

FIUBA - 71.14

Modelos y Optimización I

Trabajo práctico 1
1er cuatrimestre, 2019

Nombre	Padrón	Mail
FERREYRA, Javier	100680	javiferreyra97@gmail.com
GERSTNER, Facundo	96255	facugerstner29@gmail.com

Fecha de entrega: 9 de Mayo de 2019

Tutor:

Comentarios:

Índice

1. Parte A	2
1.1. Análisis	2
1.2. Objetivo	2
1.3. Hipótesis	2
1.4. Item 1	3
1.4.1. Modelo	3
1.4.2. Resultados con GLPK	5
1.5. Item 2	6
1.5.1. Modelo	6
1.5.2. Resultados con GLPK	9
1.6. Problemas encontrados	17
2. Parte B	17
2.1. Análisis	17
2.2. Objetivo	17
2.3. Hipótesis	17
2.4. Modelo en programación lineal continua	18
2.4.1. Variables	18
2.4.2. Restricciones	18
2.4.3. Funcional	18
2.5. Modelo en GLPK	18
2.6. Resultados	19
2.7. Análisis de la solución	20
2.8. Referencias	21

1. Parte A

1.1. Análisis

El Gran DT presenta un problema que es posible categorizarlo como “el problema de la mochila”, ya que se intenta armar un equipo (mochila) con distintos jugadores (elementos), de tal manera de que el mismo genere la mayor cantidad de puntos posible.

A la vez, existen otros problemas a resolver:

- Cada jugador es de un tipo: arquero, defensor, volante o delantero y cada equipo solo puede tener una cantidad determinada de cada uno de los tipos mencionados.
- Cada jugador pertenece a un club y cada equipo no puede tener mas de 3 jugadores de un mismo club
- Cada equipo deberá contar con una de 3 tácticas posibles. Deberá dejarse como tarea del modelo la elección de la misma.
- Cada equipo tendrá un capitán, cuya elección también sera tarea del modelo.
- Cada jugador puede ser titular o suplente en una fecha determinada. Cuando es suplente, no suma puntos al equipo.

La siguiente figura describe a grandes rasgos el problema a resolver.

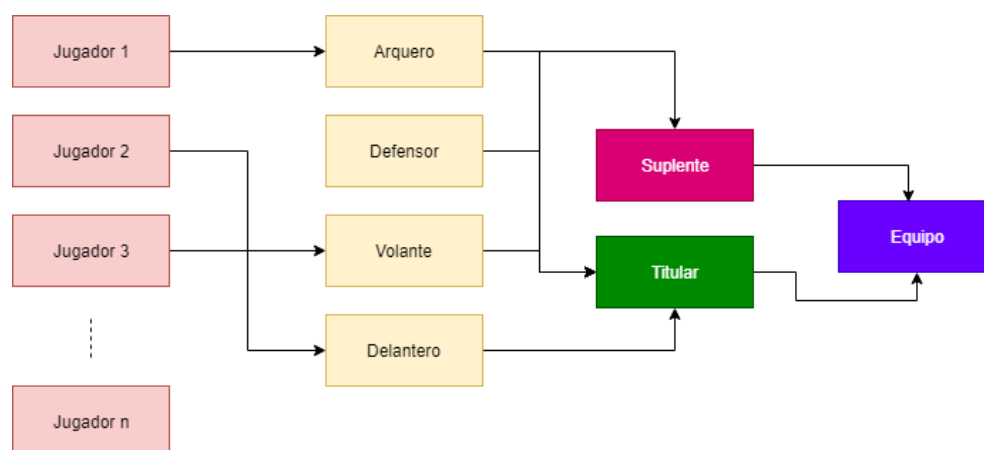


Figura 1: Diagrama del problema a resolver

1.2. Objetivo

El objetivo es determinar que jugadores incluir en el equipo titular de 11 jugadores y la táctica a utilizar durante todo el torneo; y el capitán en cada partido para maximizar los puntos obtenidos durante el torneo.

Luego en el segundo modelo se debe determinar los 15 jugadores a utilizar, cuales de ellos son titulares o suplentes en cada partido, y el capitán de cada partido para maximizar los puntos obtenidos en el torneo.

