

Práctica de búsqueda local

Laboratorio de Inteligencia Artificial

Marion Not - Michael Boris Mandirola

Primavera 2010-2011

Índice

1. Representación del problema	3
1.1. Identificación de los elementos relevantes	3
1.1.1. Constantes	3
1.1.2. Elementos específicos del problema	3
1.1.3. Elementos de la solución	4
1.2. Definición del Estado	4
1.2.1. Implementación	4
1.2.2. Tamaño del espacio de búsqueda	5
1.3. Operadores	5
1.3.1. Op1 : Desplazamiento de una petición	5
1.3.2. Op2 : Intercambio de capacidades de camiones	5
1.3.3. Op3 : Intercambio de dos peticiones	6
1.4. Funciones Heurísticas	6
1.4.1. Maximización del beneficio	6
1.4.2. Minimización del tiempo	7
1.5. Estados Iniciales	7
1.5.1. Ei1 : Cuanto antes	7
1.5.2. Ei2 : Por hora	7
1.5.3. Ei3 : First-Fit	8
1.5.4. Ei4 : Vacío	8
2. Experimentos	9
2.1. Generalidades	9
2.2. Implementación	9
2.2.1. Workflow de ejecución de pruebas	9
2.2.2. Recuperación de resultados	9
2.3. Experimento 1 : Elección del conjunto de operadores	10
2.3.1. Contexto	10
2.3.2. Resultados	10
2.3.3. Conclusiones	10
2.4. Experimento 2 : Elección del estado inicial	10
2.4.1. Contexto	10
2.4.2. Resultados	11
2.4.3. Conclusiones	11
2.5. Experimento 3 : Influencia de los parámetros del Simulated Annealing	11
2.5.1. Contexto	11
2.5.2. Resultados	11
2.5.3. Conclusiones	11
2.6. Experimento 4 : Influencia del numero de peticiones	11
2.6.1. Contexto	11
2.6.2. Resultados	12
2.6.3. Conclusiones	12
2.7. Experimento 5 : Influencia de la heurística	12
2.7.1. Contexto	12
2.7.2. Resultados	12
2.7.3. Conclusiones	12
2.8. Experimento 7 : Influencia de la repartición de capacidades de los camiones	12
2.8.1. Contexto	12
2.8.2. Resultados	12
2.8.3. Conclusiones	12
2.9. Experimento 8 : Influencia de la distribución de probabilidad de horas de entregas	12
2.9.1. Contexto	12
2.9.2. Resultados	12
2.9.3. Conclusiones	12

Introducción

El objetivo de esta práctica es analizar y resolver un problema de optimización logística mediante algoritmos de búsqueda local. Definiremos la representación del problema como estado y estudiaremos la influencia de los elementos que intervienen en esta búsqueda y que hemos visto a clase (estado inicial, función heurística y operadores) bajo diferentes condiciones sobre los parámetros del problema.

Usaremos dos tipos de algoritmos de búsqueda local : el Hill Climbing y el Simulated Annealing. Como el objetivo de la práctica no es la implementación de estos algoritmos, usaremos las herramientas proporcionadas por el package AIMA. En el caso del Simulated Annealing, también estudiaremos la influencia de los parámetros del algoritmo.

1. Representación del problema

El contexto del problema es el siguiente : Una empresa de transporte está contratada por una compañía para gestionar el encaminamiento de productos desde un almacén central hasta unos centros de producción.

Cada día, los centros realizan un conjunto de peticiones de diferentes tipos y cantidades de productos que se tienen que entregar a una cierta hora. El pago se realiza en función de la cantidad de productos entregados y la puntualidad con la cual han llegado al centro.

La empresa de transporte quiere optimizar estas entregas, sabiendo que manda un transporte a cada centro en cada hora en punto del día. No tenemos que gestionar la recogida de productos en el almacén, ni el recorrido de los transportes, ni la cantidad de camiones físicos que se necesitan : Suponemos que la empresa dispone de una flota suficiente para hacer todas las entregas en tiempo. Solucionaremos este problema para un solo día, pues las peticiones no entregadas no estarán desplazadas al día siguiente.

1.1. Identificación de los elementos relevantes

Para cada problema, tendremos unos elementos constantes, unos elementos específicos del problema y unos elementos variables que se tendrán que determinar para llegar a la solución.

1.1.1. Constantes

Centros de producción : Como lo hemos dicho, el número de centros esta fijado a 6.

Horas de entrega : Las entregas se harán a cada hora en punto del día. La primera se hará a las 8 y la última a las 17, para un total de 10 horas de entrega.

