

# Optimizando Anuncios en Facebook

Integrantes:

Dany Benavides & Andrés Felipe Losada

## **Entrega 1: Modelo Matemático Teórico Modelado, Simulación y Optimización**

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación  
Universidad de Los Andes  
Bogotá, Colombia

## **1 Contexto**

Facebook provee una plataforma para hacer anuncios dentro de sus redes sociales Instagram y Facebook. Esta plataforma presenta a sus usuarios una gran cantidad de opciones distintas que afectan directamente los costos de los anuncios, la cantidad de personas que van a ver el contenido, el retorno en la inversión, entre otros.

Es de nuestro interés facilitar el proceso de decisión del anunciante, dándole el mejor conjunto de decisiones para que su mensaje llegue a la mayor cantidad de clientes potenciales y de esta manera aproveche al máximo la plataforma y su presupuesto.

El sistema de Facebook y la manera que calculan los costos funciona de la siguiente manera:

El algoritmo que determina qué anunciante gana uno de los espacios de pauta en un dispositivo de un cliente es por medio de subasta, de manera que hay varios anunciantes que desean llegar al mismo espacio publicitario, quien gane la subasta es quien haga uso de ese espacio publicitario.

Existen dos grupos dentro de esta subasta los anunciantes y los usuarios de las plataformas. Los tamaños de estos dos grupos influyen directamente el precio de los anuncios (el precio por cada visualización de uno de los anuncios). Por ejemplo, un grupo de usuarios muy pequeño al cual muchos anunciantes quieren llegar resulta ser más costoso, por otro lado un grupo muy grande de usuarios al cual pocos anunciantes quieren llegar resulta siendo más económico.

Un ejemplo más real se puede observar con usuarios delimitados solo por países, existe una mayor cantidad de anunciantes interesados en llegar a usuarios que viven en Estados Unidos que a usuarios que viven en Colombia, ya sea por poder adquisitivo, capacidad de compra, o cualquier razón que no analizaremos en este documento, resulta en un mayor costo para los anunciantes llegar a estos usuarios en Estados Unidos que en Colombia.

### **Limitaciones**

Existen dos situaciones, cada una con sus limitaciones. En primera instancia, existen los anunciantes que saben con certeza el perfil de sus clientes potenciales

(rango de edad, pas, gnero, gustos, entre otros) y los anunciantes que no conocen el perfil de su cliente potencial.

Con esto en mente, los anunciantes que s conocen su cliente objetivo, generarn ms limitaciones de entrada ya que las caractersticas de sus clientes hacen parte de las variables que afectan el desempeo de los anuncios. Por otro lado, los anunciantes que no conocen sus clientes potenciales o este perfil es muy general dan menos limitaciones para nuestra solucin.

Otras limitaciones existentes son: los objetivos que usen para optimizacin, el lugar donde se desean que aparezcan los anuncios, la plataforma (Facebook o Instagram), el dispositivo al que quiero llegar, el tipo de anuncio, entre otros.

Deseamos maximizar la cantidad de personas que ven un anuncio dadas las restricciones y distintas variables que Facebook tiene al momento de crear una campaa publicitaria en su plataforma.

## 2 Conjuntos, Parámetros y Variables

**\*Describir por medio de tablas los conjuntos, parámetros y variables de decisión que se requieren para plantear el modelo matemático.**

**Table 1.** Conjuntos, Parámetros y Variables de decisión.

Conjuntos	Descripción
$P$	Set de países.
$O$	Set de objetivos. Un objetivo representa el objetivo de marketing, por ejemplo tráfico o conversiones
$S$	Set de sexos.
$I$	Set de idiomas.
$E$	Set de edad.
$N$	Set de nichos. Un nicho representa los intereses de los clientes potenciales (negocios o tecnología).
$U$	Set de ubicaciones. Una ubicación representa el lugar donde aparecerá el anuncio en la plataforma (feed de Instagram o feed de Facebook)

**Table 2.** Parámetros.

Parámetros	Descripción
numeroHabitantes(p), $p \in P$	Es el número de habitantes en la elección del país dado
costoObjetivo(o), $o \in O$	Es el costo que agrega la elección del objetivo dado.
porcentajeSexo(s), $s \in S$	Es el porcentaje de habitantes de una elección de sexo dado.
porcentajeHablantes(i), $i \in I$	Es el porcentaje de habitantes que hablan el idioma dado
porcentajeDentroNicho(n), $n \in N$	Es el porcentaje habitantes que estn en el nicho dado
costoUbicacion(u), $u \in U$	Es la razón el la cual aumenta el costo total al elegir una ubicacion.
costoPorImpresion(p), $p \in P$	Es un número que define cuan valiosa es la impresin de cada pas..