1.3. Hipótesis

- En un partido suman puntos solo los titulares (no hay cambios)
- Los designados titulares para una fecha, siempre juegan (no hay lesiones, etc.)

1.4. Item 1

1.4.1. Modelo

Variables

- Y_i : Jugador i juega en el equipo
- $L_{i,j}$: Jugador i es capitán en la fecha j
- T_i : Se utiliza la táctica i

Conjuntos

- Clubes

Club
Aldosivi de MdP
Argentinos Juniors
Arsenal FC
Atlético de Rafaela
Banfield
Belgrano de Cba
Boca Juniors
Colón de Santa Fe
Crucero del Norte
Defensa y Justicia
Estudiantes LP
Gimnasia LP
Godoy Cruz AT
Huracán
Independiente
Lanús
Newells Old Boys
Nueva Chicago
Olimpo de BB
Quilmes AC
Racing Club
River Plate
Rosario Central
San Lorenzo de A
San Martín SJ
Sarmiento de Junín
Temperley
Tigre
Unión de Santa Fe
Vélez Sarsfield

Cuadro 1: Clubes

- Posiciones

Posición
ARQ
DEF
VOL
DEL

Cuadro 2: Posiciones

- Jugadores = 1..1016

- Fechas = 1..15

Constantes

- $posicion_i$: Posición del jugador i
- $club_i$: Club al que pertenece el jugador i
- $puntosTotales_i$: Puntos totales (en todas las fechas) del jugador i
- $precio_i$: Cotización del jugador i
- $p_{i,j}$: Puntos del jugador i en la fecha j

Restricciones

- Cantidad de jugadores

$$\sum_{i=1}^n Y_i = 11$$

- Limite del club

$$\sum_{i=1}^n Y_i \leq 3, \forall i : club_i = j, \forall j \in Clubes$$

- Limite de arqueros

$$\sum_{i=1}^n Y_i = 1, \forall i : posicion_i = ARQ$$

- Limite de defensores

$$\sum_{i=1}^n Y_i = 4 \cdot T_1 + 4 \cdot T_2 + 3 \cdot T_3, \forall i : posicion_i = DEF$$

- Limite de volantes

$$\sum_{i=1}^n Y_i = 4 \cdot T_1 + 3 \cdot T_2 + 4 \cdot T_3, \forall i : posicion_i = VOL$$

- Limite de delanteros

$$\sum_{i=1}^n Y_i = 2 \cdot T_1 + 3 \cdot T_2 + 3 \cdot T_3, \forall i : posicion_i = DEL$$

- Solo una táctica

$$\sum_{i=1}^3 T_i = 1$$

- Capitán es titular

$$L_{i,j} \leq Y_i, \forall i \in Jugadores, \forall j \in Fechas$$

- Un capitán por fecha

$$\sum_{i=1}^n L_{i,j} = 1, \forall j \in Fechas$$

- Limite de dinero

$$\sum_{i=1}^n Y_i \cdot precio_i \leq 58,800,000$$

Funcional

$$MAX z = \sum_{i=1}^n (Y_i \cdot puntosTotales_i + \sum_{j=1}^{15} p_{i,j} * L_{i,j})$$

1.4.2. Resultados con GLPK

Se transcribió el modelo propuesto a glpk y se procedió a ejecutar la corrida del modelo. El mismo tubo una duración de 0.730 segundos. Las siguientes tablas detallan los resultados obtenidos:

Nombre	Apellido	Posición
Ojeda	Luis	ARQ
Cuero	Mauricio	DEL
Rigoni	Emiliano	VOL
Zelarayan	Lucas	VOL
Diaz	Daniel	DEF
Donatti	Alejandro	DEF
Ruben	Marco	DEL
Gomez	Jose Luis	DEF
Núñez	Gervasio	VOL
Malcorra	Ignacio	VOL
Pavone	Mariano	DEL

Cuadro 3: Jugadores seleccionados para el equipo

Táctica seleccionada
3-4-3.

