

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Pràctica 3 - Planificació [Intel·ligència Artificial]

Planificador dels desplaçaments dels rovers

Autors:

Pol Fradera

Alex Wickenden

2022-2023

Índex

1 Introducció	3
2 Descripció del problema	3
3 Domini	4
3.1 Tipus de paràmetres	4
3.2 Predicats	4
3.3 Funcions	5
3.4 Accions	5
4 Modelització	6
4.1 Nivell bàsic	6
4.2 Primera extensió	7
4.3 Segona extensió	8
4.3.1 Primera versió	8
4.3.2 Segona versió	9
4.4 Tercera extensió	9
4.4.1 Primera versió	9
4.4.2 Segona versió	10
5 Joc de proves	11
5.1 Nivell bàsic	11
5.1.1 Planificacio-problem-1	11
5.1.2 Planificacio-problem-2	12
5.2 Extensió 1	12
5.2.1 Planificació-problem-ext1-1	13
5.2.2 Planificacio-problem-ext1-2	14
5.3 Extensió 2	15
5.3.1 Planificacio-problem-ext2-1	15
5.3.2 Planificacio-problem-ext2-2	17
5.4 Extensió 2 v2	19
5.4.1 Planificacio-problem-ext2-v2-1	19
5.4.2 Planificacio-problem-ext2-v2-2	20
5.5 Extensió 3	21
5.5.1 Planificacio-problem-ext3-1	21
5.6 Extensió 3 v2	22
5.6.1 Planificacio-problem-ext3-v2-1	22
5.6.2 Planificacio-problem-ext3-v2-2	23
6 Conclusió	25

1 Introducció

Aquesta pràctica té l'objectiu d'enfrontar-se a un problema senzill de síntesi que es pot resoldre mitjançant un planificador a l'espai d'estats perquè construeixi la solució.

S'implementarà mitjançant un llenguatge de descripció, el PDDL, el domini (amb els seus predicats i accions) i diversos exemples de problemes (amb els objectes, estats inicials i final).

2 Descripció del problema

Estem situats l'any 2075, i els primers colonitzadors de mart han establert una xarxa de bases que poden ser de dos tipus, assentaments (on viuen els colons) i magatzems (a on arriben els subministraments des de la terra). El desplaçament entre les bases es realitza amb rovers, que poden transportar tant subministrament com personal especialitzat. No sempre existeix la possibilitat d'anar directament d'una base a una altra, però sí que sempre es podrà arribar a qualsevol base encara que s'hagi de passar per altres primer.

Els assentaments, per a cobrir les seves necessitats, fan peticions tant de personal especialitzat com de subministrament. Cada petició és d'una unitat de subministrament o una persona, i se'n poden fer tantes com es vulgui. S'haurà de planificar els desplaçaments del rovers des de la base on es troben aparcats, perquè puguin recollir els subministraments i el personal necessari i finalment s'entreguin a l'assentament on s'ha fet la petició. Com que la vida a mart és molt dura, sempre hi haurà més peticions de subministrament i personal dels que es poden servir.

3 Domini

Per representar el domini, hem decidit que com que cada petició és d'una sola unitat, cada subministrament i cada persona té una identificació pròpia.

3.1 Tipus de paràmetres

Disposarem del tipus base, que tindrà com a subtipus assentament i magatzem. També tindrem el tipus object, dividit en personal i subministrament, i per últim el tipus rover.

```
(:types assentament magatzem - base
      personal subministrament - object
      rover
)
```

3.2 Predicats

Aquests són la totalitat de predicats que hem utilitzat per poder completar totes les extensions:

- (*estacionat ?r - rover ?b - base*): indica si el rover r es troba estacionat a la base b.
- (*disponible ?o - object ?b - base*): indica si l'objecte o està disponible a la base b.
- (*en ?o - object ?r - rover*): indica si l'objecte o es troba dins del rover r.
- (*entregat ?o - object*): indica si l'objecte o s'ha entregat a algun assentament.
- (*peticio ?o - object ?b - assentament*): indica que l'assentament b ha fet una petició de l'objecte o.
- (*cami ?b1 - base ?b2 - base*): indica que de la base b1 a la base b2 hi ha un camí directe.
- (*prioritat1 ?o - object ?b - assentament*): indica que la petició que ha fet l'assentament b de l'objecte o té prioritat 1.
- (*prioritat2 ?o - object ?b - assentament*): indica que la petició que ha fet l'assentament b de l'objecte o té prioritat 2.
- (*prioritat3 ?o - object ?b - assentament*): indica que la petició que ha fet l'assentament b de l'objecte o té prioritat 3.

3.3 Funcions

Aquestes són les funcions que hem utilitzat per poder completar totes les extensions:

- (*places ?r - rover*): nombre de places que estan ocupades al rover r.
- (*combustible ?r - rover*): quantitat de combustible que disposa el rover r.
- (*combustible_total*): suma del combustible que disposa cada rover.
- (*prioritat_total*): suma de les prioritats dels objectes entregats.

3.4 Accions

Aquestes són les accions que hem utilitzat per poder completar totes les extensions:

- *agafar_subministrament(?o - subministrament ?r - rover ?b - magatzem)*: si el rover r està estacionat al magatzem b, el subministrament o es troba al magatzem b i el rover r té les dues places lliures, el rover r agafa el subministrament o.
- *agafar_personal(?o - personal ?r - rover ?b - assentament)*: si el rover r està estacionat a l'assentament b, el personal o es troba a l'assentament b i el rover r té una plaça lliure com a mínim, el rover r agafa el personal o.
- *entregar_subministrament(?o - subministrament ?r - rover ?b - assentament)*: si el rover r es troba estacionat a l'assentament b, el subministrament o es troba dins del rover r i l'assentament b ha fet una petició del subministrament o, s'entregarà el subministrament o a l'assentament b.
- *entregar_personal(?o - personal ?r - rover ?b - assentament)*: si el rover r es troba estacionat a l'assentament b, el personal o es troba dins del rover r i l'assentament b ha fet una petició del personal o, s'entregarà el personal o a l'assentament b.
- *moure_rover(?r - rover ?o - base ?d - base)*: si el rover r es troba estacionat a la base o, hi ha un camí de la base o a la base d o viceversa i el rover r té més d'una unitat de combustible, el rover r es mourà de la base o a la base d.

