

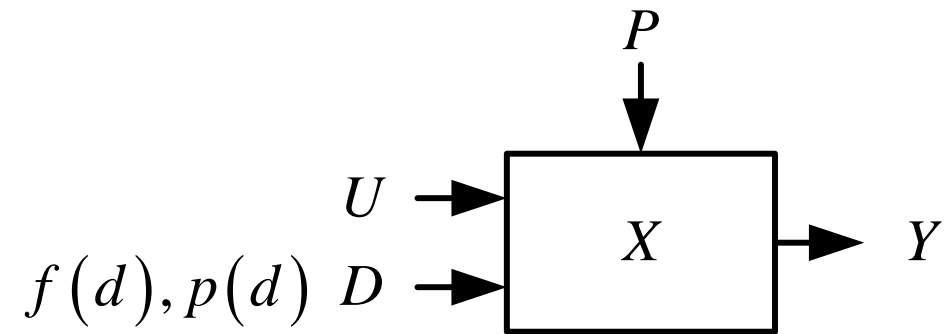


# Simulación de Monte Carlo Parte I

Enrique E. Tarifa, Facultad de Ingeniería, UNJu

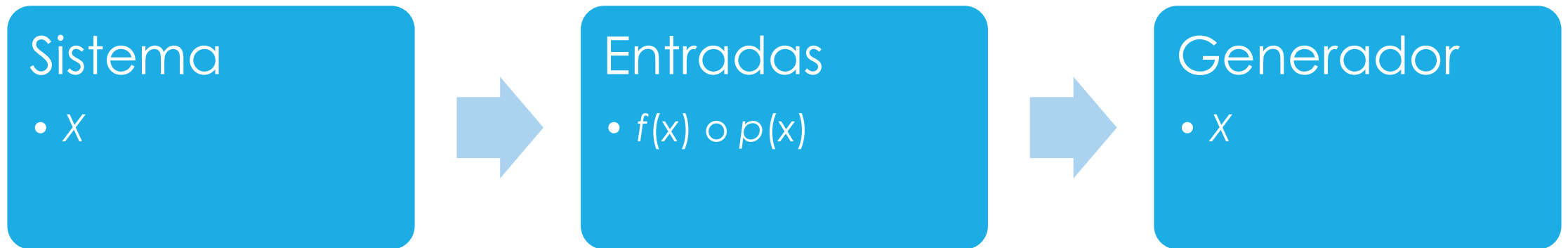
# Clasificación de variables

- Parámetros ( $P$ )
- Variables de entrada:
  - Manipulables ( $U$ )
  - Perturbación ( $D$ )
- Variables de salida ( $Y$ )
- Variables internas ( $I$ )
- Variables de estado ( $X \subseteq I$ )



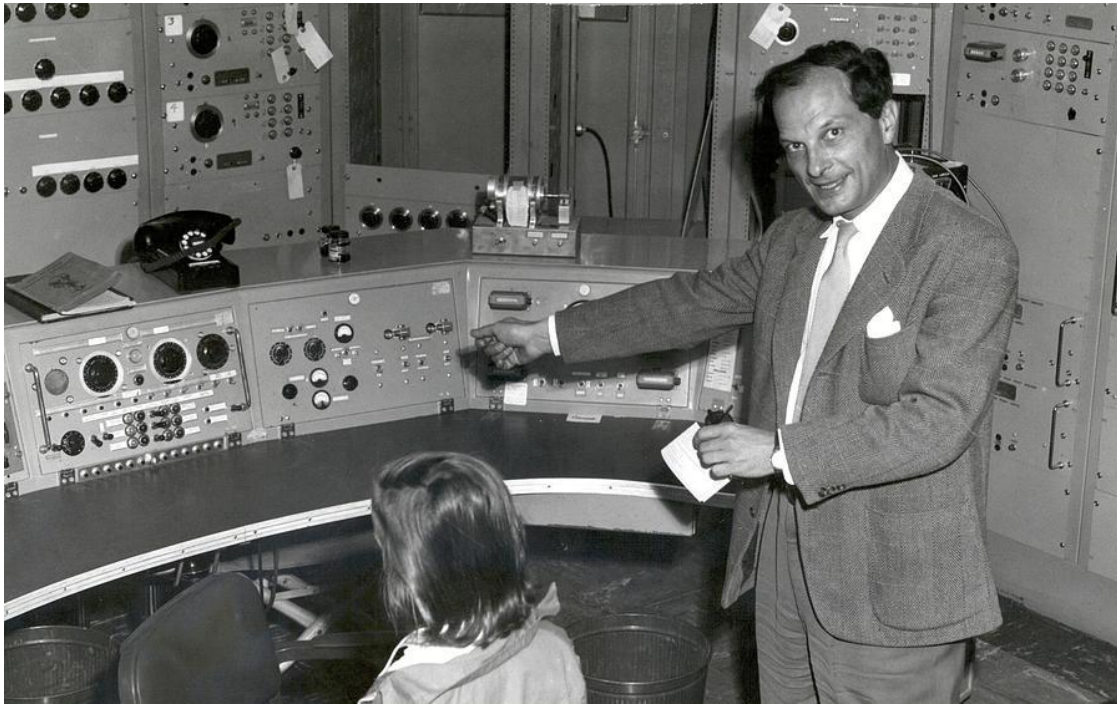
- Tiempo entre arribos de clientes
- Tipo de operación
- Monto de la operación

# Estrategia



- Se atenúan errores de muestreo.
- Se puede generar cualquier cantidad de números.
- Se puede repetir una secuencia generada.

# Simulación de Monte Carlo



Stanislaw Ulam (1946)

## JOURNAL OF THE AMERICAN STATISTICAL ASSOCIATION

Number 257

SEPTEMBER 1949

Volume 44

### THE MONTE CARLO METHOD

NICHOLAS METROPOLIS AND S. ULAM  
*Los Alamos Laboratory*

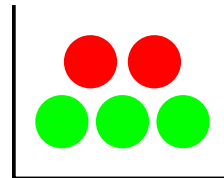
We shall present here the motivation and a general description of a method dealing with a class of problems in mathematical physics. The method is, essentially, a statistical approach to the study of differential equations, or more generally, of integro-differential equations that occur in various branches of the natural sciences.

ALREADY in the nineteenth century a sharp distinction began to appear between two different mathematical methods of treating physical phenomena. Problems involving only a few particles were studied in classical mechanics, through the study of systems of ordinary differential equations. For the description of systems with very many particles, an entirely different technique was used, namely, the method of statistical mechanics. In this latter approach, one does not concentrate on the individual particles but studies the properties of *sets of particles*. In pure mathematics an intensive study of the properties of sets of points was the subject of a new field. This is the so-called theory of sets, the basic theory of integration, and the twentieth century development of the theory of probabilities prepared the formal apparatus for the use of such models in theoretical physics, i.e., description of properties of aggregates of points rather than of individual points and their coordinates.

