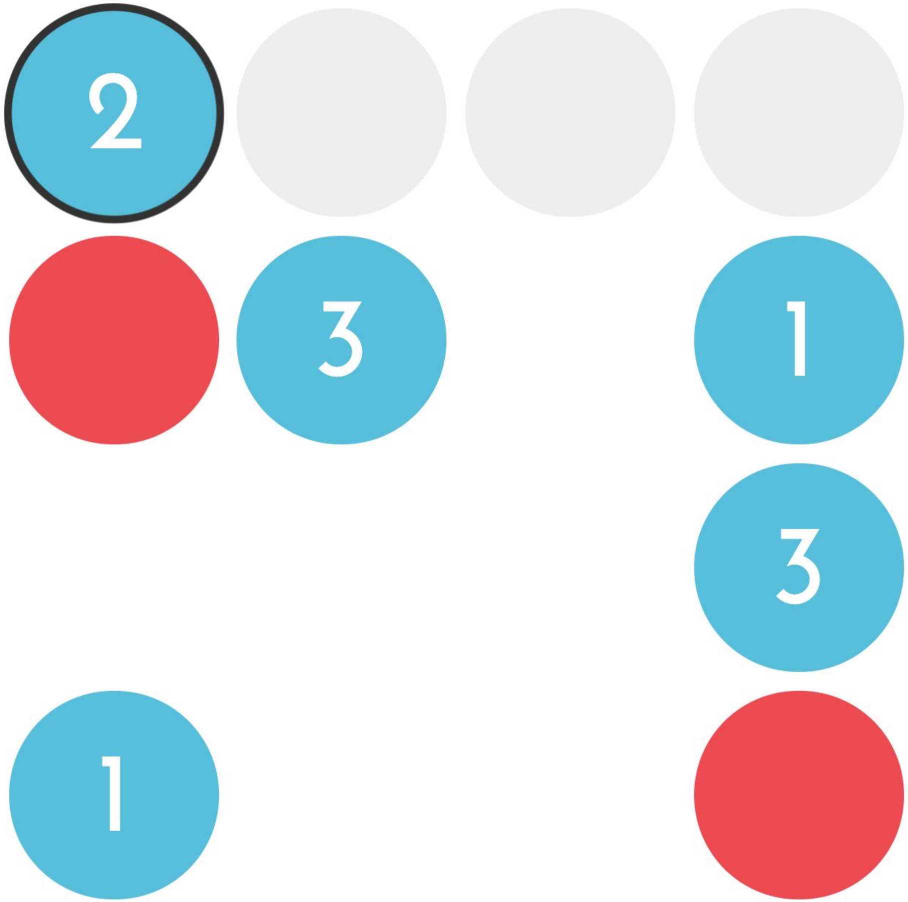


Los números indican cuántos puntos azules deben ver.

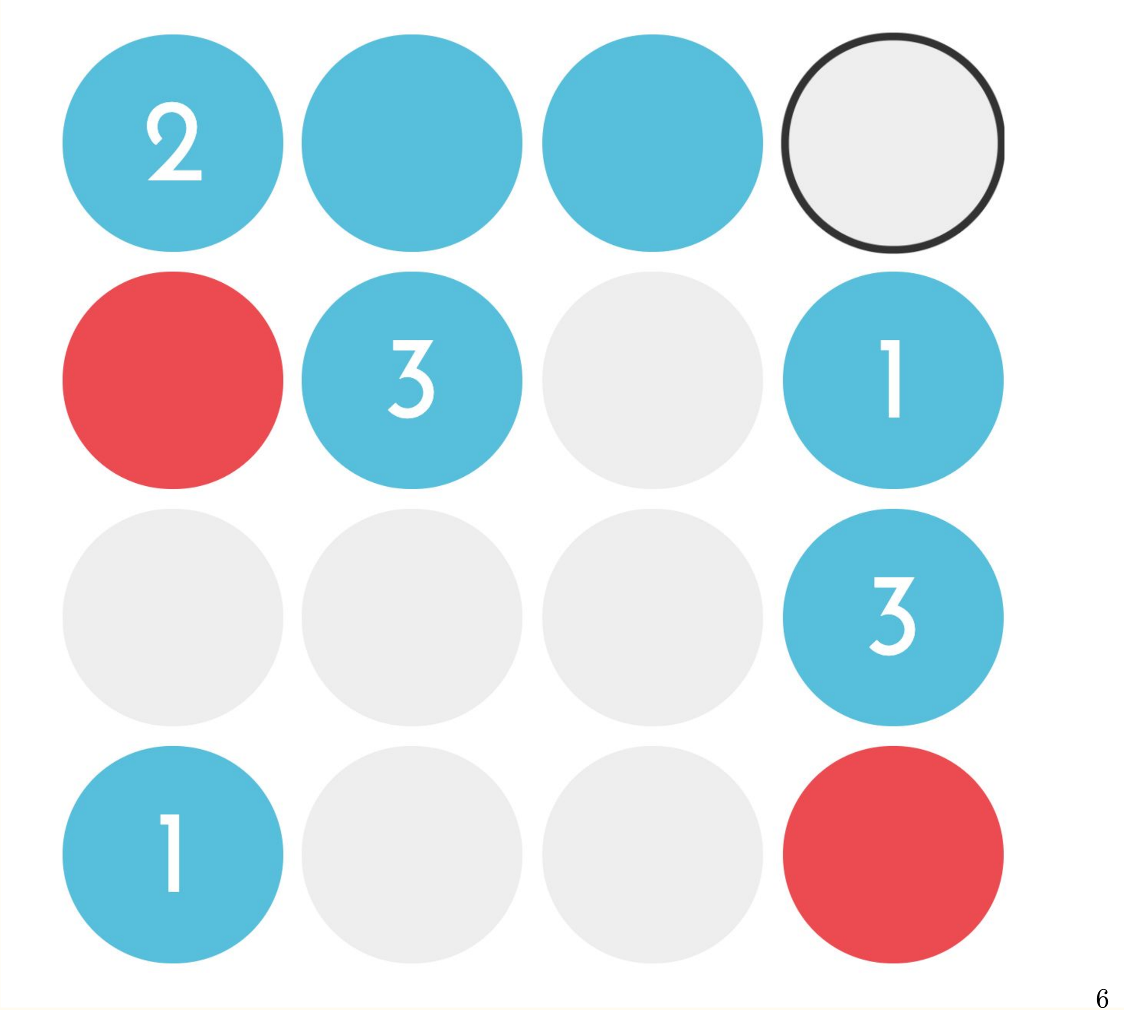


Este 2 indica que debe ver dos azules.

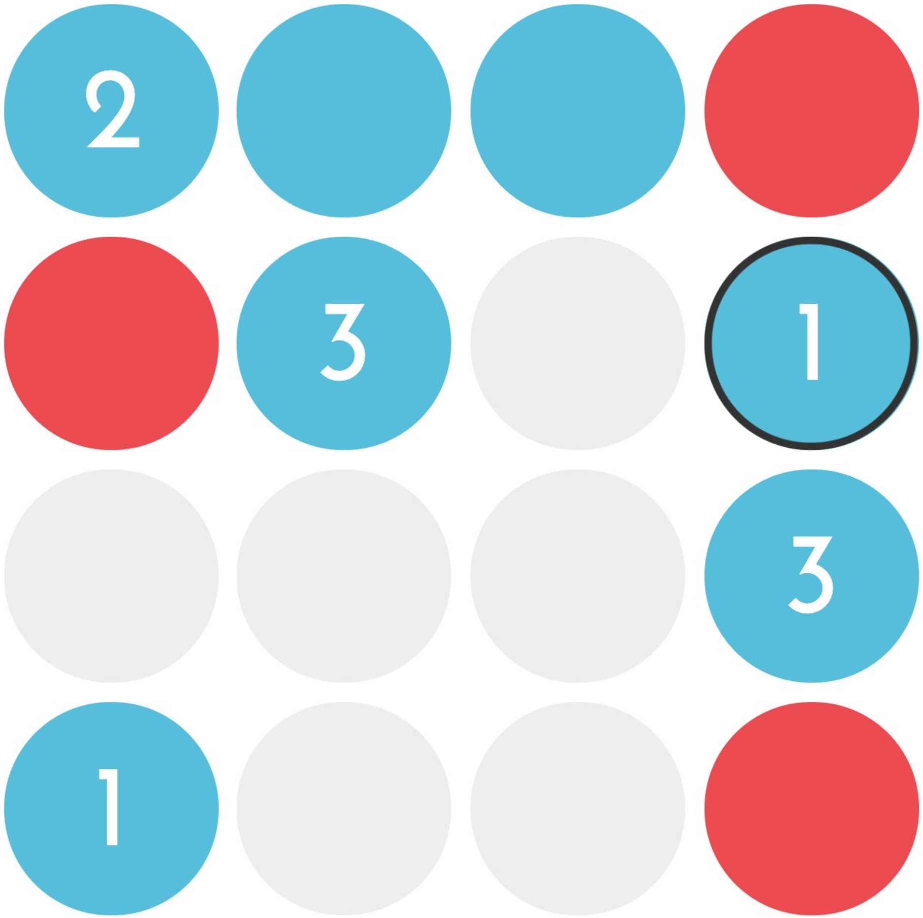
Por lo tanto los 2 azules
deben estar a su derecha, ya que la otra dirección posible esta bloqueada por un punto rojo.