4 Modelització

En aquest apartat s'explicarà com s'ha implementat cada versió del problema i es justificaran les decisions que s'hagin pres.

4.1 Nivell bàsic

En aquesta versió, es realitza el transport de tots els subministraments i personal per cobrir les peticions que es puguin dur a terme amb el que hi ha disponible. No hi ha limitació per la càrrega dels rovers i poden transportar alhora subministraments i personal.

En primer lloc, a partir de l'enunciat hem decidit que l'objectiu del planificador és entregar tots els objectes (subministraments i personal) que hi ha disponibles, ja que sempre hi haurà més peticions que objectes disponibles.

Per modelar el domini no hem necessitat fluents, ja que no hem utilitzat valors numèrics.

Els predicats que hem utilitzat són els següents:

- (*estacionat ?r - rover ?b - base*): per saber si el rover es troba a la base en qüestió.
- (*disponible ?o - object ?b - base*): per saber si l'objecte es troba a la base en qüestió.
- (*en ?o - object ?r - rover*): per saber si l'objecte es troba al rover en qüestió.
- (*entregat ?o - object*): ens serveix per saber si l'objectiu s'ha complert.
- (*peticio ?o - object ?b - assentament*): ens serveix per indicar les peticions realitzades pels assentaments.
- (*camí ?b1 - base ?b2 - base*): ens serveix per representar els camins que hi ha entre les diferents bases.

El conjunt d'operadors per aquesta versió és el següent:

- *agafar_subministrament(?o - subministrament ?r - rover ?b - magatzem)*: acció necessària perquè el rover pugui recollir els subministraments dels magatzems que posteriorment seran entregats.

- *agafar_personal(?o - personal ?r - rover ?b - assentament)*: tot i que es podria fer una sola acció el fet d'agafar un objecte, hem separat en agafar subministrament i agafar personal perquè com que els subministraments només es troben en magatzems i el personal en assentaments, d'aquesta manera es limita l'espai de cerca, ja que per exemple no es mirarà si una persona es troba a un magatzem.
- *entregar(?o - object ?r - rover ?b - assentament)*: operador necessari perquè el rover pugui entregar els objectes que porti.
- *moure_rover(?r - rover ?o - base ?d - base)*: operador que permet moure el rover d'una base a una altra i així poder agafar els objectes necessaris i poder fer les entregues corresponents.

4.2 Primera extensió

A diferència del nivell bàsic, els rovers poden transportar alhora un màxim de dues persones o una càrrega de subministrament (no poden barrejar persones i subministraments).

En aquesta versió ja hem utilitzat fluents i hem afegit la funció (*places ?r - rover*), que ens indica el nombre de places ocupades pel rover. Hem definit que cada rover té dues places disponibles i, per tant, pot tenir zero places ocupades, si el rover està buit, una ocupada, si el rover transporta una persona, o dues si el rover transporta dues persones o bé un subministrament. D'aquesta manera ens assegurem que el rover no pot transportar subministrament i persones alhora ja que, un subministrament ocupa totes les places del rover.

Els predicats utilitzats són els mateixos que els de la versió anterior.

Els canvis que hi han hagut a les accions són els següents:

- *agafar_subministrament(?o - subministrament ?r - rover ?b - magatzem)*: ara es comprova si el rover té dues places lliures i si s'agafa el subministrament s'incrementa en dos el nombre de places ocupades.

- *agafar_personal(?o - personal ?r - rover ?b - assentament)*: ara es comprova si el rover té com a mínim una plaça lliure i si s'agafa la persona s'incrementa en un el nombre de places ocupades.
- *entregar_subministrament(?o - subministrament ?r - rover ?b - assentament)*: s'ha dividit l'acció entregar en dues ja que, segons l'objecte que s'entregui es decrementaran les places ocupades del rover d'una manera o una altra, en aquest cas es decrementarà en dos.
- *entregar_personal(?o - personal ?r - rover ?b - assentament)*: un cop entregada la persona, el nombre de places ocupades del rover es decrementarà en un.
- l'acció de moure el rover no ha patit cap canvi.

4.3 Segona extensió

A diferència de la primera extensió, els rovers tenen una capacitat de combustible que es carrega al principi del dia, de manera que només poden fer un nombre limitat de moviments. En cada desplaçament entre dues bases el rover consumeix una unitat de combustible.

4.3.1 Primera versió

En aquesta versió no importa la quantitat de combustible consumit en total pels rovers mentre facin les entregues.

Respecte a la versió anterior hem afegit la funció (combustible ?r - rover), que indica la quantitat de combustible que té el rover r. Així podrem saber si el rover pot realitzar un desplaçament o no.

Només s'ha modificat la funció moure rover, de manera que tant sols es pugui executar si el rover té com a mínim una unitat de combustible, i un cop executada l'acció, es disminueix una unitat en el combustible del rover.

4.3.2 Segona versió

En aquesta versió s'ha de minimitzar el combustible total consumit.

Per aquest motiu hem afegit la funció (combustible_total), que indica la suma dels combustibles de cada rover. Per tant, després d'un moviment de qualsevol rover, disminuirà aquest valor en una unitat, per això hem afegit una mètrica que intenta maximitzar aquesta variable.

Respecte a la primera versió d'aquesta extensió, només s'ha modificar l'acció de moure_rover afegint que es disminueixi en una unitat el combustible_total una vegada realitzada l'acció.

4.4 Tercera extensió

A diferència de la segona extensió, les peticions tenen una prioritat 1, 2, o 3 (sent 3 la màxima) de manera que es busca el pla que maximitzi la prioritat de les peticions servides.

4.4.1 Primera versió

En aquesta versió no importa la quantitat de combustible consumit en total pels rovers.