Cuadro 4: Táctica seleccionada

Fecha	Capitán
1	Zelarayan, Lucas
2	Cuero, Mauricio
3	Ojeda, Luis
4	Ruben, Marco
5	Diaz, Daniel
6	Malcorra, Ignacio
7	Nuñez, Gervasio
8	Gomez, JosÃ© Luis
9	Pavone, Mariano
10	Donatti, Alejandro
11	Zelarayan, Lucas
12	Zelarayan, Lucas
13	Pavone, Mariano
14	Cuero, Mauricio
15	Diaz, Daniel

Cuadro 5: Capitanes por fecha

Puntaje total
1676

Cuadro 6: Puntaje máximo

1.5. Item 2

1.5.1. Modelo

Variables

- Y_i : Jugador i juega en el equipo
- $L_{i,j}$: Jugador i es capitán en la fecha j
- $T_{i,j}$: El jugador i es titular en la fecha j

Conjuntos

- Clubes

Club
Aldosivi de MdP
Argentinos Juniors
Arsenal FC
Atlético de Rafaela
Banfield
Belgrano de Cba
Boca Juniors
Colón de Santa Fe
Crucero del Norte
Defensa y Justicia
Estudiantes LP
Gimnasia LP
Godoy Cruz AT
Huracán
Independiente
Lanús
Newells Old Boys
Nueva Chicago
Olimpo de BB
Quilmes AC
Racing Club
River Plate
Rosario Central
San Lorenzo de A
San Martín SJ
Sarmiento de Junín
Temperley
Tigre
Unión de Santa Fe
Vélez Sarsfield

Cuadro 7: Clubes

■ Posiciones

Posición
ARQ
DEF
VOL
DEL

Cuadro 8: Posiciones

■ Jugadores = 1..1016

■ Fechas = 1..15

Constantes

■ $posicion_i$: Posición del jugador i

■ $club_i$: Club al que pertenece el jugador i

- $puntosTotales_i$: Puntos totales (en todas las fechas) del jugador i
- $precio_i$: Cotización del jugador i
- $p_{i,j}$: Puntos del jugador i en la fecha j

Restricciones

- Cantidad de jugadores

$$\sum_{i=1}^n Y_i = 15$$

- Limite del club

$$\sum_{i=1}^n Y_i \leq 3, \forall i : club_i = j, \forall j \in Clubes$$

- Limite de arqueros

$$\sum_{i=1}^n Y_i = 2, \forall i : posicion_i = ARQ$$

- Limite de defensores

$$\sum_{i=1}^n Y_i = 4, \forall i : posicion_i = DEF$$

- Limite de volantes

$$\sum_{i=1}^n Y_i = 5, \forall i : posicion_i = VOL$$

- Limite de delanteros

$$\sum_{i=1}^n Y_i = 4, \forall i : posicion_i = DEL$$

- Titular es parte del equipo

$$T_{i,j} \leq Y_i, \forall i \in Jugadores, \forall j \in Fechas$$

- Capitán es del equipo

$$L_{i,j} \leq Y_i, \forall i \in Jugadores, \forall j \in Fechas$$

- Equipo de once titulares

$$\sum_{i=1}^n T_{i,j} = 11, \forall j \in Fechas$$

- Un arquero titular

$$\sum_{i=1}^n T_{i,j} = 1, \forall i : posicion_i = ARQ, \forall j \in Fechas$$

- Tres defensores titulares

$$\sum_{i=1}^n T_{i,j} = 3, \forall i : posicion_i = DEF, \forall j \in Fechas$$

- Cuatro volantes titulares

$$\sum_{i=1}^n T_{i,j} = 4, \forall i : \text{posicion}_i = VOL, \forall j \in Fechas$$

- Tres delanteros titulares

$$\sum_{i=1}^n T_{i,j} = 3, \forall i : \text{posicion}_i = DEL, \forall j \in Fechas$$

- Un capitán por fecha

$$\sum_{i=1}^n L_{i,j} = 1, \forall j \in Fechas$$

- El capitán es titular

$$L_{i,j} \leq T_{i,j}, \forall i \in Jugadores, \forall j \in Fechas$$

- Limite de dinero

$$\sum_{i=1}^n Y_i \cdot \text{precio}_i \leq 58,800,000$$

Funcional

$$MAX z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{15} (T_{i,j} \cdot p_{i,j} + L_{i,j} \cdot p_{i,j})$$

