

# U.B.A. FACULTAD DE INGENIERÍA

## Departamento de Computación

### Modelos y Simulación 7526 - 9519

#### TRABAJO PRÁCTICO #2

*Procesos de Poisson, Cadenas de Markov, Sistemas dinámicos,  
Simpv*

**Curso: 2019 - 1er Cuatrimestre**

**Turno: Miércoles**

GRUPO N° 1	
Integrantes	Padrón
Amurrio, Gastón	93584
Gamarra Silva, Cynthia Marlene	92702
Pinto, Tomás	98757
Fecha de Entrega:	19-06-2019
Fecha de aprobación:	
Calificación:	
Firma de aprobación:	

**Observaciones:**

# Índice

<b>Índice</b>	<b>1</b>
<b>1. Enunciado del trabajo práctico</b>	<b>2</b>
<b>2. Implementación y resultados</b>	<b>5</b>
2.1. Ejercicio 1 . . . . .	5
2.2. Ejercicio 2 . . . . .	6
2.3. Ejercicio 3 . . . . .	8
2.4. Ejercicio 4 . . . . .	10
2.5. Ejercicio 5 . . . . .	10
<b>3. Conclusiones</b>	<b>10</b>
<b>Referencias</b>	<b>10</b>
<b>A. Código fuente</b>	<b>11</b>
A.1. Resolución ejercicio 1 . . . . .	11
A.1.1. instruccion . . . . .	11
A.1.2. main . . . . .	11
A.2. Resolución ejercicio 2 . . . . .	13
A.2.1. ejercicio2.py . . . . .	13
A.3. Resolución ejercicio 3 . . . . .	16
A.3.1. ejercicio3.py . . . . .	16
A.4. Resolución ejercicio 4 . . . . .	17
A.4.1. ejercicio4.py . . . . .	17
A.5. Resolución ejercicio 5 . . . . .	19
A.5.1. ejercicio5.py . . . . .	19

# 1. Enunciado del trabajo práctico



## Trabajo Práctico 2

Simulación - 75.26 – 95.19

### Consideraciones generales

La entrega de este TP debe contar con un informe explicando el procedimiento utilizado para resolver cada ejercicio y justificando las conclusiones a las que se arriba en cada punto. Se debe incluir también el código fuente utilizado para resolver cada ejercicio en uno o más archivo(s) por ejercicio.

## Procesos de Poisson

### Ejercicio 1

Utilizando Matlab, Octave o Python (sin utilizar Simpy) se debe determinar con cuál de las siguientes 2 arquitecturas nos permite tener un menor tiempo de procesamiento.

A un procesador arriban instrucciones siguiendo una distribución exponencial con una tasa de 250 instrucciones por microsegundo.

Las instrucciones se pueden agrupar en las siguientes categorías, y en función de ella es el tiempo que demoran en ser ejecutadas el cual sigue una distribución exponencial con parámetro  $\lambda$  especificado a continuación.

Tipo de instrucción	Probabilidad	Tasa del tiempo de ejecución (instrucciones por $\mu\text{seg}$ )
Simple	0,6	60
Compleja	0,4	10

Se sabe que el 65% de las instrucciones requieren buscar datos en memoria para antes de ser ejecutadas.

En este punto se plantean dos alternativas:

**Alternativa 1:** Cada vez que se requiera un dato de memoria se lo busca en memoria principal. Tarea cuyo tiempo corresponde a una distribución exponencial con una tasa de 2000 instrucciones por microsegundo.

**Alternativa 2:** Implementar un Caché, con el cual existiría una probabilidad de .6 de encontrar el dato requerido y no tener la necesidad de buscarlo en memoria principal.

El tiempo de acceso a este caché se puede modelar siguiendo una distribución exponencial con una tasa de 500 instrucciones por microsegundo.