Respecte a la primera versió de la segona extensió hem afegit els tres predicats següents:

- (*prioritat1 ?o - object ?b - assentament*)
- (*prioritat1 ?o - object ?b - assentament*)
- (*prioritat1 ?o - object ?b - assentament*)

Que indiquen quina prioritat té cada petició.

També hem afegit la funció (prioritat_total) que indica la suma de les prioritats dels objectes ja entregats.

Per tant, només realitzem el canvi de què a les accions d'entregar objectes, depenen de la prioritat que tenia la petició, se suma un valor o un altre a la prioritat_total. Si la prioritat és la màxima, se suma un valor més baix que si la prioritat és la mínima, ja que així a la mètrica es minimitza la prioritat_total.

4.4.2 Segona versió

En aquesta versió s'ha de minimitzar el combustible total consumit.

Per aquest motiu, respecte a la primera versió hem afegit la funció (`combustible_total`), que indica la suma del combustible consumit per cada rover. Per tant, després d'un moviment de qualsevol rover, augmentarà aquest valor en una unitat, per això hem afegit una mètrica que intenta minimitzar aquesta variable i la de `prioritat_total`.

Respecte a la primera versió d'aquesta extensió, només s'ha modificar l'acció de `moure_rover` afegint que s'augmenti en una unitat el `combustible_total` una vegada realitzada l'acció.

5 Joc de proves

5.1 Nivell bàsic

En la primera i, com el seu nom indica, la més bàsica extensió els rovers sense cap límit de capacitat ni de moviments de l'únic que ens hem de preocupar realment és de controlar el bon funcionament del moviment dels rovers i de l'acció de recollida i entrega dels subministraments i el personal.

5.1.1 Planificacio-problem-1

0: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S5 ROVER2 M4
1: AGAFAR_PERSONAL P5 ROVER3 A3
2: MOURE_ROVER ROVER3 A3 M2
3: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S3 ROVER3 M2
4: MOURE_ROVER ROVER3 M2 A2
5: AGAFAR_PERSONAL P1 ROVER1 A1
6: ENTREGAR S3 ROVER3 A2
7: MOURE_ROVER ROVER3 A2 M1
8: MOURE_ROVER ROVER1 A1 M5
9: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S4 ROVER1 M5
10: MOURE_ROVER ROVER1 M5 A5
11: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S1 ROVER3 M1
12: ENTREGAR P1 ROVER1 A5
13: ENTREGAR S4 ROVER1 A5
14: MOURE_ROVER ROVER3 M1 A2
15: AGAFAR_PERSONAL P3 ROVER3 A2
16: MOURE_ROVER ROVER3 A2 M1
17: MOURE_ROVER ROVER3 M1 A1
18: ENTREGAR P5 ROVER3 A1
19: MOURE_ROVER ROVER3 A1 M5
20: MOURE_ROVER ROVER3 M5 A5
21: ENTREGAR P3 ROVER3 A5
22: ENTREGAR S1 ROVER3 A5
23: MOURE_ROVER ROVER2 M4 A4
24: AGAFAR_PERSONAL P4 ROVER2 A4
25: AGAFAR_PERSONAL P2 ROVER2 A4
26: MOURE_ROVER ROVER2 A4 M4
27: MOURE_ROVER ROVER2 M4 A5
28: ENTREGAR P4 ROVER2 A5
29: ENTREGAR P2 ROVER2 A5
30: ENTREGAR S5 ROVER2 A5
31: MOURE_ROVER ROVER1 A5 M4
32: MOURE_ROVER ROVER1 M4 A4
33: MOURE_ROVER ROVER1 A4 M3
34: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S2 ROVER1 M3
35: MOURE_ROVER ROVER1 M3 A4

36: MOURE_ROVER ROVER1 A4 M4
37: MOURE_ROVER ROVER1 M4 A5
38: ENTREGAR S2 ROVER1 A5

En aquest cas a l'estar les coses repartides els 3 rovers es divideixen la feina una mica fent cadascun més d'una entrega. D'aquesta manera es redueix el nombre de passos de la solució en comparació a si hi hagués solament un rover.

5.1.2 Planificacio-problem-2

0: MOURE_ROVER ROVER1 M3 A4
1: AGAFAR_PERSONAL P5 ROVER1 A4
2: AGAFAR_PERSONAL P4 ROVER1 A4
3: AGAFAR_PERSONAL P3 ROVER1 A4
4: AGAFAR_PERSONAL P2 ROVER1 A4
5: AGAFAR_PERSONAL P1 ROVER1 A4
6: MOURE_ROVER ROVER1 A4 M4
7: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S5 ROVER1 M4
8: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S4 ROVER1 M4
9: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S3 ROVER1 M4
10: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S2 ROVER1 M4
11: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S1 ROVER1 M4
12: MOURE_ROVER ROVER1 M4 A5
13: ENTREGAR P5 ROVER1 A5
14: ENTREGAR P4 ROVER1 A5
15: ENTREGAR P3 ROVER1 A5
16: ENTREGAR P2 ROVER1 A5
17: ENTREGAR P1 ROVER1 A5
18: ENTREGAR S5 ROVER1 A5
19: ENTREGAR S4 ROVER1 A5
20: ENTREGAR S3 ROVER1 A5
21: ENTREGAR S2 ROVER1 A5
22: ENTREGAR S1 ROVER1 A5

En aquest cas el rover1 s'aprofita de les poques restriccions de l'extensió bàsica i entrega tots els subministraments i personal amb 2 moviments, ja que tots tenen peticions a l'A5 i estan repartits entre el rover i l'A5 (tot està a un assentament i un magatzem entre el rover i l'A5).

5.2 Extensió 1

Aquesta extensió introdueix el concepte de capacitat del rover, la qual es redueix com a molt 2 persones o 1 subministrament. Això, comportarà un augment en ambdós

casos del nombre de passos per a solucionar el problema. Les entrades són les mateixes que al nivell bàsic, només canvia el tema de les capacitats.