**Table 3.** Variables de decisión

Variables	Description
$o \in O$	Elige o no el objetivo.
$s \in S$	Elige o no el sexo.
$i \in I$	Elige o no el idioma.
$n \in N$	Elige o no el nicho.
$u \in U$	Elige o no la ubicaciones.
$x \in P$	Elige o no el objetivo
$y \in S$	Elige o no el sexo

### 3 Función Objetivo y Restricciones

**\*Expresar matemáticamente la función objetivo (F.O) y las restricciones que delimiten el problema.**

**\*Explicar en palabras la F.O y cada una de las restricciones teniendo en cuenta las delimitaciones del problema. En otras palabras, explicar el significado de cada restricción en el sentido de cómo ayuda a solucionar o delimitar el problema.**

En este caso nuestra función objetivo sera el alcance, la cantidad de personas a las cuales el anuncio puede alcanzar. La cosa es que esta función está sujeta al costo por habitante del país, a la ubicación en que está el anuncio y a los demás parámetros que pusimos, puesto que aumenta o disminuye dependiendo de estos. En primer lugar, se obtiene la población objetivo (usamos la función  $\text{raiz}(-x+22\text{millones})$  porque es la que refleja el comportamiento de la población en el costo de los anuncios).

$$\max(\sum_{o \in O} \sum_{i \in I} \sum_{n \in N} \sum_{p \in P} \sum_{s \in S} \sum_{u \in U} \text{poblacion} * \text{presupuesto} * \text{costosExtras} \quad (1)$$

$$\text{poblacion} = \text{numeroHab}(P) * x(P) * \text{porcS} * \text{porcIyN} \quad (2)$$

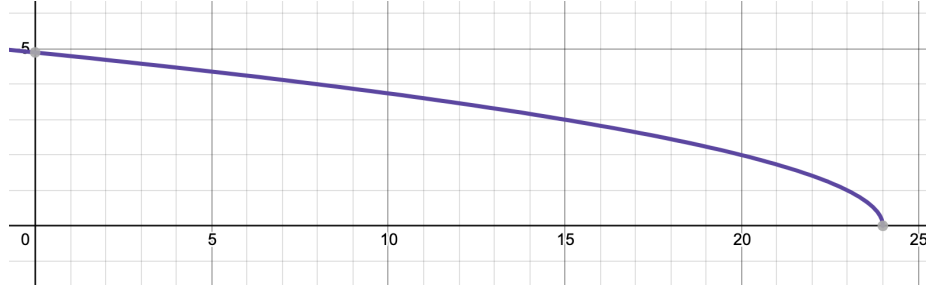
$$\text{porcS} = y(S) * \text{porcentajeSexo}(S) \quad (3)$$

$$\text{costosExtras} = \text{costoUbicacion}(U) * u(U) * \text{costoPorImpresion}(P) * x(P) * \text{costosObjetivo} * o(O) \quad (4)$$

$$\text{porcIyN} = \text{porcentajeHablantes}(i) * i(I) * \text{porcentajeDentroDeNicho}(n) * n(N) \quad (5)$$

### Función Objetivo:

Las ecuaciones 1-5 representan la función objetivo y lo que más vale la pena recalcar es que la población está bajo la función:  $\sqrt{-x + B}$ , puesto que así es como se debe comportar la el tamaño de la población con el precio. La función tiene varios parámetros porque es ahí donde se relacionan todos los conjuntos, las variables y los parámetros. En esta función se le suma  $2.2 * 10^9$  porque es la población máxima tenida en cuenta.



**Fig. 1.** La función que relaciona la población con el costo, el eje X está multiplicado  $10^8$ , en unidad de personas, y el eje Y en cientos de dolares

**Restricción 1:** Indica que es necesario un idioma.

$$\sum_{i \in I} i_I = 1 \quad (6)$$

**Restricción 2:** Indica que solo se pueden elegir maximo 2 sexos.

$$\sum_{s \in S} s_S \leq 2 \quad (7)$$

**Restricción 3:** Indica que solo se puede elegir un objetivo.

$$\sum_{o \in O} o_O \leq 2 \quad (8)$$

**Restricción 4:** Indica que solo puede elegir una ubicacion

$$\sum_{u \in U} u_U = 1 \quad (9)$$

**Restricción 5:** Indica que tiene que elegir por lo menos 1 país

$$\sum_{u \in U} p_P \geq 1 \quad (10)$$

**Restricción 6:** Indica que se puede elegir menos de todos los nichos

$$\sum_{n \in N} n_N \leq 2 \quad (11)$$

## 4 Implementación del Modelo Matemático y Resultados

Realizamos la implementación del modelo matemático en pyomo dado que previamente se intentó en GAMS pero la licencia gratuita no fue suficiente, esto debido a la gran cantidad de variables y operaciones necesarias para solucionar nuestro modelo matemático.

