

▼ B. La Michoacana

▼ Problema

Hace algunos años, la nevería La Michoacana decidió hacer un cambio radical en su forma de operar. En lugar de neverías tradicionales, La Michoacana decidió instalar 4,000 máquinas expendedoras de paletas dentro de la Ciudad de México. Además de eso, decidió implementar un sistema de suscripción para las máquinas expendedoras. Es decir, en lugar de pagar por cada paleta, los clientes pagan una suscripción mensual fija por tener acceso a cuántas paletas quieran, cuando quieran. Las paletas se hacen en una planta que tiene un congelador central, desde el cual las paletas se distribuyen a las máquinas expendedoras en camiones refrigerados de una capacidad muy grande. Las máquinas expendedoras tienen la peculiaridad de que el gasto energético depende de la cantidad de paletas que estén en la máquina, pues cada una se congela en un pequeño cajón. El costo de mantener una paleta por un día es de \$1. El transporte de las paletas desde el congelador central a cada máquina expendedora tiene un costo fijo de \$100 por viaje a una máquina y cada máquina no puede ser surtida más de una vez al día. Cada mañana, Luis, el jefe de operaciones, debe decidir qué máquinas expendedoras serán surtidas esa misma mañana y cuántas paletas deben ir a cada máquina expendedora que será surtida. Luis quiere mantener los costos de transporte y de energía bajos pero al mismo tiempo no quiere que existan muchos casos de máquinas sin paletas disponibles, pues los suscriptores podrían molestarse y abandonar el programa. Luis tiene el objetivo de mantener los costos de transporte y energía más bajos posibles y la cantidad de días/máquina donde hubo indisponibilidad de paletas menor a 2% al mes. Luis tiene total libertad todas las mañanas para elegir qué máquinas deben ser surtidas y cuántas paletas surtir en cada una. Para tomar esa decisión, Luis tiene, cada mañana, la siguiente información:

- La cantidad de paletas retiradas para cada máquina, cada día desde que empezó la operación (hace 5 años) hasta el día anterior.
- La cantidad de paletas disponibles en cada máquina, cada día (a final del día, medianoche) desde que empezó la operación (hace 5 años) hasta el día anterior.
- La capacidad, en cantidad de paletas, de cada máquina expendedora.
- El costo de surtir cada máquina (\$100)
- El costo de mantener una paleta por un día en cualquier máquina expendedora (\$1)
- No hay límite de carga en los camiones repartidores Luis toma la decisión día con día de qué máquinas surtir y cuántas paletas surtir a cada una de ellas de forma bastante subjetiva, intuyendo que máquinas se quedarán sin paletas si no las surte y tratando de identificar una

cantidad óptima de paletas para surtir cada una de ellas. Luis se ha dado cuenta de que se trata de un problema bastante complejo, donde existe una gran oportunidad de tomar mejores decisiones. Se ha dado cuenta de que, para cada máquina, la estrategia de llenar a tope la máquina expendedora y surtirla el día que observe que las paletas están apunto de acabarse para llenar de nuevo la máquina a tope tiene un costo muy alto de energía y un costo bajo de transporte. Se ha dado cuenta también de que, para cada máquina, hacer viajes diarios con el contenido de paletas necesarias para el siguiente día tiene un costo de energía bastante bajo pero un costo de transporte muy alto. Luis observa también que el consumo de paletas cambia mucho de máquina a máquina y día con día. Luis no tiene restricciones como mandar siempre la misma cantidad de paletas a una misma máquina o mandar paletas con frecuencia fija (e.g. cada 7 días).

▼ Solución Propuesta

Para repartir de manera óptima las paletas minimizando los costos de almacenamiento y transporte, así como evitar que el indisponibilidad supere al 2% días/máquina al mes.

Se tiene:

I = Máquinas $(1, \dots, 4000)$.

T = Días del mes.

El costo de mantener una paleta en refrigeración es de \$1. El transporte de la central de distribución a la máquina expendedora cuesta \$100. Además, una máquina no puede ser surtida más de una vez al día.

Asimismo, con los datos históricos de paletas disponibles y de paletas retiradas de los últimos 5 años por máquina, se pronosticaría con algún modelo de series de tiempo (que tome en cuenta estacionalidad, tendencia) la cantidad de paletas que se retiraran al día siguiente t de la máquina i , esto es, $A_{i,t}$.

Dicho pronóstico se actualizaría diariamente cuando se tenga la información actualizada para estimar el nuevo valor del día siguiente. Teniendo el resto de parámetros:

$B_{i,t}$ = Cantidad de paletas disponibles en el día t en la máquina i .

K_i = Capacidad en cantidad de paletas de cada máquina expendedora.

C = El costo por surtir la máquina.

*Variables de Decisión

$X_{i,t}$ = Cantidad de paletas a surtir en la máquina i en el día t Y_{it} Una variable indicadora con el valor de 1 si la máquina i es surtida en el día t y 0 de otro modo.

Posteriormente, con toda la información anterior se haría una optimización minimizando la función de costos objetivo siguiente:

$$\min Z = \sum_i^I \sum_t^T (Y_{it} * C + X_{it} + B_{i,t-1})$$

con las restricciones siguientes

$$X_{it} + B_{i,t-1} \geq A_{it} \quad \forall i \in I, \forall t \in T$$

$$X_{it} + B_{i,t-1} \leq K_i \quad \forall i \in I, \forall t \in T$$

$$X_{it} \leq K_i * Y_{it} \quad \forall i \in I, \forall t \in T$$

$$\sum_t^T \sum_i^I Y_{it} / \sum_t^T \sum_i^I - 0.98 \geq 0 \text{ la condición de indisponibilidad menor al 2 \%}$$



No fue posible conectarse al servicio de reCAPTCHA. Comprueba tu conexión a Internet y vuelve a cargar la página para obtener un desafío de reCAPTCHA.