5.2.1 Planificació-problem-ext1-1

- 0: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S5 ROVER2 M4
- 1: AGAFAR_PERSONAL P5 ROVER3 A3
- 2: MOURE_ROVER ROVER3 A3 M3
- 3: MOURE_ROVER ROVER3 M3 A4
- 4: MOURE_ROVER ROVER3 A4 M4
- 5: MOURE_ROVER ROVER2 M4 A5
- 6: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S5 ROVER2 A5
- 7: MOURE_ROVER ROVER2 A5 M5
- 8: MOURE_ROVER ROVER2 M5 A1
- 9: MOURE_ROVER ROVER3 M4 A4
- 10: ENTREGAR_PERSONAL P5 ROVER3 A4
- 11: AGAFAR_PERSONAL P4 ROVER3 A4
- 12: AGAFAR_PERSONAL P2 ROVER3 A4
- 13: MOURE_ROVER ROVER2 A1 M1
- 14: MOURE_ROVER ROVER2 M1 A2
- 15: MOURE_ROVER ROVER2 A2 M2
- 16: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S3 ROVER2 M2
- 17: MOURE_ROVER ROVER2 M2 A2
- 18: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S3 ROVER2 A2
- 19: MOURE_ROVER ROVER3 A4 M4
- 20: MOURE_ROVER ROVER3 M4 A5
- 21: ENTREGAR_PERSONAL P4 ROVER3 A5
- 22: ENTREGAR_PERSONAL P2 ROVER3 A5
- 23: MOURE_ROVER ROVER3 A5 M4
- 24: MOURE_ROVER ROVER3 M4 A4
- 25: MOURE_ROVER ROVER3 A4 M3
- 26: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S2 ROVER3 M3
- 27: MOURE_ROVER ROVER3 M3 A4
- 28: MOURE_ROVER ROVER3 A4 M4
- 29: MOURE_ROVER ROVER3 M4 A5
- 30: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S2 ROVER3 A5
- 31: MOURE_ROVER ROVER3 A5 M5
- 32: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S4 ROVER3 M5
- 33: MOURE_ROVER ROVER3 M5 A5
- 34: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S4 ROVER3 A5
- 35: AGAFAR_PERSONAL P1 ROVER1 A1
- 36: MOURE_ROVER ROVER1 A1 M5
- 37: MOURE_ROVER ROVER2 A2 M1
- 38: MOURE_ROVER ROVER1 M5 A5
- 39: ENTREGAR_PERSONAL P1 ROVER1 A5
- 40: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S1 ROVER2 M1
- 41: MOURE_ROVER ROVER2 M1 A1

42: MOURE_ROVER ROVER2 A1 M5
 43: MOURE_ROVER ROVER2 M5 A5
 44: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S1 ROVER2 A5
 45: MOURE_ROVER ROVER2 A5 M5
 46: MOURE_ROVER ROVER2 M5 A1
 47: MOURE_ROVER ROVER2 A1 M1
 48: MOURE_ROVER ROVER2 M1 A2
 49: AGAFAR_PERSONAL P3 ROVER2 A2
 50: MOURE_ROVER ROVER2 A2 M1
 51: MOURE_ROVER ROVER2 M1 A1
 52: MOURE_ROVER ROVER2 A1 M5
 53: MOURE_ROVER ROVER2 M5 A5
 54: ENTREGAR_PERSONAL P3 ROVER2 A5

Com podíem esperar, augmenta el nombre de passos per a solucionar el problema (abans 38 i ara 54). No ha augmentat gaire perquè a l'estar més repartits el personal o subministrament a servir els rovers tampoc carregaven molta cosa alhora.

5.2.2 Planificacio-problem-ext1-2

0: MOURE_ROVER ROVER1 M3 A4
 1: AGAFAR_PERSONAL P5 ROVER1 A4
 2: MOURE_ROVER ROVER1 A4 M4
 3: MOURE_ROVER ROVER1 M4 A5
 4: ENTREGAR_PERSONAL P5 ROVER1 A5
 5: MOURE_ROVER ROVER1 A5 M4
 6: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S5 ROVER1 M4
 7: MOURE_ROVER ROVER1 M4 A5
 8: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S5 ROVER1 A5
 9: MOURE_ROVER ROVER1 A5 M4
 10: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S4 ROVER1 M4
 11: MOURE_ROVER ROVER1 M4 A5
 12: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S4 ROVER1 A5
 13: MOURE_ROVER ROVER1 A5 M4
 14: MOURE_ROVER ROVER1 M4 A4
 15: AGAFAR_PERSONAL P4 ROVER1 A4
 16: AGAFAR_PERSONAL P3 ROVER1 A4
 17: MOURE_ROVER ROVER1 A4 M4
 18: MOURE_ROVER ROVER1 M4 A5
 19: ENTREGAR_PERSONAL P4 ROVER1 A5
 20: ENTREGAR_PERSONAL P3 ROVER1 A5
 21: MOURE_ROVER ROVER1 A5 M4
 22: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S3 ROVER1 M4
 23: MOURE_ROVER ROVER1 M4 A5
 24: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S3 ROVER1 A5
 25: MOURE_ROVER ROVER1 A5 M4
 26: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S2 ROVER1 M4

27: MOURE_ROVER ROVER1 M4 A5
28: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S2 ROVER1 A5
29: MOURE_ROVER ROVER1 A5 M4
30: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S1 ROVER1 M4
31: MOURE_ROVER ROVER1 M4 A5
32: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S1 ROVER1 A5
33: MOURE_ROVER ROVER1 A5 M4
34: MOURE_ROVER ROVER1 M4 A4
35: AGAFAR_PERSONAL P2 ROVER1 A4
36: AGAFAR_PERSONAL P1 ROVER1 A4
37: MOURE_ROVER ROVER1 A4 M4
38: MOURE_ROVER ROVER1 M4 A5
39: ENTREGAR_PERSONAL P2 ROVER1 A5
40: ENTREGAR_PERSONAL P1 ROVER1 A5

En aquest segon cas podem comprovar de manera més significativa l'efecte de la restricció de capacitat, ja que tot i tenir els subministraments i el personal a entregar a prop del destí, el rover1 ha de fer un viatge cada vegada que porta un subministrament i cada vegada que porta una o dues persones. Això fa que augmenti notablement el nombre de passos per a la resolució del problema (abans 22 i ara 40). Gairebé un augment del 100%. Aquest percentatge creix si fem créixer el nombre de subministraments o personal.