### 4.1 Escenario 1

Este escenario sucede cuando un usuario quiere hacer cualquier tipo de publicidad en E.E.U.U con un presupuesto de 200 dolares y quiere saber qué tipo de publicidad debería hacer para obtener el máximo alcance de usuarios.

```

#Habitantes por Pais con Facebook
Model.numeroHabitantes[1] = 33000000 #Colombia
Model.numeroHabitantes[2] = 230000000 #E.E.U.U.
Model.numeroHabitantes[3] = 44000000 #UK

#Costo Objetivos
Model.costoObjetivo[1] = 0.7 #Engagement
Model.costoObjetivo[2] = 1 #Brand Awareness
Model.costoObjetivo[3] = 0.6 #Traffic
Model.costoObjetivo[4] = 0.2 #Lead Generation
Model.costoObjetivo[5] = 0.1 #Conversions

#Porcentaje de Cada Sexo con Facebook
Model.porcentajeSexo[1] = 0.62
Model.porcentajeSexo[2] = 0.38

#Porcentaje de Hablantes
Model.porcentajeHablantes[1] = 0.52 #Ingles
Model.porcentajeHablantes[2] = 0.16 #Español

#Porcentaje Dentro De Nicho
Model.porcentajeDentroDeNicho[1] = 0.03 #Viajero
Model.porcentajeDentroDeNicho[2] = 0.013 #High Tech

#Costo por Ubicacion
Model.costoUbicacion[1] = 20/1000 #Facebook
Model.costoUbicacion[2] = 28/1000 #Instagram

#Costo por Impresion en dolares
Model.costoPorImpresion[1] = 66/1000 #Colombia
Model.costoPorImpresion[2] = 1/1000 #E.E.U.U.
Model.costoPorImpresion[3] = 10/1000 #UK

```

**Restricción Extra:** Indique que tiene que elegir a E.E.U.U.

$$p_2 = 1 \quad (12)$$

**Restricción Extra:** Indica que sólo puede seleccionar un país

$$\sum_{p \in P} p_P = 1 \quad (13)$$

## 4.2 Resultados Escenario 1

```

Variables:
objetivo : Size=5, Index=objetivos
  Key : Lower : Value : Upper : Fixed : Stale : Domain
    1 : 0 : 1.9999504386365103e-08 : 1 : False : False : Binary
    2 : 0 : 1.0 : 1 : False : False : Binary
    3 : 0 : 0.0 : 1 : False : False : Binary
    4 : 0 : 0.0 : 1 : False : False : Binary
    5 : 0 : 0.0 : 1 : False : False : Binary
sexo : Size=2, Index=sexos
  Key : Lower : Value : Upper : Fixed : Stale : Domain
    1 : 0 : 1.0 : 1 : False : False : Binary
    2 : 0 : 1.0 : 1 : False : False : Binary
idioma : Size=2, Index=idiomas
  Key : Lower : Value : Upper : Fixed : Stale : Domain
    1 : 0 : 1.0 : 1 : False : False : Binary
    2 : 0 : 0.0 : 1 : False : False : Binary
nicho : Size=2, Index=nichos
  Key : Lower : Value : Upper : Fixed : Stale : Domain
    1 : 0 : 1.0 : 1 : False : False : Binary
    2 : 0 : 1.0 : 1 : False : False : Binary
ubicacion : Size=2, Index=ubicaciones
  Key : Lower : Value : Upper : Fixed : Stale : Domain
    1 : 0 : 0.0 : 1 : False : False : Binary
    2 : 0 : 1.0 : 1 : False : False : Binary
x : Size=3, Index=paises
  Key : Lower : Value : Upper : Fixed : Stale : Domain
    1 : 0 : 4.944204324013151e-42 : 1 : False : False : Binary
    2 : 0 : 1.0 : 1 : False : False : Binary
    3 : 0 : 7.625256120164223e-42 : 1 : False : False : Binary

Objectives:
func_objetivo : Size=1, Index=None, Active=True
  Key : Active : Value
    None : True : 28799.68040318552

```

En este caso el resultado del modelamiento indica que la cantidad total de usuarios a los cuales estaría pegando la publicidad sería 28,799.

