



# UNIVERSIDAD DE GRANADA

SIMULACIÓN DE SISTEMAS  
GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA

---

## PROBLEMA 1

### MODELO DE MONTECARLO

---

#### **Autor**

Vladislav Nikolov Vasilev

#### **Rama**

Computación y Sistemas Inteligentes



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS INFORMÁTICA Y DE  
TELECOMUNICACIÓN

CURSO 2019-2020

## Índice

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	2
2. DESCRIPCIÓN DEL MODELO CONSTRUIDO	2
3. EXPERIMENTACIÓN Y RESULTADOS	4

## 1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Una pequeña fábrica alimenticia se dedica a la producción de caramelos y huevos de Pascua. Cada año, la fabrica recibe pedidos durante la primera semana de diciembre de huevos de pascua Pascua de distintas confiterías. La demanda total de huevos varía año tras año, pero suele seguir una distribución triangular con valor más probable = 2600 unidades, menor = 2000 unidades y mayor = 3000 unidades.

Debido a razones estacionales, resulta más barato comprar el chocolate necesario para la producción de los huevos durante el mes de agosto. Por este motivo, la empresa suele adquirir una gran cantidad de chocolate durante este mes, y en caso de que cuando reciba los pedidos sea necesario adquirir más chocolate, se obtiene la cantidad adicional necesaria para satisfacer la demanda de forma exacta. Si se da el caso de que el chocolate comprado en agosto supera las necesidades de producción, se dona la cantidad restante a comedores escolares. Se sabe además que:

- Cada huevo de Pascua emplea 250 gramos de chocolate.
- El precio del chocolate en agosto es de 1 euro por kilo.
- El precio del chocolate en diciembre es de 1.5 euros por kilo.
- El precio de venta de los huevos de Pascua es de 0.60 euros la unidad.

Nuestro objetivo es construir un modelo de simulación que ayude a la empresa a determinar cuántos kilos de chocolate se deberían comprar en el mes de agosto para optimizar el nivel de las ganancias.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL MODELO CONSTRUIDO

Para modelar el sistema anteriormente descrito se ha construido un **modelo de Montecarlo**. Este modelo es el más adecuado al problema ya que no se tiene en cuenta el paso del tiempo.

Para poder construir el modelo necesitamos construir primero un generador de datos. Dicho generador se utilizará para obtener la demanda de huevos de Pascua en el mes de diciembre. Para hacerlo, vamos a utilizar el generador que se ha proporcionado en el enunciado del problema. Este es un generador triangular con extremo inferior  $a = 2000$ , extremo superior  $b = 3000$  y valor más probable  $c = 2600$ . Como el funcionamiento ya es conocido, no vamos a entrar en más detalle.

Una vez que tengamos el generador, podemos construir el modelo de Montecarlo. Dicho modelo debe ofrecer información sobre la demanda que puede satisfacer en el mes de diciembre con el chocolate que se ha comprado en el mes de agosto, los kilos de chocolate que se han comprado para satisfacer dicha demanda y el beneficio que se espera obtener (junto con su desviación típica). Vamos a ver primero cómo se podría implementar el modelo y luego lo vamos a comentar brevemente:

---

**Algorithm 1** Modelo de Montecarlo.
 

---

```

1: PRECIO_HUEVO_VENTA  $\leftarrow 0.6$ 
2: PRECIO_HUEVO_AGOS  $\leftarrow 1 \cdot 0.25$ 
3: PRECIO_HUEVO_DIC  $\leftarrow 1.5 \cdot 0.25$ 
4: mejorSuministro  $\leftarrow a$ 
5: mejorGananciaMedia  $\leftarrow -\infty$ 
6: mejorDesviacion  $\leftarrow 0$ 
7: for  $s \leftarrow a$  to  $b$  do
8:    $sum \leftarrow 0$ 
9:    $sum2 \leftarrow 0$ 
10:  for  $i \leftarrow 1$  to  $numVeces$  do
11:     $demanda \leftarrow generademanda()$ 
12:     $ganancia \leftarrow demanda \cdot PRECIO\_HUEVO\_VENTA$ 
13:    if  $s \geq demanda$  then
14:       $dineroPagado \leftarrow s \cdot PRECIO\_HUEVO\_AGOS$ 
15:    else
16:       $dineroPagado \leftarrow s \cdot PRECIO\_HUEVO\_AGOS + (demanda - s) \cdot$ 
        PRECIO_HUEVO_DIC
17:    end if
18:     $ganancia \leftarrow ganancia - dineroPagado$ 
19:     $sum \leftarrow sum + ganancia$ 
20:     $sum2 \leftarrow sum2 + ganancia^2$ 
21:  end for
22:   $gananciaMediaEsperada \leftarrow \frac{sum}{numVeces}$ 
23:   $\sigma \leftarrow \sqrt{\frac{sum2 - numVeces \cdot gananciaMediaEsperada^2}{numVeces - 1}}$ 
24:  if  $gananciaMediaEsperada > mejorGananciaMedia$  then
25:     $mejorSuministro \leftarrow s$ 
26:     $mejorGananciaMedia \leftarrow gananciaMediaEsperada$ 
27:     $mejorDesviacion \leftarrow \sigma$ 
28:  end if
29:  Mostrar información por pantalla sobre la simulación  $i$ -ésima
30: end for
31: Mostrar información sobre los mejores resultados