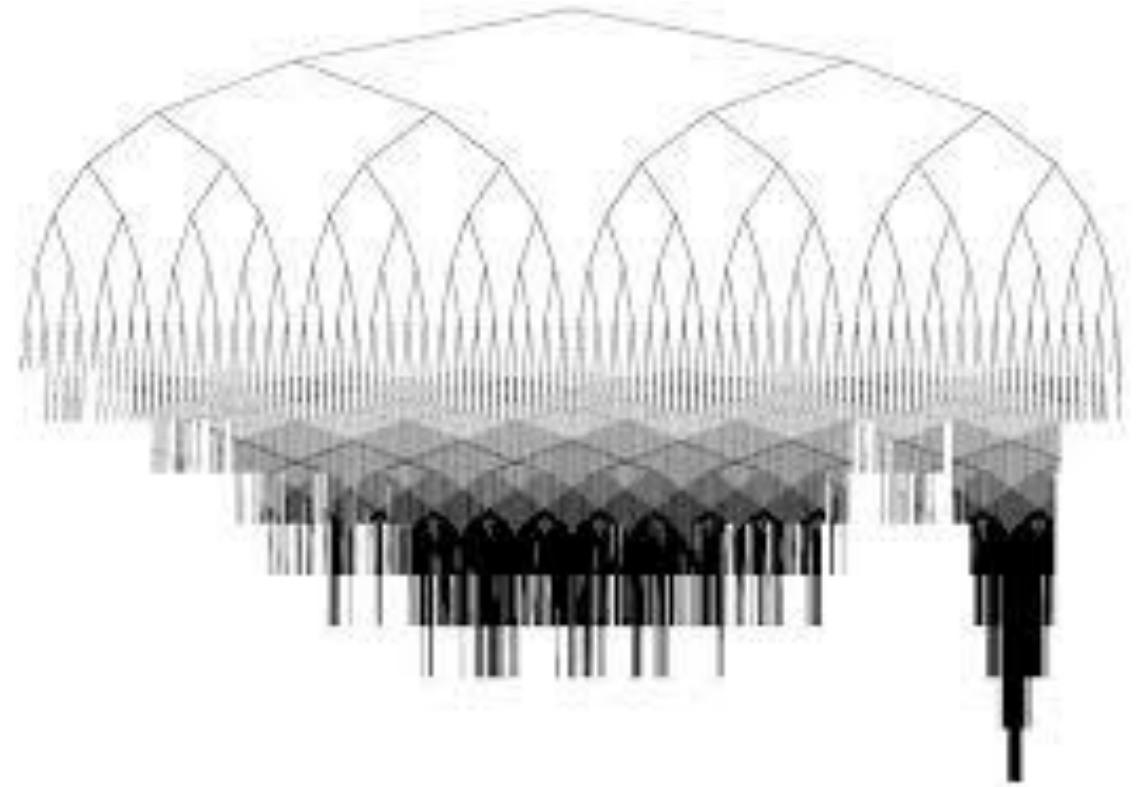
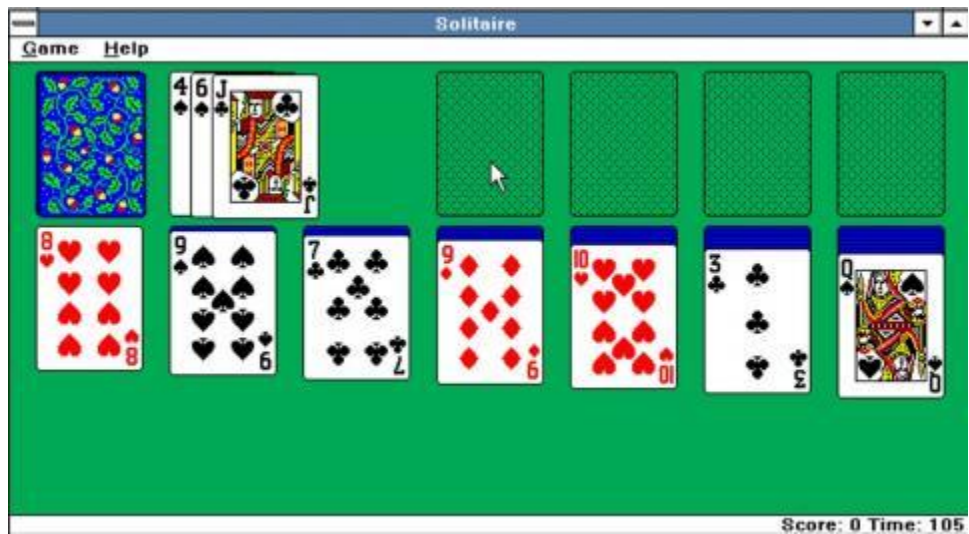
Soon after the development of the calculus, the mathematical apparatus of partial differential equations was used for dealing with the problems of the physics of the continuum. Hydrodynamics is the most widely known field formulated in this fashion. A little later came the treatment of the problems of heat conduction and still later the field theories, like the electromagnetic theory of Maxwell. All this is very well known. It is of course important to remember that the study of the

# Método analítico

- Gana si de dos bolillas extraídas solo una es verde.
- ¿Qué relación existe entre el premio y el precio del turno?
- $P = 3/10 + 3/10 = 6/10$
- $\text{precio} > \text{costo} = P \text{ premio}$
- $\text{premio} = 10000$
- $\text{precio} > 6/10 * 10000 = 6000$

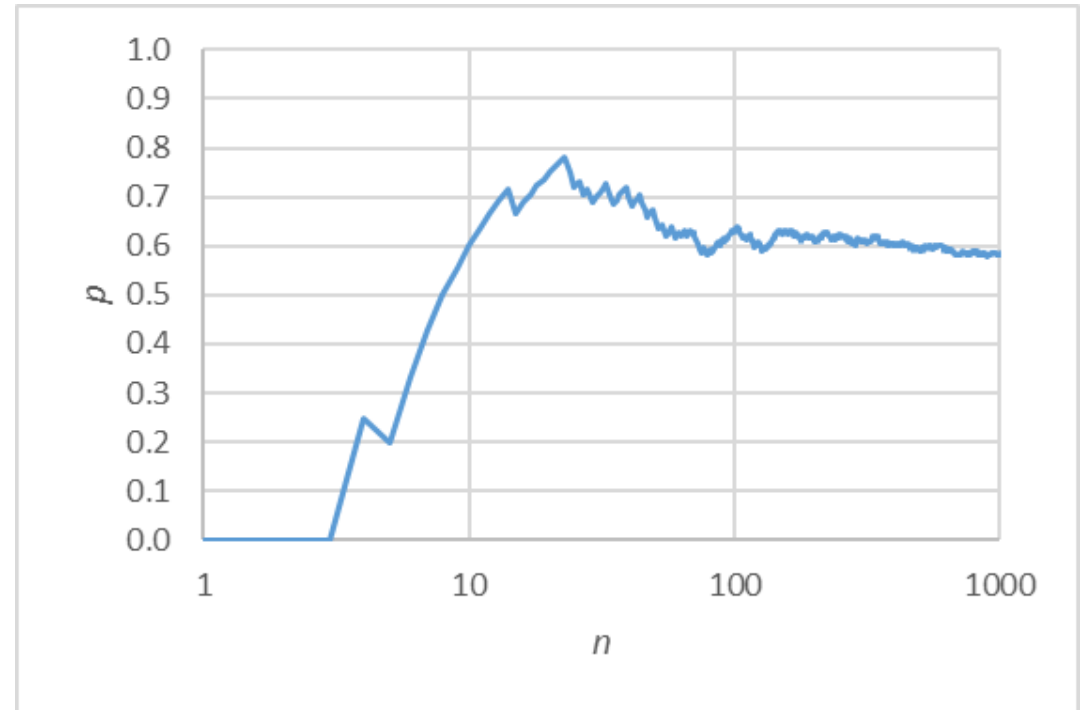


# El solitario



# Simulación de Monte Carlo

- Jugar  $n$  veces
- Determinar la cantidad de casos  $g$  ganados.
- Estimar la probabilidad de ganar como  $p = g/n$
- Aumentar  $n$  hasta estabilizar el resultado.





# Simulación de Monte Carlo

- El tiempo en que ocurren los eventos se conoce o no interesa.
- Regla de Laplace:
  - Si todos los sucesos son equiprobables:

$$P(A) = \frac{\text{Número de casos favorables}}{\text{Número de casos posibles}}$$