La forma mas eficiente es hacerle publicidad a los dos sexos, en ingls, de ambos nichos y en instagram.

## 4.3 Escenario 2

Este escenario tiene más países para ser puestos a colación, un presupuesto mayor (600 dolares) y no tiene restricciones extra, el usuario est intentando usar de la manera más eficiente sus 600 dolares

```

#Habitantes por Pais con Facebook
Model.numeroHabitantes[1] = 33000000 #Colombia
Model.numeroHabitantes[2] = 230000000 #E.E.U.U.
Model.numeroHabitantes[3] = 44000000 #UK
Model.numeroHabitantes[4] = 11500000 #Bolivia
Model.numeroHabitantes[5] = 24670000 #Australia

#Costo Objetivos
Model.costoObjetivo[1] = 0.7 #Engagement
Model.costoObjetivo[2] = 1 #Brand Awareness
Model.costoObjetivo[3] = 0.6 #Traffic
Model.costoObjetivo[4] = 0.2 #Lead Generation
Model.costoObjetivo[5] = 0.1 #Conversions

#Porcentaje de Cada Sexo con Facebook
Model.porcentajeSexo[1] = 0.62
Model.porcentajeSexo[2] = 0.38

#Porcentaje de Hablantes
Model.porcentajeHablantes[1] = 0.52 #Ingles
Model.porcentajeHablantes[2] = 0.16 #Español

#Porcentaje Dentro De Nicho
Model.porcentajeDentroDeNicho[1] = 0.03 #Viajero
Model.porcentajeDentroDeNicho[2] = 0.013 #High Tech

#Costo por Ubicacion
Model.costoUbicacion[1] = 20/1000 #Facebook
Model.costoUbicacion[2] = 28/1000 #Instagram

#Costo por Impresion en dolares
Model.costoPorImpresion[1] = 66/1000 #Colombia
Model.costoPorImpresion[2] = 1/1000 #E.E.U.U.
Model.costoPorImpresion[3] = 10/1000 #UK
Model.costoPorImpresion[4] = 99/1000 #Bolivia
Model.costoPorImpresion[5] = 20/1000 #Australia

```

#### 4.4 Resultados Escenario 2

```

Variables:
objetivo : Size=5, Index=objetivos
Key : Lower : Value : Upper : Fixed : Stale : Domain
1 : 0 : 1.998867637762186e-06 : 1 : False : False : Binary
2 : 0 : 1.0 : 1 : False : False : Binary
3 : 0 : 0.0 : 1 : False : False : Binary
4 : 0 : 0.0 : 1 : False : False : Binary
5 : 0 : 0.0 : 1 : False : False : Binary
sexo : Size=2, Index=sexos
Key : Lower : Value : Upper : Fixed : Stale : Domain
1 : 0 : 1.0 : 1 : False : False : Binary
2 : 0 : 1.0 : 1 : False : False : Binary
idioma : Size=2, Index=idiomas
Key : Lower : Value : Upper : Fixed : Stale : Domain
1 : 0 : 1.0 : 1 : False : False : Binary
2 : 0 : 0.0 : 1 : False : False : Binary
nicho : Size=2, Index=nichos
Key : Lower : Value : Upper : Fixed : Stale : Domain
1 : 0 : 1.0 : 1 : False : False : Binary
2 : 0 : 1.0 : 1 : False : False : Binary
ubicacion : Size=2, Index=ubicaciones
Key : Lower : Value : Upper : Fixed : Stale : Domain
1 : 0 : 0.0 : 1 : False : False : Binary
2 : 0 : 1.0 : 1 : False : False : Binary
x : Size=5, Index=paises
Key : Lower : Value : Upper : Fixed : Stale : Domain
1 : 0 : 1.0 : 1 : False : False : Binary
2 : 0 : 1.0 : 1 : False : False : Binary
3 : 0 : 1.0 : 1 : False : False : Binary
4 : 0 : 1.0 : 1 : False : False : Binary
5 : 0 : 1.0 : 1 : False : False : Binary

Objectives:
func_objetivo : Size=1, Index=None, Active=True
Key : Active : Value
None : True : 1682865.4987467774

```

En este caso el resultado del modelamiento indica que la cantidad total de usuarios a los cuales estaría pegando la publicidad sería 1682865.