```

---

Lo primero que se hace es fijar algunas constantes como podrían ser el precio

del huevo de Pascua cuando se vende (esta es la variable `PRECIO_HUEVO_VENTA`), el precio de producir un huevo con el chocolate comprado en el mes de agosto (variable `PRECIO_HUEVO_AGOS`) y el precio de producir un huevo durante el mes de diciembre (variable `PRECIO_HUEVO_DIC`). Para calcular estas dos últimas variables se utiliza el precio del kilo de chocolate en el mes correspondiente y se multiplica por la cantidad de kilos de chocolate que se necesitan para producir un huevo (recordemos que dicho valor son 250 gramos, o lo que es lo mismo, 0.25 kilos). Una vez que se han fijado dichas constantes se fijan los valores iniciales de las variables que se quieren obtener y se procede a la simulación.

La variable `s` representa la demanda de huevos de Pascua que se puede satisfacer con el chocolate comprado en agosto. Se prueba cada posible valor entero entre el extremo inferior y el superior de la distribución triangular (2000 y 3000 respectivamente). Para cada uno de ellos se simula `numVeces` generando la demanda con el generador triangular y calculando la ganancia que se obtiene en función de si la demanda es superior o no a la que se puede satisfacer. Finalmente, se obtienen los resultados promedios y se actualizan los mejores valores encontrados en el caso de que el beneficio que se haya obtenido es superior al mejor encontrado. A la hora de mostrar los resultados, para obtener los kilos de chocolate que se han comprado simplemente basta con multiplicar el valor de `s` por la cantidad de kilos de chocolate que forman un huevo, valor que ya sabemos que es 0.25.

Una vez que hemos explicado el funcionamiento general del modelo, vamos a ver la experimentación realizada y los resultados que se han obtenido.

### 3. EXPERIMENTACIÓN Y RESULTADOS

La experimentación realizada ha consistido en ejecutar una serie de veces el modelo de simulación y obtener los resultados finales con el objetivo de ver si existe alguna diferencia notable entre los resultados obtenidos entre una ejecución y otra. Posteriormente, se utilizarán los resultados obtenidos para extraer conclusiones sobre cuánto chocolate se debería comprar en el mes de agosto y por qué.

Es importante destacar que en todas las simulaciones que se han realizado se ha establecido que `numVeces` = 100000. Al simular un número tan grande de veces nos aseguramos que el valor medio obtenido se acerque al real, además de que aquellos valores atípicos debidos a la aleatoriedad del proceso no repercutan tanto sobre el resultado final.

Una vez que hemos comentado los aspectos anteriores, vamos a ejecutar el modelo 10 veces y a guardar los resultados. Una vez que los tengamos, vamos a crear con ellos una tabla, la cuál se puede ver a continuación:

<b>Demanda máxima que se puede satisfacer (<i>s</i>)</b>	<b>Kilos de chocolate comprados</b>	<b>Mejor ganancia media esperada</b>
2477	619.25	883.078 ± 42.3824
2484	621	883.192 ± 43.4126
2487	621.75	883.123 ± 43.7636
2478	619.5	883.196 ± 42.5978
2483	620.75	883.084 ± 43.3198
2481	620.25	883.19 ± 43.0771
2488	622	883.154 ± 43.9941
2474	618.5	883.156 ± 41.9778
2481	620.25	883.252 ± 42.8743
2472	618	883.101 ± 41.6759

Cuadro 1: Resultados obtenidos por el modelo tras 10 ejecuciones con `numVeces = 100000`.

Si observamos los resultados, vemos que existe algo de diferencia en el valor de *s* obtenido y en el de la cantidad de kilos de chocolate que se compran (el cuál recordemos que depende directamente de *s*), aunque dicha diferencia no es muy grande. Si nos fijamos ahora en la mejor ganancia media que se espera obtener, vemos que los resultados no difieren mucho entre ellos (difieren como mucho en una o dos décimas, pero no más). Estas ligeras variaciones, al igual que las de los otros valores de salida, podrían deberse a la aleatoriedad a la hora de generar la demanda, ya que en algunos casos se podría generar más veces una demanda superior a la que se puede satisfacer que en otros, lo cuál haría que la ganancia esperada para los mismos valores de *s* en dos ejecuciones diferentes fuesen algo diferentes. Por tanto, debido a que las ganancias son muy próximas entre ellas para todos los casos, se podría decir que cualquiera de los resultados es bueno, y que habría muy poco margen de error al recomendar una u otra opción.

Ahora bien, si quisiéramos recomendar a la empresa cuánto chocolate comprar, podríamos decirle que compre entre 618 y 622 kilos de chocolate, ya que estos son los valores que forman los extremos del rango de kilos que aparece reflejado en la tabla 1. Como siempre es mejor que sobre un poco a que falte, podríamos decir que **comprar 622 kilos de chocolate en agosto** es la mejor opción, ya que permite maximizar los beneficios y tener cierto margen de error, de forma que no sea necesario luego comprar tanto chocolate en diciembre en caso de que la demanda sea superior al suministro del que se dispone.