Cuando el dato no es encontrado en el caché y debe buscarse en memoria principal donde su demora también sigue una distribución exponencial con una tasa de 1500 instrucciones por microsegundo.

## Cadenas de Markov

### Ejercicio 2

Una entidad bancaria se encuentra analizando cuantos clientes en simultáneo están conectados a su home banking.

Para ello comenzó a monitorear cada minuto la cantidad de clientes activos, y analizó como se modifica esta cantidad de una observación a la siguiente.

Se determinó que la probabilidad que la cantidad de clientes conectados aumentara, o se mantenga igual, podía modelarse utilizando una distribución de probabilidad Binomial, mientras que la probabilidad de tener menos clientes conectados respondía a una distribución uniforme.

Siendo  $i$  y  $j$  dos cantidades de usuarios conectados al sistema.

$$P(i \rightarrow j) = \begin{cases} \binom{n}{j-i} p^{j-i} (1-p)^{n-j-i} & \text{si } j \geq i \\ \frac{1 - \sum_{j=i}^n P(i \rightarrow j)}{i-1} & \text{si } j < i \end{cases}$$

Se sabe además que la probabilidad que un cliente se conecte al sitio es  $p=0,7$

(Por simplicidad supondremos que el servidor de este home banking permite como máximo 50 clientes en simultáneo)

- Determinar la matriz de transición de estados explicando cómo se obtiene la misma.
- Utilizando Matlab, Octave o Python simular una posible evolución del sistema a lo largo de 100 observaciones graficando cómo se modifica la cantidad de clientes conectados en cada momento.
- Simulando 100.000 observaciones realizar un histograma mostrando cuantas veces el sistema estuvo en cada estado.  
(Recomendación: utilizar tantas categorías en el histograma como estados tiene el sistema).
- Determinar el % de tiempo que en el home banking no tuvo clientes conectados.
- Se está evaluando migrar el home banking a un servidor que permitiría como máximo 40 clientes conectados en simultáneo. La migración sólo se realizaría si la probabilidad de tener más de 40 clientes es menor a 10%. Indique si se puede recomendar realizar la migración.

## Sistemas dinámicos

### Ejercicio 3

El siguiente sistema dinámico es conocido como "Modelo de la telaraña".

Mediante el mismo se puede modelar la formación de precios de productos cuya oferta se establece en función del precio de mercado en el período de tiempo anterior.

$$\begin{cases} Q_t^{\text{demanda}} = a - bP_t \\ Q_t^{\text{oferta}} = dP_{t-1} - c \\ Q_t^{\text{demanda}} = Q_t^{\text{oferta}} = Q_t \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{Con:} \\ a=9 \\ b=1,1 \\ c=0,4 \\ d=1 \\ P_0=8 \end{array}$$



## Trabajo Práctico 2

Simulación - 75.26 – 95.19

Se pide:

1. Determinar el tipo de sistema (discreto/continuo, lineal/ no lineal, autónomo/no autónomo, de primer orden / orden superior)
2. Hallar el o los puntos de equilibrio.
3. Realizar un análisis asintótico del sistema.  
¿Cómo afectan las condiciones iniciales al estado asintótico del sistema? Justifique.  
Simule el sistema para distintas condiciones iniciales e interprete los resultados.
4. Graficar la variable precio en función del período (t) para 100 períodos.
5. Graficar el espacio de fases del sistema a través de 100 períodos para pares ordenados ( $Q_t$ ,  $P_t$ ) (mostrar los puntos vinculados mediante una recta).

## Simpy

### Ejercicio 4

Resolver el Ejercicio 1 utilizando Simpy y comparar los resultados obtenidos con los obtenidos en el Ejercicio1.

### Ejercicio 5

Siguiendo una distribución Exponencial negativa de media 45 ms arriban solicitudes a un cluster de base de datos, compuesta por 6 servidores y un balanceador de carga.