Transportes : Tendremos un transporte para cada hora del día y cada centro, es decir 60 transportes en total. La capacidad de los camiones usados sera de 500, 1000 o 2000kgs, en proporción variable.

Peticiones : Las peticiones se harán para una de las horas de entregas y para una cantidad de productos de 100, 200, 300, 400 o 500kgs.

1.1.2. Elementos específicos del problema

Peticiones : Todas las peticiones estarán generadas al principio de la resolución mediante unos parámetros especificados por el usuario. Por lo tanto, serán diferentes para cada problema. Se tendrán que especificar :

- El número de peticiones
- La distribución de probabilidad de cantidad de productos de las entregas
- La distribución de probabilidad de horas de entrega

Las peticiones estarán repartidas de forma equiprobable entre los centros. El tipo de producto pedido no tienen ninguna influencia.

Transportes : Se tendrá que especificar la distribución de probabilidad de capacidades de los transportes, es decir cuantos de los 60 transportes tendrán una capacidad de 500kgs, cuantos de 1000 y cuantos de 2000.

Parámetros de la búsqueda : Se precisará que tipo de estado inicial, algoritmo de búsqueda y función heurística se tienen que usar.

1.1.3. Elementos de la solución

Para llegar a la solución, se tendrán que determinar :

- La repartición de los 60 transportes, es decir que capacidad de transporte se asignará a cada hora de cada centro.
- La repartición de las peticiones en los transportes. El orden de las peticiones en el transporte no importa.

1.2. Definición del Estado

Hemos escogido una representación en acuerdo con la descripción del problema de la parte anterior.

