HEURÍSTICA Y OPTIMIZACIÓN

Grupo 80

JUAN MIGUEL PULGAR ESQUIVEL 100451036
100451036@alumnos.uc3m.es

ALBA MARCO UGARTE 100451139
100451139@alumnos.uc3m.es

https://github.com/100451139/Practica-2-Heuristica.git

DICIEMBRE DE 2022

GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA UC3M

Alba Marco Ugarte (100451139)
Juan Miguel Pulgar Esquivel (100451036)

Índice

Alba Marco Ugarte (100451139)
Juan Miguel Pulgar Esquivel (100451036)

1. Introducción.

En esta práctica se nos presenta un problema de satisfacibilidad de restricciones y uno de búsqueda heurística, que debemos resolver utilizando Python y en concreto, Python Constraint. En la primera parte debemos modelar y resolver un problema en el que un número de alumnos quieren entrar a un autobús de 32 plazas. Debemos presentar todas las soluciones posibles que cumplan las restricciones impuestas por el enunciado del problema. En la parte 2, debemos resolver una ampliación del problema en la que debemos hacer que los alumnos entren al autobús de la forma más óptima posible.

2. Modelo Parte 1.

Para representar el problema, utilizaremos una terna (X, D, C) donde $X = \{A_i\}_{i=1}^{n}$ es el conjunto de variables del problema; $D = \{D_i\}_{i=1}^{n}$ representa los dominios de cada variable respectivamente y $C = \{C_i\}_{i=1}^{n}$ es el conjunto de restricciones del problema.

2.1. Variables del problema.

En este problema tendremos una única variable, que será el alumno que quiere entrar al autobús. El alumno se representa con una tupla con la siguiente estructura:

$$A_i = (ID,\ Ciclo\ ,\ Conf,\ Red,\ IDHher)$$

$$ID\ \in\ [1,\ N]\ ,\ Ciclo\ \in\ [1,\ 2]\ ,\ Conf\ \in\ [0,\ 1]\ ,\ Red\ \in\ [0,\ 1]\ ,\ IDHer\ \in\ [0,\ N]$$

N = número de alumnos totales

(En este caso tomamos los naturales contando el 0)

ID representa un número que identifica al alumno de forma única, es decir, para cada alumno la ID será distinta.

Ciclo representa el ciclo del alumno. Si el alumno es un estudiante de primer ciclo valdrá 1 y si es de segundo ciclo valdrá 2.

Conf es un valor booleano que representa si el alumno es conflictivo o no. Si no lo es valdrá 0 y 1 en caso contrario.

Red es otro valor booleano que representa si el alumno tiene movilidad reducida. De igual forma que Conf, valdrá 0 si el alumno no tiene movilidad reducida y 1 en otro caso.

IDHer representa la ID del hermano del alumno, si es que tiene. En caso de no tener se representará con el valor 0.

Alba Marco Ugarte (100451139)
Juan Miguel Pulgar Esquivel (100451036)

Para simplificar la modelización del problema, se han declarado los siguientes subconjuntos:

- R: Conjunto de todos los alumnos con movilidad reducida.
- C: Conjunto de todos los alumnos conflictivos.
- C1: Conjunto de todos los alumnos de primer ciclo.
- C2: Conjunto de todos los alumnos del segundo ciclo.
- H: Conjunto de todos los alumnos hermanos, por parejas.
- HM: Conjunto de todos los alumnos que tienen un hermano pequeño.
- $asientos_{ciclo1}$: $Conjunto\ de\ asientos\ entre\ el\ 1\ y\ el\ 16\ ([1, 16])$
- $asientos_{ciclo2}$: $Conjunto\ de\ asientos\ entre\ el\ 17\ y\ el\ 32\ ([17, 32])$
- $asientos_{Rciclo1}$: Conjunto de asientos de movilidad reducida del ciclo 1 ([1, 2, 3, 4, 13, 14, 15, 16])
- $asientos_{Rciclo2}$: Conjunto de asientos de movilidad reducida del ciclo 2 ([17, 18, 19, 20])
- $asientos_{arriba}$: Conjunto de asientos del lado superior del autobús según la vista del enunciado, sin contar los asientos 1 y 29 ([5, 9, 13, 17, 21, 25]
- $asientos_{abajo}$: Conjunto de asientos del lado inferior del autobús según la vista del enunciado, sin contar los asientos 4 y 32([8, 12, 16, 20, 24, 28]
- $asientos_{ladoizquierdo}$: Asientos 30 y 31, que están en el lado izquierdo del autobús y no están en una esquina
- $asientos_{ladoderecho}$: Asientos 2 y 3, que están en el lado derecho del autobús y no están en una esquina
- $asientos_{centro}$: Asientos centrales del autobús ([6, 7, 10, 11, 14, 15, 18, 19, 22, 23, 26, 27])
- $asientos_{pasillo}$: Asientos que están en el pasillo ([2, 3, 6, 7, 10, 11, 14, 15, 18, 19, 22, 23, 26, 27, 30, 31])