# Simulación de Monte Carlo

Modelado

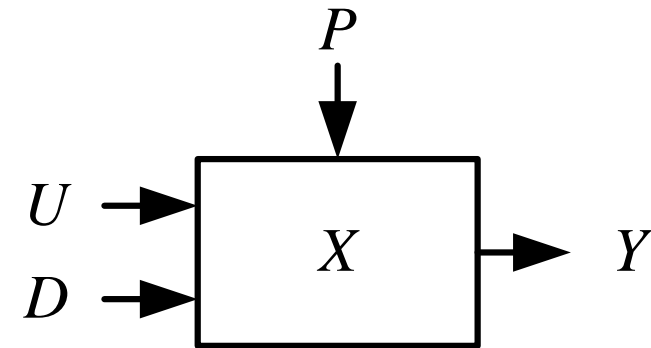
- Generadores
- Modelo

Simulación

- Tabla  $X, Y$

Análisis

- Distribuciones
- Intervalos de confianza



- Variables inciertas:  $P, D, X_0$ .
- Salidas:  $X, Y$

# Simulación de Monte Carlo

Modelado

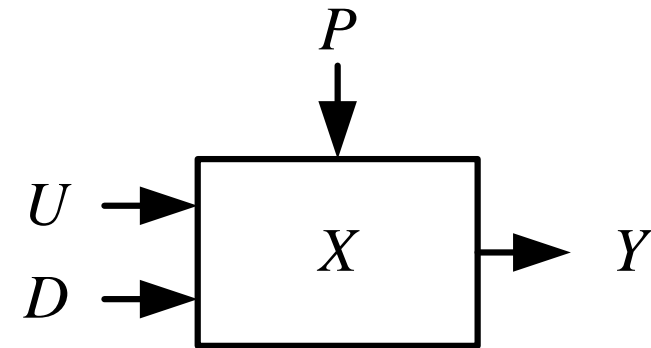
- Generadores
- Modelo

Simulación

- Tabla  $X, Y$

Análisis

- Distribuciones
- Intervalos de confianza



- Variables inciertas:  $P, D, X_0$ .
- Salidas:  $X, Y$

# Simulación de Monte Carlo

## Modelado

1. Construir el modelo del sistema.
2. Clasificar variables.
3. Modelar cada  $D \rightarrow f(d)$  o  $p(x)$ .
4. Construir un generador para cada  $D$ .

## Modelo

1. 1° bolilla: B3  
=SI(ALEATORIO() $<$ 3/5,1,0)
2. 2° bolilla: C3  
=SI(ALEATORIO() $<$ (3-B3)/4,1,0)
3. Gané:  
=SI(B3+C3=1,1,0)

Donde lo que se hace con  $D$ , se debe hacer con todas las variables inciertas.

# Simulación de Monte Carlo

Modelado

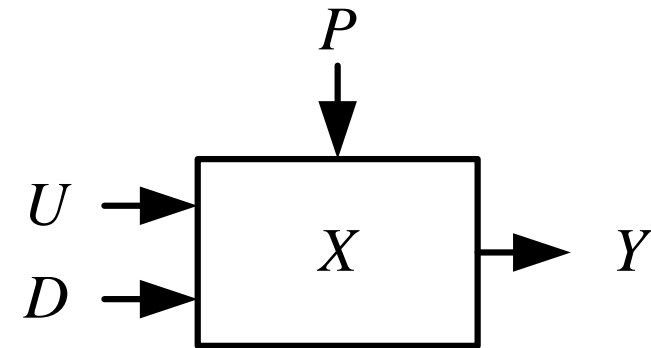
- Generadores
- Modelo

Simulación

- Tabla  $X, Y$

Análisis

- Distribuciones
- Intervalos de confianza



- Variables inciertas:  $P, D, X_0$ .
- Salidas:  $X, Y$

# Simulación de Monte Carlo

## Simulación

1. Para cada  $D$ , generar un valor empleando su generador.
2. Evaluar el modelo para determinar  $X$  e  $Y$ .
3. Agregar los valores calculados a la tabla de resultados.
4. Si no se cumple el criterio de finalización, ir al punto 1.

## Corridas

| Juego | 1° bolilla | 2° bolilla | Gané |
|-------|------------|------------|------|
| 1     | 0          | 1          | 1    |
| 2     | 1          | 1          | 0    |
| 3     | 0          | 1          | 1    |
| 4     | 0          | 0          | 0    |
| 5     | 0          | 0          | 0    |
| 6     | 0          | 1          | 1    |
| 7     | 1          | 0          | 1    |
| 8     | 0          | 0          | 0    |

# Simulación de Monte Carlo

Modelado

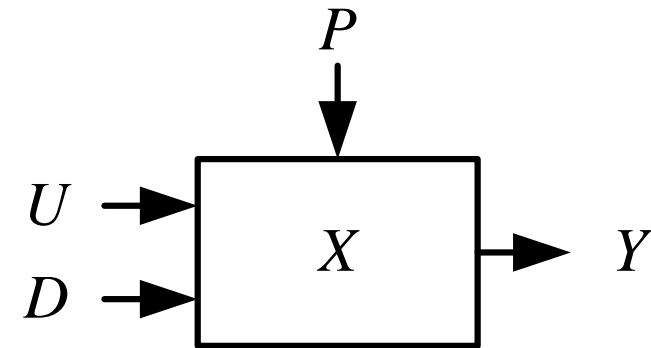
- Generadores
- Modelo

Simulación

- Tabla  $X, Y$

Análisis

- Distribuciones
- Intervalos de confianza



- Variables inciertas:  $P, D, X_0$ .
- Salidas:  $X, Y$

# Simulación de Monte Carlo

## Análisis

1. Modelar las variables  $X$  e  $Y$ .
2. Determinar el valor medio y la varianza para  $X$  e  $Y$ .
3. Determinar los intervalos de confianzas de las variables y de sus promedios.

## Resultados

| Juego | 1° bolilla | 2° bolilla | Gané |
|-------|------------|------------|------|
| 1     | 0          | 1          | 1    |
| 2     | 1          | 1          | 0    |
| 3     | 0          | 1          | 1    |
| 4     | 0          | 0          | 0    |
| 5     | 0          | 0          | 0    |
| 6     | 0          | 1          | 1    |
| 7     | 1          | 0          | 1    |
| 8     | 0          | 0          | 0    |

Monte Carlo Bolillas Verdes.xlsm



Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda WPS PDF Argo ¿Qué desea hacer?

Calibri 11 Fuente Ajustar texto General Alineación Número Formato condicional Dar formato como tabla Estilos de celda Insertar Eliminar Formato Celdas Ordenar y filtrar Buscar y seleccionar Edición

E3

|    | A               | B                 | C                 | D           | E | F  | G | H | I | J | K |
|----|-----------------|-------------------|-------------------|-------------|---|--|---|---|---|---|---|
| 1  | <b>Bolillas</b> |                   |                   |             |   |  |   |   |   |   |   |
| 2  | <b>Juego</b>    | <b>1° bolilla</b> | <b>2° bolilla</b> | <b>Gané</b> |   | Gana cuando de dos bolillas solo una es verde. |   |   |   |   |   |
| 3  | 1               | 1                 | 0                 | 1           |   | Inicialmente, se tienen 3 verdes y 2 rojas     |   |   |   |   |   |
| 4  |                 |                   |                   |             |   |  |   |   |   |   |   |
| 5  |                 |                   |                   |             |   |  |   |   |   |   |   |
| 6  |                 |                   |                   |             |   |  |   |   |   |   |   |
| 7  |                 |                   |                   |             |   |  |   |   |   |   |   |
| 8  |                 |                   |                   |             |   |  |   |   |   |   |   |
| 9  |                 |                   |                   |             |   |  |   |   |   |   |   |
| 10 |                 |                   |                   |             |   |  |   |   |   |   |   |
| 11 |                 |                   |                   |             |   |  |   |   |   |   |   |
| 12 |                 |                   |                   |             |   |  |   |   |   |   |   |
| 13 |                 |                   |                   |             |   |  |   |   |   |   |   |
| 14 |                 |                   |                   |             |   |  |   |   |   |   |   |
| 15 |                 |                   |                   |             |   |  |   |   |   |   |   |
| 16 |                 |                   |                   |             |   |  |   |   |   |   |   |

Archivo Inicio Insertar Disposición de página **Fórmulas** Datos Revisar Vista Programador Ayuda WPS PDF Argo ¿Qué desea hacer?

