

Índice

[Índice](#)

[1. Análisis del problema](#)

[2. Objetivo del problema](#)

[3. Hipótesis](#)

[4. Modelización del problema](#)

[4.1 Definición de constantes](#)

[4.2 Definición de variables](#)

[Variables Enteras](#)

[Bivalentes Indicativas](#)

[Bivalentes de Decisión](#)

[Discretas](#)

[Variables Continuas](#)

[4.3 Funcional](#)

[4.4 Restricciones](#)

1. Análisis del problema

Se trata de un problema del viajante en donde se parte del origen en la ciudad de **Buenos Aires**. Se pueden realizar vuelos directos entre una ciudad y otra con cuatro tipos de agencias: la A, la B, la C y la D. Si se hace una combinación determinada con estas agencias, se pueden lograr descuentos en las tarifas de los vuelos directos realizados entre una ciudad y otra.

2. Objetivo del problema

Determinar el orden de las ciudades a recorrer y la agencia turística a utilizar en cada tramo para minimizar el costo total del viaje en un periodo determinado.

3. Hipótesis

- No hay paros de las aerolíneas, los servicios funcionan con normalidad.
- Los aviones llegan a destino sin inconvenientes y no hacen paradas intermedias o desvíos para llegar de un punto a otro.
- Se contrata una agencia por tramo entre dos ciudades. Por ejemplo, se contrata a la agencia A para un vuelo entre dos ciudades, entre Buenos Aires y Jujuy, pero no hay ciudades intermedias.
- En el período del viaje no va a haber variación de tarifas o inflación. No se considera algún otro costo extra, la tarifa es por kilómetro y se aplica de igual manera para todas las agencias A, B, C ó D.
- Se realiza el reintegro de la tarifa para la agencia D al final de todos los vuelos realizados.
- No hay un horario de salida y de llegada que agregue restricción alguna al modelo.
- No se puede realizar un vuelo directo entre dos ciudades si no es con las agencias A, B, C ó D.

4. Modelización del problema

4.1 Definición de constantes

Una constante muy grande.

M

Una constante muy pequeña. ($m > 0$)

m

Conjunto de ciudades que el turista desea visitar en sus próximas vacaciones.

CIUDADES = {*BuenosAires*, *Jujuy*, ... , *Usuahia*}

Cantidad de ciudades que el turista desea visitar en sus próximas vacaciones.

CANT_CIUDADES = |*CIUDADES*| = 23

Ciudad en la que el turista inicia sus vacaciones.

CIUDAD_ORIGEN = *BuenosAires*

Conjunto de agencias turísticas.

AGENCIAS = {*A*, *B*, *C*, *D*}

Conjunto de tipos de descuento aplicables a un vuelo entre una ciudad y otra.

AGN_DESCxVUELO = {*A*, *B*, *C*}

A: Descuento aplicado por la agencia *A* a un vuelo directo entre dos ciudades.

B: Descuento aplicado por la agencia *B* a un vuelo directo entre dos ciudades.

C: Descuento aplicado por la agencia *C* a un vuelo directo entre dos ciudades.

Distancia recorrida en km entre la ciudad *i* y la ciudad *j* por vuelo.

DISTANCIA_{ij} [km/vuelo]

Precio de la tarifa por km recorrido en un periodo determinado.

TARIFAxKM = 7 [\$ / km]

TIPOS DE DESCUENTO APLICADO:

Se aplica el descuento del 35% con la agencia *A*.

DESCUENTO_A = 0,35

Se aplica el descuento del 15% con la agencia *B*.

DESCUENTO_B = 0,15

Kilometros mínimos en vuelo directo para que aplique descuento con la agencia B.

$$\mathbf{DESC_B_KM} = 200 \text{ [km/vuelo]}$$

Se aplica el descuento del 20% con la agencia C.

$$\mathbf{DESCUENTO_c} = 0,20$$

Se aplica el descuento de \$750 con la agencia D.

$$\mathbf{DESCUENTO_d} = 750 \text{ [$/reintegro]}$$

Cada cuantos Kilometros recorridos se reintegra un monto fijo con la agencia D.

$$\mathbf{DESC_D_KM} = 800 \text{ [km/reintegro]}$$

4.2 Definición de variables

Variables Enteras

Bivalentes Indicativas

$D_{ijk} = 1$ se aplica el descuento de tipo k para el viaje de la ciudad i a la j .

$D_{ijk} = 0$ sino

$i \in \text{CIUDADES}, j \in \text{CIUDADES}, k \in \text{AGN_DESCxVUELO}$ con $i \neq j$

Bivalentes de Decisión

$Y_{ij} = 1$ si se realiza un viaje directo de la ciudad i a la ciudad j .

$Y_{ij} = 0$ sino

$i \in \text{CIUDADES}, j \in \text{CIUDADES}$ con $i \neq j$

$Q_{ijk} = 1$ si el viaje directo entre la ciudad i y la ciudad j se realizó con la agencia k .