1.5.2. Resultados con GLPK

Se transcribió el modelo propuesto a glpk y se procedió a ejecutar la corrida del modelo. El mismo tubo una duración de 8.652 segundos. Las siguientes tablas detallan los resultados obtenidos:

Apellido	Nombre	Posición
Ojeda	Luis	ARQ
Cuero	Mauricio	DEL
Rigoni	Emiliano	VOL
Zelarayan	Lucas	VOL
Diaz	Daniel	DEF
Pisano	Matias	VOL
Donatti	Alejandro	DEF
Gonzales Pirez	Leandro	DEF
Malcorra	Ignacio	VOL
Triverio	Enrique	DEL
Pavone	Mariano	DEL
Champagne	Nereo	ARQ
Ruben	Marco	DEL
Gomez	Jose	DEF
Nuñez	Gervasio	VOL

Cuadro 9: Jugadores seleccionados para el equipo

La fila resaltada representa al capitán en la fecha

Apellido	Nombre	Juega de
Ojeda	Luis	Titular
Cuero	Mauricio	Titular
Rigoni	Emiliano	Titular
Zelarayan	Lucas	Titular
Diaz	Daniel	Titular
Pisano	Matias	Titular
Donatti	Alejandro	Titular
Gonzalez Pirez	Leandro	Titular
Malcorra	Ignacio	Titular
Triverio	Enrique	Titular
Pavone	Mariano	Titular
Champagne	Nereo	Suplente
Ruben	Marco	Suplente
Gomez	Jose Luis	Suplente
Nuñez	Gervasio	Suplente

Cuadro 10: Equipo fecha 1

Apellido	Nombre	Juega de
Cuero	Mauricio	Titular
Rigoni	Emiliano	Titular
Zelarayan	Lucas	Titular
Diaz	Daniel	Titular
Pisano	Matias	Titular
Champagne	Nereo	Titular
Donatti	Alejandro	Titular
Ruben	Marco	Titular
Gomez	Jose Luis	Titular
Nuñez	Gervasio	Titular
Triverio	Enrique	Titular
Ojeda	Luis	Suplente
Gonzalez Pirez	Leandro	Suplente
Malcorra	Ignacio	Suplente
Pavone	Mariano	Suplente

Cuadro 11: Equipo fecha 2

Apellido	Nombre	Juega de
Ojeda	Luis	Titular
Cuero	Mauricio	Titular
Rigoni	Emiliano	Titular
Zelarayan	Lucas	Titular
Diaz	Daniel	Titular
Donatti	Alejandro	Titular
Ruben	Marco	Titular
Gomez	Jose Luis	Titular
Nuñez	Gervasio	Titular
Malcorra	Ignacio	Titular
Triverio	Enrique	Titular
Pisano	Matias	Suplente
Champagne	Nereo	Suplente
Gonzalez Pirez	Leandro	Suplente
Pavone	Mariano	Suplente

Cuadro 12: Equipo fecha 3

Apellido	Nombre	Juega de
Ojeda	Luis	Titular
Rigoni	Emiliano	Titular
Zelarayan	Lucas	Titular
Diaz	Daniel	Titular
Donatti	Alejandro	Titular
Ruben	Marco	Titular
Gomez	Jose Luis	Titular
Nuñez	Gervasio	Titular
Malcorra	Ignacio	Titular
Triverio	Enrique	Titular
Pavone	Mariano	Titular
Cuero	Mauricio	Suplente
Pisano	Matias	Suplente
Champagne	Nereo	Suplente
Gonzalez Pirez	Leandro	Suplente

Cuadro 13: Equipo fecha 4

Apellido	Nombre	Juega de
Cuero	Mauricio	Titular
Zelarayan	Lucas	Titular
Diaz	Daniel	Titular
Pisano	Matias	Titular
Champagne	Nereo	Titular
Donatti	Alejandro	Titular
Ruben	Marco	Titular
Nuñez	Gervasio	Titular
Gonzalez Pirez	Leandro	Titular
Malcorra	Ignacio	Titular
Pavone	Mariano	Titular
Ojeda	Luis	Suplente
Rigoni	Emiliano	Suplente
Gomez	Jose Luis	Suplente
Triverio	Enrique	Suplente