Insertar función  $\Sigma$  Autosuma  $\text{?}$  Lógicas  $\text{?}$  Búsqueda y referencia  $\text{?}$  Usado recientemente  $\text{A}$  Texto  $\text{?}$  Matemáticas y trigonométricas  $\text{?}$  Financieras  $\text{?}$  Fecha y hora  $\text{?}$  Más funciones  $\text{?}$

Administrador de nombres  $\text{?}$  Asignar nombre  $\text{?}$  Utilizar en la fórmula  $\text{?}$  Crear desde la selección  $\text{?}$  Nombres definidos

Rastrear precedentes  $\text{?}$  Rastrear dependientes  $\text{?}$  Quitar flechas  $\text{?}$

Mostrar fórmulas  $\text{?}$  Comprobación de errores  $\text{?}$  Evaluar fórmula  $\text{?}$  Auditoría de fórmulas

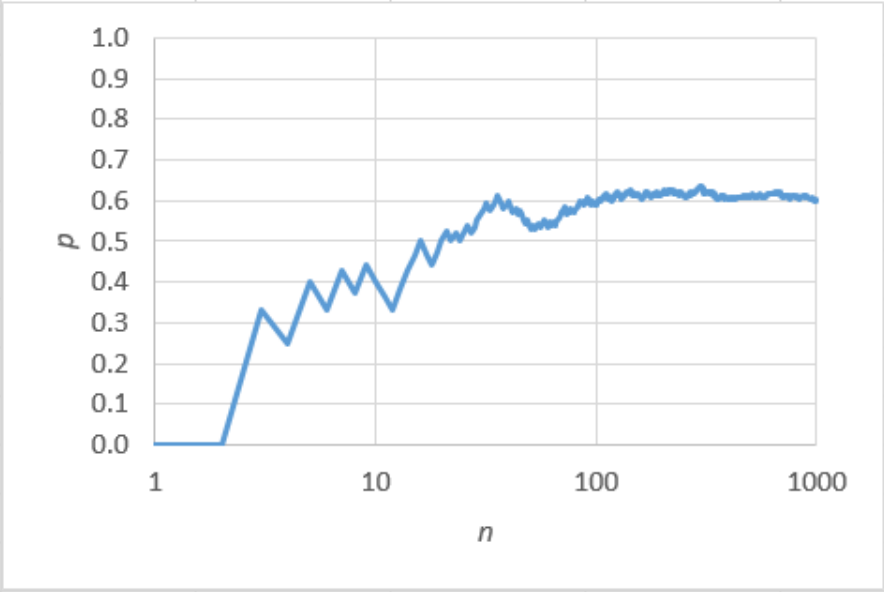
Ventana Inspección  $\text{?}$  Opciones para el cálculo  $\text{?}$  Cálculo

E3  $\text{fx}$

|    | A               | B                            | C                                 | D                | E | F                            | G |
|----|-----------------|------------------------------|-----------------------------------|------------------|---|------------------------------|---|
| 1  | <b>Bolillas</b> |                              |                                   |                  |   |                              |   |
| 2  | <b>Juego</b>    | <b>1° bolilla</b>            | <b>2° bolilla</b>                 | <b>Gané</b>      |   | Gana cuando de dos bolilla   |   |
| 3  | 1               | =SI(ALEATORIO() $<$ 3/5,1,0) | =SI(ALEATORIO() $<$ (3-B3)/4,1,0) | =SI(B3+C3=1,1,0) |   | Inicialmente, se tienen 3 ve |   |
| 4  |                 |                              |                                   |                  |   |                              |   |
| 5  |                 |                              |                                   |                  |   |                              |   |
| 6  |                 |                              |                                   |                  |   |                              |   |
| 7  |                 |                              |                                   |                  |   |                              |   |
| 8  |                 |                              |                                   |                  |   |                              |   |
| 9  |                 |                              |                                   |                  |   |                              |   |
| 10 |                 |                              |                                   |                  |   |                              |   |
| 11 |                 |                              |                                   |                  |   |                              |   |
| 12 |                 |                              |                                   |                  |   |                              |   |
| 13 |                 |                              |                                   |                  |   |                              |   |
| 14 |                 |                              |                                   |                  |   |                              |   |
| 15 |                 |                              |                                   |                  |   |                              |   |
| 16 |                 |                              |                                   |                  |   |                              |   |



|    | A               | B                 | C                 | D           | E           | F        | G | H                | I           | J | K | L | M |
|----|-----------------|-------------------|-------------------|-------------|-------------|----------|---|------------------|-------------|---|---|---|---|
| 1  | <b>Bolillas</b> |                   |                   |             |             |          |   |                  |             |   |   |   |   |
| 2  | <b>Juego</b>    | <b>1° bolilla</b> | <b>2° bolilla</b> | <b>Gané</b> | <b>Suma</b> | <b>P</b> |   | <b>Parámetro</b> | <b>Gané</b> |   |   |   |   |
| 3  | 1               | 1                 | 1                 | 0           | 0           | 0.00     |   | Promedio         | 0.60        |   |   |   |   |
| 4  | 2               | 1                 | 1                 | 0           | 0           | 0.00     |   | Varianza         | 0.24        |   |   |   |   |
| 5  | 3               | 0                 | 1                 | 1           | 1           | 0.33     |   | Des. Est.        | 0.49        |   |   |   |   |
| 6  | 4               | 1                 | 1                 | 0           | 1           | 0.25     |   | Mínimo           | 0.00        |   |   |   |   |
| 7  | 5               | 0                 | 1                 | 1           | 2           | 0.40     |   | Máximo           | 1.00        |   |   |   |   |
| 8  | 6               | 1                 | 1                 | 0           | 2           | 0.33     |   | n                | 1000        |   |   |   |   |
| 9  | 7               | 1                 | 0                 | 1           | 3           | 0.43     |   |                  |             |   |   |   |   |
| 10 | 8               | 0                 | 0                 | 0           | 3           | 0.38     |   |                  |             |   |   |   |   |
| 11 | 9               | 0                 | 1                 | 1           | 4           | 0.44     |   |                  |             |   |   |   |   |
| 12 | 10              | 1                 | 1                 | 0           | 4           | 0.40     |   |                  |             |   |   |   |   |
| 13 | 11              | 1                 | 1                 | 0           | 4           | 0.36     |   |                  |             |   |   |   |   |
| 14 | 12              | 0                 | 0                 | 0           | 4           | 0.33     |   |                  |             |   |   |   |   |
| 15 | 13              | 0                 | 1                 | 1           | 5           | 0.38     |   |                  |             |   |   |   |   |
| 16 | 14              | 1                 | 0                 | 1           | 6           | 0.43     |   |                  |             |   |   |   |   |
| 17 | 15              | 1                 | 0                 | 1           | 7           | 0.47     |   |                  |             |   |   |   |   |
| 18 | 16              | 0                 | 1                 | 1           | 8           | 0.50     |   |                  |             |   |   |   |   |
| 19 | 17              | 1                 | 1                 | 0           | 8           | 0.47     |   |                  |             |   |   |   |   |
| 20 | 18              | 1                 | 1                 | 0           | 8           | 0.44     |   |                  |             |   |   |   |   |
| 21 | 19              | 0                 | 1                 | 1           | 9           | 0.47     |   |                  |             |   |   |   |   |
| 22 | 20              | 1                 | 0                 | 1           | 10          | 0.50     |   |                  |             |   |   |   |   |



Monte Carlo Bolillas Verdes.xlsm - Excel Enrique Eduardo Tarifa

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda WPS PDF Argo ¿Qué desea hacer?

fx Autosuma Lógicas Búsqueda y referencia Usado recientemente Texto Matemáticas y trigonométricas Más funciones  
 Insertar función Financieras Fecha y hora Biblioteca de funciones

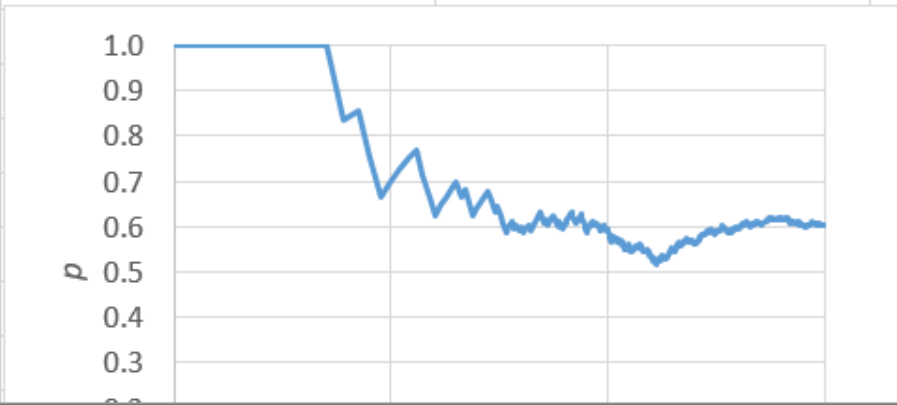
Administrador de nombres Nombres definidos Asignar nombre Utilizar en la fórmula Crear desde la selección

