



## *Trabajo práctico - Programación Lineal Entera*

Consideremos una empresa que debe distribuir productos a un conjunto de clientes. Asumimos que las demandas de dichos clientes entran en un único camión. En la actualidad, el camión visita a cada cliente y entrega el pedido. Con el fin de ahorrar costos por tener que concurrir a cada domicilio, la empresa quiere evaluar la posibilidad de contratar repartidores a pie/bicicleta que hagan algunas entregas.

La metodología que se desea evaluar es la siguiente: el camión hará paradas en algunos de los clientes. Desde estas paradas, algunas entregas que disten a lo sumo a  $d_{max}$  de ese lugar, puedan ser repartidas a pie/bicicleta. Por lo tanto, lo que hay que identificar es cuáles serán las paradas del camión (clientes cuyo pedido es satisfecho por el camión) y por cada parada, quiénes son los clientes que serán visitados a pie/bici por un repartidor.

En este trabajo práctico nos interesa poder comparar los costos de continuar con la metodología actual con la nueva manera de distribución. Para esto vamos a contar con la siguiente información:

- La cantidad  $cant\_clientes$  de clientes a quienes se debe satisfacer la demanda.
- Hay productos que exigen refrigeración.
- La distancia  $d_{ij}$  entre todo par de clientes  $i$  y  $j$  y el costo  $c_{ij}$  de desplazar el camión desde  $i$  a  $j$ .
- Cada repartidor a pie/bici que se contrate tiene un costo de  $costo\_repartidor$  por cada cliente que deba visitar.
- La distancia máxima a la que puede estar un cliente de la parada del camión para ser visitado por un repartidor a pie/bici es de  $dist\_max$ .

La solución debe indicar el recorrido del camión, especificando qué clientes visitados a pie/bici están asociados a cada una de las paradas que realiza.

Considerar que:

- Que un cliente se encuentre a una distancia menor a  $dist\_max$  de una parada, no significa que será atendido por un repartidor a pie/bici. Podría ser una nueva parada del camión.
- Por cuestiones de mantenimiento de los productos refrigerados, no puede haber más de una entrega de productos refrigerados a pie/bici por un mismo repartidor.

Si se cumplen las anteriores restricciones, la asignación es factible. De todas maneras, existen dos restricciones más que son deseables. Es decir, vamos a querer evaluar en cuánto se incrementa el costo si son consideradas. Las restricciones son:

- Queremos asegurar que cada repartidor a pie/bici contratado realice al menos 4 entregas.
- Que haya determinados clientes que deban ser visitados por el camión.

El costo de distribución de una solución está compuesto por el costo de traslado del camión más los costos de los repartidores contratados. El objetivo es minimizar el costo total de distribución.

### Resolución

Para las instancias considerar un archivo con el siguiente formato:

- Primera línea: un entero que representa la cantidad de clientes,  $cant\_clientes$ . Asumimos que los clientes se identifican con los  $ids$   $1, \dots, cant\_clientes$ .



- Segunda línea: un entero que representa el costo por cada entrega de un repartidor a pie/bici, *costo\_repartidor*.
- Tercera línea: un entero que representa la distancia máxima a un parada del camión para poder asignar un cliente a un distribuidor a pie/bici, *dist\_max*.
- Cuarta línea: un entero que representa la cantidad de clientes con entrega refrigerada, *cant\_refrigerados*.
- Siguiendo *cant\_refrigerados* líneas: enteros que representan los *id* de los clientes cuya entrega es refrigerada.
- Línea *cant\_refrigerados* + 4: un entero que representa la cantidad de clientes que deben ser visitados por el camión, *cant\_exclusivos*.
- Siguiendo *cant\_exclusivos* líneas: enteros que representan los *id* de los clientes cuya entrega debe ser realizada por el camión.
- Siguiendo líneas: dos enteros con los *ids* de dos clientes *i*, *j*, un entero  $c_{ij}$  que representa la distancia entre *i* y *j* y otro entero  $d_{ij}$  que representa el costo de mover el camión entre *i* a *j*. Para los pares de clientes que no figuran se asume distancia y costo muy grande entre ellos.

La resolución del trabajo consiste en:

- La realización de un modelo que calcule el costo de la metodología actual y otro modelo que calcule el costo de la nueva metodología propuesta.
- Implementar los modelos mediante el paquete CPLEX.
- Generar instancias que consideren adecuadas para poder sacar conclusiones sobre la experimentación.
- Experimentar con las instancias para:
  - Evaluar la ganancia de implementar la nueva metodología.
  - Evaluar la pérdida de considerar las restricciones deseables.
  - Analizar los tiempos de cómputo requeridos utilizando diferentes alternativas algorítmicas mediante los parámetros que provee el CPLEX.
- Desarrollar un informe donde se presenten los modelos y la discusión los resultados obtenidos al evaluar los diferentes escenarios considerados.

Contamos con una implementación preliminar para el problema con la lectura de los datos de una instancia (no es obligatorio utilizarla). Luego de realizar la lectura de los datos, estos se encuentran guardados en una instancia de la clase *InstanciaRecorridoMixto* que contiene los siguientes campos:

- *cant\_clientes*: entero que representa la cantidad de clientes.
- *costo\_repartidor*: entero que representa el costo por cada cliente visitado por un repartidor.
- *d\_max*: entero que representa la distancia máxima a un parada del camión para poder asignar un cliente a un distribuidor a pie/bici.
- *refrigerados*: lista con los *ids* de los clientes con entrega refrigerada.
- *exclusivos*: lista con los *ids* de los clientes que deben ser visitados por el camión.
- *distancias*: matriz con la distancia entre todo par de clientes.
- *costos*: matriz con el costo de traslado entre todo par de clientes.



### Entrega

Modalidad: Se debe entregar un informe **justificando todas las respuestas y presentando el/los modelo/s de programación lineal entera que se utilicen**. También se debe entregar el código fuente que se utilizó para la experimentación. Enviar el trabajo a las direcciones [imendez@dc.uba.ar](mailto:imendez@dc.uba.ar) y [pzabala@dc.uba.ar](mailto:pzabala@dc.uba.ar). El subject del email debe comenzar con el texto [TP1] y luego seguir con la lista de apellidos de la/os estudiantes. Todos la/os integrantes del grupo deben estar en copia en el mail.

Fecha: Lunes 23 de junio de 2025, hasta las **23:59 hs**.