El dominio de cada variable será el siguiente:

- Si es un alumno de primer ciclo irá en los asientos del 1 al 16:
$$A_i \in asientos_{ciclo1} \forall (i \in C1, i \notin R)$$
- Si es un alumno de segundo ciclo, no tiene movilidad reducida y no tiene hermano pequeño irá en los asientos del 17 al 32
$$A_i \in asientos_{ciclo2} \forall (i \in C2, i \notin R, i \notin HM)$$
- Si es un alumno de segundo ciclo, no tiene movilidad reducida y tiene hermano pequeño le acompañará:
$$A_i \in asientos_{ciclo1} \forall (i \in C2, i \notin R, i \in HM)$$
-

- Si es un alumno de primer ciclo y con movilidad reducida irá en los asientos delanteros destinados a ese fin:

$$A_i \in asientos_{Rciclo1} \forall (i \in C1,\ i \in R)$$

- Si es un alumno de segundo ciclo, no tiene un hermano pequeño y tiene movilidad reducida irá en los asientos traseros destinados a ese fin:
-

$$A_i \in asientos_{Rciclo2} \forall (i \in C2,\ i \in R,\ i \notin HM)$$

- Si es un alumno de segundo ciclo y con movilidad reducida, pero tiene un hermano pequeño irá en los asientos delanteros destinados a ese fin:
-

$$A_i \in asientos_{Rciclo1} \forall (i \in C2,\ i \in R,\ i \in HM)$$

2.2. Restricciones del problema.

- Todo el alumnado tiene que tener asignado un asiento y solo uno:
-

$$A_i \neq A_j \ \forall\ (i, j \in alumnos\ ;\ i \neq j)$$

- Si hay alumnos con movilidad reducida tendrán que sentarse en asientos designados a tal fin: Realmente, esta restricción ya se contempla en el dominio, por lo que no es necesario añadir una restricción extra.

- Debe quedar libre, el asiento de al lado de un alumno con movilidad reducida:
-

$$A_i \neq A_j + 1 \ \forall\ (i \in R,\ j \in alumnos\ ;\ i \neq j;\ A_i\, mod\, 2 = 0)$$
$$A_i \neq A_j - 1 \ \forall\ (i \in R,\ j \in alumnos\ ;\ i \neq j;\ A_i\, mod\, 2 = 1)$$

Si el alumno está en un asiento par, debe dejar libre el asiento con el valor A - 1, ya que los asientos de movilidad reducida están de 2 en 2 uno al lado del otro. De igual forma, si está en un asiento impar, debe dejar libre el asiento con valor A + 1.

- Un asiento preferente para personas con movilidad reducida puede ser asignado a cualquier alumno si no está ocupado por un alumno con movilidad reducida: Este caso también está contemplado en el dominio, por lo que no haría falta añadir una restricción.
- Los alumnos “conflictivos” no pueden sentarse cerca (rango de una casilla) de ningún otro alumno conflictivo o alumno con ´ movilidad reducida:

Alba Marco Ugarte (100451139)
Juan Miguel Pulgar Esquivel (100451036)

Lado superior

$A_i + 1 \neq A_j \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i \in asientos_{arriba}; A_i[0] \neq A_j[4])$

$A_i - 4 \neq A_j \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i \in asientos_{arriba}; A_i[0] \neq A_j[4])$

$A_i - 3 \neq A_j \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i \in asientos_{arriba}; A_i[0] \neq A_j[4])$

$A_i + 4 \neq A_j \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i \in asientos_{arriba}; A_i[0] \neq A_j[4])$