Rastrear precedentes Rastrear dependientes Quitar flechas Auditoría de fórmulas Mostrar fórmulas Comprobación de errores Evaluar fórmula

Ventana Inspección Opciones para el cálculo Cálculo

|    | A               | B                        | C                              | D                  | E           | F        |
|----|-----------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------|-------------|----------|
| 1  | <b>Bolillas</b> |                          |                                |                    |             |          |
| 2  | <b>Juego</b>    | <b>1° bolilla</b>        | <b>2° bolilla</b>              | <b>Gané</b>        | <b>Suma</b> | <b>P</b> |
| 3  | 1               | =SI(ALEATORIO()<3/5,1,0) | =SI(ALEATORIO()<(3-B3)/4,1,0)  | =SI(B3+C3=1,1,0)   | =D3         | =E3/A3   |
| 4  | =A3+1           | =SI(ALEATORIO()<3/5,1,0) | =SI(ALEATORIO()<(3-B4)/4,1,0)  | =SI(B4+C4=1,1,0)   | =E3+D4      | =E4/A4   |
| 5  | =A4+1           | =SI(ALEATORIO()<3/5,1,0) | =SI(ALEATORIO()<(3-B5)/4,1,0)  | =SI(B5+C5=1,1,0)   | =E4+D5      | =E5/A5   |
| 6  | =A5+1           | =SI(ALEATORIO()<3/5,1,0) | =SI(ALEATORIO()<(3-B6)/4,1,0)  | =SI(B6+C6=1,1,0)   | =E5+D6      | =E6/A6   |
| 7  | =A6+1           | =SI(ALEATORIO()<3/5,1,0) | =SI(ALEATORIO()<(3-B7)/4,1,0)  | =SI(B7+C7=1,1,0)   | =E6+D7      | =E7/A7   |
| 8  | =A7+1           | =SI(ALEATORIO()<3/5,1,0) | =SI(ALEATORIO()<(3-B8)/4,1,0)  | =SI(B8+C8=1,1,0)   | =E7+D8      | =E8/A8   |
| 9  | =A8+1           | =SI(ALEATORIO()<3/5,1,0) | =SI(ALEATORIO()<(3-B9)/4,1,0)  | =SI(B9+C9=1,1,0)   | =E8+D9      | =E9/A9   |
| 10 | =A9+1           | =SI(ALEATORIO()<3/5,1,0) | =SI(ALEATORIO()<(3-B10)/4,1,0) | =SI(B10+C10=1,1,0) | =E9+D10     | =E10/A10 |
| 11 | =A10+1          | =SI(ALEATORIO()<3/5,1,0) | =SI(ALEATORIO()<(3-B11)/4,1,0) | =SI(B11+C11=1,1,0) | =E10+D11    | =E11/A11 |
| 12 | =A11+1          | =SI(ALEATORIO()<3/5,1,0) | =SI(ALEATORIO()<(3-B12)/4,1,0) | =SI(B12+C12=1,1,0) | =E11+D12    | =E12/A12 |
| 13 | =A12+1          | =SI(ALEATORIO()<3/5,1,0) | =SI(ALEATORIO()<(3-B13)/4,1,0) | =SI(B13+C13=1,1,0) | =E12+D13    | =E13/A13 |
| 14 | =A13+1          | =SI(ALEATORIO()<3/5,1,0) | =SI(ALEATORIO()<(3-B14)/4,1,0) | =SI(B14+C14=1,1,0) | =E13+D14    | =E14/A14 |
| 15 | =A14+1          | =SI(ALEATORIO()<3/5,1,0) | =SI(ALEATORIO()<(3-B15)/4,1,0) | =SI(B15+C15=1,1,0) | =E14+D15    | =E15/A15 |
| 16 | =A15+1          | =SI(ALEATORIO()<3/5,1,0) | =SI(ALEATORIO()<(3-B16)/4,1,0) | =SI(B16+C16=1,1,0) | =E15+D16    | =E16/A16 |

|    | D                  | E           | F        | G | H                | I                    | J |
|----|--------------------|-------------|----------|---|------------------|----------------------|---|
| 1  |                    |             |          |   |                  |                      |   |
| 2  | <b>Gané</b>        | <b>Suma</b> | <b>P</b> |   | <b>Parámetro</b> | <b>Gané</b>          |   |
| 3  | =SI(B3+C3=1,1,0)   | =D3         | =E3/A3   |   | Promedio         | =PROMEDIO(D3:D1002)  |   |
| 4  | =SI(B4+C4=1,1,0)   | =E3+D4      | =E4/A4   |   | Varianza         | =VAR.S(D3:D1002)     |   |
| 5  | =SI(B5+C5=1,1,0)   | =E4+D5      | =E5/A5   |   | Des. Est.        | =DESVEST.M(D3:D1002) |   |
| 6  | =SI(B6+C6=1,1,0)   | =E5+D6      | =E6/A6   |   | Mínimo           | =MIN(D3:D1002)       |   |
| 7  | =SI(B7+C7=1,1,0)   | =E6+D7      | =E7/A7   |   | Máximo           | =MAX(D3:D1002)       |   |
| 8  | =SI(B8+C8=1,1,0)   | =E7+D8      | =E8/A8   |   | n                | =MAX(A:A)            |   |
| 9  | =SI(B9+C9=1,1,0)   | =E8+D9      | =E9/A9   |   |                  |                      |   |
| 10 | =SI(B10+C10=1,1,0) | =E9+D10     | =E10/A10 |   |                  |                      |   |
| 11 | =SI(B11+C11=1,1,0) | =E10+D11    | =E11/A11 |   |                  |                      |   |
| 12 | =SI(B12+C12=1,1,0) | =E11+D12    | =E12/A12 |   |                  |                      |   |
| 13 | =SI(B13+C13=1,1,0) | =E12+D13    | =E13/A13 |   |                  |                      |   |
| 14 | =SI(B14+C14=1,1,0) | =E13+D14    | =E14/A14 |   |                  |                      |   |
| 15 | =SI(B15+C15=1,1,0) | =E14+D15    | =E15/A15 |   |                  |                      |   |
| 16 | =SI(B16+C16=1,1,0) | =E15+D16    | =E16/A16 |   |                  |                      |   |



# Simulación de Monte Carlo

Modelado

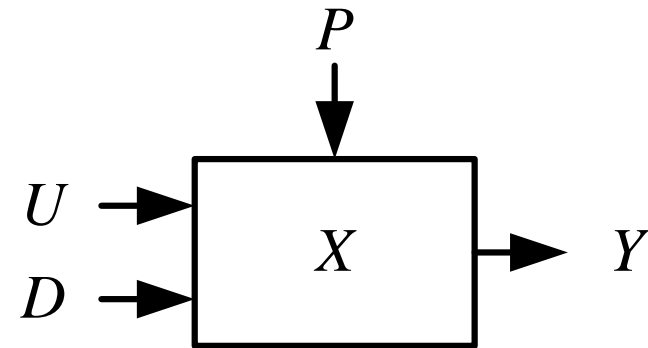
- Generadores
- Modelo

Simulación

- Tabla  $X, Y$

Análisis

- Distribuciones
- Intervalos de confianza



- Variables inciertas:  $P, D, X_0$ .
- Salidas:  $X, Y$

# Juego de la suma de dos dados

Se lanzan dos dados simultáneamente. Luego, se suman los resultados de ambos dados. ¿A qué número apostaría como resultado de la suma?



