a)

Variables de decisión

x_{ijk} = número de estudiantes que irán a i grado desde el área j hasta la escuela k $\forall i = 6, 7, 8 \quad \forall j = 1, \dots, 6 \quad \forall k = 1, 2, 3$

Variables auxiliares

C_{jk} = costo del camión entre el área j y la escuela k

SC_k = número de espacios disponibles en la escuela k

A_{ij} = número de alumnos de grado i en área j

PPL

$$\min \sum_{i=6}^{8} \sum_{j=1}^{6} \sum_{k=1}^{3} \underbrace{C_{jk}\, x_{ijk}}_{\text{costo por grado por área por escuela}}$$

s.a.

de alumnos en grado i que irán a escuela k

$$\text{i)} \quad 0.30 \leq \frac{\overbrace{\sum_{j=1}^{6} x_{ijk}}}{\underbrace{\sum_{i=6}^{8}\sum_{j=1}^{6} x_{ijk}}} \leq 0.36 \qquad \forall i = 6, 7, 8, \; k = 1, 2, 3$$

de alumnos que irán a escuela k

o lo equivalente

$$\text{A} \quad 0.3 \left(\sum_{i=6}^{8} \sum_{j=1}^{6} x_{ijk} \right) - \left(\sum_{j=1}^{6} x_{ijk} \right) \leq 0 \qquad \forall i = 6, 7, 8, \; k = 1, 2, 3$$

$$\Delta \quad -0.36 \left(\sum_{i=6}^{8} \sum_{j=1}^{6} x_{ijk} \right) + \left(\sum_{j=1}^{6} x_{ijk} \right) \leq 0 \qquad \forall i = 6, 7, 8, \; k = 1, 2, 3$$

Notemos si $\left(\sum_{i=6}^{8} \sum_{j=1}^{6} x_{ijk} \right) > 0$ p.a. $k \in \{1, 2, 3\}$

pues, de ser igual a 0, significaría que ningún alumno fue asignado a esa escuela, lo cual no sucede, pues hay más alumnos por asignar que lugares disponibles en cualquier combinación de solo 2 escuelas

ii) $\underbrace{\sum_{i=6}^{8} \sum_{j=1}^{6} x_{ijk}}_{\substack{\#\text{ de alumnos que irán} \\ \text{a escuela } k}} \leq SC_k \quad \forall\, k = 1,2,3$

no podemos asignar más alumnos que lugares disponibles

iii) $\underbrace{\sum_{k=1}^{3} x_{ijk}}_{\substack{\text{número de alumnos de} \\ \text{grado } i \text{ de área } j}} = A_{ij} \quad \forall\, i,j$

iv) $x_{i21} = 0 \quad \forall\, i$ imposible la de área 2 a escuela 1

$x_{i43} = 0 \quad \forall\, i$ 〃 4 〃 3

$x_{i52} = 0 \quad \forall\, i$ 〃 5 〃 2

v) $x_{ijk} \geq 0 \quad \forall\, i,j,k$

d) Variables de decisión

x_{jk} = indicadora de que estudiantes del area j serán asignados a la escuela k $\forall j = 1, \ldots, 6$ $\forall k = 1, 2, 3$

Variables auxiliares

c_{jk} = costo del camión entre el área j y la escuela k
SC_k = número de espacios disponibles en la escuela k
P_{ij} = porcentaje de alumnos de grado i en area j
N_j = número de alumnos en area j

P.P.L.

$$\min \sum_{j=1}^{6} \sum_{k=1}^{3} N_j c_{jk} x_{jk}$$

s.a.

i) $$0.3 \leq \frac{\sum_{j=1}^{6} N_j P_{ij} x_{jk}}{\sum_{i=6}^{8} \sum_{j=1}^{6} N_j P_{ij} x_{jk}} \leq 0.36 \quad \forall i, k$$

o lo equivalente

a) $$0.3 \left(\sum_{i=6}^{8} \sum_{j=1}^{6} N_j P_{ij} x_{jk} \right) - \left(\sum_{j=1}^{6} N_j P_{ij} x_{jk} \right) \leq 0 \quad \forall i, k$$

a) $$-0.36 \left(\sum_{i=6}^{8} \sum_{j=1}^{6} N_j P_{ij} x_{jk} \right) + \left(\sum_{j=1}^{6} N_j P_{ij} x_{jk} \right) \leq 0 \quad \forall i, k$$

sabemos, por la misma razón que en el inciso a), que $\left(\sum_{i=6}^{8} \sum_{j=1}^{6} N_j P_{ij} x_{jk} \right) > 0$

ii) $$\sum_{j=1}^{6} N_j x_{jk} \leq SC_k \quad \forall k$$

iii) $$\sum_{k=1}^{3} x_{jk} = 1 \quad \forall j$$ solo los asigno a un area

Sabemos que $\left(\sum_{k=1}^{3} x_j\right) > 0$ porque $\left(\sum_{i=6}^{8}\sum_{j=1}^{6} N_j P_{ij} \; x_{jk}\right) > 0$

iv) $x_{21} = 0$

$x_{43} = 0$

$x_{52} = 0$

v) $x_{jk} \in \{0,1\} \quad \forall k$ son indicadoras y no negativas

e) Equivalente al problema a), pero si

$$c_{jk} = 200$$

Ahora lo actualizamos a

$$c_{jk} = 0$$

$\forall j, k$

f) Equivalente a e), pero si

$$c_{jk} = 300$$

Ahora lo actualizamos a

$$c_{jk} = 0$$

$\forall j, k$

h) Para los resultados de c), e), f) calculamos el número esperado de siniestros en un año si utilizamos una cte p (la probabilidad por año de tener un siniestro si no se va en convoy) de la siguiente manera:

$$\# \text{ esperado de siniestros} = p \cdot \left(\sum_{(i,j,k) \in A} x_{ijk} \right)$$

donde $A = \{ (i,j,k) \in \{6,7,8\} \times \{1,\dots,6\} \times \{1,2,3\} \mid c_{jk} = 0 \}$

Si nuestro objetivo es minimizar costos, tenemos μ como el costo medio por siniestro y minimizamos la función:

$$z + \mu \cdot \left(p \sum_{(i,j,k) \in A} x_{ijk} \right)$$

donde z era nuestra función objetivo original de cada inciso