5.3 Extensió 2

A la segona extensió apareix el concepte de combustible dels rovers. Aquest paràmetre limita el nombre de moviments que poden realitzar, d'aquesta manera fa més complexa el trobar una solució al problema. Hi ha dues versions en aquesta extensió, la normal on el combustible és limitat, però no hi ha cap restricció sobre el consum i la segona versió on minimitzem el combustible gastat total, cosa que fa encara més complexa el càlcul de la solució del problema.

5.3.1 Planificacio-problem-ext2-1

0: MOURE_ROVER ROVER1 A1 M5
1: MOURE_ROVER ROVER1 M5 A5
2: MOURE_ROVER ROVER3 A5 M5
3: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S4 ROVER3 M5
4: MOURE_ROVER ROVER3 M5 A5
5: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S4 ROVER3 A5
6: MOURE_ROVER ROVER2 M3 A4
7: AGAFAR_PERSONAL P4 ROVER2 A4

8: MOURE_ROVER ROVER2 A4 M3
9: MOURE_ROVER ROVER2 M3 A4
10: AGAFAR_PERSONAL P2 ROVER2 A4
11: MOURE_ROVER ROVER2 A4 M3
12: MOURE_ROVER ROVER2 M3 A4
13: ENTREGAR_PERSONAL P4 ROVER2 A4
14: MOURE_ROVER ROVER2 A4 M3
15: MOURE_ROVER ROVER2 M3 A3
16: ENTREGAR_PERSONAL P2 ROVER2 A3
17: MOURE_ROVER ROVER2 A3 M3
18: MOURE_ROVER ROVER3 A5 M5
19: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S2 ROVER2 M3
20: MOURE_ROVER ROVER2 M3 A4
21: MOURE_ROVER ROVER3 M5 A1
22: AGAFAR_PERSONAL P1 ROVER3 A1
23: MOURE_ROVER ROVER3 A1 M5
24: MOURE_ROVER ROVER3 M5 A5
25: ENTREGAR_PERSONAL P1 ROVER3 A5
26: MOURE_ROVER ROVER2 A4 M4
27: MOURE_ROVER ROVER3 A5 M4
28: MOURE_ROVER ROVER2 M4 A5
29: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S2 ROVER2 A5
30: MOURE_ROVER ROVER3 M4 A4
31: MOURE_ROVER ROVER3 A4 M3
32: MOURE_ROVER ROVER3 M3 A3
33: MOURE_ROVER ROVER3 A3 M2
34: MOURE_ROVER ROVER2 A5 M4
35: MOURE_ROVER ROVER3 M2 A3
36: MOURE_ROVER ROVER3 A3 M2
37: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S3 ROVER3 M2
38: MOURE_ROVER ROVER3 M2 A3
39: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S3 ROVER3 A3
40: AGAFAR_PERSONAL P5 ROVER3 A3
41: MOURE_ROVER ROVER3 A3 M3
42: MOURE_ROVER ROVER1 A5 M5
43: MOURE_ROVER ROVER3 M3 A4
44: MOURE_ROVER ROVER3 A4 M4
45: MOURE_ROVER ROVER3 M4 A5
46: ENTREGAR_PERSONAL P5 ROVER3 A5
47: MOURE_ROVER ROVER1 M5 A1
48: MOURE_ROVER ROVER1 A1 M1
49: MOURE_ROVER ROVER3 A5 M4
50: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S1 ROVER1 M1
51: MOURE_ROVER ROVER1 M1 A1
52: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S1 ROVER1 A1
53: MOURE_ROVER ROVER1 A1 M1
54: MOURE_ROVER ROVER1 M1 A2
55: AGAFAR_PERSONAL P3 ROVER1 A2

56: MOURE_ROVER ROVER1 A2 M1
 57: MOURE_ROVER ROVER1 M1 A1
 58: MOURE_ROVER ROVER1 A1 M5
 59: MOURE_ROVER ROVER1 M5 A5
 60: ENTREGAR_PERSONAL P3 ROVER1 A5
 61: MOURE_ROVER ROVER1 A5 M4
 62: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S5 ROVER3 M4
 63: MOURE_ROVER ROVER3 M4 A4
 64: MOURE_ROVER ROVER3 A4 M3
 65: MOURE_ROVER ROVER3 M3 A3
 66: MOURE_ROVER ROVER3 A3 M2
 67: MOURE_ROVER ROVER3 M2 A2
 68: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S5 ROVER3 A2

En aquest exemple tots 3 rovers tenen 100 unitats de combustible, o sigui poden fer cada un fins a 100 moviments. Això permet al programa trobar una solució decent de manera ràpida perquè hi ha combustible de sobres per realitzar totes les entregues.

5.3.2 Planificacio-problem-ext2-2

0: MOURE_ROVER ROVER1 A1 M5
 1: MOURE_ROVER ROVER2 M3 A4
 2: AGAFAR_PERSONAL P4 ROVER2 A4
 3: ENTREGAR_PERSONAL P4 ROVER2 A4
 4: MOURE_ROVER ROVER3 A5 M5
 5: AGAFAR_PERSONAL P2 ROVER2 A4
 6: MOURE_ROVER ROVER2 A4 M3
 7: MOURE_ROVER ROVER2 M3 A3
 8: ENTREGAR_PERSONAL P2 ROVER2 A3
 9: MOURE_ROVER ROVER2 A3 M3
 10: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S2 ROVER2 M3
 11: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S4 ROVER1 M5
 12: MOURE_ROVER ROVER2 M3 A4
 13: MOURE_ROVER ROVER1 M5 A5
 14: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S4 ROVER1 A5
 15: MOURE_ROVER ROVER3 M5 A1
 16: AGAFAR_PERSONAL P1 ROVER3 A1
 17: MOURE_ROVER ROVER3 A1 M5
 18: MOURE_ROVER ROVER3 M5 A5
 19: ENTREGAR_PERSONAL P1 ROVER3 A5
 20: MOURE_ROVER ROVER2 A4 M4
 21: MOURE_ROVER ROVER1 A5 M4
 22: MOURE_ROVER ROVER3 A5 M5
 23: MOURE_ROVER ROVER2 M4 A5
 24: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S2 ROVER2 A5
 25: MOURE_ROVER ROVER1 M4 A4
 26: MOURE_ROVER ROVER1 A4 M3