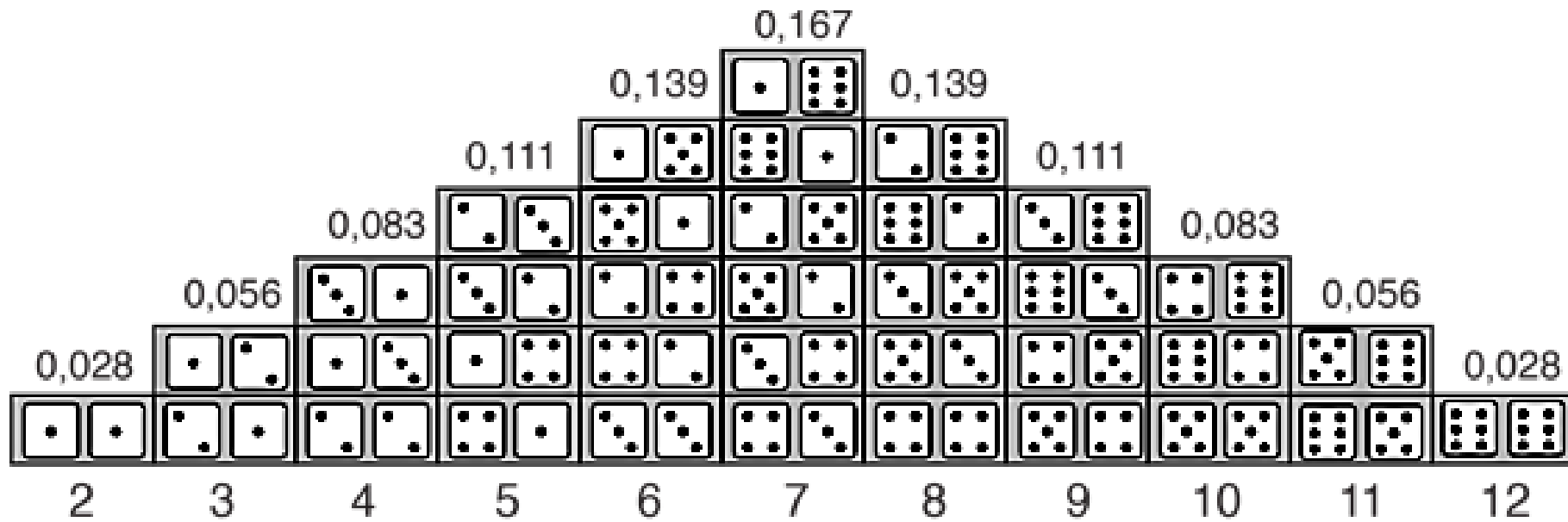


# Juego de la suma de dos dados

- Casos posibles:  $6 \times 6 = 36$
- Probabilidad de un caso:  $1/36$
- Suma = 2: (1+1)
- Suma = 3: (1+2) y (2+1)
- Suma = 4: (1+3), (2+2) y (3+1)
- Suma = 5: (1+4), (2+3), (3+2) y (4+1)
- ...

| Suma | Probabilidad |
|------|--------------|
| 2    | $1/36$       |
| 3    | $2/36$       |
| 4    | $3/36$       |
| 5    | $4/36$       |
| 6    | $5/36$       |
| 7    | $6/36$       |
| 8    | $5/36$       |
| 9    | $4/36$       |
| 10   | $3/36$       |
| 11   | $2/36$       |
| 12   | $1/36$       |

# Juego de la suma de dos dados



Número total de estados: 36

# Simulación de Monte Carlo

- $d1 = \text{GenUniDis}(1,6,1)$
- $d2 = \text{GenUniDis}(1,6,1)$
- $\text{Suma} = d1 + d2$

$$\text{GenUniDis}(a,b,\Delta x) = \text{Int}\left(r\left(\frac{b-a}{\Delta x} + 1\right)\right)\Delta x + a$$

Monte Carlo Suma dados.xlsx

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda WPS PDF Argo ¿Qué desea hacer?

Calibri 11 Fuente Ajustar texto General Ajustar texto

N K S A Alineación Combinar y centrar Número

Formato condicional Dar formato como tabla Estilos de celda Estilos

Insertar Eliminar Formato Celdas Edición

Ordenar y filtrar Buscar y seleccionar

G2

|    | A        | B          | C     | D          | E     | F    | G | H | I | J |
|----|----------|------------|-------|------------|-------|------|---|---|---|---|
| 1  | <i>i</i> | <i>r1</i>  | Dado1 | <i>r2</i>  | Dado2 | Suma |   |   |   |   |
| 2  | 1        | 0.13333752 | 1     | 0.1720906  | 2     | 3    |   |   |   |   |
| 3  | 2        | 0.74245174 | 5     | 0.25682176 | 2     | 7    |   |   |   |   |
| 4  | 3        | 0.43305133 | 3     | 0.33356215 | 3     | 6    |   |   |   |   |
| 5  | 4        | 0.07592529 | 1     | 0.07561058 | 1     | 2    |   |   |   |   |
| 6  | 5        | 0.5981511  | 4     | 0.50575187 | 4     | 8    |   |   |   |   |
| 7  | 6        | 0.06190245 | 1     | 0.74274025 | 5     | 6    |   |   |   |   |
| 8  | 7        | 0.75814143 | 5     | 0.52816509 | 4     | 9    |   |   |   |   |
| 9  | 8        | 0.27724688 | 2     | 0.42520531 | 3     | 5    |   |   |   |   |
| 10 | 9        | 0.71406409 | 5     | 0.00118283 | 1     | 6    |   |   |   |   |
| 11 | 10       | 0.22429278 | 2     | 0.35371575 | 3     | 5    |   |   |   |   |
| 12 | 11       | 0.5657421  | 4     | 0.96178648 | 6     | 10   |   |   |   |   |
| 13 | 12       | 0.33447744 | 3     | 0.24362479 | 2     | 5    |   |   |   |   |
| 14 | 13       | 0.34388432 | 3     | 0.74616233 | 5     | 8    |   |   |   |   |
| 15 | 14       | 0.77480445 | 5     | 0.69491221 | 5     | 10   |   |   |   |   |

$$x = \text{Int} \left( r \left( \frac{b-a}{\Delta x} + 1 \right) \right) \Delta x + a$$

Archivo Inicio Insertar Disposición de página **Fórmulas** Datos Revisar Vista Programador Ayuda WPS PDF Argo ¿Qué desea hacer?

fx Autosuma Lógicas Búsqueda y referencia Asignar nombre Rastrear precedentes Mostrar fórmulas  
Usado recientemente Texto Matemáticas y trigonométricas Utilizar en la fórmula Rastrear dependientes Comprobación de errores  
Financieras Fecha y hora Más funciones Crear desde la selección Quitar flechas Evaluar fórmula  
Biblioteca de funciones Administrador de nombres Nombres definidos Auditoría de fórmulas Ventana Inspección Opciones para el cálculo Cálculo

|    | A        | B            | C                | D            | E                | F           | G  |
|----|----------|--------------|------------------|--------------|------------------|-------------|--|
| 1  | <i>i</i> | <i>r1</i>    | <b>Dado1</b>     | <i>r2</i>    | <b>Dado2</b>     | <b>Suma</b> |  |
| 2  | 1        | =ALEATORIO() | =ENTERO(B2*6)+1  | =ALEATORIO() | =ENTERO(D2*6)+1  | =C2+E2      |  |
| 3  | 2        | =ALEATORIO() | =ENTERO(B3*6)+1  | =ALEATORIO() | =ENTERO(D3*6)+1  | =C3+E3      | $x = \text{Int} \left( r \left( \frac{b-a}{\Delta x} + 1 \right) \right) \Delta x + a$ |
| 4  | 3        | =ALEATORIO() | =ENTERO(B4*6)+1  | =ALEATORIO() | =ENTERO(D4*6)+1  | =C4+E4      |  |
| 5  | 4        | =ALEATORIO() | =ENTERO(B5*6)+1  | =ALEATORIO() | =ENTERO(D5*6)+1  | =C5+E5      |  |
| 6  | 5        | =ALEATORIO() | =ENTERO(B6*6)+1  | =ALEATORIO() | =ENTERO(D6*6)+1  | =C6+E6      |  |
| 7  | 6        | =ALEATORIO() | =ENTERO(B7*6)+1  | =ALEATORIO() | =ENTERO(D7*6)+1  | =C7+E7      |  |
| 8  | 7        | =ALEATORIO() | =ENTERO(B8*6)+1  | =ALEATORIO() | =ENTERO(D8*6)+1  | =C8+E8      |  |
| 9  | 8        | =ALEATORIO() | =ENTERO(B9*6)+1  | =ALEATORIO() | =ENTERO(D9*6)+1  | =C9+E9      |  |
| 10 | 9        | =ALEATORIO() | =ENTERO(B10*6)+1 | =ALEATORIO() | =ENTERO(D10*6)+1 | =C10+E10    |  |
| 11 | 10       | =ALEATORIO() | =ENTERO(B11*6)+1 | =ALEATORIO() | =ENTERO(D11*6)+1 | =C11+E11    |  |
| 12 | 11       | =ALEATORIO() | =ENTERO(B12*6)+1 | =ALEATORIO() | =ENTERO(D12*6)+1 | =C12+E12    |  |
| 13 | 12       | =ALEATORIO() | =ENTERO(B13*6)+1 | =ALEATORIO() | =ENTERO(D13*6)+1 | =C13+E13    |  |
| 14 | 13       | =ALEATORIO() | =ENTERO(B14*6)+1 | =ALEATORIO() | =ENTERO(D14*6)+1 | =C14+E14    |  |
| 15 | 14       | =ALEATORIO() | =ENTERO(B15*6)+1 | =ALEATORIO() | =ENTERO(D15*6)+1 | =C15+E15    |  |