Cuadro 14: Equipo fecha 5

Apellido	Nombre	Juega de
Cuero	Mauricio	Titular
Zelarayan	Lucas	Titular
Diaz	Daniel	Titular
Pisano	Matias	Titular
Champagne	Nereo	Titular
Donatti	Alejandro	Titular
Ruben	Marco	Titular
Nuñez	Gervasio	Titular
Gonzalez Pirez	Leandro	Titular
Malcorra	Ignacio	Titular
Triverio	Enrique	Titular
Ojeda	Luis	Suplente
Rigoni	Emiliano	Suplente
Gomez	Jose Luis	Suplente
Pavone	Mariano	Suplente

Cuadro 15: Equipo fecha 6

Apellido	Nombre	Juega de
Cuero	Mauricio	Titular
Rigoni	Emiliano	Titular
Zelarayan	Lucas	Titular
Diaz	Daniel	Titular
Champagne	Nereo	Titular
Donatti	Alejandro	Titular
Ruben	Marco	Titular
Nuñez	Gervasio	Titular
Gonzalez Pirez	Leandro	Titular
Malcorra	Ignacio	Titular
Pavone	Mariano	Titular
Ojeda	Luis	Suplente
Pisano	Matias	Suplente
Gomez	Jose Luis	Suplente
Triverio	Enrique	Suplente

Cuadro 16: Equipo fecha 7

Apellido	Nombre	Juega de
Ojeda	Luis	Titular
Cuero	Mauricio	Titular
Rigoni	Emiliano	Titular
Diaz	Daniel	Titular
Pisano	Matias	Titular
Donatti	Alejandro	Titular
Ruben	Marco	Titular
Gomez	Jose Luis	Titular
Nuñez	Gervasio	Titular
Malcorra	Ignacio	Titular
Pavone	Mariano	Titular
Zelarayan	Lucas	Suplente
Champagne	Nereo	Suplente
Gonzalez Pirez	Leandro	Suplente
Triverio	Enrique	Suplente

Cuadro 17: Equipo fecha 8

Apellido	Nombre	Juega de
Cuero	Mauricio	Titular
Rigoni	Emiliano	Titular
Zelarayan	Lucas	Titular
Diaz	Daniel	Titular
Pisano	Matias	Titular
Champagne	Nereo	Titular
Donatti	Alejandro	Titular
Ruben	Marco	Titular
Nuñez	Gervasio	Titular
Gonzalez Pirez	Leandro	Titular
Pavone	Mariano	Titular
Ojeda	Luis	Suplente
Gomez	Jose Luis	Suplente
Malcorra	Ignacio	Suplente
Triverio	Enrique	Suplente

Cuadro 18: Equipo fecha 9

Apellido	Nombre	Juega de
Ojeda	Luis	Titular
Cuero	Mauricio	Titular
Rigoni	Emiliano	Titular
Zelarayan	Lucas	Titular
Pisano	Matias	Titular
Donatti	Alejandro	Titular
Gomez	Jose Luis	Titular
Nuñez	Gervasio	Titular
Gonzalez Pirez	Leandro	Titular
Triverio	Enrique	Titular
Pavone	Mariano	Titular
Diaz	Daniel	Suplente
Champagne	Nereo	Suplente
Ruben	Marco	Suplente
Malcorra	Ignacio	Suplente

Cuadro 19: Equipo fecha 10

Apellido	Nombre	Juega de
Cuero	Mauricio	Titular
Rigoni	Emiliano	Titular
Zelarayan	Lucas	Titular
Diaz	Daniel	Titular
Pisano	Matias	Titular
Champagne	Nereo	Titular
Ruben	Marco	Titular
Gomez	Jose Luis	Titular
Gonzalez Pirez	Leandro	Titular
Malcorra	Ignacio	Titular
Triverio	Enrique	Titular
Ojeda	Luis	Suplente
Donatti	Alejandro	Suplente
Nuñez	Gervasio	Suplente
Pavone	Mariano	Suplente

Cuadro 20: Equipo fecha 11

Ojeda	Luis	Titular
Cuero	Mauricio	Titular
Rigoni	Emiliano	Titular
Zelarayan	Lucas	Titular
Pisano	Matias	Titular
Donatti	Alejandro	Titular
Ruben	Marco	Titular
Gomez	Jose Luis	Titular
Gonzalez Pirez	Leandro	Titular
Malcorra	Ignacio	Titular
Triverio	Enrique	Titular
Diaz	Daniel	Suplente
Champagne	Nereo	Suplente
Nuñez	Gervasio	Suplente
Pavone	Mariano	Suplente