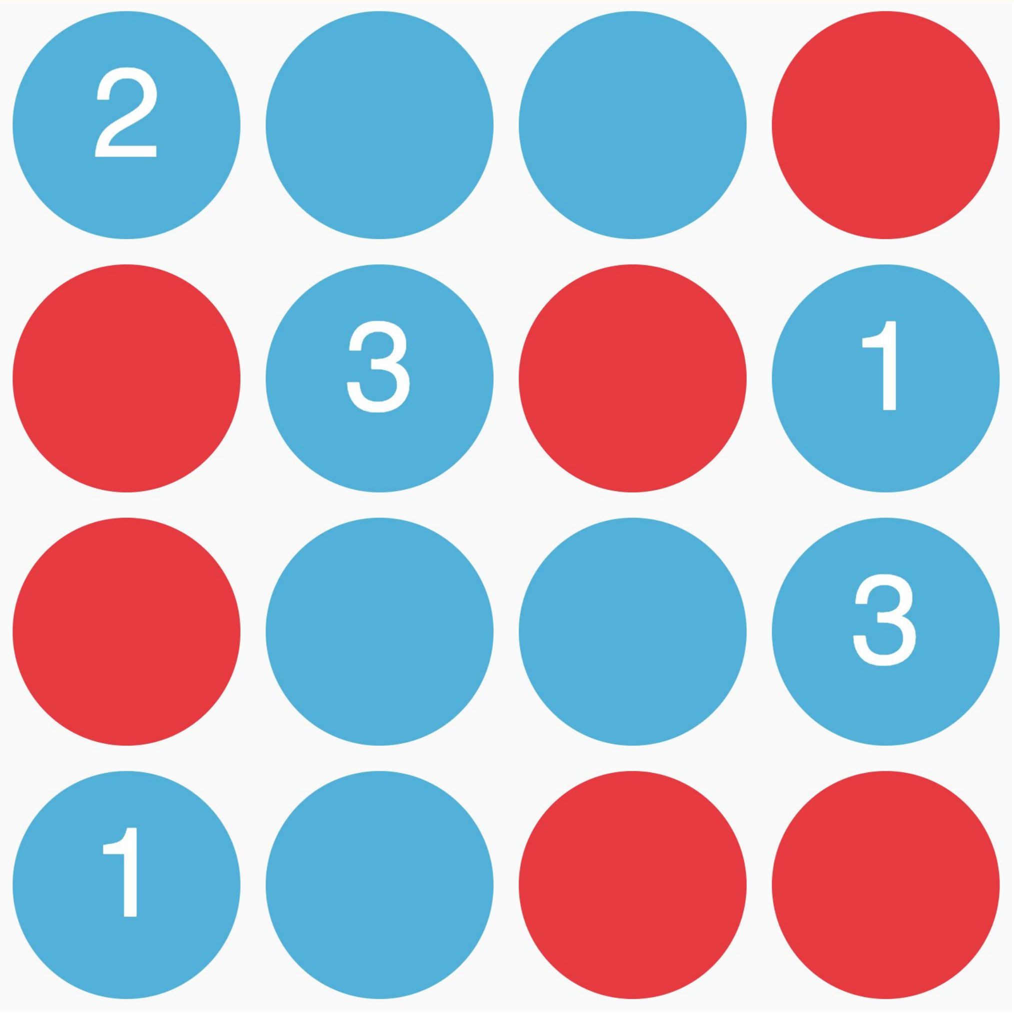
Ahora hay que cerrar el camino y colocar un rojo en esta posición.



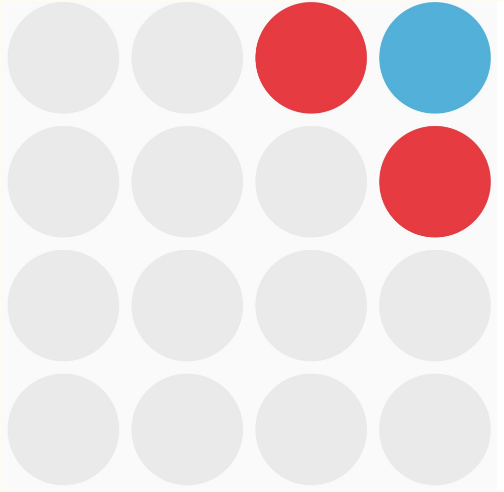
Este 1 también ya ve todos los azules que debe ver, así que debemos colocar un rojo a su izquierda.

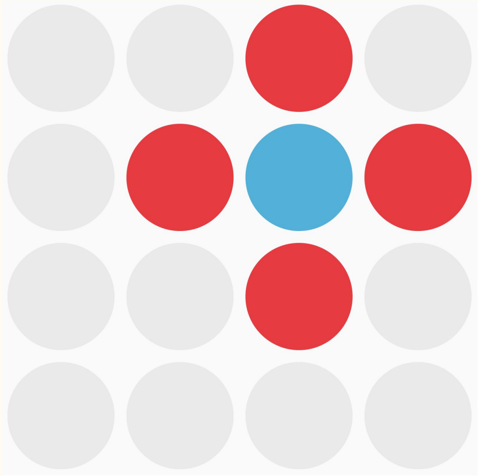


Si continuamos así, el juego estará terminado cuando no queden puntos en blanco y todos los números azules cumplan su condición.



Como regla adicional, no puede suceder que un punto azul tenga únicamente adyacentes de color rojo.





Es un problema de satisfacción de restricciones.

Métodos utilizados para resolverlo:

- Ir llenando el tablero (Formulación Incremental).
- Reparación Heurística (Formulación Completa).

Ir llenando el tablero

Para este método, empezamos con el tablero inicial y vamos llenando los puntos blancos hasta completarlo respetando las restricciones de los números azules.

Reglas:

Para cada punto blanco, se puede convertir en un punto azul o en un punto rojo. Los cambios son aplicables si el tablero resultante es válido.

Heurística 1 (Filling Blanks)

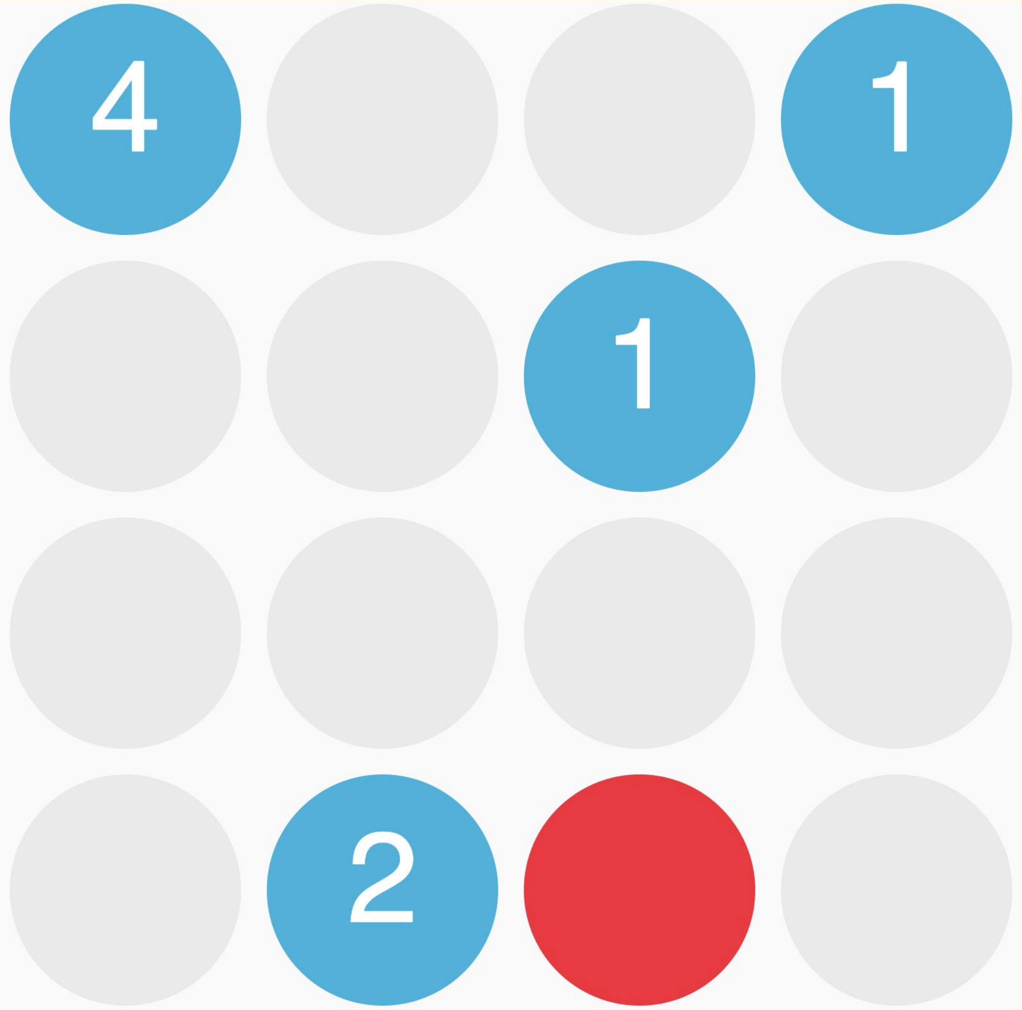
Es una heurística trivial.

Dado un tablero inicial, su heurística es la cantidad de blancos que le falta para completar el tablero.

Es una heurística admisible si se parte de tableros válidos, ya que las reglas son aplicables únicamente cuando generan tableros válidos.

Ej:

Para este tablero la heurística es: 11



Demostración de Admisibilidad:

Como cada regla genera tableros válidos, si se completa el tablero éste será una solución.

Supongamos que no es admisible, entonces debe existir alguna solución que se realiza en menos pasos que la cantidad de blancos en el tablero.

Absurdo pues en cada paso se cambia un único punto blanco, y si hay algún punto blanco en el tablero el mismo no es solución.

Heurística 2 (Fill Blanks Non-Trivial)

1. Se cuenta la cantidad de números azules que no están cumpliendo su restricción, ya sea porque ven azules de más o de menos (a éstos los llamaremos números en conflicto).

2. Para cada blanco se cuenta por cuántos números en conflicto es visible (únicamente por caminos azules) y se queda con el máximo de éstos (lo llamaremos potencial de resolución de conflictos).

Heurística 2 (Fill Blanks Non Trivial)

3. Se cuenta cuántos blancos no participan (no alcanzables por azules con número) y cuántos blancos hay cuyos vecinos azules con número no están en conflicto (blancos restantes).