# Simulación con Excel

| $i$ | $P$   | $U$   | $D$   | $X$    | $Y$   | $E$   |
|-----|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| 1   | $P_1$ | $U_1$ | $D_1$ | $X_1$  | $Y_1$ | $E_1$ |
| 2   | $P_2$ | $U_2$ | $D_2$ | $X_2$  | $Y_2$ | $E_2$ |
| ... | ...   | ...   | ...   | ...    | ...   | ...   |
| $n$ | $P_n$ | $U_n$ | $D_n$ | $XP_n$ | $Y_n$ | $E_n$ |

Ver Excel: Ciber, bolillas, dado.

# Proyecto

Escenario promedio

| Concepto         | Monto<br>(\$/mes) |
|------------------|-------------------|
| Ingresos         | 2667              |
| Egresos          | 1167              |
| <b>Ganancias</b> | <b>1500</b>       |

Incertidumbre

| Concepto         | Monto<br>(\$/mes) |
|------------------|-------------------|
| Ingresos         | 1000-4000         |
| Egresos          | 500-2000          |
| <b>Ganancias</b> | <b>¿?</b>         |

Si se trabaja con un flujo de caja, se puede simular el TIR y el VAN.



# Proyecto

## Herramienta Escenarios de Excel

| Concepto         | Esc. 1     | Esc. 2       | Esc. 3      | Esc. 4      |
|------------------|------------|--------------|-------------|-------------|
| <b>Ingresos</b>  | 1000       | 1000         | 4000        | 4000        |
| <b>Egresos</b>   | 500        | 2000         | 500         | 2000        |
| <b>Ganancias</b> | <b>500</b> | <b>-1000</b> | <b>3500</b> | <b>2000</b> |

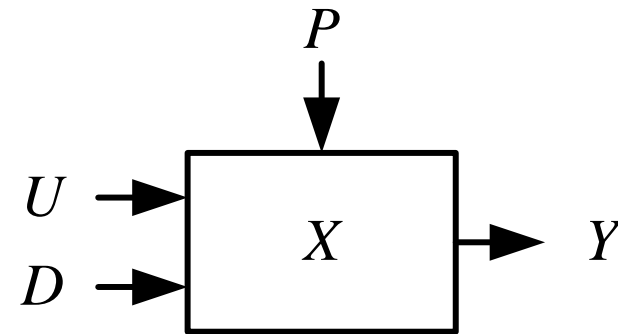
¿Riesgo?

Análisis  
de  
riesgo

- Resultados
- Probabilidades

# Proyecto

- Ingresos  $I$ : distribución triangular (1000, 3000, 4000)
- Egresos  $E$ : distribución triangular (500, 1000, 2000)
- Ganancias  $G = I - E$



Monte Carlo Ciber con Excel.xlsm

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda WPS PDF Argo ¿Qué desea hacer?

Portapapeles Pegar Fuente Calibri 11 A A Fuente Alineación Ajustar texto Combinar y centrar General Número Formato condicional Dar formato como tabla Estilos de celda Celdas Edición

E3

|    | A            | B               | C              | D                | E | F | G | H | I | J |
|----|--------------|-----------------|----------------|------------------|---|---|---|---|---|---|
| 1  | <b>Ciber</b> |                 |                |                  |   |   |   |   |   |   |
| 2  | <b>Mes</b>   | <b>Ingresos</b> | <b>Egresos</b> | <b>Ganancias</b> |   |   |   |   |   |   |
| 3  | promedio     | 2667            | 1167           | 1500             |   |   |   |   |   |   |
| 4  |              |                 |                |                  |   |   |   |   |   |   |
| 5  |              |                 |                |                  |   |   |   |   |   |   |
| 6  |              |                 |                |                  |   |   |   |   |   |   |
| 7  |              |                 |                |                  |   |   |   |   |   |   |
| 8  |              |                 |                |                  |   |   |   |   |   |   |
| 9  |              |                 |                |                  |   |   |   |   |   |   |
| 10 |              |                 |                |                  |   |   |   |   |   |   |
| 11 |              |                 |                |                  |   |   |   |   |   |   |
| 12 |              |                 |                |                  |   |   |   |   |   |   |
| 13 |              |                 |                |                  |   |   |   |   |   |   |
| 14 |              |                 |                |                  |   |   |   |   |   |   |
| 15 |              |                 |                |                  |   |   |   |   |   |   |

Promedio

Escenarios

Resumen del escenario

Monte Carlo

Clases

Histograma

IC de Y ...

**fx** Insertar función

- Autosuma
- Usado recientemente
- Financieras
- Lógicas
- Texto
- Fecha y hora
- Búsqueda y referencia
- Matemáticas y trigonométricas
- Más funciones

Biblioteca de funciones

Administrador de nombres

- Asignar nombre
- Utilizar en la fórmula
- Crear desde la selección
- Nombres definidos

Auditoría de fórmulas

- Rastrear precedentes
- Rastrear dependientes
- Quitar flechas
- Mostrar fórmulas
- Comprobación de errores
- Evaluar fórmula

Ventana Inspección

Opciones para el cálculo

Cálculo

E3

|    | A            | B               | C              | D                | E | F | G |
|----|--------------|-----------------|----------------|------------------|---|---|---|
| 1  | <b>Ciber</b> |                 |                |                  |   |   |   |
| 2  | <b>Mes</b>   | <b>Ingresos</b> | <b>Egresos</b> | <b>Ganancias</b> |   |   |   |
| 3  | promedio     | 2667            | 1167           | =B3-C3           |   |   |   |
| 4  |              |                 |                |                  |   |   |   |
| 5  |              |                 |                |                  |   |   |   |
| 6  |              |                 |                |                  |   |   |   |
| 7  |              |                 |                |                  |   |   |   |
| 8  |              |                 |                |                  |   |   |   |
| 9  |              |                 |                |                  |   |   |   |
| 10 |              |                 |                |                  |   |   |   |
| 11 |              |                 |                |                  |   |   |   |
| 12 |              |                 |                |                  |   |   |   |
| 13 |              |                 |                |                  |   |   |   |
| 14 |              |                 |                |                  |   |   |   |
| 15 |              |                 |                |                  |   |   |   |

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda WPS PDF Argo ¿Qué desea hacer?