El tiempo de procesamiento de cada solicitud dependerá del tipo de solicitud que se trate:

Tipo	Probabilidad	Tiempo de proceso (mseg)
A	.6	$75 \pm 10$
B	.25	$60 \pm 15$
C	.15	$90 \pm 20$

Se necesita determinar la mejor política de asignación de procesos a utilizar en el balanceador entre las siguientes:

- a. Utilizando una política Round Robin (la primer solicitud se asigna al servidor 1, la segunda al 2, etc).
- b. La solicitud es asignada al azar entre los 6 servidores.

(Justifique la respuesta midiendo todos los indicadores que considere necesarios)

## 2. Implementación y resultados

Para cada uno de los ejercicios pedidos se realiza una explicación de cada uno de ellos. Se toma como base teórica lo explicado en clase tanto teórica como clase práctica.

### 2.1. Ejercicio 1

Luego de ejecutar 5 veces el programa OS.py se obtuvieron los siguientes resultados (promedios en microsegundos de 20 iteraciones):

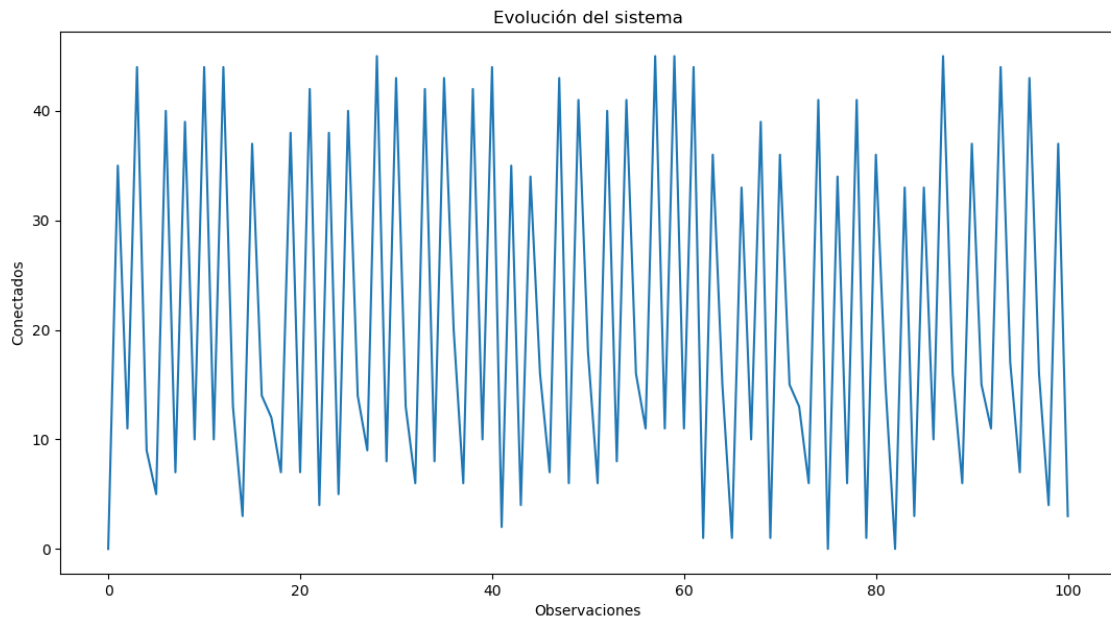
ejecucion	costo alt 1	costo alt 2
1	5434.09	5495.7
2	5436.64	5495.11
3	5436.59	5495.32
4	5424.47	5495.64
5	5430.06	5494.5

La alternativa 1 es mejor.