27: MOURE_ROVER ROVER3 M5 A1
28: MOURE_ROVER ROVER3 A1 M1
29: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S1 ROVER3 M1
30: MOURE_ROVER ROVER3 M1 A1
31: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S1 ROVER3 A1
32: MOURE_ROVER ROVER1 M3 A3
33: AGAFAR_PERSONAL P5 ROVER1 A3
34: MOURE_ROVER ROVER1 A3 M3
35: MOURE_ROVER ROVER1 M3 A4
36: MOURE_ROVER ROVER1 A4 M4
37: MOURE_ROVER ROVER1 M4 A5
38: ENTREGAR_PERSONAL P5 ROVER1 A5
39: MOURE_ROVER ROVER1 A5 M4
40: MOURE_ROVER ROVER1 M4 A4
41: MOURE_ROVER ROVER1 A4 M3
42: MOURE_ROVER ROVER1 M3 A3
43: MOURE_ROVER ROVER2 A5 M4
44: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S5 ROVER2 M4
45: MOURE_ROVER ROVER2 M4 A4
46: MOURE_ROVER ROVER2 A4 M3
47: MOURE_ROVER ROVER2 M3 A3
48: MOURE_ROVER ROVER2 A3 M2
49: MOURE_ROVER ROVER2 M2 A2
50: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S5 ROVER2 A2
51: MOURE_ROVER ROVER2 A2 M2
52: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S3 ROVER2 M2
53: MOURE_ROVER ROVER2 M2 A3
54: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S3 ROVER2 A3
55: MOURE_ROVER ROVER3 A1 M1
56: MOURE_ROVER ROVER3 M1 A2
57: AGAFAR_PERSONAL P3 ROVER3 A2
58: MOURE_ROVER ROVER3 A2 M1
59: MOURE_ROVER ROVER3 M1 A1
60: MOURE_ROVER ROVER3 A1 M5
61: MOURE_ROVER ROVER3 M5 A5
62: ENTREGAR_PERSONAL P3 ROVER3 A5

En aquest cas, tenim el mateix problema, però els rovers tenen combustible de 15 en comptes de 100. Per tant, no poden desaprofitar gairebé aquest, ja que si no és probable que no pugui trobar-se una solució. El programa troba, com podem veure, una millor solució que en el cas anterior que era menys restrictiu. Això és degut al fet que, com tenim menys combustible, el programa no pot desaprofitar gairebé combustible. Llavors ens trobem que l'**espai de solucions** en aquest cas conté solucions més properes a l'òptima que en el primer cas.

5.4 Extensió 2 v2

Aquí aplicarem un petit canvi, aquest és l'ús de mètriques. Concretament, tindrem una que busca maximitzar el combustible restant total o, dit d'una altra manera, minimitzar el consum total. Això ho farem controlant la quantitat de combustible total que hi ha i decrementant-la cada vegada que es mou un rover. Això farà que ens interressi fer el mínim nombre de moviments possibles i per això el programa trobarà solucions bastant properes a l'òptima, si és que no la troba.

5.4.1 Planificacio-problem-ext2-v2-1

```
0: MOURE_ROVER ROVER2 M3 M5
1: AGAFAR_PERSONAL P2 ROVER3 A4
2: MOURE_ROVER ROVER3 A4 M3
3: MOURE_ROVER ROVER1 A1 M1
4: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S1 ROVER1 M1
5: MOURE_ROVER ROVER1 M1 A2
6: MOURE_ROVER ROVER1 A2 A4
7: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S1 ROVER1 A4
8: MOURE_ROVER ROVER3 M3 A3
9: ENTREGAR_PERSONAL P2 ROVER3 A3
10: MOURE_ROVER ROVER3 A3 M2
11: MOURE_ROVER ROVER1 A4 M4
12: MOURE_ROVER ROVER1 M4 A5
13: AGAFAR_PERSONAL P3 ROVER1 A5
14: MOURE_ROVER ROVER1 A5 M4
15: MOURE_ROVER ROVER1 M4 A4
16: ENTREGAR_PERSONAL P3 ROVER1 A4
17: MOURE_ROVER ROVER1 A4 M3
18: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S2 ROVER1 M3
19: MOURE_ROVER ROVER1 M3 A3
20: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S2 ROVER1 A3
21: MOURE_ROVER ROVER1 A3 M3
22: MOURE_ROVER ROVER1 M3 M5
23: MOURE_ROVER ROVER2 M5 A5
24: MOURE_ROVER ROVER2 A5 M4
25: MOURE_ROVER ROVER1 M5 M3
26: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S3 ROVER1 M3
27: MOURE_ROVER ROVER1 M3 M5
28: MOURE_ROVER ROVER1 M5 A1
29: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S3 ROVER1 A1
30: AGAFAR_PERSONAL P1 ROVER1 A1
31: MOURE_ROVER ROVER1 A1 M5
32: MOURE_ROVER ROVER1 M5 A5
33: ENTREGAR_PERSONAL P1 ROVER1 A5
```

En aquesta primera versió els rovers tenen 100 de combustible i, per tant, el combustible malgastat pot oscil·lar entre molts valors. Però gràcies a la nostra modificació de la mètrica i al Fast Forward el programa és capaç de trobar una bona solució. És important deixar clar que normalment no es trobarà la solució òptima ni alguna quasi òptima, ja que l'**espai de solucions** és molt gran i no el podem recórrer sencer ni molt menys.