Con esta información se devuelve la cantidad de números en conflicto menos el potencial de resolución de conflictos. Si hay 1 o más números en conflicto y esta resta da 0 devuelve 1 y a esto le suma la cantidad de blancos que no participan y blancos restantes.

$$H_2(x) = \begin{cases} max(numeros\ en\ conflicto - potencial\ de\ resolucion, 1) + blancos\ no\ participan + blancos\ restantes & numeros\ en\ conflicto > 0 \\ blancos\ no\ participan + blancos\ restantes & numeros\ en\ conflicto = 0 \end{cases}$$

Ej:

Para este estado la heurística es:

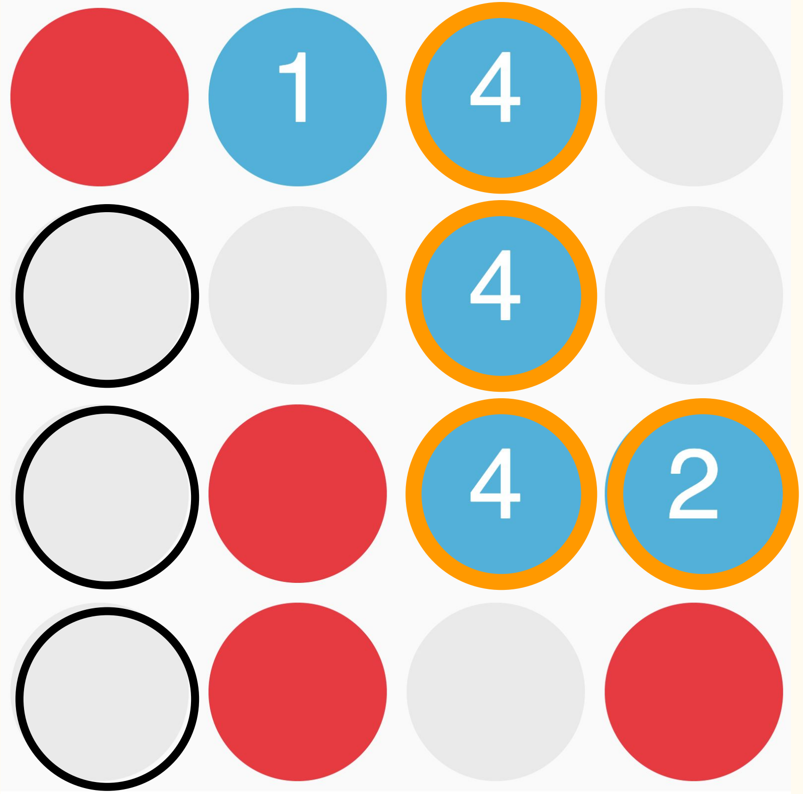
Blancos no participan: 3 (en negro)

Números en Conflicto: 4 (borde naranja)

Potencial de resolución: 2

Blancos Restantes: 0

Total = 4 - 2 + 3 + 0 = 5



Es una heurística admisible.

<u>Demostración:</u>

Supongo que no es admisible, entonces o bien existe algún caso en el que la solución real tiene menor costo que la heurística, o bien la heurística de un estado da 0 y el mismo no es un estado meta.

Veamos que si la heurística de un estado da 0 es un estado meta, la otra parte de la demostración será oral y estará detallada en el informe.

Heurística = 0 => estado meta

Si la heurística da 0 significa que <u>no</u> tiene:

- Blancos que no participan
- Números en conflicto
- Blancos restantes

Por lo tanto el tablero está lleno y es válido. Dado que las reglas son sólo aplicables si generan un estado válido, entonces el estado es un estado meta.

(La vuelta es trivial)

Heurística 3 (Approximate Reds)

Para cada número azul suma cuántos azules le faltan (a la suma total se la llamará azules faltantes) y cuenta también cuántos blancos hay.

El valor de la heurística será la cantidad de blancos menos los azules faltantes o cero si el valor de la resta es negativo.

$$H_3(x) = max(blancos - azules\ faltantes, 0)$$

No es admisible.

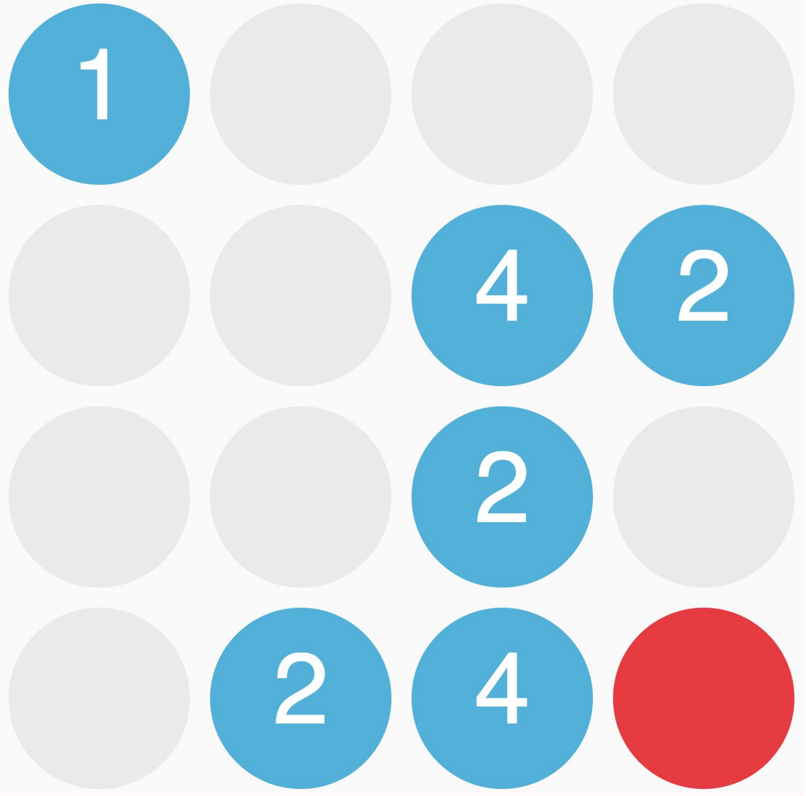
Ej:

La heurística de este tablero da:

Blancos: 9

Azules faltantes: $1 + 1 + 1 + 0 + 1 + 1 = 5$

Total $= 9$ - $5 = 4$



Contraejemplo de admisibilidad:

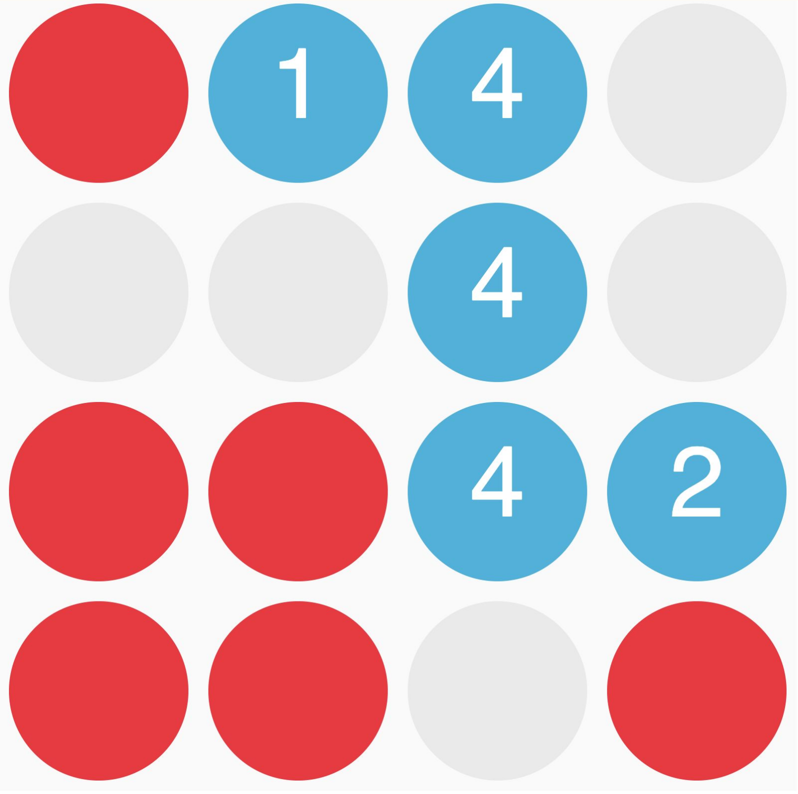
La heurística de este tablero es:

Blancos: 5

Azules faltantes: $0 + 1 + 2 + 1 + 1 = 5$

Total $=$ 5 - 5 $= 0$

y no es un estado meta pues hay restricciones no satisfechas y hay puntos blancos



Heurística 4 (Missing Reds)

Calcula la suma de todos los números azules, cuenta los puntos fijos (los puntos de color del tablero inicial, no pueden modificarse) y cuenta los rojos.

$$H_4(x) = max(dim * dim - \sum(numeros\ azules) - puntos\ fijos - rojos\ no\ fijos, 0)$$

No es admisible.

Ej:

La heurística del siguiente tablero inicial es:

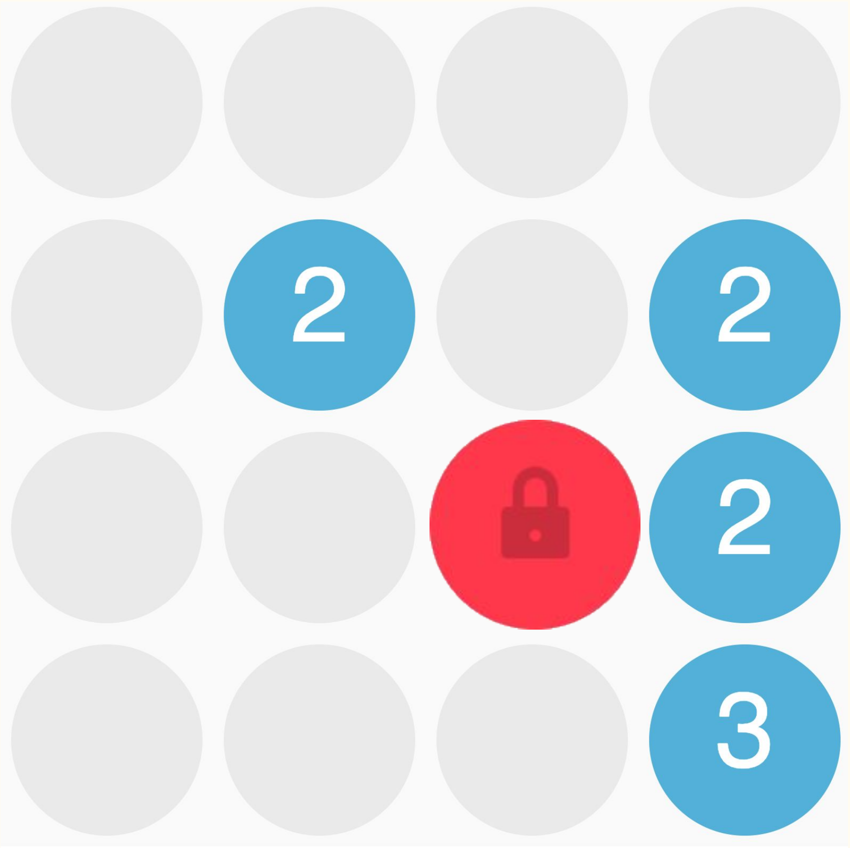
Tamaño tablero: 16

Total de números azules: $2 + 2 + 2 + 3 = 9$

Fijas: 5

Rojos no Fijos: 0

Total = 16 - 9 - 5 - 0 = 2



Contraejemplo de Admisibilidad

La heurística de este tablero es:

Tamaño tablero: 16

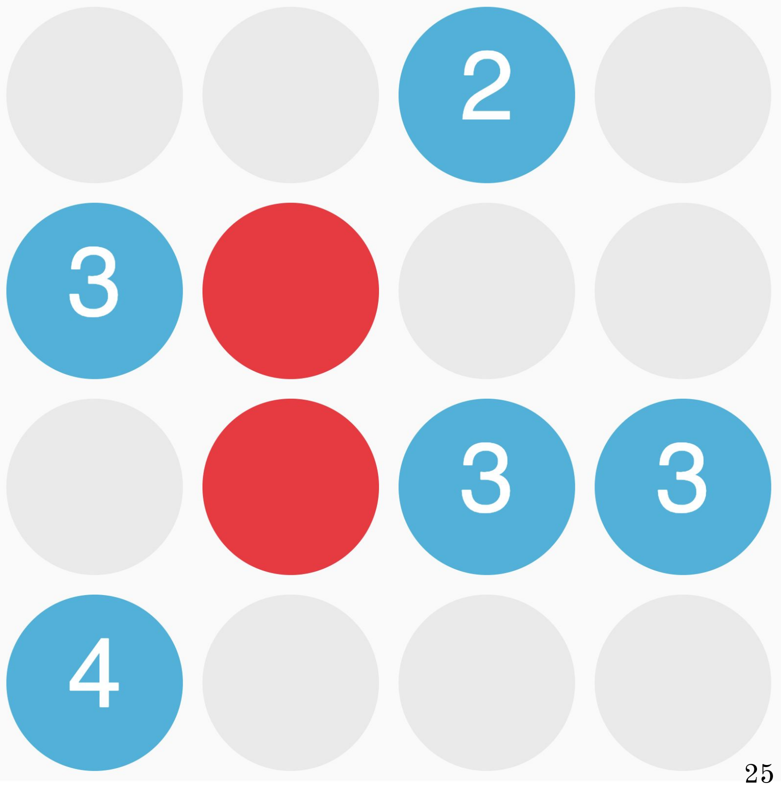
Total números azules: $2 + 3 + 3 + 3 + 4 = 15$

Fijas: 5 (solo los números)

Rojos no Fijos: 2

Total = 16 - 15 - 5 - 2 $<$ 0

Entonces Total = 0



Heurística 5 (Missing Visible Blues)

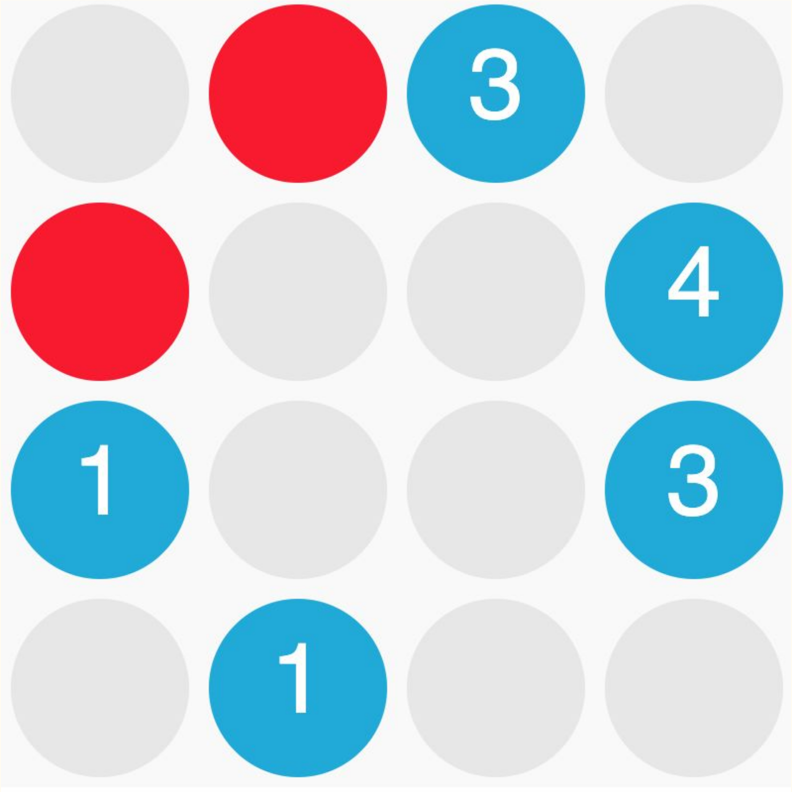
Para cada número azul cuenta cuántas azules le faltan o sobran.

No es admisible.

Ej:

El valor de la heurística es:

$$\text{Total} = 3 + 3 + 1 + 2 + 1 = 10$$

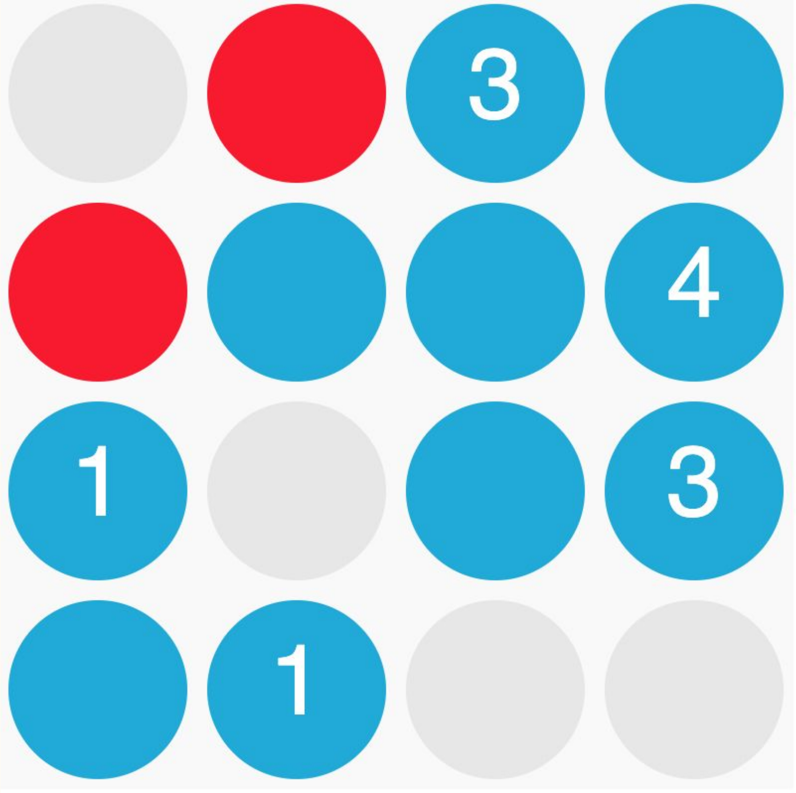


Contraejemplo de Admisibilidad:

Valor de la heurística:

$\text{Total} = 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 0$

y no es un estado meta



Heuristica 6 (Add All Heuristics)

Esta heurística fue diseñada debido a que muchas de las heurísticas anteriores daban valores bajos muy rápido, para ver si mejoraba algo la búsqueda.

El valor que retorna es la suma del valor de cada una de las heurísticas antes mencionadas (salvo por la heurística 2 que es la que más procesamiento tiene).

$$H_6(x) = H_1(x) + H_3(x) + H_4(x) + H_5(x)$$

Ej:

H1 (Fill Blanks) $= 8$

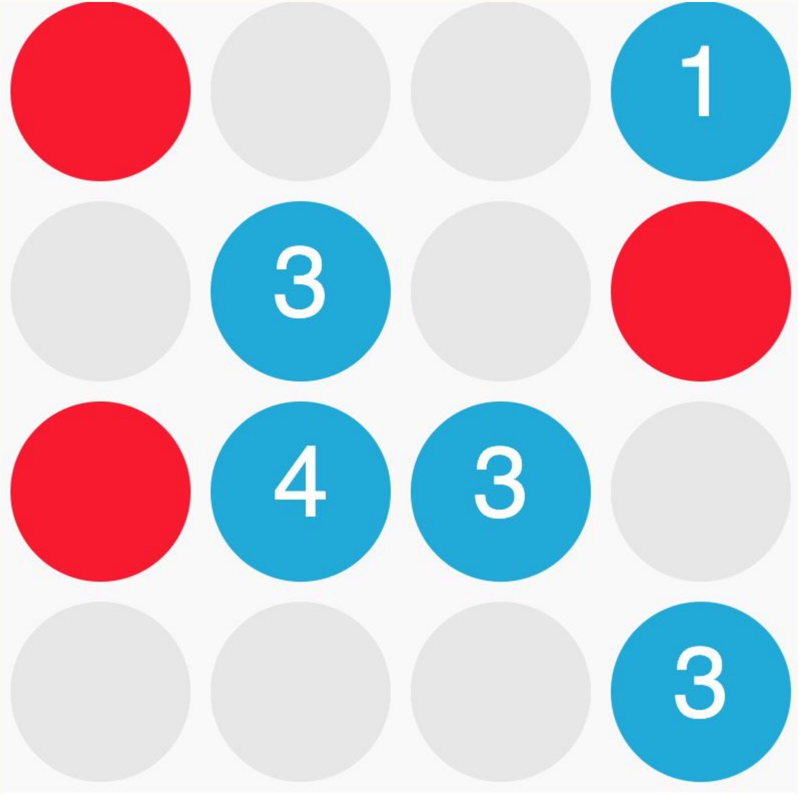
H3 (Approximate Reds) $= 0$

H4 (Missing Reds) $= 0$

H5 (Missing Visible Blues) $= 10$

Total $= \ 18$

No es admisible ya que hay 8 blancos, la heurística debería ser ≤ 8



Heurística 7 (Conflicting Numbers)

Decimos que un número azul está en conflicto si los puntos azules que puede ver no coinciden con los que dice su número, ya sea que le falten o que se pase.

