

## Problema para selección de candidatos QM 2023

### Contexto

Un determinado puerto marítimo tiene 3 zonas de descarga C1, C2 y C3; 2 zonas de carga S1, S2; 2 depósitos para almacenaje D1, D2 y 3 terminales T1, T2 y T3. Cada instante de tiempo se reciben y solicitan contenedores vacíos, que se redistribuyen para satisfacer la oferta y la demanda de comercio ultramarino.

### Datos

Las capacidades máximas de almacenaje tanto en terminales como en depósitos son de 20 contenedores, mientras que los costes de almacenaje por contenedor son de 20 para la terminal T1, 30 para la terminal T2, 25 para la T3, 22 para D1 y 28 para D2.

En un cierto instante de tiempo, cada depósito y cada terminal, excepto la T2, tienen un contenedor vacío en stock. Adicionalmente, en ese mismo instante, cada zona de carga y la terminal T2 reclaman cada una un contenedor vacío para importación ultramarítima, así como cada zona de descarga provee de un contenedor vacío proveniente de comercio de ultra mar. Los costes de transporte de contenedores vienen dados por las siguientes matrices, que contemplan los únicos desplazamientos permitidos (que son a su vez asimétricos):

De zona de descarga (fila) a terminal (columna):

[[14,15,12],  
[15,17,12],  
[20,19,17]]

De zona de descarga (fila) a depósito (columna):

[[12,10],  
[19,12],  
[16,18]]

De zona de terminal (fila) a zona de carga (columna):

[[14,15],  
[18,17],  
[12,20]]

De zona de depósito (fila) a zona de carga (columna):

[[11,17],  
[12,14]]

De zona de terminal (fila) a terminal (columna):

[[0,15,18],  
[15,0,12],  
[17,16,0]]

De zona de depósito (fila) a depósito (columna):

[[0,18],  
[16,0]]

De zona de terminal (fila) a depósito (columna):

[[16,15],

[14,17],

[13,16]]

De zona de depósito (fila) a terminal (columna):

[[18,16,17],

[14,17,18]]

### **Objetivo**

Plantear el problema de optimización para reducir costes y satisfacer la oferta y demanda de contenedores vacíos en ese instante (pista: hay restricciones que quizá no sean tan evidentes de formular). El resultado ideal debería de ser los movimientos de contenedores que cada solución sugiere, si la solución es capaz de satisfacer la demanda y qué coste total tiene asociado. Con esto resultados haremos un pequeño análisis cuando nos juntemos de nuevo.

### **Recomendaciones**

Recomendamos usar D-Wave, que permite crear una cuenta con algo de tiempo de acceso gratuito y usar su maquina *cqm*.

Tutorial: <https://www.youtube.com/watch?v=jTDnGox0c9Y>.

Cualquier duda en este aspecto no dudes en comentarnos.

Algunas notas para simplificar el problema:

- Define las variables de este problema y la naturaleza de las mismas, declara la función de costes, piensa en qué restricciones deberían cumplirse y después haz su formulación matemática.
- Si vas a usar qiskit y hay que hacer que las variables sean binarias, en concreto jugando en una codificación en spines, puedes suponer que el numero de contenedores que se transporta en cada ruta también es binario.
- Si vas a usar un método de optimización que no permita mandar restricciones, inclúyelas en la función de coste con un *penalty term*.
- Puedes comprobar la referencia “Optimization of empty container movements using street-turn: Application to Valencia hinterland”, aunque la modelización es mucho más compleja.

**¡No dudes en consultarnos si tienes dudas!**