La forma mas eficiente es hacerle publicidad es intentado tener la mayor cantidad de restricciones multiples (ambos sexos, todos los paises, todos los nichos).



### 4.5 Escenario 3

Este escenario se selecciona un idioma, en este caso inglés, esto y dada la restricción de que se pueden elegir los dos idiomas, hace que el tamaño de la población objetivo se vea considerablemente reducida en este caso un 48%. Para implementar este nuevo escenario se modificaron la restricción de seleccionar idioma y se hizo solo igual a 1. Además se añadió una nueva restricción donde se obliga al modelo a seleccionar el idioma número 1 que es inglés.

```
Model.elegirIngles = Constraint(expr = Model.idioma[1] == 1)
```

### 4.6 Resultados Escenario 3

```
Objectives:
func_objetivo : Size=1, Index=None, Active=True
  Key : Active : Value
  None : True : 356615.1729926002
```

En este caso el resultado del modelamiento indica que la cantidad total de usuarios a los cuales estaría llegando la publicidad sería 356615. Un número menor a 466342, número de personas a las que llega la publicidad en el caso donde no se sea específico y se le lleguen a ambos idiomas. Esto tiene sentido ya que se está haciendo una población más específica, por tanto más costosa.

```
idioma : Size=2, Index=idiomas
  Key : Lower : Value : Upper : Fixed : Stale : Domain
  1 : 0 : 1.0 : 1 : False : False : Binary
  2 : 0 : 0.0 : 1 : False : False : Binary
```

### 4.7 Escenario 4

Este escenario decidimos elegir el objetivo más caro de todos, el cuál es conversiones. Este escenario simula el caso donde el publicista desea una acción muy específica de su público objetivo.

```
Model.elegirConversiones = Constraint(expr = Model.objetivo[5] == 1)
```

### 4.8 Resultados Escenario 4

```
Objectives:
func_objetivo : Size=1, Index=None, Active=True
  Key : Active : Value
  None : True : 35661.52749843731
```

En este caso el resultado del modelamiento indica que la cantidad total de usuarios a los cuales estaría llegando la publicidad sería 35661. Un número 12 veces menor que si se eligiese el objetivo más barato que es 'Brand awareness'.

## 5 Algoritmo propuesto

Proponer una heurística o metaheurística que ofrezca una solución factible del problema, con el fin de comparar esta solución con la del modelo matemático.

La heurística puede ser de dos tipos: una totalmente nueva diseñada por usted; o basarse en otras heurísticas (Algoritmo de Dijkstra, Prim, BFS, entre otros) que le ayuden a encontrar una solución factible a su problema.

Si va a optar por proponer una metaheurística, la recomendación es usar Algoritmos Evolutivos ya que fue la que se vio en detalle en clase.

Recuerde que la heurística o la metaheurística no necesariamente obtienen la misma solución óptima ofrecida por el modelo matemático.

**\*En uno o dos párrafos, enunciar a grandes rasgos el objetivo general del algoritmo e indicar si consiste en una heurística nueva totalmente diseñada por usted, si se basa en otras heurísticas o si propone una metaheurística.**

**\*Adicionar el pseudocódigo del algoritmo.**

### 5.1 Pseudocódigo del algoritmo

---

#### Algorithm 1 Prediction Algorithm Pseudocode.

---

```

1: numeroHabitantes = [Habitantes por país]
2: costoObjetivo = [Costo de cada objetivo]
3: porcentajeSexo = [Porcentaje de cada sexo]
4: porcentajeHablantes = [Porcentaje de hablantes en cada idioma]
5: porcentajeDentroDeNicho = [Porcentaje de personas que están en el nicho]
6: costoUbicacion = [Costo por la ubicación del ad]
7: costoPorImpresion = [Costo por cada país]
8: presupuesto = Cual es el capital que se busca maximizar
9: for for each array of parameters do
10:   Hacer el cálculo de la cantidad de personas Rta
11:   Rta = poblacion * presupuesto * costosExtras
12:   Las funciones son las descritas en los puntos 2, 3, 4 y 5
13:   Almacenar el estado de este cálculo Estado
14:   Identificar el máximo Maximo
15: end for
```

---

**\*Explicar el pseudocódigo del algoritmo. Por ejemplo:**

“En las líneas 1-8 se definen los parámetros que contienen información del modelo. Esta información se obtiene de la página de facebook ads, y se usa de la misma manera que con el modelo matemático. Luego, desde la línea 9 hasta la 15, habría un for por cada uno de los parámetros ingresados, este for debe iterar por cada uno de los tipos de los parámetros (sea por país, objetivo y demás). Luego, se calcula la respuesta con la fórmula dada, se almacena el estado y se guarda el máximo.”