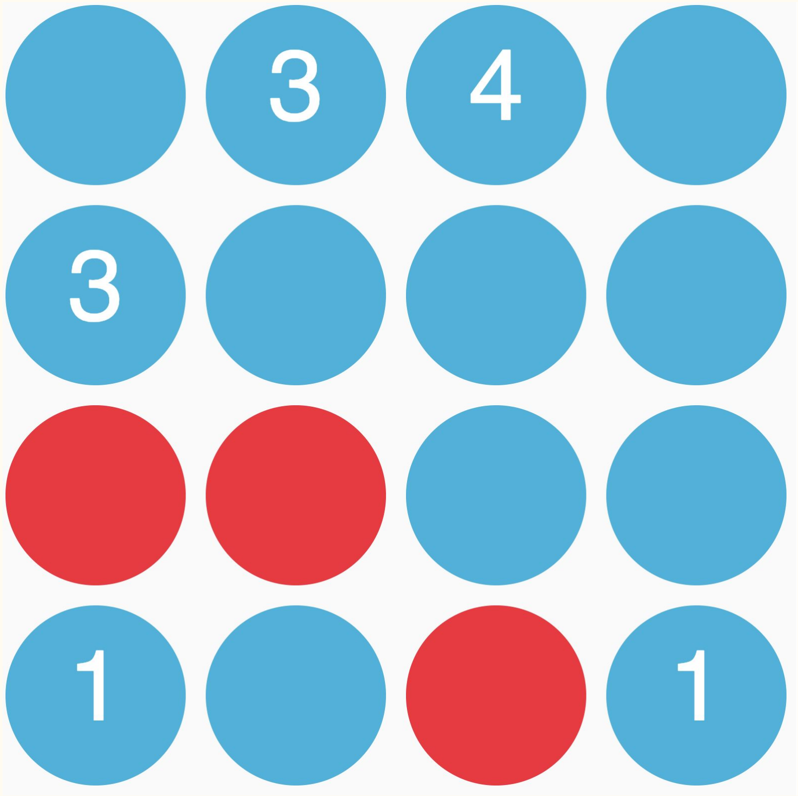
El valor de esta heurística es el total de números azules en conflicto.

No es una heurística admisible, ya que con un solo cambio se puede solucionar más de un conflicto.

Ej:

El valor de la heurística es:

$$\text{Total} = 1 + 1 + 1 + 0 + 1 = 4$$

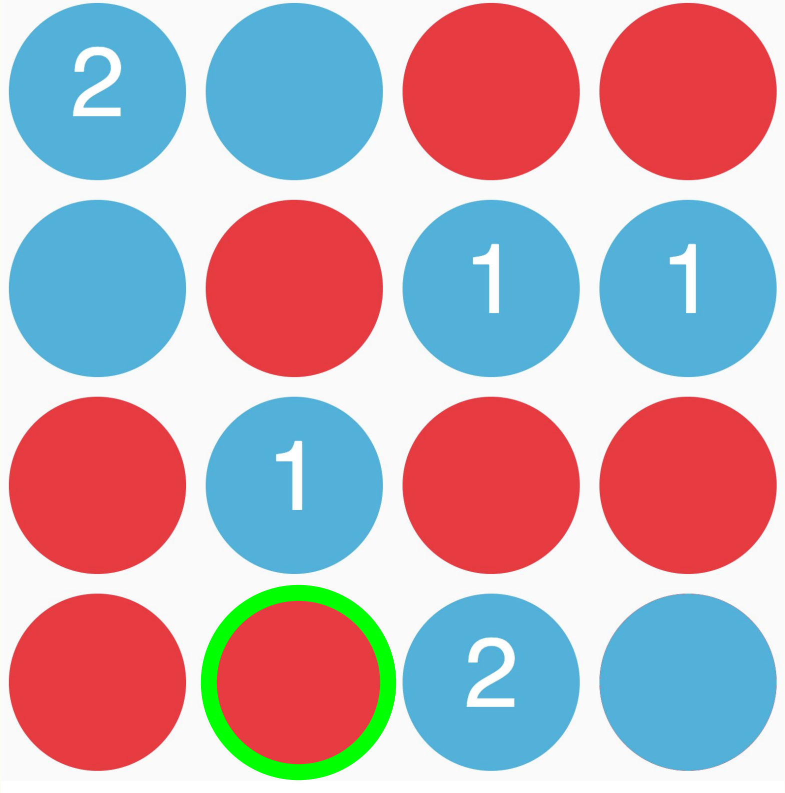


Contraejemplo de admisibilidad:

El valor de la heurística es:

$\text{Total} = 0 + 0 + 0 + 1 + 1 = 2$

Sin embargo si cambiamos el punto rojo enmarcado por un círculo verde se resuelven todos los conflictos y el estado resultante es un estado meta.



Reparación Heurística

Para este método, empezamos con un tablero lleno y vamos cambiando de color los puntos (salvo los puntos fijos) hasta llegar a una solución.

Reparación Heurística

Dado un tablero inicial llenamos el tablero de tres maneras:

- Llenar todos los blancos con color azul.
- Llenar todos los blancos de color rojo.
- Llenar los cada blanco aleatoriamente tanto de color azul como de color rojo.

Reparación Heurística

Reglas:

De acuerdo al método de llenado del tablero se utilizan distintas reglas con la intención de disminuir en la mayor medida posible el branch factor.

Reglas para llenado de color azul:

Para cada punto no fijo (en este caso será de color azul) hay una única regla aplicable y es cambiarle el color a rojo.

Las reglas son aplicables incluso cuando el estado resultante sea inválido, ya que siempre nos iremos moviendo dentro de tableros inválidos hasta la solución.

Reglas para llenado de color rojo:

Para cada punto no fijo (en este caso será de color rojo) hay una única regla aplicable y es cambiarle el color a azul.

Las reglas son aplicables incluso cuando el estado resultante sea inválido, ya que siempre nos iremos moviendo dentro de tableros inválidos hasta la solución.

Reglas para llenado random:

Para cada punto no fijo hay dos reglas posibles:

- Cambiar a azul
- Cambiar a rojo

Sin embargo solo será aplicable la regla si el color a cambiar es distinto del actual.

Para este tipo de llenado hay el doble de reglas que para los dos anteriores.

Heurística 2 (Non-Trivial Heuristic Repair)

1. Cuenta el total números en conflicto que hay.

2. Para cada punto no fijo cuenta cuántos números en conflicto alcanza solo moviéndose por esa columna o esa fila siguiendo únicamente puntos azules, de todos se queda con el máximo (<u>potencial de resolución de conflictos</u>).

Heurística 2 (Non-Trivial Heuristic Repair)

3. Cuenta cuántas islas azules hay (puntos azules que sólo tienen como adyacentes puntos rojos).

4. Resta el total de números en conflicto con el potencial de resolución, si la resta da menor o igual a cero y hay 1 o más números en conflicto, se queda con el valor 1.

5. Si 4. da 0, le suma la cantidad de islas azules y devuelve ese valor.

Ej 1:

El valor de la heurística es:

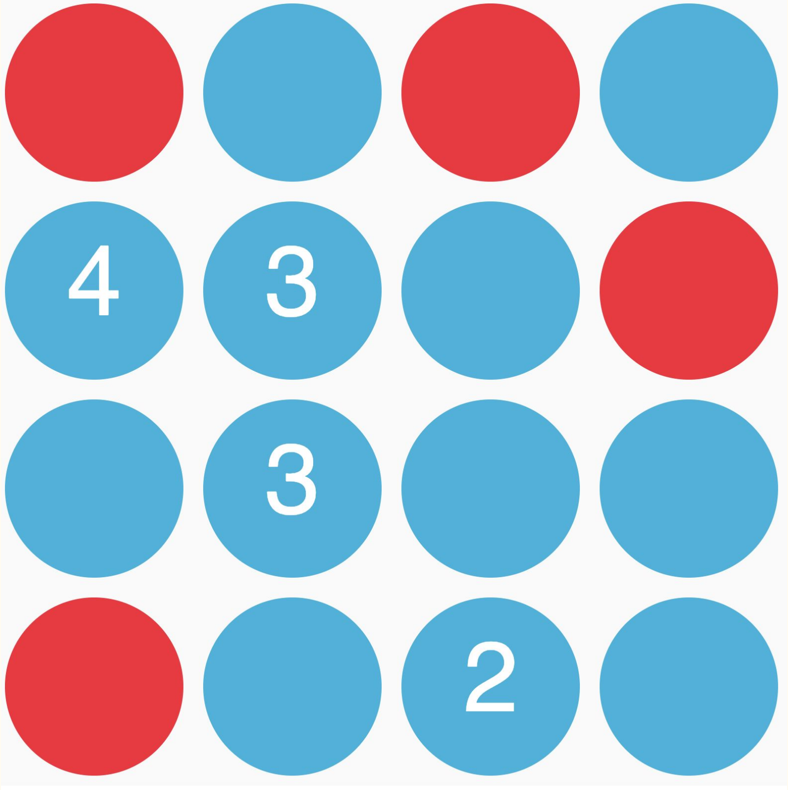
Números en Conflicto $= 1 + 1 + 1 + 1 = 4$

Potencial de resolución $=$

Max$(1, 2, 1, 0, 3, 2, 2, 2, 1, 2, 3, 1) = 3$

Islas azules $= 1$

Total $=$ 4 - 3 $= 1$



Ej 2:

El valor de la heurística es:

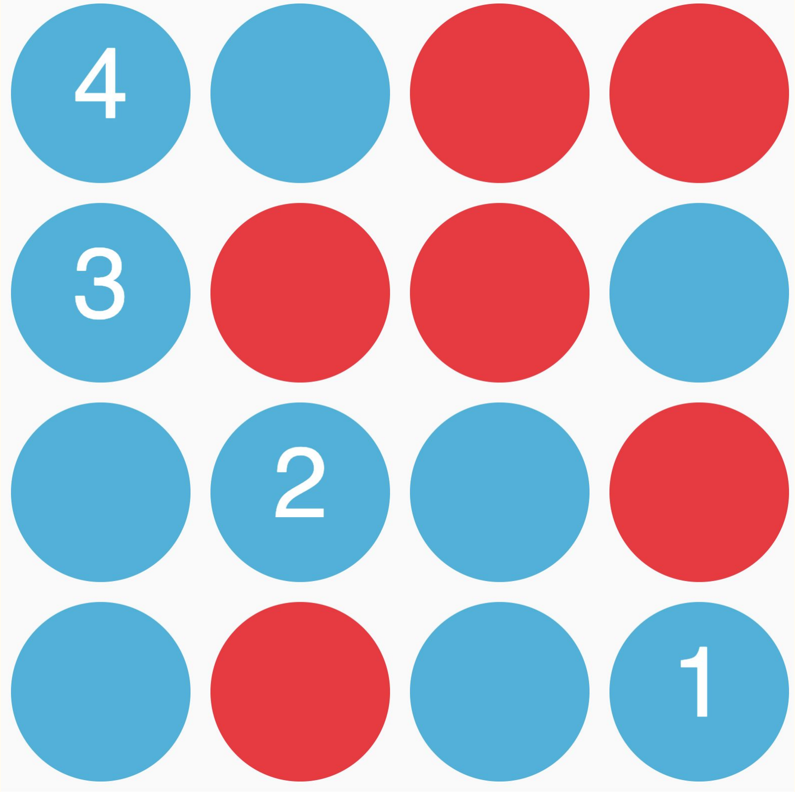
Números en Conflicto $= 0 + 0 + 0 + 0 = 0$

Máximo de adyacentes en conflicto $=$

$\text{Max}(0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0) = 0$

Islas azules $= 1$

Total $= 0 + 1$



Demostración Admisibilidad:

Primero veamos que si la heurística es 0 es un tablero solución.

La heurística es cero si no hay conflictos y la cantidad de islas azules es cero (como el tablero está lleno no hay puntos blancos) y por lo tanto es un estado meta.

$H2(x) = 0 \Rightarrow$ estado meta

La vuelta es análoga (estado meta $\Rightarrow H2(x) = 0$)

Demostración Admisibilidad:

Luego probamos que la heurística de un estado es siempre $\leq$ al costo de ese estado a la solución.

Podemos demostrarlo por absurdo, supongo que hay una solución con menos costo. Por lo tanto hay algún cambio que soluciona más conflictos que el potencial de resolución y deja sin islas azules el tablero. Absurdo, por definición del potencial de resolución.

La demostración más detallada puede verse en el informe.

Heuristica 2 (Conflicting Numbers)

Es la misma heurística que usamos en el método de resolución de llenar el tablero.

Heurística 3 (Missing Reds)

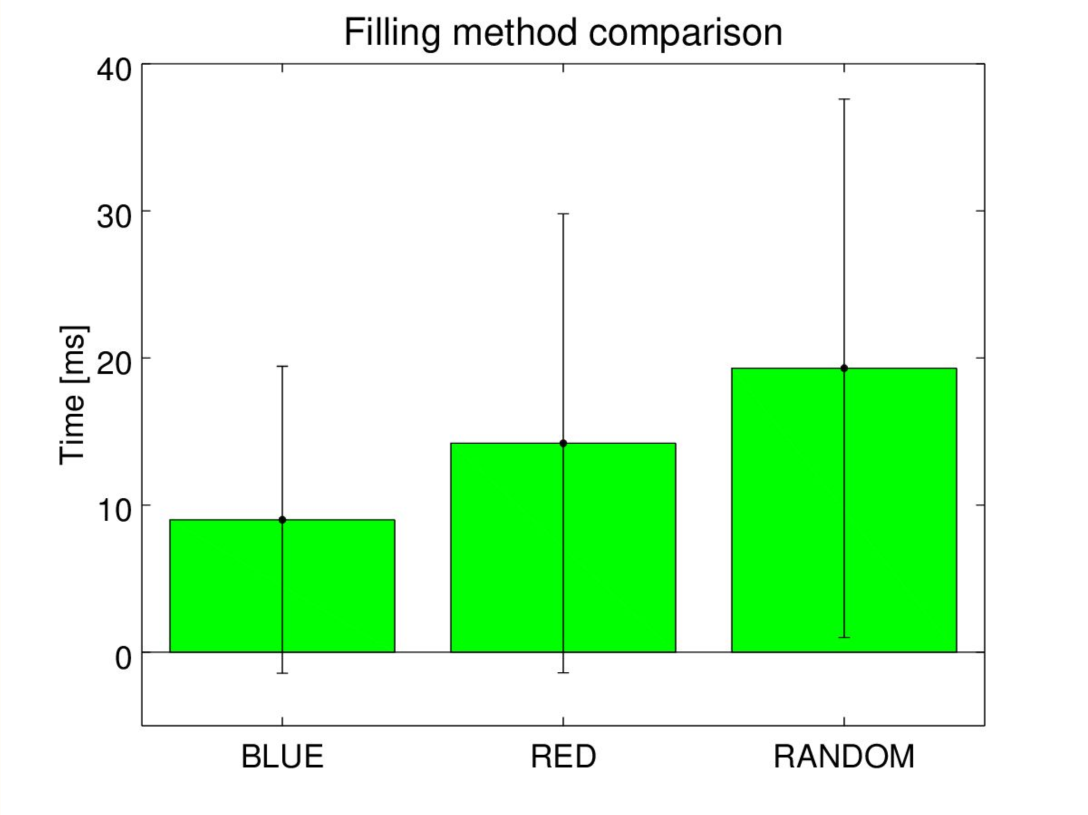
Es la misma heurística que usamos en el método de resolución de llenar el tablero.

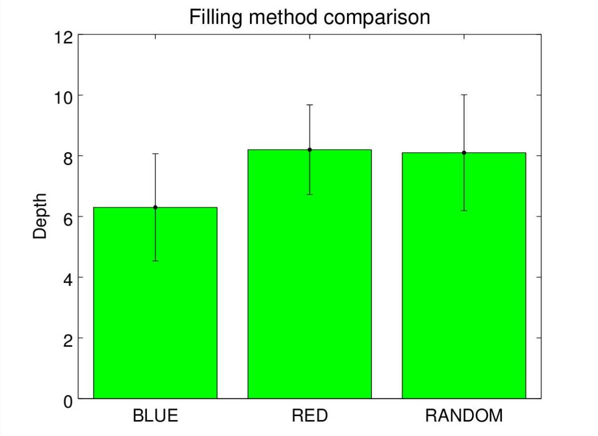
Heurística 4 (Missing Visible Blues)

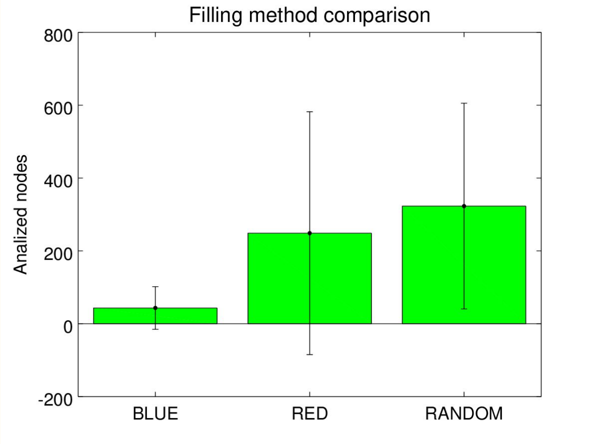
Es la misma heurística que usamos en el método de resolución de llenar el tablero.

