

## Práctica 3.2 - Dominios y problemas de planificación HTN.

---

Ignacio Martín Requena

29 de junio de 2015

## Índice

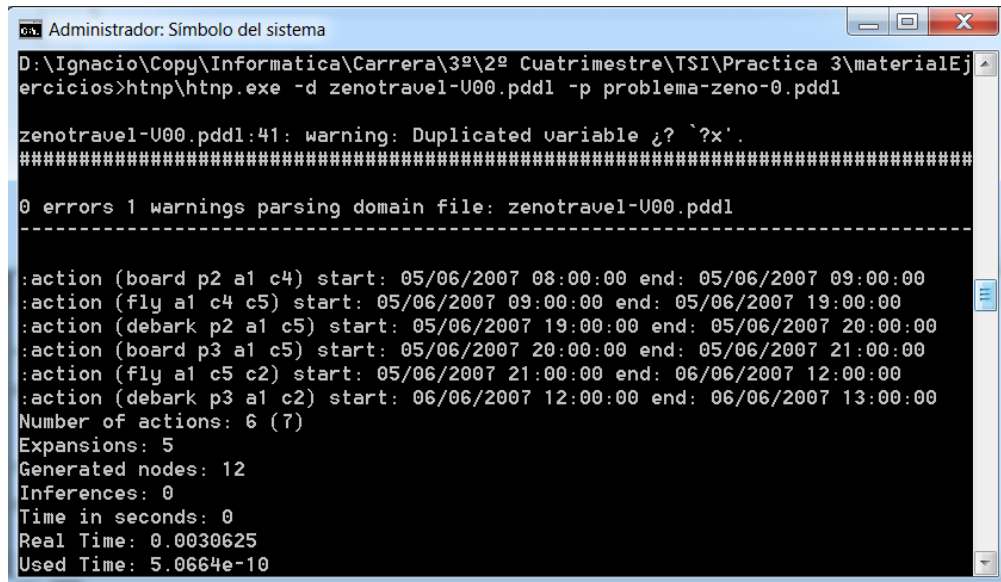
1. Ejercicio 0	3
2. Ejercicio 1	3
3. Ejercicio 2	5
4. Ejercicio 3	7
5. Ejercicio 4	11
6. Aclacación	12

## Índice de figuras

1.1. Ejecución de HTN para el problema 0 . . . . .	3
2.1. Ejecución de HTN para el problema 1 sin modificar el dominio . . . . .	4
2.2. Ejecución de HTN para el problema 1 con dominio modificado . . . . .	5
3.1. Ejecución de HTN para el problema 2 con dominio no modificado . . . . .	5
3.2. Ejecución de HTN para el problema 2 con dominio correcto . . . . .	6
4.1. Ejecución de HTN para el problema 3 con dominio no modificado . . . . .	7
4.2. Ejecución de HTN para el problema 3 con dominio no modificado . . . . .	10
5.1. Ejecución de HTN para el problema 2 con dominio no modificado . . . . .	12

## 1. Ejercicio 0

Se puede comprobar como con el dominio `zenotrael-V00.pddl` y el problema `problema-zeno-0.pddl` entregado por el profesor el planificador HTN-PDDL resuelve el problema:



```
Administrador: Símbolo del sistema
D:\Ignacio\Copy\Informatica\Carrera\3º\2º Cuatrimestre\TSI\Practica 3\materialEjercicios>htnp\htnp.exe -d zenotrael-V00.pddl -p problema-zeno-0.pddl

zenotrael-V00.pddl:41: warning: Duplicated variable ¿? `?x'.
#####

0 errors 1 warnings parsing domain file: zenotrael-V00.pddl
-----

:action (board p2 a1 c4) start: 05/06/2007 08:00:00 end: 05/06/2007 09:00:00
:action (fly a1 c4 c5) start: 05/06/2007 09:00:00 end: 05/06/2007 19:00:00
:action (debark p2 a1 c5) start: 05/06/2007 19:00:00 end: 05/06/2007 20:00:00
:action (board p3 a1 c5) start: 05/06/2007 20:00:00 end: 05/06/2007 21:00:00
:action (fly a1 c5 c2) start: 05/06/2007 21:00:00 end: 06/06/2007 12:00:00
:action (debark p3 a1 c2) start: 06/06/2007 12:00:00 end: 06/06/2007 13:00:00
Number of actions: 6 (7)
Expansions: 5
Generated nodes: 12
Inferences: 0
Time in seconds: 0
Real Time: 0.0030625
Used Time: 5.0664e-10
```