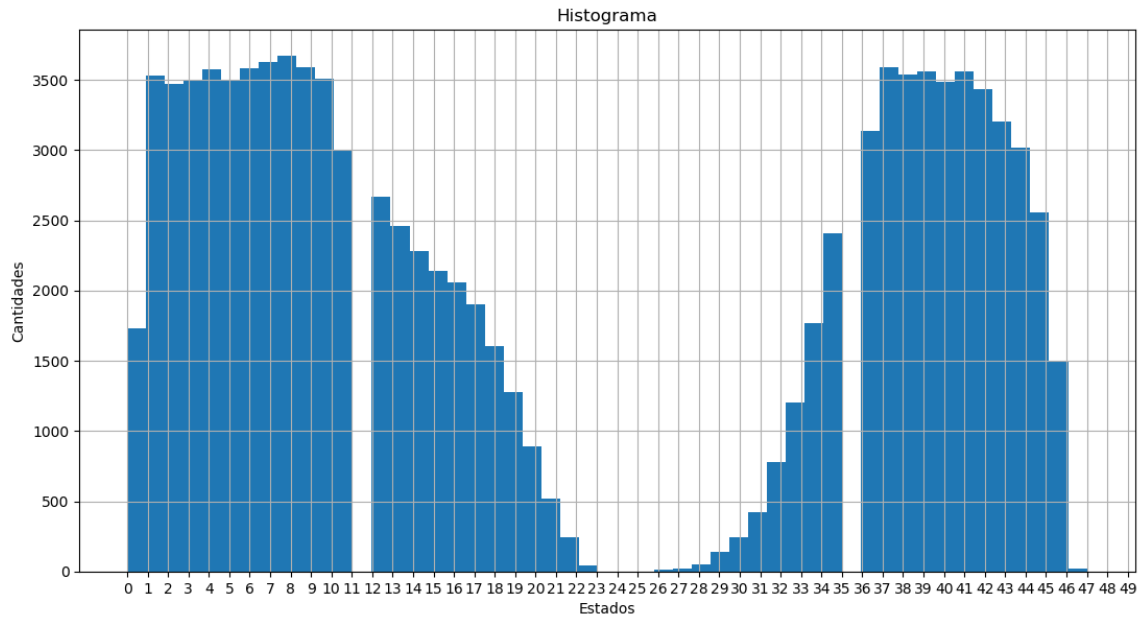
## 2.2. Ejercicio 2

a) La matriz de transición de estados se obtiene de la siguiente manera, dado que el ejercicio impone por simplicidad que la cantidad máxima de clientes que se permite en simultaneo en el Homebanking es 50, entonces la matriz de transición es de 51 x 51 (Tambien se incluye la cantidad de 0 clientes). Cada elemento de la matriz es el cambio de estado al siguiente, es decir el paso del estado  $i$  al  $j$ , por ejemplo si el elemento de la matriz es el  $(1,2)$  entonces es la probabilidad de la cantidad de clientes conectados sea 2 sabiendo que en el minuto anterior estaba conectado solo 1.

b)



c)



d) Porcentaje de tiempo que el sistema no tuvo clientes conectados: 2,24531353 %

e) Es recomendable hacer la migración a otro servidor, la probabilidad de tener mas de 40 clientes es: 2,15 %



### 2.3. Ejercicio 3

El "modelo de la telaraña" tiene la siguiente estructura:

$$\begin{aligned} Q_t^{demanda} &= a - bP_t \\ Q_t^{oferta} &= dP_{t-1} - c \\ Q_t^{demanda} &= Q_t^{oferta} = Q_t \end{aligned} \quad (1)$$

En donde tienen los parámetros siguientes :

- $a = 9$
- $b = 1,1$
- $c = 0,4$
- $d = 1$
- $P_0 = 8$

Respondiendo lo que se pide:

1. El sistema es discreto, lineal, autónomo y de primer orden
2. Resolviendo el sistema de ecuaciones se obtuvo el punto de equilibrio:

$$P = \frac{a+c}{d+b}$$

Utilizando los datos del ejercicio se obtuvo:

$$P = \frac{94}{21}$$

$$Q = \frac{428}{105}$$

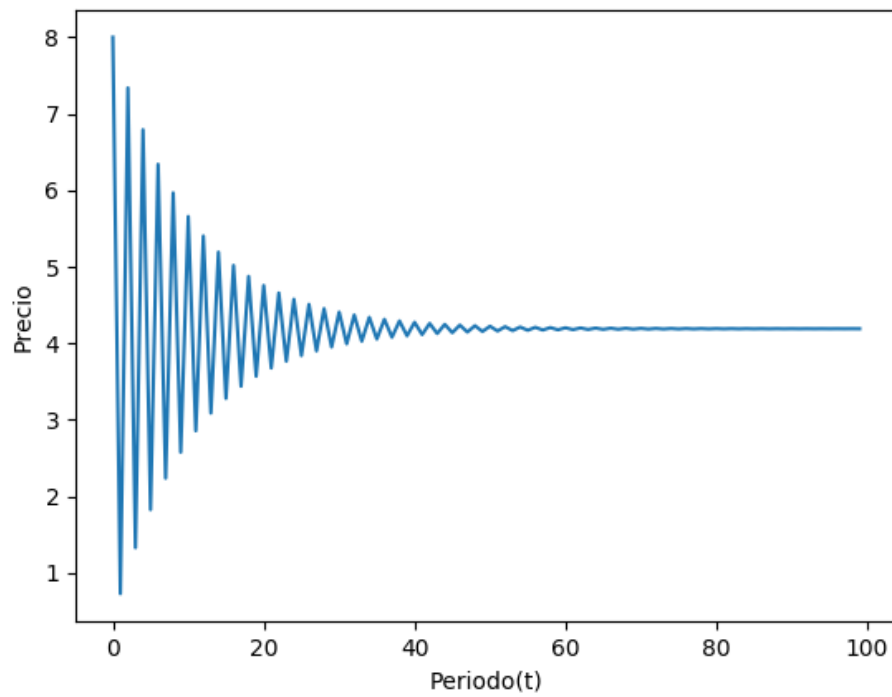
3. Realizando un análisis asintótico obtuvimos que:

$$\lambda_1 = 0$$

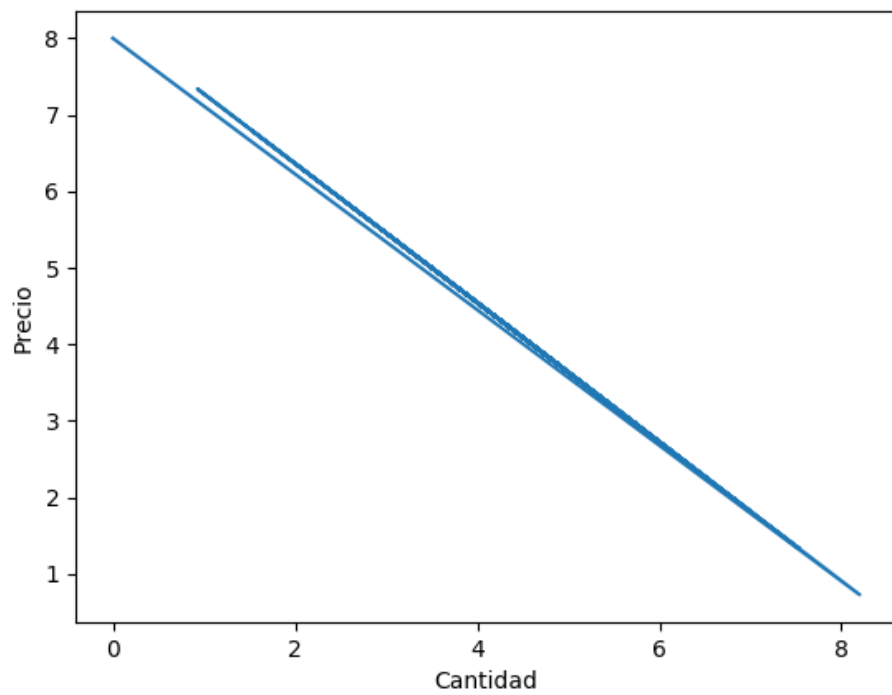
$$\lambda_2 = \frac{10}{11}$$

En donde se llega a que el sistema es un sistema estable.