1.2.1. Implementación

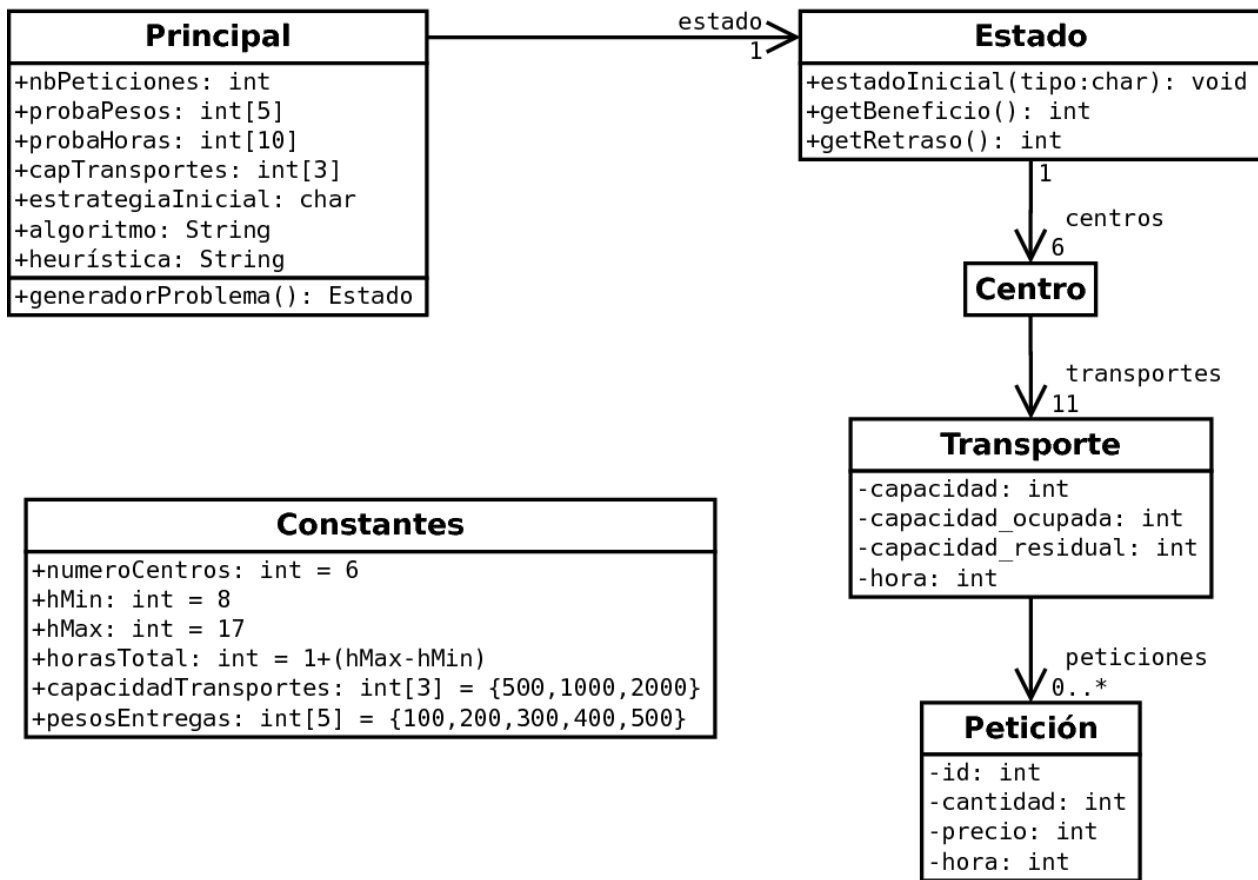


Fig. 1.1 : Diagrama de clases de representación del problema.

- Una clase singleton Constantes contiene los elementos comunes a todos los problemas.
- Los elementos específicos serán leídos desde un fichero .txt y usados por el Principal para generar un problema dado, es decir un conjunto de instancias de la clase Petición y un Estado “vacío”, donde las peticiones estarán repartidas entre las 6 instancias de clase Centro pero no entregadas. Se crearán 11 instancias de clase Transporte : una para cada hora del día y una para guardar las peticiones no entregadas.
- A continuación, se generará el estado inicial de la búsqueda, es decir que se atribuirá una capacidad a cada uno de los 60 transportes que corresponden a una hora (los Transporte de peticiones no entregadas tendrán capacidad máxima) y se repartirán las peticiones según la estrategia especificada.
- Durante la resolución del problema, las peticiones se desplazarán de un Transporte a otro, dentro del mismo Centro. También se podrá modificar la repartición de las capacidades entre todos los 60 transportes. Ver la sección siguiente para detalles sobre los operadores.

1.2.2. Tamaño del espacio de búsqueda

Si tenemos N peticiones, repartidas igualmente entre 6 centros ($\frac{N}{6}$ peticiones/centro), que se pueden afectar a cualquier de los $10 + 1$ transportes, contamos con $O(11^N)$ configuraciones posibles para la repartición de las peticiones.

Si añadimos que cada uno de los 60 transportes puede tener una de 3 capacidades, es decir $O(3^{60})$ configuraciones posibles, tenemos un total de $O(11^N \times 3^{60})$ **estados posibles**.

Se tiene que tener en cuenta que en verdad, la suma de pesos de las peticiones afectadas a un transporte no puede exceder su capacidad, y que tenemos un número limitado de transportes de cada capacidad : Eso reduce el tamaño del espacio de búsqueda.

Este tamaño es bastante importante, pero considerando que hacemos una búsqueda local y que recorreremos solo una fracción del espacio, no es excesivo.

1.3. Operadores

Hemos implementado tres operadores diferentes :

1. Desplazamiento de una petición
2. Intercambio de capacidades de camiones
3. Intercambio de dos peticiones

1.3.1. Op1 : Desplazamiento de una petición

Descripción : Este operador desplaza una petición de un transporte a otro transporte del mismo centro (ya que la asignación de una petición a un centro no es cambiante). Está implementado para que sea posible desplazar una petición desde o hasta el grupo de peticiones no entregadas, pero no desde un transporte hasta sí mismo.

Efecto : Se disfruta de los “huecos” que pueden existir o crearse dentro de los transportes, por ejemplo después de un cambio de capacidad de camiones, para entregar peticiones no entregadas o entregadas con retraso.

Condición de aplicación : Este operador se puede aplicar sólo si la hora de destino tiene una capacidad disponible suficiente para añadir la petición.

Factor de ramificación : Para un conjunto de N peticiones, el factor de ramificación de este operador es de $O(10N)$, ya que cada petición se puede desplazar a las 10 otras horas de su centro. Es lineal, y debemos tener en cuenta que la mayor parte de los desplazamientos no cumplirán la condición de aplicación.

Justificación de la elección : Hemos decidido implementar este operador porque es lo más evidente y lo más simple para desplazar peticiones, con un coste lineal.

Variante : Una variante de este operador sería prohibir el desplazamiento de peticiones hasta el grupo de no entregadas. El factor de ramificación pasaría a ser $O(9N)$, y en práctica se eliminaría la generación de muchos sucesores, ya que mover la petición hasta las no entregadas es el único movimiento que siempre cumple la condición de aplicación. Además, estos estados no pueden ser escogidos por el Hill Climbing porque su heurística siempre es peor.