Cuadro 21: Equipo fecha 12

Cuero	Mauricio	Titular
Rigoni	Emiliano	Titular
Diaz	Daniel	Titular
Pisano	Matias	Titular
Champagne	Nereo	Titular
Donatti	Alejandro	Titular
Ruben	Marco	Titular
Gomez	Jose Luis	Titular
Núñez	Gervasio	Titular
Malcorra	Ignacio	Titular
Pavone	Mariano	Titular
Ojeda	Luis	Suplente
Zelarayan	Lucas	Suplente
Gonzalez Pirez	Leandro	Suplente
Triverio	Enrique	Suplente

Cuadro 22: Equipo fecha 13

Apellido	Nombre	Juega de
Ojeda	Luis	Titular
Cuero	Mauricio	Titular
Rigoni	Emiliano	Titular
Zelarayan	Lucas	Titular
Diaz	Daniel	Titular
Donatti	Alejandro	Titular
Ruben	Marco	Titular
Gomez	Jose Luis	Titular
Núñez	Gervasio	Titular
Malcorra	Ignacio	Titular
Pavone	Mariano	Titular
Pisano	Matias	Suplente
Champagne	Nereo	Suplente
Gonzalez Pirez	Leandro	Suplente
Triverio	Enrique	Suplente

Cuadro 23: Equipo fecha 14

Apellido	Nombre	Juega de
Cuero	Mauricio	Titular
Zelarayan	Lucas	Titular
Diaz	Daniel	Titular
Pisano	Matias	Titular
Champagne	Nereo	Titular
Donatti	Alejandro	Titular
Ruben	Marco	Titular
Gomez	Jose Luis	Titular
Nuñez	Gervasio	Titular
Malcorra	Ignacio	Titular
Pavone	Mariano	Titular
Ojeda	Luis	Suplente
Rigoni	Emiliano	Suplente
Gonzalez Pirez	Leandro	Suplente
Triverio	Enrique	Suplente

Cuadro 24: Equipo fecha 15

Puntaje total
1918

Cuadro 25: Puntaje máximo

1.6. Problemas encontrados

- El archivo csv no podía ser procesado por GLPK tal cual estaba porque tenía muchos campos vacíos que correspondían a fechas en las cuales el jugador no jugó. Se rellenó con ceros ya que en esa condición el jugador suma cero puntos.
- Lo mismo se realizó para los valores 's/c' ya que tampoco suma puntos.
- Hay dos casos en los que dos jugadores tienen el mismo nombre, por lo que se cambió el nombre de uno de ellos agregándole un '2' al final. Otra solución posible hubiese sido numerar a los jugadores (agregando una columna al csv) y que GLPK simplemente los identifique con ese número.

2. Parte B

2.1. Análisis

Es un problema de producción, ya que el problema es análogo a decidir cuanto de cada 'producto' fabricar con los recursos disponibles, los cuales en este caso son los m^2 de predio, y los guardias contratados.

2.2. Objetivo

Decidir cuantas ubicaciones de VIP y general ofrecer, y cuántos guardias de seguridad contratar para cada sector para maximizar la ganancia durante el show.

2.3. Hipótesis

- Se vende todo lo que se produce.

2.4. Modelo en programación lineal continua

2.4.1. Variables

- vip : Cantidad de entradas que se venden en VIP
- grl : Cantidad de entradas que se venden en General
- s_{vip} : Cantidad de guardias que se contratan para VIP
- s_{grl} : Cantidad de guardias que se contratan para General

2.4.2. Restricciones

- Minimo de VIP

$$vip \geq 100$$

- Minimo de General

$$grl \geq 500$$

- Limite de espacio

$$vip + 0,5 \cdot grl \leq 8000$$

- Seguridad en VIP

$$20 \cdot s_{vip} \geq vip$$

- Seguridad en General

$$8 \cdot s_{grl} \geq grl$$

- Limite de seguridad

$$s_{vip} + s_{grl} \leq 800$$

2.4.3. Funcional

$$MAX z = (vip - 100) \cdot 1500 + grl \cdot 800 - (s_{vip} + s_{grl}) \cdot 700$$