Resultados: filling method

Estrategia: ASTAR
Tableros: 10 tableros 5x5
Heurística: ConflictingNumbers

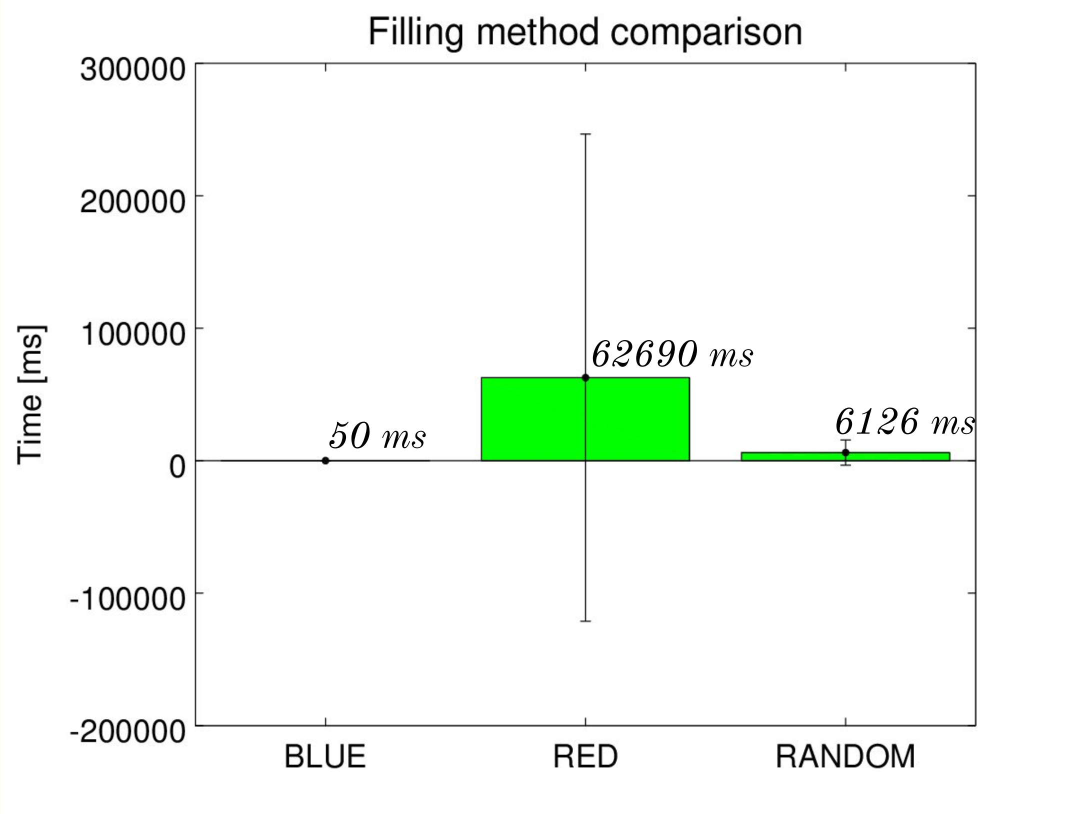


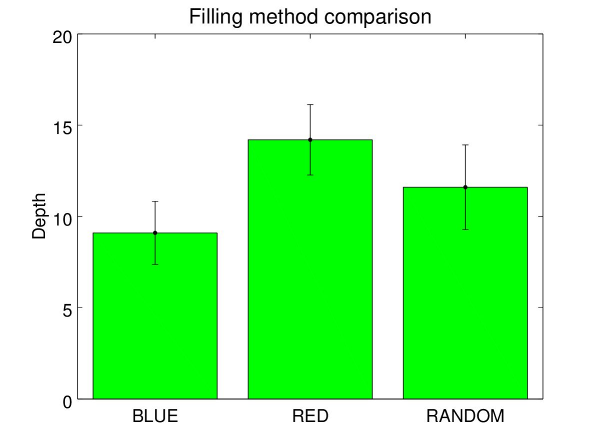


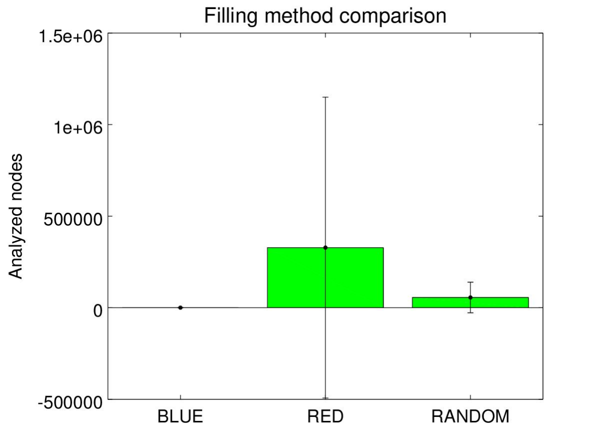


Resultados: filling method

<u>Estrategia</u>: ASTAR
<u>Tableros</u>: 10 tableros 6x6
<u>Heurística</u>: ConflictingNumbers







Resultados: filling method

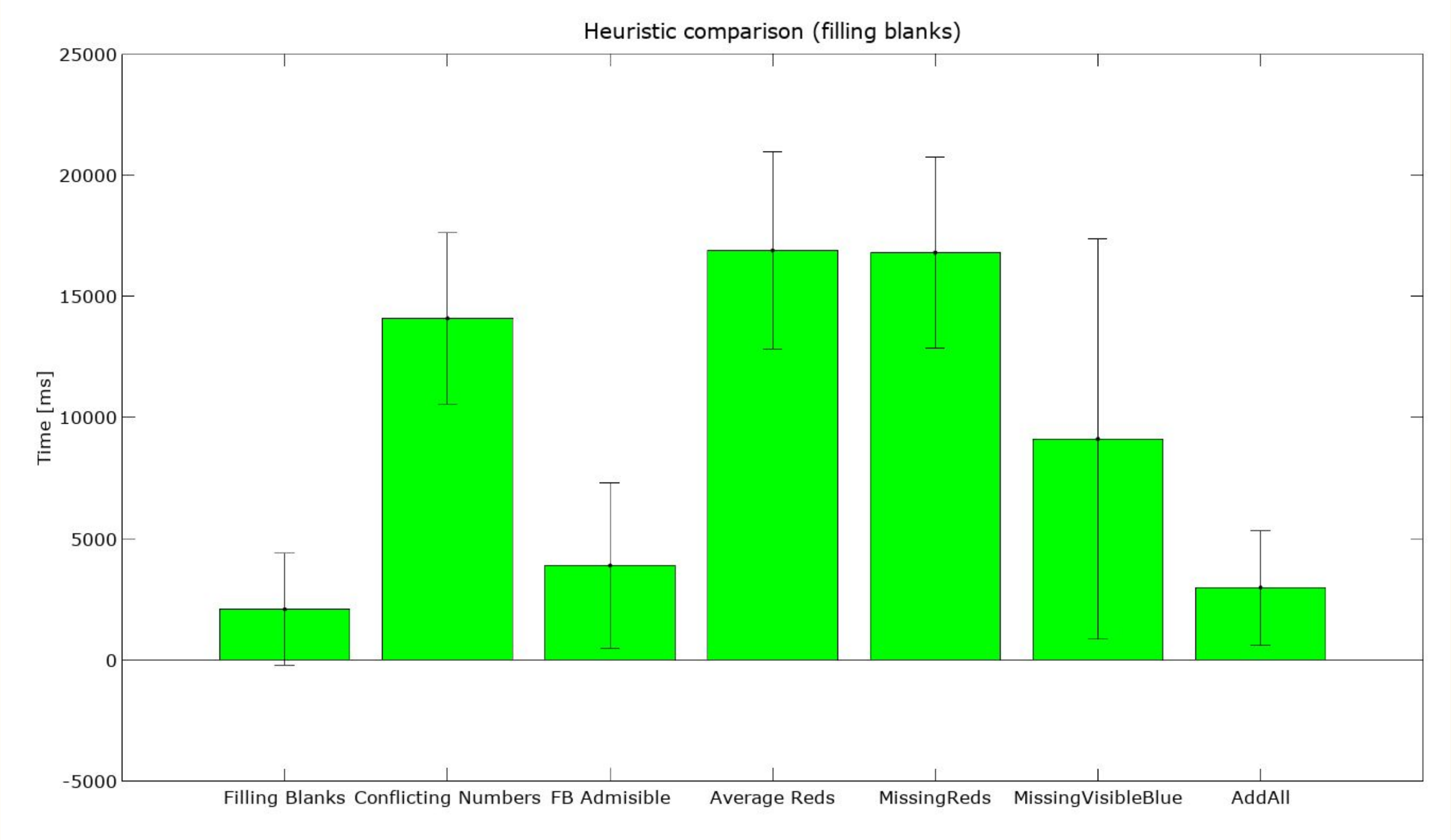
Tanto en tableros 5x5 como 6x6, al llenar inicialmente el tablero de azules se obtiene la solución más rápidamente.

Comparando el llenado inicial con rojos o un color aleatorio notamos dos situaciones:

- cuando la profundidad de las soluciones es igual, *fill red* es más rápido debido a que tiene la mitad de reglas.
- cuando *fill red* tiene mayor profundidad *fill random* es más rápido debido a que la menor cantidad de reglas no llega a compensar la mayor cantidad de nodos analizados.

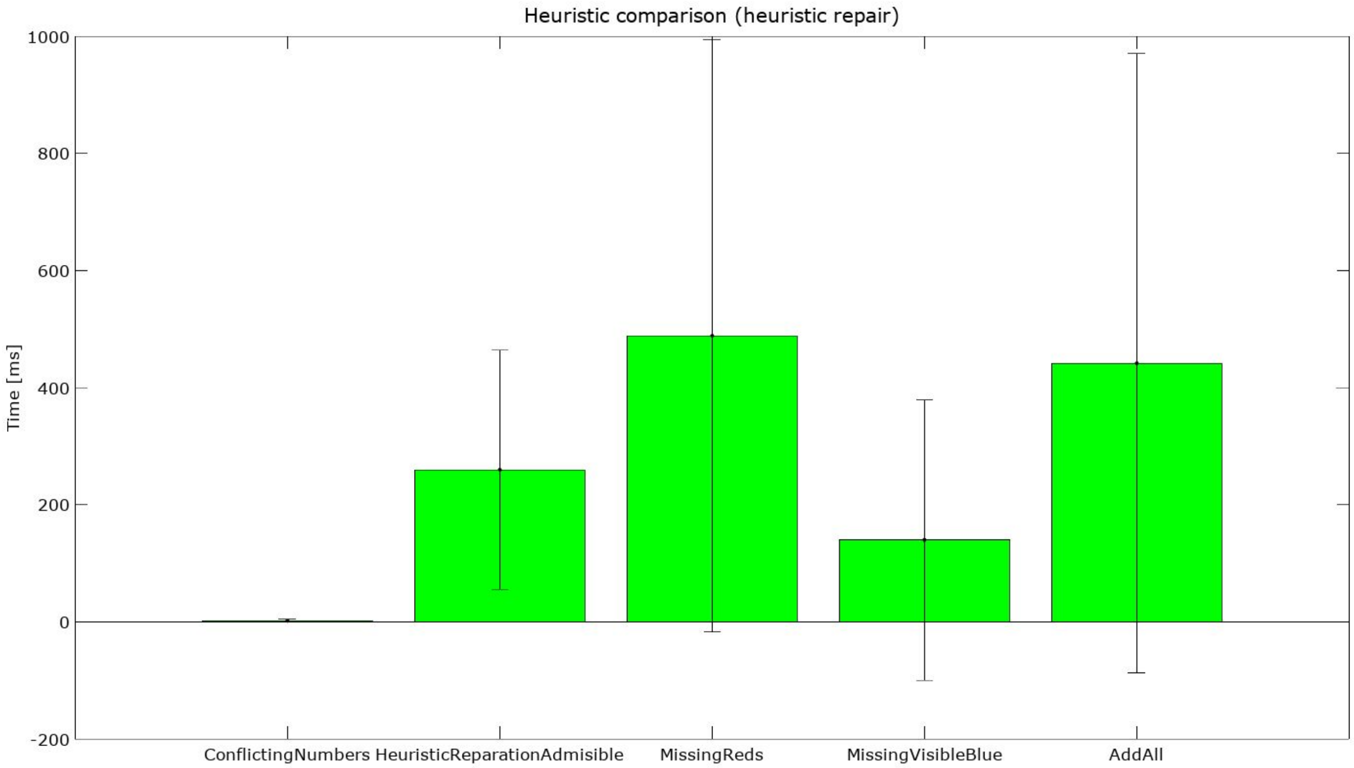
Estrategia: ASTAR
Tableros: 10 tableros 5x5