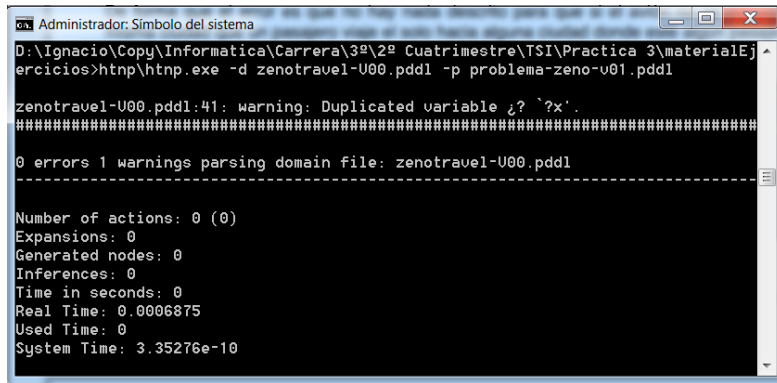
Figura 1.1: Ejecución de HTN para el problema 0

Como podemos ver en la **Figura 1.1** HTN nos devuelve el plan a seguir para resolver el problema introducido.

## 2. Ejercicio 1

Ahora se pide modificar el dominio anterior para poder resolver el problema de transportar 3 personas (inicialmente en las ciudades C1, C2 y C3) a la ciudad C5, considerando que el avión está en la ciudad C4. Se asume al igual que en el problema ejemplo que no hay restricciones de fuel.

Si realizamos una ejecución directa, el resultado es:



```
Administrador: Símbolo del sistema
D:\Ignacio\Copy\Informatica\Carrera\3º\2º Cuatrimestre\TSI\Practica 3\materialEjercicios>htnp\htnp.exe -d zenotrael-U00.pddl -p problema-zeno-u01.pddl

zenotrael-U00.pddl:41: warning: Duplicated variable ¿? `?x'.
#####

0 errors 1 warnings parsing domain file: zenotrael-U00.pddl
-----

Number of actions: 0 (0)
Expansions: 0
Generated nodes: 0
Inferences: 0
Time in seconds: 0
Real Time: 0.0006875
Used Time: 0
System Time: 3.35276e-10
```

Figura 2.1: Ejecución de HTN para el problema 1 sin modificar el dominio

Como podemos ver, ahora HTN no es capaz de encontrar un plan para resolver el problema. Si analizamos el dominio con detenimiento nos damos cuenta de que no hay nada descrito que resuelva el hecho de que si el avión no está en la misma ciudad que un pasajero este sea capaz de ir hacia alguna ciudad donde esté algún otro pasajero.

Para resolver este problema, en el dominio, incluimos lo siguiente:

```
1  (:method Case3 ;si no esta en la ciudad destino, y avion y
   person no estan en la misma ciudad
2  :precondition (and (at ?p - person ?c1 - city) (at ?a - aircraft
   ?c2 - city))
3
4  :tasks (
5      (mover-avion ?a ?c2 ?c1)
6      (board ?p ?a ?c1)
7      (mover-avion ?a ?c1 ?c)
8      (debark ?p ?a ?c )))
```

Simplemente hemos añadido otra precondición para realizar la acción de mover el avión a la ciudad donde está la persona y en la lista de tareas añadida la acción de desplazar el avión hasta la localización de la persona que no puede acceder a el.