5.4.2 Planificacio-problem-ext2-v2-2

```
0: MOURE_ROVER ROVER2 M3 M5
1: AGAFAR_PERSONAL P2 ROVER3 A4
2: MOURE_ROVER ROVER3 A4 M3
3: MOURE_ROVER ROVER1 A1 M1
4: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S1 ROVER1 M1
5: MOURE_ROVER ROVER1 M1 A2
6: MOURE_ROVER ROVER1 A2 A4
7: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S1 ROVER1 A4
8: MOURE_ROVER ROVER3 M3 A3
9: ENTREGAR_PERSONAL P2 ROVER3 A3
10: MOURE_ROVER ROVER3 A3 M2
11: MOURE_ROVER ROVER1 A4 M3
12: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S3 ROVER1 M3
13: MOURE_ROVER ROVER1 M3 A4
14: MOURE_ROVER ROVER1 A4 A2
15: MOURE_ROVER ROVER3 M2 A3
16: MOURE_ROVER ROVER2 M5 A1
17: AGAFAR_PERSONAL P1 ROVER2 A1
18: MOURE_ROVER ROVER2 A1 M5
19: MOURE_ROVER ROVER2 M5 A5
20: AGAFAR_PERSONAL P3 ROVER2 A5
21: ENTREGAR_PERSONAL P1 ROVER2 A5
22: MOURE_ROVER ROVER2 A5 M4
23: MOURE_ROVER ROVER2 M4 A4
24: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S3 ROVER1 A2
25: MOURE_ROVER ROVER3 A3 M3
26: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S2 ROVER3 M3
27: MOURE_ROVER ROVER3 M3 A3
28: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S2 ROVER3 A3
29: ENTREGAR_PERSONAL P3 ROVER2 A4
```

En el segon exemple, canviem el combustible dels rovers de 100 a 6, d'aquesta manera reduïm la mida de l'espai de solucions (tot i que encara és inexplorable al

complet). Això ens fa trobar, tot i fer una exploració més àmplia, una millor solució que en el primer exemple.

5.5 Extensió 3

La tercera i última extensió consisteix a afegir una prioritat a cada petició, de manera que si una petició A d'un personal/subministrament té una prioritat més alta que una altra petició B d'aquest mateix personal/subministrament se li doni preferència (en cas possible) a l'A. Hi ha tres tipus de prioritats 1, 2 i 3 sent 1 la més baixa i 3 la més alta.

5.5.1 Planificacio-problem-ext3-1

0: MOURE_ROVER ROVER1 A1 M5
1: MOURE_ROVER ROVER1 M5 A5
2: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S2 ROVER2 M3
3: MOURE_ROVER ROVER2 M3 A4
4: MOURE_ROVER ROVER2 A4 M4
5: MOURE_ROVER ROVER2 M4 A5
6: MOURE_ROVER ROVER1 A5 M4
7: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S3 ROVER1 M4
8: MOURE_ROVER ROVER1 M4 A5
9: MOURE_ROVER ROVER2 A5 M4
10: MOURE_ROVER ROVER2 M4 A4
11: MOURE_ROVER ROVER1 A5 M5
12: MOURE_ROVER ROVER1 M5 A5
13: MOURE_ROVER ROVER1 A5 M5
14: MOURE_ROVER ROVER1 M5 A5
15: MOURE_ROVER ROVER1 A5 M5
16: MOURE_ROVER ROVER1 M5 A5
17: MOURE_ROVER ROVER1 A5 M5
18: MOURE_ROVER ROVER1 M5 A5
19: MOURE_ROVER ROVER1 A5 M5
20: MOURE_ROVER ROVER1 M5 A5
21: MOURE_ROVER ROVER1 A5 M5
22: MOURE_ROVER ROVER1 M5 A5
23: MOURE_ROVER ROVER1 A5 M5
24: MOURE_ROVER ROVER1 M5 A5
25: MOURE_ROVER ROVER1 A5 M5
26: MOURE_ROVER ROVER1 M5 A1
27: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S3 ROVER1 A1
28: MOURE_ROVER ROVER2 A4 M3
29: MOURE_ROVER ROVER2 M3 A3
30: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S2 ROVER2 A3
31: MOURE_ROVER ROVER2 A3 M3
32: MOURE_ROVER ROVER2 M3 A4
33: MOURE_ROVER ROVER2 A4 M3

34: MOURE_ROVER ROVER2 M3 A3
 35: MOURE_ROVER ROVER2 A3 M2
 36: MOURE_ROVER ROVER2 M2 A2
 37: AGAFAR_PERSONAL P3 ROVER2 A2
 38: ENTREGAR_PERSONAL P3 ROVER2 A2
 39: MOURE_ROVER ROVER2 A2 M1
 40: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S1 ROVER2 M1
 41: MOURE_ROVER ROVER2 M1 A1
 42: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S1 ROVER2 A1
 43: AGAFAR_PERSONAL P1 ROVER2 A1
 44: MOURE_ROVER ROVER2 A1 M5
 45: MOURE_ROVER ROVER2 M5 M3
 46: MOURE_ROVER ROVER2 M3 A4
 47: AGAFAR_PERSONAL P2 ROVER2 A4
 48: MOURE_ROVER ROVER2 A4 M3
 49: MOURE_ROVER ROVER2 M3 A3
 50: ENTREGAR_PERSONAL P1 ROVER2 A3
 51: ENTREGAR_PERSONAL P2 ROVER2 A3

En aquest exemple podem veure un conflicte entre la mètrica i l'objectiu final. Perquè com volem minimitzar un valor el qual incrementem quan fem una entrega, el programa gasta el combustible inútilment, ja que és la “millor” opció segons l'heurística, ja que si no fas una entrega ni incrementes el valor. Després de gastar benzina, un cop tenen la mínima per fer totes les entregues, les fan “per obligació” i llavors no poden assegurar el tema de les prioritats.

Aquest és el procés que segueix en qualsevol execució, sempre segueix el mateix patró. Per això en aquesta versió és redundant mostrar més d'una execució.

5.6 Extensió 3 v2

Aquesta és la versió final del nostre planificador. Aquí es fa una mena de combinació a la mètrica combinant la prioritat total servida i el combustible consumit. Concretament, es minimitza la suma dels dos elements (els quals poden ser més o menys rellevants segons la constant per la qual ho multipliquem). Així sí que compleix correctament l'ordre de les prioritats de les peticions (si se li dona més importància que el combustible).