Sin embargo, decidir de no entregar una petición puede ser una decisión útil en el caso del Simulated Annealing, ya que permite la evolución de más estados. Entonces, hemos decidido guardar la primera versión del operador.

1.3.2. Op2 : Intercambio de capacidades de camiones

Descripción : Este operador intercambia las capacidades de dos transportes, que pueden ser de dos centros diferentes. Sólo se cambia el valor de la capacidad, no se intercambian las instancias de Transporte (y por lo tanto, las peticiones). Así, se conserva la proporción de transportes de cada capacidad.

Sin embargo, el intercambio de camiones solo no cambia ninguna heurística. Por eso, hemos decidido combinarlo con el desplazamiento de una petición : Se intenta desplazar una petición no entregada al transporte que ha aumentado su capacidad ; si no es posible, se escoge una petición entre las que se entregan más tarde.

El operador está implementado para que no se puedan intercambiar dos camiones que tengan la misma capacidad, y por supuesto que no se pueda cambiar la capacidad máxima del transporte correspondiente a las peticiones no entregadas.

Efecto : Permite cambiar la capacidad total disponible en un centro o repartir-la de forma diferente entre las horas. Así, se podría poner más capacidad en centros que tienen una cantidad de peticiones más grande, o en las horas más tempranas del día para reducir el retraso.

Condición de aplicación : Este operador se puede aplicar sólo si la capacidad ocupada de cada transporte es inferior su nueva capacidad.

Factor de ramificación : Cada transporte puede intercambiar su capacidad con una diferente. Si tenemos una repartición de capacidades $\{C1, C2, C3\}$, el factor de ramificación es $(C2 + C3)^{C1}x(C3 + C1)^{C2}x(C1 + C2)^{C3} = 40^{60}$ si tenemos una repartición equiprobable. Es constante y considerablemente más pequeño en práctica.

Justificación de la elección : Intercambiar dos capacidades es la única forma de manipular este parámetro sin cambiar la repartición de valores, ya que tenemos 60 cantidades para 60 transportes. El desplazamiento de petición lo realizamos considerando el uso primero de este operador, que es liberar capacidad para entregar peticiones no entregadas o retrasadas.

1.3.3. Op3 : Intercambio de dos peticiones

Descripción : Este operador intercambia dos peticiones del mismo centro, pero de dos horas diferentes. Se puede hacer el intercambio con una petición no entregada y también se pueden intercambiar dos peticiones de mismo peso.

Efecto : Permite realizar desplazamientos de peticiones que no se conseguirían con los operadores precedentes, por ejemplo intercambiar una petición adelantada con una retrasada.

Condición de aplicación : Este operador se puede aplicar sólo si los transportes tienen capacidad suficiente. Específicamente, si las peticiones no tienen el mismo peso, el transporte de la más pequeña debe tener bastante capacidad residual para contener la diferencia de pesos.

Factor de ramificación : Cada petición se puede intercambiar con todas las otras peticiones del centro, con N peticiones el factor de ramificación es $N^{\frac{N}{6}}$, considerablemente mas elevado que para los dos previos operadores.

Justificación de la elección : Hemos decidido implementar este algoritmo al ver el porcentaje de estados que no mejoraban : Ofreciendo mas posibilidades de evolución de los estados, esperemos obtener una mejoría consecuente de la solución a pesar del factor de ramificación elevado.

1.4. Funciones Heurísticas

1.4.1. Maximización del beneficio

Definición de la variable evaluada : Para cada petición, la compañía pagará a la empresa de transporte un importe basado sobre el precio base de las peticiones, indicado en la tabla 1.1. Este precio depende únicamente de la cantidad de productos pedida, y la puntualidad de la entrega.

Peso	Precio
100 y 200kg	<i>peso</i> euros
300 y 400kg	1,5x <i>peso</i> euros
500kg	2x <i>peso</i> euros

Tabla 1.1 : Precio base de las entregas.

El importe pagado para cada petición entregada será el precio base menos unos 20 % del mismo para cada hora de retraso, es decir que para mas de 5h de retraso le tocara pagar a la empresa de transporte.

Si una petición no esta entregada en el día, la empresa de transporte tendrá que pagar el precio base de la petición mas unos 20 % del mismo para cada hora hasta las 17.

El beneficio es la suma del importe (positivo o negativo) de todas las peticiones.

Ejemplo : Para cada peso de petición, en la tabla 1.2 se indican los importes correspondientes a una entrega en tiempo, una entrega con 1 y 7 horas de retraso y no entrega, considerando que las peticiones se tenían que entregar a las 10.