$Q_{ijk} = 0$ sino

$i \in \text{CIUDADES}, j \in \text{CIUDADES}, k \in \text{AGENCIAS}$ con $i \neq j$

Discretas

U_i : Número en la secuencia en que la ciudad i es visitada. $i \in \text{CIUDADES}$

ReintegrosAgnD : Indica la cantidad de veces que la agencia D reintegra un monto fijo de dinero. [reintegros/periodo]

Variables Continuas

CostoTotalNeto : Indica el costo total con los descuentos aplicados. [\$/periodo]

CostoTotalBruto : Indica el costo total sin aplicar descuentos. [\$/periodo]

Descuentos : Indica el monto total de descuentos entre todas las agencias. [\$/periodo]

$\text{DescuentosAgencia}_i$: Indica el monto total de descuentos de la agencia i . [\$/periodo]

DistAgencia_i : Indica la cantidad de KM recorridos con la agencia i . [km/periodo]

$i \in \text{AGENCIAS}$

ExcAgnB : Kilometros extras que se hacen para cumplir con el kilometraje mínimo exigido para obtener el descuento con la agencia B . [km/vuelo]

DefAgnB : Kilometros que faltaron para cumplir con el kilometraje mínimo exigido para obtener el descuento con la agencia B . [km/vuelo]

4.3 Definición del Funcional

$$Z_{MIN} [\$/periodo] = CostoTotalNeto[\$/periodo]$$

4.4 Restricciones

$$CostoTotalNeto [\$/periodo] = CostoTotalBruto[\$/periodo] - Descuentos[\$/periodo]$$

$$CostoTotalBruto [\$/periodo] = \sum_{i \in CIUDADES} \sum_{j \in CIUDADES} (Y_{ij} \cdot DISTANCIA_{ij} [km/vuelo] \cdot I[vuelo/periodo] \cdot TARIFA \times KM [\$/km])$$

$$Descuentos [\$/periodo] = \sum_{i \in AGENCIAS} DescuentosAgencia_i [\$/periodo]$$

$$DescuentosAgencia_k [\$/periodo] = \sum_{i \in CIUDADES} \sum_{j \in CIUDADES} (D_{ijk} \cdot DISTANCIA_{ij} [km/vuelo] \cdot TARIFA \times KM [\$/km] \cdot DESCUENTO_k) \\ \forall_{k \in AGN_DESCxVUELO} / i \neq j$$

$$DescuentosAgencia_d [\$/periodo] = ReintegrosAgnD[reintegro/periodo] \cdot DESCUENTO_d [\$/reintegro]$$

Si se realiza un viaje directo entre dos ciudades, éste se realiza con una única agencia.

$$\sum_{k \in AGENCIAS} Q_{ijk} = Y_{ij} \quad \forall_{i \in CIUDADES, j \in CIUDADES} / i \neq j$$

Si se viajó con la agencia k \Rightarrow Puede o no haber descuento con la agencia k

Si no se viajó con la agencia k \Rightarrow No hay descuento con la agencia k

$$D_{ijk} \leq Q_{ijk} \quad \forall_{i \in CIUDADES, j \in CIUDADES, k \in TIPOS_DESCUENTOxVUELO} / i \neq j$$

A cada ciudad llega un único vuelo y de cada ciudad parte un único vuelo.

$$\sum_{j \in CIUDADES} Y_{ij} = 1 \quad \forall_{i \in CIUDADES} / i \neq j \\ \sum_{i \in CIUDADES} Y_{ij} = 1 \quad \forall_{j \in CIUDADES} / i \neq j$$

Planteo de ecuación para evitar sub-tours

$$U_i - U_j + CANT_CIUDADES \cdot Y_{ij} \leq CANT_CIUDADES - 1 \quad \forall_{i \in CIUDADES, j \in CIUDADES} / i \neq j$$

La ciudad origen es la primera en la secuencia de ciudades visitadas.

$$U_{CIUDAD_ORIGEN} = 1$$

Distancias recorridas con cada agencia

$$DistAgencia_k [km/periodo] = \sum_{i \in CIUDADES} \sum_{j \in CIUDADES} (Q_{ijk} \cdot DISTANCIA_{ij} [km/vuelo] \cdot I[vuelo/periodo]) \quad \forall_{k \in AGENCIAS}$$

Descuentos con la agencia A

$$D_{ijA} + D_{jkA} \leq 1$$

$$2 \cdot D_{ijA} \leq Q_{ijA} + Q_{jkA} \leq 1 + D_{ijA}$$

$$\forall_{i \in CIUDADES, j \in CIUDADES, k \in CIUDADES / i \neq j \neq k}$$

$$\forall_{i \in CIUDADES, j \in CIUDADES, k \in CIUDADES / i \neq j \neq k}$$

Descuentos con la agencia B

$$DISTANCIA_{ij}[km/vuelo] - DESC_B_KM[km/vuelo] = ExcAgnB[km/vuelo] - DefAgnB[km/vuelo]$$

$$\forall_{i \in CIUDADES, j \in CIUDADES / i \neq j}$$

$$m[km/vuelo] \cdot D_{ijB} \leq ExcAgnB[km/vuelo] \leq D_{ijB} \cdot M[km/vuelo]$$

$$\forall_{i \in CIUDADES, j \in CIUDADES / i \neq j}$$

Descuentos con la agencia C

$$2 \cdot D_{jkC} \leq Q_{ijB} + Q_{jkC} \leq 1 + D_{jkC}$$

$$\forall_{i \in CIUDADES, j \in CIUDADES, k \in CIUDADES / i \neq j \neq k}$$

Descuentos con la agencia D

$$DistAgencia_D[km/periodo] \geq ReintegrosAgnD[reintegro/periodo] \cdot DESC_D_KM[km/reintegro]$$