$A_i + 5 \neq A_j \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i \in asientos_{arriba}; A_i[0] \neq A_j[4])$

Lado inferior

$A_i - 1 \neq A_j \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i \in asientos_{abajo}; A_i[0] \neq A_j[4])$

$A_i - 4 \neq A_j \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i \in asientos_{abajo}; A_i[0] \neq A_j[4])$

$A_i - 5 \neq A_j \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i \in asientos_{abajo}; A_i[0] \neq A_j[4])$

$A_i + 3 \neq A_j \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i \in asientos_{abajo}; A_i[0] \neq A_j[4])$

$A_i + 4 \neq A_j \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i \in asientos_{abajo}; A_i[0] \neq A_j[4])$

Lado izquierdo

$A_i + 1 \neq A_j \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i \in asientos_{ladoizquierdo}; A_i[0] \neq A_j[4])$

$A_i - 1 \neq A_j \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i \in asientos_{ladoizquierdo}; A_i[0] \neq A_j[4])$

$A_i - 5 \neq A_j \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i \in asientos_{ladoizquierdo}; A_i[0] \neq A_j[4])$

$A_i - 4 \neq A_j \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i \in asientos_{ladoizquierdo}; A_i[0] \neq A_j[4])$

$A_i - 3 \neq A_j \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i \in asientos_{ladoizquierdo}; A_i[0] \neq A_j[4])$

Lado derecho

$A_i + 1 \neq A_j \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i \in asientos_{ladoderecho}; A_i[0] \neq A_j[4])$

$A_i - 1 \neq A_j \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i \in asientos_{ladoderecho}; A_i[0] \neq A_j[4])$

$A_i + 5 \neq A_j \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i \in asientos_{ladoderecho}; A_i[0] \neq A_j[4])$

$A_i + 4 \neq A_j \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i \in asientos_{ladoderecho}; A_i[0] \neq A_j[4])$

$A_i + 3 \neq A_j \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i \in asientos_{ladoderecho}; A_i[0] \neq A_j[4])$

Alba Marco Ugarte (100451139)
Juan Miguel Pulgar Esquivel (100451036)

Centro

$$A_i + 1 \neq A_j \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i \in asientos_{centro}; A_i[0] \neq A_j[4])$$
$$A_i - 1 \neq A_j \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i \in asientos_{centro}; A_i[0] \neq A_j[4])$$
$$A_i + 3 \neq A_j \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i \in asientos_{centro}; A_i[0] \neq A_j[4])$$
$$A_i - 3 \neq A_j \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i \in asientos_{centro}; A_i[0] \neq A_j[4])$$
$$A_i + 4 \neq A_j \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i \in asientos_{centro}; A_i[0] \neq A_j[4])$$
$$A_i - 4 \neq A_j \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i \in asientos_{centro}; A_i[0] \neq A_j[4])$$
$$A_i + 5 \neq A_j \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i \in asientos_{centro}; A_i[0] \neq A_j[4])$$
$$A_i - 5 \neq A_j \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i \in asientos_{centro}; A_i[0] \neq A_j[4])$$

Asiento 1

$$A_j \neq 2 \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i = 1; A_i[0] \neq A_j[4])$$
$$A_j \neq 5 \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i = 1; A_i[0] \neq A_j[4])$$
$$A_j \neq 6 \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i = 1; A_i[0] \neq A_j[4])$$

Asiento 4

$$A_j \neq 8 \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i = 4; A_i[0] \neq A_j[4])$$
$$A_j \neq 3 \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i = 4; A_i[0] \neq A_j[4])$$
$$A_j \neq 7 \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i = 4; A_i[0] \neq A_j[4])$$

Asiento 29

$$A_j \neq 30 \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i = 29; A_i[0] \neq A_j[4])$$
$$A_j \neq 25 \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i = 29; A_i[0] \neq A_j[4])$$
$$A_j \neq 26 \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i = 29; A_i[0] \neq A_j[4])$$

Asiento 32

$$A_j \neq 31 \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i = 32; A_i[0] \neq A_j[4])$$
$$A_j \neq 28 \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i = 32; A_i[0] \neq A_j[4])$$
$$A_j \neq 27 \ \forall (i \in C, j \in C \cup R; i \neq j; A_i = 32; A_i[0] \neq A_j[4])$$

- Los alumnos de primer ciclo se deben sentar en la parte delantera del autobús (asientos del 1 al 16.) y los de segundo ciclo en la parte posterior (asientos del 17 al 32) : Esta restricción ya se tiene en cuenta en el dominio, por lo que no hace falta añadir nada.