Peso	En tiempo ($\leq 10h$)	Retraso 1h ($=11h$)	Retraso 7h ($=17h$)	No entregada
100kg	100	80	-40	-240
200kg	200	160	-80	-560
300kg	450	360	-180	-1080
400kg	600	480	-240	-1440
500kg	1000	800	-400	-2800

Tabla 1.2 : Ejemplos de importes.

Contextualización : La penalización para retraso y no entrega parece realista en comparación con lo que esperaría una empresa en realidad. Sin embargo, el hecho de que el beneficio no sea lineal comparado con el peso y que el tipo de producto no afecta corresponde seguramente a una simplificación del problema, ya que en verdad los productos serían mas o menos caros y críticos (mas penalización para retraso) y el peso tendría a disminuir para cantidades mas grandes.

1.4.2. Minimización del tiempo

Definición de la variable evaluada : Para esta heurística, consideraremos para cada petición la diferencia *absoluta* entre la hora de entrega deseada y la hora de entrega efectiva. Pues, una petición entregada con antelación afecta esta heurística de forma tan negativa como una petición entregada con un retraso equivalente.

Si la petición no está entregada en el día, consideraremos la diferencia entre la hora de entrega deseada y las 8 del día siguiente. Por ejemplo : Una petición que se debía entregar a las 10 y que no fue entregada tendrá un “retraso” de 22h.

Sumaremos todas estas cantidades para obtener el valor de la heurística.

Contextualización : Esta heurística representa un otro aspecto de la realidad de las empresas : Cuando se usa el método justo a tiempo, recibir productos con antelación y tener que gestionar el stock implica también una pérdida de productividad, aunque en realidad una antelación de una hora no tendría mucho impacto, y en general la antelación tendría menos efectos que el retraso, que puede potencialmente paralizar la producción si el producto transportado es crítico.

1.5. Estados Iniciales

En un primer paso, hemos intentado generar estados diferentes con lógicas muy distintas, con la idea de buscar nuestros estados iniciales entre un grupo más amplio y en particular elegir dos estados que tengan características diferentes (tiempo de generación, complejidad del algoritmo, posibilidades de evolución, calidad de la solución inicial).

Al final, hemos implementado cuatro tipos de estados iniciales que nos han parecido interesantes :

- “Cuanto antes”
- “Por hora”
- “First-fit”
- “Vacío”

1.5.1. Ei1 : Quanto antes

Repartición de los camiones : Se reparten las capacidades de transporte de forma igual entre los centros, y se asignan los transportes con más capacidad a las horas más tempranas.

Repartición de las peticiones : Las peticiones están entregadas cuanto antes : Para cada centro, están ordenadas de forma ascendente por hora de entrega, descendente por precio y asignadas a los transportes en orden, empezando por el mas temprano que tenga capacidad residual.

Calidad : Este estado inicial no es muy costoso. Llega a una buena solución, a veces óptima para la heurística de maximización del beneficio, pero puede introducir mucha antelación y llevar a una solución mediocre para la heurística de minimización del tiempo. Además, la repartición de los camiones puede ser no óptima, por ejemplo si un centro se ve asignado una cantidad de peticiones mas importante que otro.

1.5.2. Ei2 : Por hora

Implementación : Las peticiones están ordenadas por precio y hora. Para cada petición, se intenta entregarla en su hora de entrega con el algoritmo siguiente :

1. Si no hay capacidad asignada al transporte, se asigna la capacidad mínima disponible y se entrega la petición.
2. Si hay una capacidad libre suficiente, se entrega la petición.
3. Si hay una capacidad no suficiente y una capacidad más grande es disponible , se asigna una capacidad mas grande y se entrega la petición.
4. Si no se puede asignar una capacidad más grande a la hora de entrega, se intenta entregar la petición en la hora antes, siguiendo el mismo algoritmo.
5. Si se llega a las 8, se intenta entregar la petición en la hora siguiente, siempre con el mismo algoritmo.

6. Finalmente, no se entrega la petición.

Al final, si quedan transportes sin capacidad asignada, se asignan las capacidades que quedan.

Calidad : Este algoritmo es mucho mas costoso, pero lleva a una solución de calidad para ambos heurísticas.

1.5.3. Ei3 : First-Fit

Repartición de los camiones : Los camiones se asignan como en el estado “Cuanto antes”.