2.5. Modelo en GLPK

La siguiente figura muestra el modelo utilizado en GLPK:

```

1  var vip >= 0; #entradas que se venden en VIP
2  var grl >= 0; #entradas que se venden en General
3  var s_vip >= 0;
4  var s_grl >= 0; #guardias de seguridad que se contratan vip y gral respectivamente
5
6  maximize Z: (vip-100)*1500 + grl*800 - (s_vip+s_grl)*700;
7
8  s.t. minimo_vip: vip >= 100;
9  s.t. minimo_grl: grl >= 500;
10
11 s.t. limite_espacio: vip + grl*0.5 <= 8000;
12
13 s.t. seguridad_vip: 20*s_vip >= vip;
14 s.t. seguridad_grl: 8*s_grl >= grl;
15
16 s.t. limite_seguridad: s_vip + s_grl <= 800;
17
18 solve;
19
20 printf: "Cantidad de VIP que se venden: %d\n",vip;
21 printf: "Cantidad de General que se venden: %d\n",grl;
22 printf: "Cantidad de guardias en VIP: %d\n",s_vip;
23 printf: "Cantidad de guardias en General: %d\n",s_grl;
24 printf: "Ganancia: %d \n",Z;
25
26 end;
27

```

Figura 2: Modelo en GLPK

2.6. Resultados

La siguiente tabla detalla los resultados obtenidos. El tiempo de corrida fue de 0.424 segundos.

Cantidad de VIP que se venden	7750
Cantidad de General que se venden	500
Cantidad de guardias en VIP	388
Cantidad de guardias en General	63
Ganancia	11.710.000

Cuadro 26: Resultados obtenidos con GLPK

La siguiente figura detalla los resultados arrojados por GLPK:

Problem: foofighters
 Rows: 7
 Columns: 4
 Non-zeros: 14
 Status: OPTIMAL
 Objective: Z = 11560000 (MAXimum)

No.	Row name	St	Activity	Lower bound	Upper bound	Marginal
1	Z	B	1.171e+07			
2	minimo_vip	B	7750	100		
3	minimo_grl	NL	500	500		-20
4	limite_espacio	NU	8000		8000	1465
5	seguridad_vip	NL	0	-0		-35
6	seguridad_grl	NL	0	-0		-87.5
7	limite_seguridad	B	450		800	

No.	Column name	St	Activity	Lower bound	Upper bound	Marginal
1	vip	B	7750	0		
2	grl	B	500	0		
3	s_vip	B	387.5	0		
4	s_grl	B	62.5	0		

Karush-Kuhn-Tucker optimality conditions:

KKT.PE: max.abs.err = 1.82e-12 on row 5
 max.rel.err = 1.17e-16 on row 5
 High quality

KKT.PB: max.abs.err = 0.00e+00 on row 0
 max.rel.err = 0.00e+00 on row 0
 High quality

Figura 3: Resultados arrojados por GLPK

2.7. Análisis de la solución

A partir de los resultados obtenidos, se puede observar que la gran mayoría de entradas a vender son de tipo VIP. El modelo busco cumplir con el mínimo de entradas de tipo General y luego elegir el resto de tipo VIP. Para la restricción de mínimo de entradas generales, se observa un valor marginal de -20, es decir, que por cada unidad que se aumente el mínimo el funcional disminuirá en 20 unidades. Los valores del marginal para ambas restricciones referentes a la seguridad son negativos, ya que, incrementar en una unidad la cota inferior, implica un gasto y por lo tanto una reducción en el funcional.

En cuanto a los valores obtenidos, se observa que la cantidad de guardias dio un valor no entero. Se procedió a redondear los valores y esto produce que haya un total de 388 guardias para vip los cuales pueden cubrir hasta 7760 lugares, es decir, que habrá un guardia que cubra solo 10 de

ellos. Lo mismo ocurrió para los guardias de General, los cuales totalizan 63 y cubren hasta 504 lugares, es decir, habrá un guardia que cubra solo 4 de ellos.

2.8. Referencias

- Código fuente: <https://github.com/javier2409/Modelos1>