De esta forma podemos comprobar como ya si encontramos un plan que resuelva el problema:

```
Administrador: Símbolo del sistema
D:\Ignacio\Copy\Informatica\Carrera\3º\2º Cuatrimestre\TSI\Practica 3\materialEjercicios>htnp\htnp.exe -d zenotravel-U00.pddl -p problema-zeno-0.pddl

zenotravel-U00.pddl:41: warning: Duplicated variable ¿? `?x'.
#####

0 errors 1 warnings parsing domain file: zenotravel-U00.pddl
-----

:action (board p2 a1 c4) start: 05/06/2007 08:00:00 end: 05/06/2007 09:00:00
:action (fly a1 c4 c5) start: 05/06/2007 09:00:00 end: 05/06/2007 19:00:00
:action (debark p2 a1 c5) start: 05/06/2007 19:00:00 end: 05/06/2007 20:00:00
:action (board p3 a1 c5) start: 05/06/2007 20:00:00 end: 05/06/2007 21:00:00
:action (fly a1 c5 c2) start: 05/06/2007 21:00:00 end: 06/06/2007 12:00:00
:action (debark p3 a1 c2) start: 06/06/2007 12:00:00 end: 06/06/2007 13:00:00
Number of actions: 6 (7)
Expansions: 5
Generated nodes: 12
Inferences: 0
Time in seconds: 0
Real Time: 0.0003125
Used Time: 5.0664e-10
System Time: 5.0664e-10
```

Figura 2.2: Ejecución de HTN para el problema 1 con dominio modificado

### 3. Ejercicio 2

Ahora nuestro problema consiste en asumir que hay restricciones de fuel. El fuel inicial del avión es de 200 y la capacidad total de 300.

En primer lugar ejecutaremos el problema para el dominio sin modificar y observaremos los resultados que HTN nos muestra:

```
Administrador: Símbolo del sistema
D:\Ignacio\Copy\Informatica\Carrera\3º\2º Cuatrimestre\TSI\Practica 3\materialEjercicios>htnp\htnp.exe -d zenotravel-U01.pddl -p problema-zeno-U02.pddl

zenotravel-U01.pddl:41: warning: Duplicated variable ¿? `?x'.
#####

0 errors 1 warnings parsing domain file: zenotravel-U01.pddl
-----

Number of actions: 0 (0)
Expansions: 3
Generated nodes: 5
Inferences: 0
Time in seconds: 0
Real Time: -0.002625
Used Time: 3.35276e-10
System Time: -8.9407e-11

D:\Ignacio\Copy\Informatica\Carrera\3º\2º Cuatrimestre\TSI\Practica 3\materialEjercicios>
```

Figura 3.1: Ejecución de HTN para el problema 2 con dominio no modificado

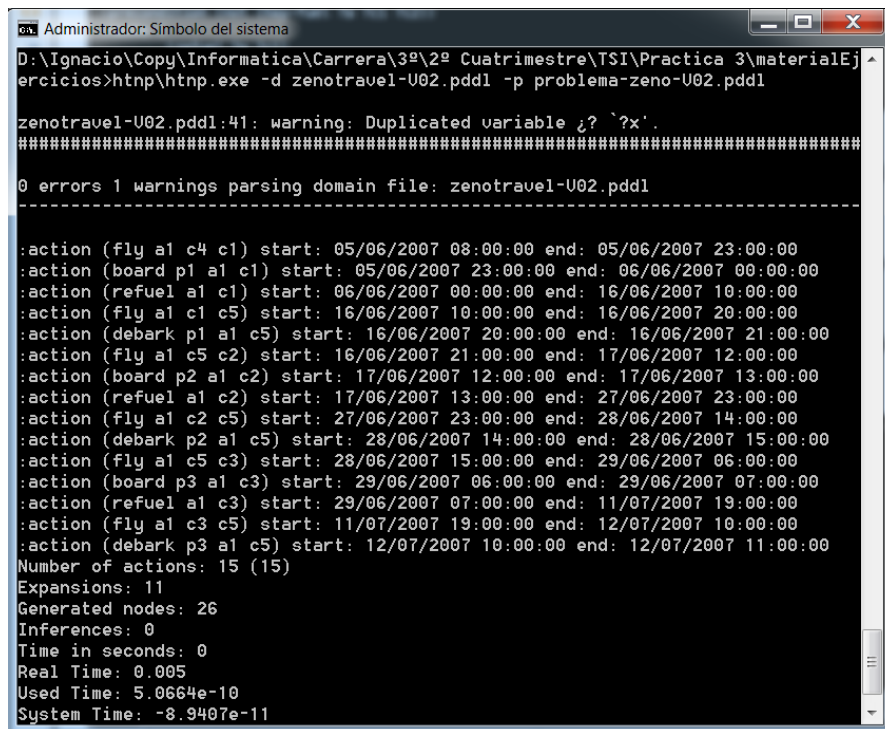
Como podemos ver, el resultado de la ejecución es similar al obtenido en la **Figura 1.1**, sin acciones ni errores que nos indiquen donde se haya el error.