Repartición de las peticiones : Se recorren todas las peticiones (no ordenadas), intentando entregarlas en su hora de entrega. Después, iterativamente, se intentan entregar las peticiones no entregadas en las horas más tempranas de la suya hasta las 8 y si no se tiene éxito, se intenta hacerlo en las horas después hasta las 17.

Calidad : Similar al estado “Cuanto antes”, este estado es más adaptado a la heurística de minimización del tiempo.

1.5.4. Ei4 : Vacío

Repartición de los camiones : Los camiones se asignan como en el estado “Cuanto antes”.

Repartición de las peticiones : Las peticiones se quedan todas no entregadas.

Calidad : Este estado es lo más barato, pero genera la peor solución posible.

2. Experimentos

2.1. Generalidades

Condiciones de experimentación por defecto : Si no se dice otra cosa, los experimentos se hacen para 250 peticiones con pesos y horas de entrega equiprobables. Se usa el algoritmo de Hill Climbing y la heurística de maximización del beneficio.

Numero de pruebas : Al largo de los experimentos, hemos notado que en muchos casos, solo una pequeña fracción de los estados iniciales evolucionan, en particular cuando tenemos estados iniciales “avanzados” que se pueden difícilmente mejorar. Por eso, hemos decidido hacer un número de pruebas elevado (al menos 50) para cada experimento, y cuando es relevante considerar solo los resultados de los casos donde el estado mejora.

Tiempo de ejecución : Se han indicado los valores del tiempos de ejecución obtenido durante las pruebas. Estos valores no tienen sentido en absoluto, ya que dependen de la potencia y del uso del procesador, así como de varios otros parámetros arquitecturales. Por ejemplo, se nota que la primera prueba tarda mucho mas, ya que luego el procesador puede predecir una parte del comportamiento y acelerar la ejecución.

2.2. Implementación

2.2.1. Workflow de ejecución de pruebas

El programa efectúa las pruebas sacando los parámetros necesarios de ficheros de texto. Los ficheros están organizados en la siguiente manera :

- Línea 1 : Número de pruebas con estos parámetros - 1 Integer
- Línea 2 : Número de peticiones - 1 Integer
- Línea 3 : Distribución de capacidad de los camiones - 3 Integers para 500, 1000 y 2000kg - La suma de los 3 debe ser igual a 60.
- Línea 4 : Distribución de pesos de las peticiones - 5 Floats para 100 hasta 500kg - La suma de los 5 debe ser igual a 1.
- Línea 5 : Distribución de las horas de entrega - 10 Floats para 8h hasta 17h - La suma de los 10 debe ser igual a 1.
- Línea 6 : Estrategia para generar el estado inicial - 1 Char
- Línea 7 : Tipo de algoritmo - String - Puede ser "hc.º" "sa".
- Línea 8 : Tipo de heurística - String - Puede ser "gan.º" "ret".

Cada experimento, pero, necesita una batería de pruebas con diferentes parámetros. Así tenemos una carpeta para cada experimento con diferentes ficheros para generar pruebas. Un *bash script* recibe en input el numero del experimento y resuelve el problema con los ficheros de prueba pertinentes.

2.2.2. Recuperación de resultados

Para cada problema, son generados dos ficheros de salida, uno con el estado inicial y el otro con el estado final. En estos ficheros tenemos:

- El valor de cada heurística
- Los centros, y para cada centro :
 - Cantidad de peticiones no entregadas
 - Las horas y por cada hora de entrega
 - La capacidad total
 - La capacidad ocupada
 - La capacidad libre
 - Las peticiones no entregadas y por cada petición
 - ◇ El identificador
 - ◇ La hora de entrega supuesta
 - ◇ La cantidad

◇ El precio

También hay un fichero de estadísticas por cada experimento a que vamos añadiendo datos sobre las pruebas. Este fichero está organizado como un CSV y por cada prueba tenemos registrados:

- El numero de nodos desarrollados.
- El beneficio.
- El porcentaje de mejoría de el beneficio.
- El retraso
- El porcentaje de mejoría de el retraso.
- El tiempo de ejecución de la búsqueda.

Una linea vacía y una linea con el título del fichero de input dividen los diferentes grupos de pruebas (resultado de diferentes ejecuciones de el programa).