- Si dos alumnos son hermanos deberán sentarse uno justo al lado del otro (por ejemplo en los asientos 5 y 6; pero no sería posible en los asientos 6 y 7 pues los separa un pasillo). Si los dos hermanos fueran de ciclos distintos se haría una excepción a la regla anterior forzando a que los dos se sentaran en la zona destinada a alumnos de primer ciclo. Si uno de los dos hermanos tuviera movilidad reducida no sería necesario que los dos hermanos se sentaran juntos, pues se deben respetar las necesidades de espacio del niño con movilidad reducida, pero sí deben estar sentados en la misma sección (parte delantera o trasera del autobús según sea el caso) :

$$A_i - 1 = A_j \ \forall \ (i, j \in H;\ A_i[4] = A_j[0];\ i \neq j;\ A_i \, mod \, 2 = 0;\ i, j \notin R)$$
$$A_i - 1 = A_j \ \forall \ (i, j \in H;\ A_i[4] = A_j[0];\ i \neq j;\ A_i \, mod \, 2 = 0;\ i, j \notin R)$$

La parte que dice que deben sentarse en la misma sección del autobús ya se tiene en cuenta en el dominio, por lo que no sería necesario añadir una restricción extra.

- El hermano mayor debe ocupar la posición de “pasillo”:

$$A_i \in asientos_{pasillo},\ A_j \notin asientos_{pasillo};$$
$$\forall \ (i \in HM,\ j \in H;\ A_i[4] = A_j[0];\ i \neq j;\ i, j \notin R)$$

- Si los dos hermanos fueran “conflictivos” sí pueden sentarse juntos (de hecho deben hacerlo) pero no podrán tener a otro alumno “conflictivo” sentado cerca de ninguno de los dos: Esta restricción ya se tiene en cuenta en la restricción de los alumnos conflictivos.

3. Modelo Parte 2.

3.1. Estados del problema.

Hemos decidido que un estado del problema se represente con un nodo que contenga los alumnos que están en cola, los alumnos que todavía no están en la cola, el coste acumulado, la heurística, el coste del alumno anterior y el coste de ese nodo:

$$E = (cola, nocola, c, h, ca, cn)$$

3.2. Operadores del problema.

En nuestro caso hemos decidido que solo va a existir un operador, que será añadir_alumno(), que añade un alumno al autobús. Dependiendo del tipo de alumno que se añada, tendrá unos efectos sobre el coste u otros.

Operador	Precondiciones	Efectos
añadir_alumno()	nocola > 0; c + h < 1000000000 (valor arbitrariamente alto)	- añadir alumno a la cola - eliminar alumno de nocola - coste += coste del alumno -

3.3. Heurísticas.

Para este problema hemos seleccionado 2 heurísticas:

La primera heurística se obtiene de relajar la condición que hace que los alumnos conflictivos dupliquen el coste a los alumnos que tienen delante y detrás suyo. De esta forma obtenemos un problema en el que los alumnos conflictivos no existen, en el que la única restricción es que hay que ayudar a los alumnos con movilidad reducida a subir, de forma que el alumno con movilidad reducida siempre tiene que tener detrás otro alumno.

$$h_1(n) = T_{nocola} + T_{Rnocola} ; T_{nocola} \geq 2T_{Rnocola}$$

Donde T significa tamaño, nocola es la lista de alumnos que no están en cola y R es el conjunto de alumnos con movilidad reducida.

Véase que los alumnos que están en Rnocola están también en nocola, por lo que mínimo debe de haber el mismo alumnos sin y con movilidad reducida, ya que si no algún alumno con movilidad reducida no podría subir al autobús. En este caso, como Rnocola está contenida por nocola, ponemos la restricción de que nocola debe tener un tamaño 2 veces superior a Rnocola. Como los alumnos con movilidad reducida tardan 3 turnos en subir pero "restan" 1 turno al alumno que los acompaña, la heurística sería sumar el tamaño de los alumnos que no están en cola con el tamaño de los alumnos de movilidad reducida que no están en cola, que se suman 2 veces.