Ahora, como cabe esperar, el problema radica en que no se posee de acciones para realizar el repostaje de un avión. Para solucionarlo añadiremos el siguiente método a nuestro dominio:

```
1 (:method no-hay-fuel
2   :precondition (not(hay-fuel ?a ?c1 ?c2))
3   :tasks (
4     (refuel ?a ?c1)
5     (fly ?a ?c1 ?c2)
6   )
7 )
```

Este método se escogerá cuando no haya fuel suficiente. En primer lugar se repostará el avión para, a continuación, continuar con la marcha del vuelo.

Ahora si, HTN encuentra un plan para nuestro problema:



```
Administrador: Símbolo del sistema
D:\Ignacio\Copy\Informatica\Carrera\3º\2º Cuatrimestre\TSI\Practica 3\materialEjercicios\htnp\htnp.exe -d zenotravel-U02.pddl -p problema-zeno-U02.pddl

zenotravel-U02.pddl:41: warning: Duplicated variable ¿? `?x'.
#####

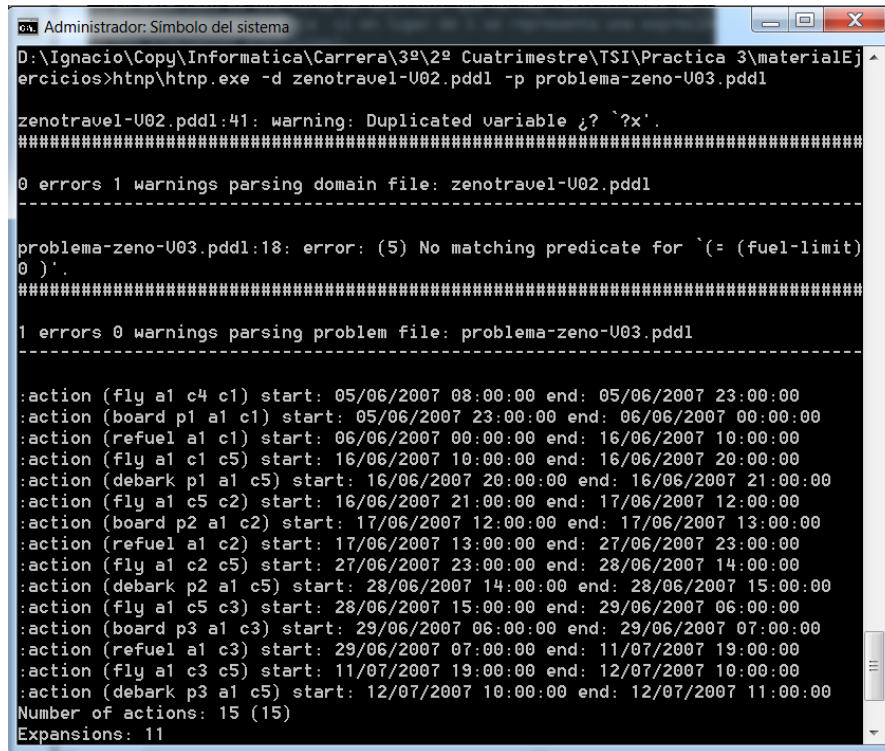
0 errors 1 warnings parsing domain file: zenotravel-U02.pddl
-----
:action (fly a1 c4 c1) start: 05/06/2007 08:00:00 end: 05/06/2007 23:00:00
:action (board p1 a1 c1) start: 05/06/2007 23:00:00 end: 06/06/2007 00:00:00
:action (refuel a1 c1) start: 06/06/2007 00:00:00 end: 16/06/2007 10:00:00
:action (fly a1 c1 c5) start: 16/06/2007 10:00:00 end: 16/06/2007 20:00:00
:action (debark p1 a1 c5) start: 16/06/2007 20:00:00 end: 16/06/2007 21:00:00
:action (fly a1 c5 c2) start: 16/06/2007 21:00:00 end: 17/06/2007 12:00:00
:action (board p2 a1 c2) start: 17/06/2007 12:00:00 end: 17/06/2007 13:00:00
:action (refuel a1 c2) start: 17/06/2007 13:00:00 end: 27/06/2007 23:00:00
:action (fly a1 c2 c5) start: 27/06/2007 23:00:00 end: 28/06/2007 14:00:00
:action (debark p2 a1 c5) start: 28/06/2007 14:00:00 end: 28/06/2007 15:00:00
:action (fly a1 c5 c3) start: 28/06/2007 15:00:00 end: 29/06/2007 06:00:00
:action (board p3 a1 c3) start: 29/06/2007 06:00:00 end: 29/06/2007 07:00:00
:action (refuel a1 c3) start: 29/06/2007 07:00:00 end: 11/07/2007 19:00:00
:action (fly a1 c3 c5) start: 11/07/2007 19:00:00 end: 12/07/2007 10:00:00
:action (debark p3 a1 c5) start: 12/07/2007 10:00:00 end: 12/07/2007 11:00:00
Number of actions: 15 (15)
Expansions: 11
Generated nodes: 26
Inferences: 0
Time in seconds: 0