2.3. Experimento 1 : Elección del conjunto de operadores

2.3.1. Contexto

Elementos comparados : Queremos elegir el conjunto de operadores que vamos a usar en el resto de experimentos, entre los tres operadores que tenemos implementados : *Desplazamiento de petición (Op1)*, *intercambio de camiones (Op2)* y *intercambio de peticiones (Op3)*. Hemos decidido probar dos conjuntos :

1. Op1 + Op2
2. Op1 + Op2 + Op3

Hemos decidido incluir imperativamente los operadores 1 y 2 en el conjunto, ya que Op1 es el único operador que nos permite desplazar peticiones no entregadas a las entregadas y Op2 es el único que mueve los camiones. Principalmente, estudiaremos la influencia del operador Op3 sobre el tiempo de ejecución, la bondad de la solución y el porcentaje de estados que mejoran.

Numero de pruebas : 1500 pruebas para cada conjunto. Hemos escogido un número elevado para poder comparar el porcentaje de estados que mejoran.

Estado inicial : Hemos escogido el estado inicial “Repartición por hora”, que se puede mejorar bastante frecuentemente y no consume demasiado tiempo.

2.3.2. Resultados

El porcentaje de mejoría del beneficio se calcula con la formula : $\frac{ben.E_f - ben.E_i}{ben.E_f}$. Se ha calculado solo considerando los estados mejorados, y luego en general.

Conjunto	% de estados mejorados	% de mejoría (global)	Tiempo de ejecución/iteración
Op1 + Op2	5,7 %	3 % (0,17 %)	23,25ms
Op1 + Op2 + Op3	15,3 %	1,5 % (0,22 %)	75,39ms

Tabla 3.1 :

Resultados del experimento 1.

2.3.3. Conclusiones

El operador Op3 provoca la evolución de mas estados, pero en media la solución hallada es menos buena. Además, el tiempo de ejecución esta multiplicado por 3. Por estas razones, en el caso general usaremos el primer conjunto de operadores : Op1 + Op2.

Sin embargo, recordamos que el operador Op3 se podrá usar para obtener resultados en casos donde pocos estados evolucionan.

2.4. Experimento 2 : Elección del estado inicial

2.4.1. Contexto

20 pruebas

2.4.2. Resultados

Estrategia	T. gen. (ms)	N. it.	T. ejec. (t. ejec/it) (ms)	Benef. (mejora)
Cuanto antes	2,62	1,00	65 (65)	95065 (0,00 %)
Repartición por hora	3,78	1,40	106 (73)	96930 (0,42 %)
First-fit	0,386	2,15	95 (46)	81251 (1,49 %)
Vacío	0,0193	220	37560 (170)	89923 (141 %)

Tabla 3.2 : Resultados del

experimento 2.

2.4.3. Conclusiones

¿b!!! me gusta! ¿a no mejora pero es bueno ¿f no da buenos resultados ¿v es demasiado lento

2.5. Experimento 3 : Influencia de los parámetros del Simulated Annealing

2.5.1. Contexto

100 tests

Analiza de los parámetros : El algoritmo de Simulated Annealing se basa en una función dicha “de temperatura” que determina si un estado sucesor escogido al azar se escoge como nuevo estado del problema o no. Esta función esta implementada en el package AIMA con la formula :

$$\tau = (t - t \% L) + L \text{ temp} = K.e^{-\lambda\tau}$$

La variable t es el número de iteraciones del algoritmo. Vemos que la función τ es una escalera, que hace que la temperatura sólo evolucionará cada L iteraciones. La constante λ es proporcional a la velocidad de convergencia de la función y K es la amplitud. También se tiene que fijar el número de iteraciones total n_{it} que realiza el algoritmo.

En la tabla 3.3 se encuentran los resultados con los parámetros por defecto, que usaremos si no se precisa otra cosa. Veremos el efecto de los parámetros sobre el tiempo de ejecución y la bondad de la solución.

N_{it}	K	L	λ	% de estados mejorados	Beneficio (% de mejoría)	Tiempo de ejecución (ms)
10 000	20	100	0,045	41	98177 (0,94)	748