5.6.1 Planificacio-problem-ext3-v2-1

0: MOURE_ROVER ROVER1 A1 M5
 1: MOURE_ROVER ROVER1 M5 A5

- 2: MOURE_ROVER ROVER2 M3 A4
- 3: AGAFAR_PERSONAL P2 ROVER2 A4
- 4: ENTREGAR_PERSONAL P2 ROVER2 A4
- 5: MOURE_ROVER ROVER2 A4 M3
- 6: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S2 ROVER2 M3
- 7: MOURE_ROVER ROVER2 M3 A3
- 8: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S2 ROVER2 A3
- 9: MOURE_ROVER ROVER1 A5 M4
- 10: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S3 ROVER1 M4
- 11: MOURE_ROVER ROVER1 M4 A5
- 12: MOURE_ROVER ROVER2 A3 M2
- 13: MOURE_ROVER ROVER1 A5 M5
- 14: MOURE_ROVER ROVER1 M5 A1
- 15: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S3 ROVER1 A1
- 16: AGAFAR_PERSONAL P1 ROVER1 A1
- 17: MOURE_ROVER ROVER1 A1 M5
- 18: MOURE_ROVER ROVER1 M5 A5
- 19: ENTREGAR_PERSONAL P1 ROVER1 A5
- 20: MOURE_ROVER ROVER1 A5 M4
- 21: MOURE_ROVER ROVER1 M4 A4
- 22: MOURE_ROVER ROVER1 A4 A2
- 23: AGAFAR_PERSONAL P3 ROVER1 A2
- 24: ENTREGAR_PERSONAL P3 ROVER1 A2
- 25: MOURE_ROVER ROVER1 A2 M1
- 26: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S1 ROVER1 M1
- 27: MOURE_ROVER ROVER1 M1 A2
- 28: MOURE_ROVER ROVER1 A2 M2
- 29: MOURE_ROVER ROVER1 M2 A3
- 30: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S1 ROVER1 A3

En la primera execució hem donat molta més importància a les prioritats que al combustible (exactament 1 punt de prioritats equival a 10 unitats de combustible). Això fa que totes les entregues (si és possible) siguin a la petició d'aquell objecte amb la prioritats més alta. Això té en compte el combustible i el minimitza però després de pensar en l'ordre de les prioritats.

5.6.2 Planificacio-problem-ext3-v2-2

- 0: MOURE_ROVER ROVER1 A1 M5
- 1: MOURE_ROVER ROVER1 M5 A5
- 2: MOURE_ROVER ROVER2 M3 A4
- 3: AGAFAR_PERSONAL P2 ROVER2 A4
- 4: ENTREGAR_PERSONAL P2 ROVER2 A4
- 5: MOURE_ROVER ROVER2 A4 M3
- 6: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S2 ROVER2 M3
- 7: MOURE_ROVER ROVER2 M3 A3
- 8: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S2 ROVER2 A3
- 9: MOURE_ROVER ROVER2 A3 M2

- 10: MOURE_ROVER ROVER2 M2 A2
- 11: AGAFAR_PERSONAL P3 ROVER2 A2
- 12: ENTREGAR_PERSONAL P3 ROVER2 A2
- 13: MOURE_ROVER ROVER2 A2 M1
- 14: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S1 ROVER2 M1
- 15: MOURE_ROVER ROVER1 A5 M5
- 16: MOURE_ROVER ROVER2 M1 A1
- 17: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S1 ROVER2 A1
- 18: MOURE_ROVER ROVER1 M5 A1
- 19: AGAFAR_PERSONAL P1 ROVER2 A1
- 20: MOURE_ROVER ROVER2 A1 M5
- 21: MOURE_ROVER ROVER2 M5 A5
- 22: ENTREGAR_PERSONAL P1 ROVER2 A5
- 23: MOURE_ROVER ROVER2 A5 M4
- 24: AGAFAR_SUBMINISTRAMENT S3 ROVER2 M4
- 25: MOURE_ROVER ROVER2 M4 A5
- 26: MOURE_ROVER ROVER2 A5 M5
- 27: MOURE_ROVER ROVER2 M5 A1
- 28: ENTREGAR_SUBMINISTRAMENT S3 ROVER2 A1

En aquest segon exemple hem utilitzat el mateix enunciat però li hem donat més importància al combustible total consumit i això ha fet que entregui el subministrament S1 a un assentament que té una petició de prioritat 2 abans a un altre que té prioritat 3. És així perquè segons la nova heurística surt “més a compte” perdre un punt de prioritat que la benzina que suposa de més arribar al segon assentament.

6 Conclusió

Hem pogut resoldre el problema de planificació a partir d'un model format per predicats, variables i accions pròpies de PDDL. Per tal d'aconseguir-ho, hem començat definint un pla pel nivell bàsic i, seguidament, hem anat afegint les següents extensions que ens proposava el guió de la pràctica. Per solucionar cada problema hem utilitzat Fast Forward, i a partir de la primera extensió, també hem hagut d'utilitzar l'extensió :fluents, gràcies a aquest planificador hem pogut executar els nostres plans definits en PDDL i comparar els diferents resultats, que generalment han ofert una bona planificació en un temps raonable.

Hem observat el comportament del Fast Forward amb totes les extensions, com actuaven les mètriques, els objectius i els operadors individualment i en conjunt. A l'extensió 3 v2 és on hem pogut fer la combinació ideal de tots els paràmetres i fer que no hi hagi incompatibilitats. En tenir en compte a la mètrica el combustible, el problema de l'extensió 3 (primera versió) desapareix, ja que li interessa fer el mínim nombre de moviments. Mitjançant les constants per les quals multipliquem la prioritat total i el combustible consumit total, podem inclinar la balança d'importància cap a les prioritats o cap al combustible, depenent del criteri que s'apliqui per a resoldre el problema.

Així doncs, podem concloure que s'ha d'adequar el planificador no només als requisits de l'enunciat, sinó també a l'algorisme que l'executa, el Fast Forward.