Real Time: 0.005
Used Time: 5.0664e-10
System Time: -8.9407e-11
```

Figura 3.2: Ejecución de HTN para el problema 2 con dominio correcto

## 4. Ejercicio 3

Por último, para este conjunto de ejercicios, ahora se pide que se consideren acciones de vuelo lento y rápido para tratar de transportar las personas lo más rápido posible con un límite de fuel.

Como siempre, en primer lugar ejecutaremos nuestro dominio sobre el problema a resolver:



```
Administrador: Símbolo del sistema
D:\Ignacio\Copy\Informatica\Carrera\3º\2º Cuatrimestre\TSI\Practica 3\materialEj
ercicios>htnp\htnp.exe -d zenotravel-U02.pddl -p problema-zeno-U03.pddl

zenotravel-U02.pddl:41: warning: Duplicated variable '?x'.
#####

0 errors 1 warnings parsing domain file: zenotravel-U02.pddl
-----

problema-zeno-U03.pddl:18: error: (5) No matching predicate for '(= (fuel-limit)
0)'.
#####

1 errors 0 warnings parsing problem file: problema-zeno-U03.pddl
-----

:action (fly a1 c4 c1) start: 05/06/2007 08:00:00 end: 05/06/2007 23:00:00
:action (board p1 a1 c1) start: 05/06/2007 23:00:00 end: 06/06/2007 00:00:00
:action (refuel a1 c1) start: 06/06/2007 00:00:00 end: 16/06/2007 10:00:00
:action (fly a1 c1 c5) start: 16/06/2007 10:00:00 end: 16/06/2007 20:00:00
:action (debark p1 a1 c5) start: 16/06/2007 20:00:00 end: 16/06/2007 21:00:00
:action (fly a1 c5 c2) start: 16/06/2007 21:00:00 end: 17/06/2007 12:00:00
:action (board p2 a1 c2) start: 17/06/2007 12:00:00 end: 17/06/2007 13:00:00
:action (refuel a1 c2) start: 17/06/2007 13:00:00 end: 27/06/2007 23:00:00
:action (fly a1 c2 c5) start: 27/06/2007 23:00:00 end: 28/06/2007 14:00:00
:action (debark p2 a1 c5) start: 28/06/2007 14:00:00 end: 28/06/2007 15:00:00
:action (fly a1 c5 c3) start: 28/06/2007 15:00:00 end: 29/06/2007 06:00:00
:action (board p3 a1 c3) start: 29/06/2007 06:00:00 end: 29/06/2007 07:00:00
:action (refuel a1 c3) start: 29/06/2007 07:00:00 end: 11/07/2007 19:00:00
:action (fly a1 c3 c5) start: 11/07/2007 19:00:00 end: 12/07/2007 10:00:00
:action (debark p3 a1 c5) start: 12/07/2007 10:00:00 end: 12/07/2007 11:00:00
Number of actions: 15 (15)
Expansions: 11
```