## 6 Resultados del Algoritmo vs Modelo Matemático

\*Evaluar mínimo 3 escenarios (los mismo 3 escenarios evaluados en la entrega 2) donde se comparen los resultados arrojados por el modelo matemático y el algoritmo propuesto. \*A continuación, describir los distintos escenarios para probar el funcionamiento del algoritmo propuesto.

### 6.1 Escenario 1

```
numeroHabitantes = [33000000, 230000000, 44000000]
costoObjetivo = [0.7, 1, 0.6, 0.2, 0.1]
porcentajeSexo = [0.62, 0.38]
porcentajeHablantes = [0.52, 0.16]
porcentajeDentroDeNicho = [0.03, 0.013]
costoUbicacion = [20/1000, 28/1000]
costoPorImpresion = [66/1000, 1/1000, 10/1000]
presupuesto = 200
```

Estos son los arreglos que se crearon para probar el escenario, son los mismos que en el escenario del modelo matemático. Lo que lo hace especial es que se debe seleccionar sólo el país E.E.U.U

#### Resultados Escenario 1

```
In [12]: runfile('D:/Uniandes/Septimo Semestre/Modelado/
Entrega3Proyecto/Escenario1.py', wdir='D:/Uniandes/Septimo
Semestre/Modelado/Entrega3Proyecto')
12457.536
[1, 1, 0, 0, 1, 0]

In [13]:
```

- Este resultado es bastante diferente al obtenido por el modelo matemático, debido a que nuestra heurística no es tan precisa como nuestro modelo matemático. Esta falta de precisión creemos que se debe a la imposibilidad de elegir, o no elegir, varias opciones de la heurística.

### 6.2 Escenario 2

Este escenario usa los mismos parametros del anterior exceptuando el presupuesto, que es ahora 200.

```

numeroHabitantes = [33000000, 230000000, 44000000]
costoObjetivo = [0.7, 1, 0.6, 0.2, 0.1]
porcentajeSexo = [0.62, 0.38]
porcentajeHablantes = [0.52, 0.16]
porcentajeDentroDeNicho = [0.03, 0.013]
costoUbicacion = [20/1000, 28/1000]
costoPorImpresion = [66/1000, 1/1000, 10/1000]
presupuesto = 600

...
#Habitantes por Pais con Facebook

```

## Resultados Escenario 2

```

In [13]: runfile('D:/Uniandes/Septimo Semestre/Modelado/
Entrega3Proyecto/Escenario2.py', wdir='D:/Uniandes/Septimo
Semestre/Modelado/Entrega3Proyecto')
353902.3488
[0, 1, 0, 0, 1, 0]

```

– In [14]:

- Esta respuesta tiene una diferencia monumental con el modelo matemático, puesto que nuestra heurística da muchísimo menor. Creemos que esto es así porque nuestra heurística tiene problemas eligiendo o no varias opciones de cada tipo.

## 6.3 Escenario 3

Este escenario se selecciona un idioma, en este caso inglés, esto y dada la restricción de que se pueden elegir los dos idiomas, hace que el tamaño de la población objetivo se vea considerablemente reducida en este caso un 48%. Para implementar este nuevo escenario se modificaron la restricción de seleccionar idioma y se hizo solo igual a 1. Además se añadió una nueva restricción donde se obliga al modelo a seleccionar el idioma número 1 que es inglés.

```

for i in range(0, len(porcentajeHablantes)):
    if(i == 0):
        resAct = poblacion(p,s,i,n) * presupuesto * costosExtra(u,o,p)
        respuestas = respuestas + [resAct]
        estados = estados + [p, o, s, n, u, i]
        if resAct > maximo:
            maximo = resAct
            estadoMaximo = [p, o, s, n, u, i]

```

**Resultados Escenario 3**

```
In [14]: runfile('D:/Uniandes/Septimo Semestre/Modelado/
Entrega3Proyecto/Escenario3.py', wdir='D:/Uniandes/Septimo
Semestre/Modelado/Entrega3Proyecto')
117967.4496
[0, 1, 0, 0, 1, 0]
```

- Esta respuesta es también diferente a la obtenida por el modelo matemático, creemos que esto se debe a la misma razón que en los anteriores modelos. La heurística tiene problemas probando con todas las combinaciones posibles, pues aunque parezca que lo hace a fuerza bruta su resultado da completamente diferente