La segunda heurística se obtiene de relajar todas las restricciones del problema. De esta forma nos queda un problema muy simple en el que el valor de la heurística será el número de alumnos que faltan por añadir a la cola.

$$h_2(n) = T_{nocola}$$

4. Análisis de resultados.

4.1. Parte 1.

Para analizar si la parte 1 se ha implementado correctamente, se han realizado varias pruebas que presentan distintas situaciones simples, por lo que se nos hará fácil calcular el resultado de forma manual. Se han planteado las pruebas de forma que cubran la mayor cantidad de casos posibles, para así comprobar si el programa es correcto:

Test	Descripción	Alumnos	Resultado esperado	Resultado obtenido
alumnos1	Ejemplo del enunciado	1,1,C,X,3 2,2,X,X,0 3,2,X,X,1 4,2,C,R,0 5,1,X,X,0 6,1,X,X,0 7,2,C,X,0 8,2,X,R,0	Número de soluciones: 576576. Problema propuesto en el enunciado, se ha comprobado en clase que el número de soluciones es 576576	Número de soluciones: 576576 {'6XX': 10, '3XX': 11, '1CX': 12, '5XX': 16, '8XR': 18, '4CR': 20, '2XX': 31, '7CX': 32}
alumnos2	Dos hermanos del mismo curso.	1,1,X,X,2 2,1,X,X,1	Número de soluciones: 16. Los hermanos se sientan juntos	Número de soluciones: 16 {'2XX': 13, '1XX': 14} {'2XX': 5, '1XX': 6} {'2XX': 9, '1XX': 10}

alumnos3	Dos hermanos de distinto curso.	1,2,X,X,2 2,1,X,X,1	Número de soluciones: 8 Soluciones donde el hermano mayor esté en el pasillo y delante.	Número de soluciones: 8 {'1XX': 15, '2XX': 16} {'2XX': 9, '1XX': 10} {'2XX': 1, '1XX': 2}
alumnos4	Dos hermanos del mismo curso conflictivos.	1,2,C,X,2 2,1,C,X,1	Número de soluciones: 8 Mismo resultado que el test alumnos3	Número de soluciones: 8 {'2CX': 5, '1CX': 6} {'2CX': 13, '1CX': 14} {'1CX': 3, '2CX': 4}
alumnos5	Dos hermanos, uno de ellos con movilidad reducida y de distinto curso.	1,2,X,X,2 2,1,X,R,1	Número de soluciones: 112 Los dos alumnos delante del autobús.	Número de soluciones: 112 {'1XR': 3, '2XX': 8} {'1XR': 2, '2XX': 6} {'2XX': 6, '1XR': 15}
alumnos6	Tres alumnos con movilidad reducida del segundo curso.	1,2,X,R,0 2,2,X,R,0 3,2,X,R,0	Es imposible porque solo hay dos asientos.	Número de soluciones: 0
alumnos7	5 alumnos conflictivos del segundo curso.	1,2,C,R,0 2,2,C,R,0 3,2,C,X,0 4,2,C,X,0 5,2,C,X,0	Es imposible porque no sería posible guardar las distancias con un conflictivo.	Número de soluciones: 0
alumnos8	Dos hermanos con movilidad reducida del segundo curso.	1,2,X,R,2 2,2,X,R,2	Número de soluciones: 8 Los dos hermanos detrás y en sitios de movilidad reducida.	Número de soluciones: 8 {'1XR': 17, '2XR': 19} {'1XR': 17, '2XR': 20} {'1XR': 18, '2XR': 20}
alumnos9	Cuatro alumnos conflictivos, uno de ellos con movilidad reducida. Y dos de ellos son hermanos.	1,2,C,R,0 2,2,C,X,0 3,2,C,X,4 4,2,C,X,3	Número de soluciones: 196 Todos los alumnos deben estar separados. Excepto los dos hermanos conflictivos.	Número de soluciones: 196 {'1CR': 18, '3CX': 29, '4CX': 30, '2CX': 32} {'3CX': 17, '4CX': 18, '1CR': 20, '2CX': 25} {'1CR': 17, '2CX': 24, '3CX': 25, '4CX': 26}
alumnos10	Ejemplo más completo con una clase de 8 alumnos.	1,1,X,X,3 2,2,C,X,0 3,2,C,X,1 4,2,C,R,5 5,1,X,X,4 6,1,X,R,0 7,2,C,X,0 8,2,X,R,0	Todas las restricciones se cumplen. Hermanos juntos, curso 1 delante curso 2 detrás etc.	Número de soluciones: 123600 {'6XR': 4, '1XX': 5, '3CX': 6, '5XX': 12, '4CR': 15, '8XR': 17, '7CX': 24, '2CX': 25}