Figura 4.1: Ejecución de HTN para el problema 3 con dominio no modificado

En este caso si podemos encontrar pero sin tener definidas las acciones de vuelo lento y vuelo rápido. Para cumplir estos requisitos modificaremos lo siguiente:

- En primer lugar se ha modificado el fichero “Primitivas-ZenoTravel.pddl” para añadirle las primitivas que posee el archivo “Primitivas-ZenoTravel-Pretty” proporcionado.
- Se han añadido dos nuevos predicados para representar el gasto rápido y lento de fuel:

```

1 (:predicates (at ?x - (either person aircraft) ?c - city)
2              (in ?p - person ?a - aircraft)
3              (different ?x ?y) (igual ?x ?y)
4              (hay-fuel-rapido ?a ?c1 ?c2) ; gasto rapido de fuel
5              (hay-fuel-lento ?a ?c1 ?c2) ;gasto lento de fuel
6              )

```

- Se ha añadido una nueva función para controlar el límite de fuel llamada (fuel-limit)
- Se ha cambiado el derivado original por dos nuevos, uno para el gasto rápido de fuel y otro para el gasto lento:

```

1 (:derived
2
3      (hay-fuel-rapido ?a - aircraft ?c1 - city ?c2 - city)
4      (> (fuel ?a) (* distance ?c1 ?c2) (fast-burn ?a))
5 )
6
7 (:derived
8
9      (hay-fuel-lento ?a - aircraft ?c1 - city ?c2 - city)
10     (> (fuel ?a) (* distance ?c1 ?c2) (slow-burn ?a))
11 )

```

- Se han cambiado los métodos de la tarea de mover-avion, conservando la filosofía de tener dos métodos que comprueban si hay o no fuel, aunque, en este caso diferenciando entre si se está en un estado lento o rápido de vuelo:

```

1 (:task mover-avion
2      :parameters (?a - aircraft ?c1 - city ?c2 -city)
3
4      (:method fuel-suficiente-rapido
5          :precondition (and(hay-fuel-rapido ?a ?c1 ?c2)(>(fuel
6              -limit)(total-fuel-used)))
7
8          :tasks (
9              (zoom ?a ?c1 ?c2)
10          )
11 )

```



```

12      (:method no-hay-fuel-rapido
13        :precondition (and (not(hay-fuel-rapido ?a ?c1 ?c2))
14          (>(fuel-limit)(total-fuel-used)))
15
16        :tasks (
17          (refuel ?a ?c1)
18          (zoom ?a ?c1 ?c2)
19        )
20      )
21
22
23      (:method fuel-suficiente-lento
24        :precondition (and(hay-fuel-lento ?a ?c1 ?c2)(>(fuel-
25          limit)(total-fuel-used)))
26
27        :tasks (
28          (fly ?a ?c1 ?c2)
29        )
30      )
31
32      (:method no-hay-fuel-lento
33        :precondition (and (not(hay-fuel-lento ?a ?c1 ?c2))
34          (>(fuel-limit)(total-fuel-used)))
35
36        :tasks (
37          (refuel ?a ?c1)
38          (fly ?a ?c1 ?c2)
39        )
40      )