2.5.2. Resultados

1 000	20	100	0,045	34	97910 (0,75)	115	10 000	20	1	0,045	37	97666 (0,70)	762
5 000	20	100	0,045	38	98155 (0,94)	394	10 000	20	10	0,045	37	97412 (0,97)	756
10 000	20	100	0,045	41	98177 (0,94)	748	10 000	20	100	0,045	41	98177 (0,94)	748
100 000	20	100	0,045	41	98157 (1,00)	6871	10 000	20	1000	0,045	38	97961 (1,00)	761
							10 000	20	10 000	0,045	36	98208 (0,86)	762
10 000	2	100	0,045	36	97650 (0,88)	823	10 000	20	100	0.000045	45	97871 (1,17)	780
10 000	20	100	0,045	37	97666 (0,70)	762	10 000	20	100	0,00045	45	98137 (1,24)	775
10 000	200	100	0,045	48	98183 (0,97)	760	10 000	20	100	0,0045	43	97605 (0,98)	796
10 000	2000	100	0,045	40	97957 (0,71)	761	10 000	20	100	0,045	40	97957 (0,71)	761
							10 000	20	100	0,45	35	97624 (0,73)	770
5000	20	100	0.00045	36	97921 (0,71)	387							
5000	20	100	0.0045	39	98072 (0,77)	396							
10 000	50	100	0.00045	43	97982 (0,71)	774							
10 000	100	100	0.00045	52	97988 (1,14)	784							
10 000	200	100	0.00045	42	97548 (0,53)	806							
10 000	20	50	0.00045	50	97761 (1,10)	757							
10 000	20	150	0.00045	34	97761 (0,85)	755							

2.5.3. Conclusiones

2.6. Experimento 4 : Influencia del numero de peticiones

2.6.1. Contexto

100

2.6.2. Resultados

200p : t.gen 0,579 n it 2,04 / 2,47 ben 94600 / 93800 mej 0,316 / 0,53 t. tot 77,0ms / 206 t/it 40,7 / 88,2
 250 : t.gen 0,887 n it 1,22 / 1,48 ben 98000 / 97000 mej 0,164 / 0,259 t tot 32,5ms / 132 t/it 26,6 / 86,4
 300 : t. gen 1,01 n it 1 / 2,76 ben 69900 / 70300 mej 0 / 0,737 t tot 29.0 / 408 t/it 29 / 145
 350 t.gen 1.61 n it 1 / 3,62 ben 35400 / 37100 mej 0 / 2,58 t tot 28.8 / 855 t/it 28.8 / 243
 400 t.gen 1,15 n it 1 / 2,69 ben -456 / 222 mej 0 / 30,31 t tot 32.7 / 935 t/it 32.7 / 358
 450 t gen 1.67 n it 1 / 1,92 be -36100 / -36300 mej 0 / 0,856 t tot 34.85 / 960 t/it 34.85 / 505
 500 t gen 1.75 n it 1 / 1,97 be -72600 / -73000 mej 0 / 0,55 t tot 42.4 / 1650 t/it 42.4 / 833

2.6.3. Conclusiones

¿t gen sube ¿no mejora ¿ben baja excepto al primero porque tenemos todo entregado ¿t. tot sube

2.7. Experimento 5 : Influencia de la heurística**2.7.1. Contexto**

100

2.7.2. Resultados

200 n.it 2,46 / 2,22 ben 93453 / 93290 mej 0,454 / 0,346 ret 68,6 / 64,7 mej 4,40 / 5,78 t 91,58 / 85,1
 250 n.it 1,15 / 1,02 ben 97672 / 97675 mej 0,127 / 0,0216 ret 755 / 748 mej 0,28 / 0,0542 t 31,93 / 26,40
 300 n.it 1 / 1 ben 69036 / 69970 mej 0 / 0 ret 2039 / 2041 mej 0 / 0 t 24,69 / 24,71

2.7.3. Conclusiones**2.8. Experimento 7 : Influencia de la repartición de capacidades de los camiones****2.8.1. Contexto**

100

2.8.2. Resultados

1 : 30 15 15 n.it : 1 ben 62912 ret 1520 t 32,24
 2 : 15 30 15 n.it : 1,04 ben 91070 (0,04) ret 918 (0,08) t 31,38 (30,73)
 3 : 15 15 30 n it : 4,76 ben : 116233 (1,076) ret 154 (12) t 178 (39,54)

2.8.3. Conclusiones**2.9. Experimento 8 : Influencia de la distribución de probabilidad de horas de entregas****2.9.1. Contexto**

100

2.9.2. Resultados

todo junto : n it 1,1 ben 97222 (0.0889) ret 770 (0,19) t g 27,12 (24,5)
 1era 4 : n it 1,03 ben 93282 (0,039) ret 846 (0,042) t 25,39 (24,65)
 untimas 4 n it 1,07 ben 99858 (0,053) 776 (0,13) 29,60 (27,88)
 2 los 2 ult n it 1,02 ben 97703 (0,014) eret 777 (0,026) 26,53 (26,23)
 8 11 14 17 1,14 ben 97836 (0,11) ret 744 (0,24) 28,21 (24,75)
 8 12 13 17 1,24 97500 (0,24) 762 (0,54) 31,5 (25,17)

2.9.3. Conclusiones**Conclusión**