Insertar función: Autosuma, Usado recientemente, Financieras, Lógicas, Texto, Fecha y hora, Biblioteca de funciones, Búsqueda y referencia, Matemáticas y trigonométricas, Más funciones, Nombres definidos: Asignar nombre, Utilizar en la fórmula, Crear desde la selección, Auditoría de fórmulas: Rastrear precedentes, Rastrear dependientes, Quitar flechas, Mostrar fórmulas, Comprobación de errores, Evaluar fórmula, Ventana Inspección, Opciones para el cálculo, Cálculo

B15

| Resumen del escenario       |                   |          |        |        |        |        |
|-----------------------------|-------------------|----------|--------|--------|--------|--------|
|                             | Valores actuales: | Promedio | Esc. 1 | Esc. 2 | Esc. 3 | Esc. 4 |
| <b>Celdas cambiantes:</b>   |                   |          |        |        |        |        |
| \$A\$3                      | Esc. 1            | promedio | Esc. 1 | Esc. 2 | Esc. 3 | Esc. 4 |
| \$B\$3                      | 1000              | 2667     | 1000   | 1000   | 4000   | 4000   |
| \$C\$3                      | 500               | 1167     | 500    | 2000   | 500    | 2000   |
| <b>Celdas de resultado:</b> |                   |          |        |        |        |        |
| \$D\$3                      | 500               | 1500     | 500    | -1000  | 3500   | 2000   |

Notas: La columna de valores actuales representa los valores de las celdas cambiantes en el momento en que se creó el Informe resumen de escenario. Las celdas cambiantes de cada escenario se muestran en gris.

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda WPS PDF Argo ¿Qué desea hacer?

fx Autosuma Lógicas Búsqueda y referencia Usado recientemente Texto Matemáticas y trigonométricas Administrador de nombres Asignar nombre Utilizar en la fórmula Crear desde la selección Nombres definidos

Insertar función Financieras Fecha y hora Más funciones Rastrear precedentes Rastrear dependientes Quitar flechas Auditoría de fórmulas

Mostrar fórmulas Comprobación de errores Evaluar fórmula Ventana Inspección Opciones para el cálculo Cálculo

F8

|    | A            | B               | C              | D                | E | F                | G               | H              | I                | J | K |
|----|--------------|-----------------|----------------|------------------|---|------------------|-----------------|----------------|------------------|---|---|
| 1  | <b>Ciber</b> |                 |                |                  |   |                  |                 |                |                  |   |   |
| 2  | <b>Mes</b>   | <b>Ingresos</b> | <b>Egresos</b> | <b>Ganancias</b> |   | <b>Parámetro</b> | <b>Ingresos</b> | <b>Egresos</b> | <b>Ganancias</b> |   |   |
| 3  | 1            | 2914            | 1517           | 1397             |   | Promedio         | 2637            | 1177           | 1460             |   |   |
| 4  | 2            | 2101            | 699            | 1403             |   | Varianza         | 384634          | 90501          | 484622           |   |   |
| 5  | 3            | 2225            | 1511           | 713              |   | Des. Est.        | 620             | 301            | 696              |   |   |
| 6  | 4            | 3299            | 768            | 2531             |   | Mínimo           | 1038            | 539            | -744             |   |   |
| 7  | 5            | 2569            | 930            | 1639             |   | Máximo           | 3971            | 1952           | 3115             |   |   |
| 8  | 6            | 3353            | 577            | 2777             |   |                  |                 |                |                  |   |   |
| 9  | 7            | 2274            | 1844           | 430              |   |                  |                 |                |                  |   |   |
| 10 | 8            | 3558            | 1377           | 2181             |   |                  |                 |                |                  |   |   |
| 11 | 9            | 1594            | 798            | 796              |   |                  |                 |                |                  |   |   |
| 12 | 10           | 3665            | 1173           | 2492             |   |                  |                 |                |                  |   |   |
| 13 | 11           | 3477            | 961            | 2516             |   |                  |                 |                |                  |   |   |
| 14 | 12           | 3104            | 718            | 2386             |   |                  |                 |                |                  |   |   |
| 15 | 13           | 2105            | 1030           | 1075             |   |                  |                 |                |                  |   |   |
| 16 | 14           | 1619            | 1079           | 540              |   |                  |                 |                |                  |   |   |

|    | A            | B                          | C                         | D                | E | F                | G                    |
|----|--------------|----------------------------|---------------------------|------------------|---|------------------|----------------------|
| 1  | <b>Ciber</b> |                            |                           |                  |   |                  |                      |
| 2  | <b>Mes</b>   | <b>Ingresos</b>            | <b>Egresos</b>            | <b>Ganancias</b> |   | <b>Parámetro</b> | <b>Ingresos</b>      |
| 3  | 1            | =GenTriang(1000,3000,4000) | =GenTriang(500,1000,2000) | =B3-C3           |   | Promedio         | =PROMEDIO(B3:B1002)  |
| 4  | =A3+1        | =GenTriang(1000,3000,4000) | =GenTriang(500,1000,2000) | =B4-C4           |   | Varianza         | =VAR.S(B3:B1002)     |
| 5  | =A4+1        | =GenTriang(1000,3000,4000) | =GenTriang(500,1000,2000) | =B5-C5           |   | Des. Est.        | =DESVEST.M(B3:B1002) |
| 6  | =A5+1        | =GenTriang(1000,3000,4000) | =GenTriang(500,1000,2000) | =B6-C6           |   | Mínimo           | =MIN(B3:B1002)       |
| 7  | =A6+1        | =GenTriang(1000,3000,4000) | =GenTriang(500,1000,2000) | =B7-C7           |   | Máximo           | =MAX(B3:B1002)       |
| 8  | =A7+1        | =GenTriang(1000,3000,4000) | =GenTriang(500,1000,2000) | =B8-C8           |   |                  |                      |
| 9  | =A8+1        | =GenTriang(1000,3000,4000) | =GenTriang(500,1000,2000) | =B9-C9           |   |                  |                      |
| 10 | =A9+1        | =GenTriang(1000,3000,4000) | =GenTriang(500,1000,2000) | =B10-C10         |   |                  |                      |
| 11 | =A10+1       | =GenTriang(1000,3000,4000) | =GenTriang(500,1000,2000) | =B11-C11         |   |                  |                      |
| 12 | =A11+1       | =GenTriang(1000,3000,4000) | =GenTriang(500,1000,2000) | =B12-C12         |   |                  |                      |
| 13 | =A12+1       | =GenTriang(1000,3000,4000) | =GenTriang(500,1000,2000) | =B13-C13         |   |                  |                      |
| 14 | =A13+1       | =GenTriang(1000,3000,4000) | =GenTriang(500,1000,2000) | =B14-C14         |   |                  |                      |
| 15 | =A14+1       | =GenTriang(1000,3000,4000) | =GenTriang(500,1000,2000) | =B15-C15         |   |                  |                      |
| 16 | =A15+1       | =GenTriang(1000,3000,4000) | =GenTriang(500,1000,2000) | =B16-C16         |   |                  |                      |



|    | D                | E | F                | G                    | H                    | I                    | J |
|----|------------------|---|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---|
| 1  |                  |   |                  |                      |                      |                      |   |
| 2  | <b>Ganancias</b> |   | <b>Parámetro</b> | <b>Ingresos</b>      | <b>Egresos</b>       | <b>Ganancias</b>     |   |
| 3  | =B3-C3           |   | Promedio         | =PROMEDIO(B3:B1002)  | =PROMEDIO(C3:C1002)  | =PROMEDIO(D3:D1002)  |   |
| 4  | =B4-C4           |   | Varianza         | =VAR.S(B3:B1002)     | =VAR.S(C3:C1002)     | =VAR.S(D3:D1002)     |   |
| 5  | =B5-C5           |   | Des. Est.        | =DESVEST.M(B3:B1002) | =DESVEST.M(C3:C1002) | =DESVEST.M(D3:D1002) |   |
| 6  | =B6-C6           |   | Mínimo           | =MIN(B3:B1002)       | =MIN(C3:C1002)       | =MIN(D3:D1002)       |   |
| 7  | =B7-C7           |   | Máximo           | =MAX(B3:B1002)       | =MAX(C3:C1002)       | =MAX(D3:D1002)       |   |
| 8  | =B8-C8           |   |                  |                      |                      |                      |   |
| 9  | =B9-C9           |   |                  |                      |                      |                      |   |
| 10 | =B10-C10         |   |                  |                      |                      |                      |   |
| 11 | =B11-C11         |   |                  |                      |                      |                      |   |
| 12 | =B12-C12         |   |                  |                      |                      |                      |   |
| 13 | =B13-C13         |   |                  |                      |                      |                      |   |
| 14 | =B14-C14         |   |                  |                      |                      |                      |   |
| 15 | =B15-C15         |   |                  |                      |                      |                      |   |
| 16 | =B16-C16         |   |                  |                      |                      |                      |   |