```

Una vez realizadas estas modificaciones podemos ver como HTN ya si nos muestra un plan correcto:

```
Administrador: Símbolo del sistema
D:\Ignacio\Copy\Informatica\Carrera\3º\2º Cuatrimestre\TSI\Practica 3\materialEjercicios>htnp\htnp.exe -d dominio1.pddl -p problema-zeno-u03.pddl

dominio1.pddl:43: warning: Duplicated variable ¿? `?x'.
#####

0 errors 1 warnings parsing domain file: dominio1.pddl
-----

:action (refuel a1 c4) start: 05/06/2007 08:00:00 end: 09/06/2007 12:00:00
ZOOM: a1; c4; c1: 300.000000
:action (board p1 a1 c1) start: 09/06/2007 20:00:00 end: 09/06/2007 21:00:00
:action (refuel a1 c1) start: 09/06/2007 21:00:00 end: 22/06/2007 09:00:00
ZOOM: a1; c1; c5: 500.000000
:action (debark p1 a1 c5) start: 22/06/2007 14:00:00 end: 22/06/2007 15:00:00
:action (refuel a1 c5) start: 22/06/2007 15:00:00 end: 30/06/2007 23:00:00
ZOOM: a1; c5; c2: 800.000000
:action (board p2 a1 c2) start: 01/07/2007 07:00:00 end: 01/07/2007 08:00:00
:action (refuel a1 c2) start: 01/07/2007 08:00:00 end: 13/07/2007 20:00:00
ZOOM: a1; c2; c5: 1100.000000
:action (debark p2 a1 c5) start: 14/07/2007 04:00:00 end: 14/07/2007 05:00:00
:action (refuel a1 c5) start: 14/07/2007 05:00:00 end: 26/07/2007 17:00:00
ZOOM: a1; c5; c3: 1400.000000
:action (board p3 a1 c3) start: 27/07/2007 01:00:00 end: 27/07/2007 02:00:00
:action (refuel a1 c3) start: 27/07/2007 02:00:00 end: 08/08/2007 14:00:00
ZOOM: a1; c3; c5: 1700.000000
:action (debark p3 a1 c5) start: 08/08/2007 22:00:00 end: 08/08/2007 23:00:00
Number of actions: 18 (18)
Expansions: 15
Generated nodes: 33
Inferences: 0
Time in seconds: 0
Real Time: 0.00478906
Used Time: 5.0664e-10
System Time: 5.0664e-10
```

Figura 4.2: Ejecución de HTN para el problema 3 con dominio no modificado

## 5. Ejercicio 4

Para este ejercicio se pide que se extienda el problema anterior con el fin de controlar la entrada de pasajeros a un avión (embarque/desembarque).

Las modificaciones realizadas sobre el código de partida de forma esquemática (debido al número de páginas) han sido:

- Se han añadido los siguientes **predicados**:

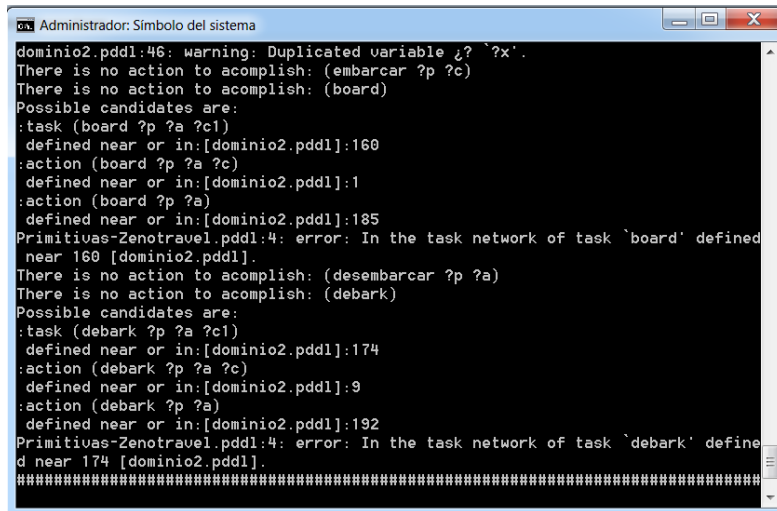
```
1 (embarcar ?a ?p)
2 (desembarcar ?a ?p)
3 (destino ?p - person ?c1 - city)
```

- **Literales derivados**: se han añadido tres literales derivados, uno para hacer iguales las distancias entre dos ciudades alternando el orden de escritura y otros dos para controlar si se supera la capacidad del avión o si está vacío

```
1 (:derived
2
3 (distance ?c1 - city ?c2 - city)
4 (= (distance ?c2 - city ?c1 - city) (distance ?c1 - city ?c2 -
5   city) )
6
7 (:derived
8
9 (embarcar ?a - aircraft ?p - person)
10 (< (capacity ?a) (+ (capacity ?a) 1))
11 )
12
13 (:derived
14
15 (desembarcar ?a - aircraft ?p - person)
16 (< (capacity ?a) (- (capacity ?a) 1))
17 )
```

- Se ha modificado la tarea **transport-person** para representar la acción de embarcar y desembarcar un pasajero del avión
- Se han creado dos nuevas **tareas compuestas** para que puedan embarcarse varios pasajeros en un avión. Con respecto a este apartado, decir que no se ha logrado acabar de implementar el dominio debido a que no he conseguido solucionar el error de que HTN no reconocía las tareas de embarque y desembarque como acciones a realizar.

Tras hacer uso con el debugger (opción `display -d`) se ha conseguido acotar el error al siguiente:



```
dominio2.pddl:46: warning: Duplicated variable ¿? '?x'.
There is no action to accomplish: (embarcar ?p ?c)
There is no action to accomplish: (board)
Possible candidates are:
:task (board ?p ?a ?c1)
  defined near or in:[dominio2.pddl]:160
:action (board ?p ?a ?c)
  defined near or in:[dominio2.pddl]:1
:action (board ?p ?a)
  defined near or in:[dominio2.pddl]:185
Primitivas-Zenotravel.pddl:4: error: In the task network of task `board' defined
near 160 [dominio2.pddl].
There is no action to accomplish: (desembarcar ?p ?a)
There is no action to accomplish: (debark)
Possible candidates are:
:task (debark ?p ?a ?c1)
  defined near or in:[dominio2.pddl]:174
:action (debark ?p ?a ?c)
  defined near or in:[dominio2.pddl]:9
:action (debark ?p ?a)
  defined near or in:[dominio2.pddl]:192
Primitivas-Zenotravel.pddl:4: error: In the task network of task `debark' defined
near 174 [dominio2.pddl].
*****
```

Figura 5.1: Ejecución de HTN para el problema 2 con dominio no modificado

Como no se ha conseguido finalizar el dominio requerido para resolver el problema no se ha podido probar el problema implementado. Este problema, basado en las distancias entre aeropuertos de España, posee dos aviones diferentes que embarcan y desembarcan en aeropuertos de la forma mas eficiente posible (consumiendo el menor numero de fuel).

Debido a la gran extensión del problema, ya que hay que especificar todas las distancias entre todos los aeropuertos, no se ha incluido en este documento su implementación, si no que se encuentra adjunto, en la carpeta “Archivos”.

## 6. Aclacación

El fichero ha superado las 5 páginas permitidas debido a la necesidad de introducción parcial del código desarrollado, si se suprime este la exigencia de la extensión se respeta.