Como podemos ver, todas las pruebas dan el resultado esperado. Debido a que hemos realizado una gran cantidad de pruebas diferentes, podemos asumir que el programa ha sido implementado de forma correcta o casi correcta.

4.2. Parte 2.

En todos los test se prueba que da el mismo resultado con las dos heurísticas, además se esperará que la longitud del plan sea siempre el número de alumnos que se suben al bus.

Test	Descripción	Alumnos	Resultado esperado	Resultado obtenido
alumnos1	Ejemplo complejo con varios nodos	{'6XX': 7, '3XX': 11, '1CX': 12, '9CR': 13, '5XX': 16, '8XR': 19, '4CX': 25, '2XX': 31, '7CX': 32}	Entrará primero el alumno 7, ya que se sienta atrás y es conflictivo. Después el 4, 6 y 3. Después entrarán 2 alumnos de movilidad reducida acompañados cada uno de un alumno sin movilidad reducida y no conflictivos. El segundo alumno de movilidad reducida será además conflictivo. Por último entrará el alumno conflictivo que se sienta en el asiento 12. Coste: 14	{'7CX': 32, '4CX': 25, '6XX': 7, '3XX': 11, '8XR': 19, '5XX': 16, '9CR': 13, '2XX': 31, '1CX': 12} Coste: 14
alumnos2	Hay más alumnos con movilidad reducida que sin ella.	{'2CX': 1, '9XR': 30, '3XR': 19, '5XR': 3}	Imposible	No hay solución
alumnos3	Un alumno con movilidad reducida y otro sin.	{'2XX': 1, '9XR': 30}	El alumno deberá ayudar al alumno con movilidad reducida, por lo que pasará después. Coste: 3	{'9XR': 30, '2XX': 1} Coste: 3
alumnos4	Un alumno conflictivo.	{'2CX': 1, '5XX': 30, '9XX': 25}	Los alumnos que estén delante y detrás del alumno conflictivo tardarán el doble. Coste: 4	{'5XX': 30, '9XX': 25, '2CX': 1} Coste: 4
alumnos5	Un alumno con movilidad reducida	{'2XX': 1, '5XX': 3,'9XX': 11 , '12XR': 25}	Uno de los alumnos ayudará al alumno con movilidad reducida.	{'12XR': 25, '2XX': 1, '5XX': 3, '9XX': 11} Coste: 5
alumnos6	4 alumnos no conflictivos y sin movilidad reducida	{'1XX': 4, '3XX': 18,'4XX': 17 , '2XX': 32}	Entrarán los alumnos en cualquier orden, en este caso escogerá el orden de los primeros nodos que expanda. Coste: 4 (uno por cada alumno)	{'1XX': 4, '3XX': 18,'4XX': 17 , '2XX': 32} Coste: 4
alumnos7	1 Conflictivo, 1 normal y 1 con movilidad reducida.	{'3XX': 11, '1CX': 12, '6XR': 15}	Se espera que el alumno normal vaya detrás del alumno con movilidad reducida.	{'6XR': 15, '3XX': 11, '1CX': 12} Coste: 4

5. Conclusión.

En esta práctica hemos aprendido a utilizar Python Constraint para resolver problemas de satisfacibilidad de restricciones. Además, hemos aprendido a resolver problemas de heurística utilizando Python.

Creemos que la práctica tiene un nivel adecuado a los contenidos vistos en clase, ya que se trata de un problema más difícil de resolver de lo normal pero contábamos con una gran cantidad de tiempo para resolverlo.

Además, hemos entendido la importancia del uso de programas informáticos para la resolución de problemas de búsqueda, ya que problemas que serían imposibles de resolver a mano son resueltos con rapidez por el ordenador.

Alba Marco Ugarte (100451139)
Juan Miguel Pulgar Esquivel (100451036)