Resultados: heurísticas



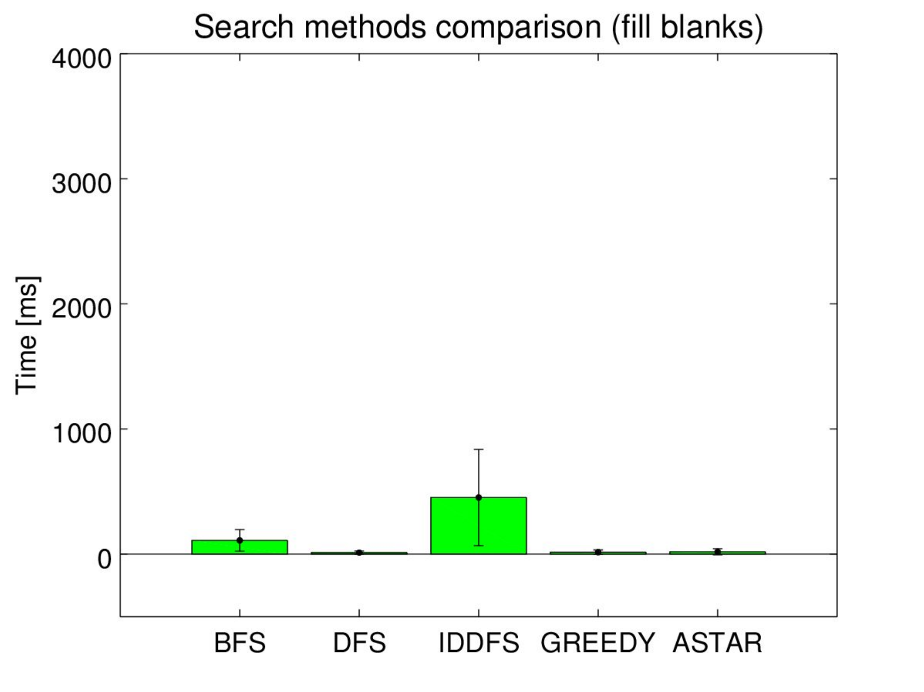
Resultados: heurísticas

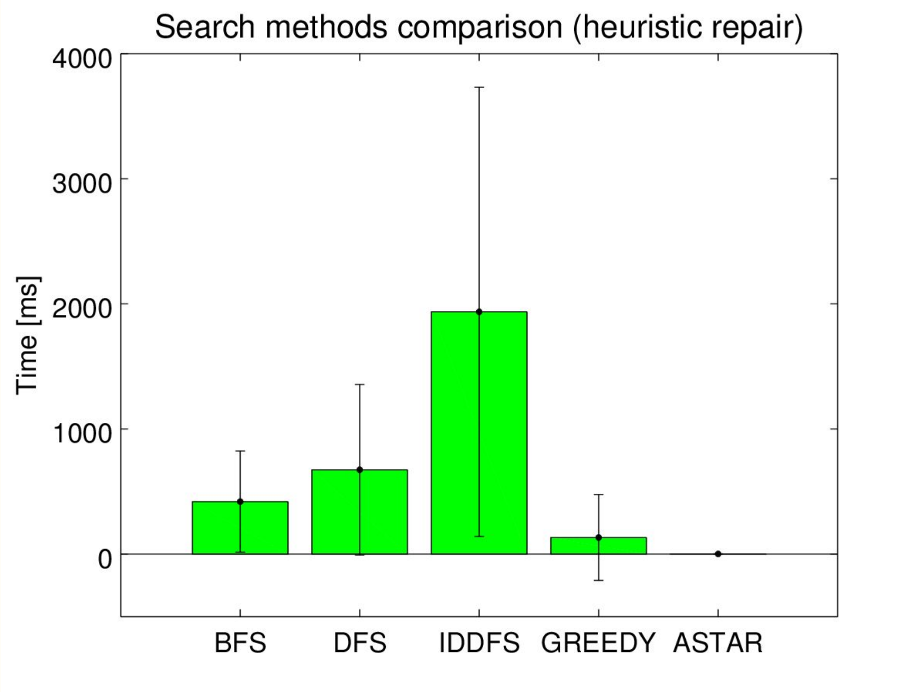
Estrategia: ASTAR
Tableros: 10 tableros 5x5



Resultados: métodos de búsqueda

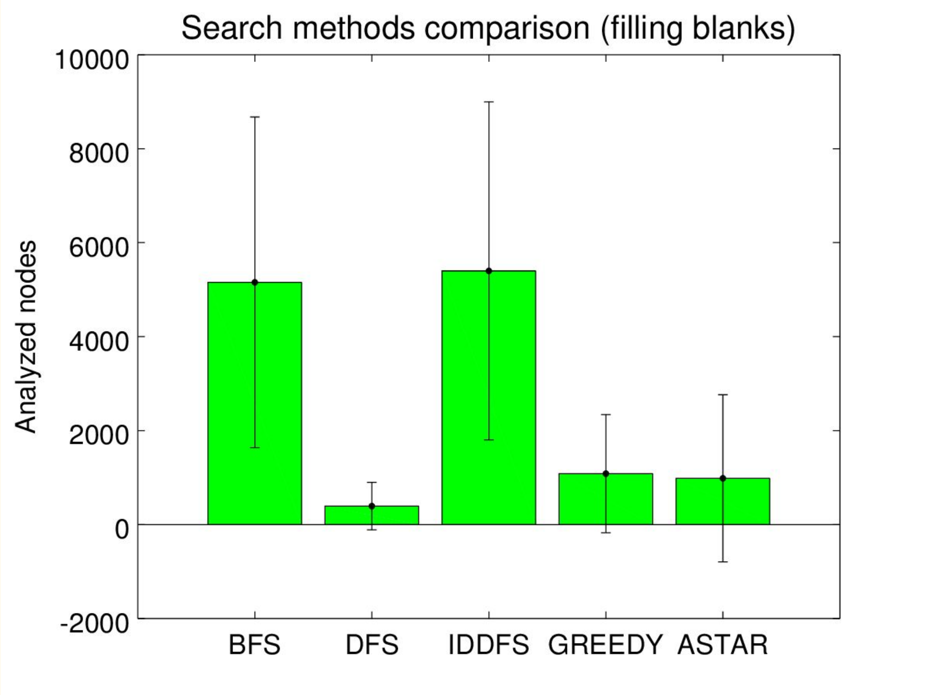
Estrategias en su configuración óptima
Tableros: 10 tableros 5x5

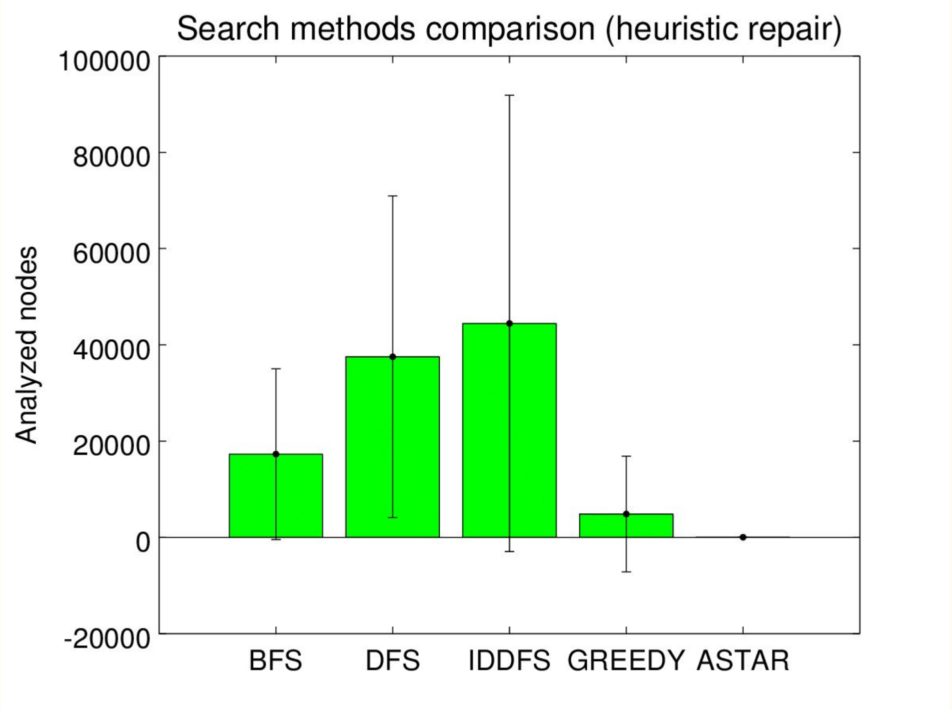




Estrategias en su configuración óptima
Tableros: 10 tableros 5x5

Resultados: métodos de búsqueda





Escalas diferentes para mejor lectura de cada gráfico

Resultados: métodos de búsqueda

Excepto para A*, las estrategias de búsqueda performan mejor en el tiempo con el método *filling blanks* debido a que se analizan alrededor de 90% menos nodos.

Esto puede explicarse porque, a pesar de tener el doble de reglas (mayor branching factor), *filling blanks* no sigue recorriendo tableros inválidos mientras que en reparación heurística sí.

Conclusiones

- Cuando se trata de resolver mediante reparación heurística, la mejor forma es llenar el tablero de azules debido a que tiene la mitad de reglas que llenarlo de forma aleatoria y se encuentra más cerca de la solución que cuando se llena de rojos (los estados finales suelen tener mayor cantidad de azules que rojos).

- Una heurística admisible no implica necesariamente ser más eficiente.

- Con excepción de A*, la búsqueda resulta más veloz con el método *filling blanks*.