4. Graficando la variable precio en función del período(t):



5. Graficando el espacio de fases del sistema a través de 100 períodos para pares ordenados  $(Q_t, P_t)$ :



## 2.4. Ejercicio 4

La conclusion es consistente con el ejercicio 1, es mejor la alternativa 1. Sin embargo en ocasiones al ejecutar el programa la alternativa 2 resulta mejor porque lo estamos corriendo con tan solo 30mil instrucciones esta vez, ya que el tiempo de ejecucion es mayor que al primer ejercicio donde podiamos simular con 100000 instrucciones mucho mas rapido. Sin embargo, si en este caso aumentamos las instrucciones, cada vez es menos frecuente que resulte mejor la alternativa 2.

## 2.5. Ejercicio 5

Utilizando los datos del ejercicio procesamos nuestro archivo creado usando *Simpy* y obtuvimos los siguientes resultados:

- Con política Round Robin(en segundos):
  - Tiempo espera: 73.5
  - Tiempo max: 140.6
  - Tiempo min: 45.0
  - Tiempo total: 453896.8
- Las solicitudes son asignadas al azar entre los servidores:
  - Tiempo espera: 73.7
  - Tiempo max: 148.9
  - Tiempo min: 45.0
  - Tiempo total: 449154.5

Podemos observar que la mejor política de asignación es la de Round Robin. Hay una diferencia significativa en el tiempo total de procesamiento y en el tiempo máximo entre ambos.

## 3. Conclusiones

El trabajo práctico nos permitió conocer y realizar simulaciones teniendo como base teórica los conceptos explicados en clase . Además, nos permitió conocer herramientas que permiten realizar simulaciones que son muy utilizadas en el campo científico como Simpy que un framwork de simulación discreta orientada a eventos.

## Referencias

- [1] Python, Generación de números con distintas distribuciones de probabilidad, <https://docs.python.org/3/library/random.html>.
- [2] Simpy, Apunte de la cátedra.
- [3] Simpy, Documentación, <https://simpy.readthedocs.io/en/latest/>

## A. Código fuente

### A.1. Resolución ejercicio 1

#### A.1.1. instruccion

```

1  import random
2  import numpy
3
4  PROBA_ACCEDER_MEMORIA = 0.65
5  PROBA_SER_SIMPLE = 0.6
6  PROBA_ACCEDER_CACHE = 0.6
7  TASA_ACCESO_CACHE = 500
8  TASA_ACCESO_MEMORIA_CON_CACHE = 1500
9  TASA_ACCESO_MEMORIA_SIN_CACHE = 2000
10 TASA_EJECUCION_INSTRUCCION_SIMPLE = 60
11 TASA_EJECUCION_INSTRUCCION_COMPLEJA = 10
12
13 class InstruccionFactory(object):
14
15     @staticmethod
16     def nueva_instruccion():
17         tipo = random.uniform(0,1)
18         memoria = random.uniform(0,1)
19         lee_memoria = False
20         if (memoria <= PROBA_ACCEDER_MEMORIA):
21             lee_memoria = True
22         if (tipo <= PROBA_SER_SIMPLE):
23             return InstruccionSimple(lee_memoria)
24         else:
25             return InstruccionCompleja(lee_memoria)
26
27 class Instruccion(object):
28
29     def __init__(self, lee_memoria, tasa):
30         self.lee_memoria = lee_memoria
31         self.tasa_tiempo_ejecucion = tasa
32
33     def costo(self, modo):
34         costo = numpy.random.exponential((1/self.tasa_tiempo_ejecucion))
35         if self.lee_memoria and modo == "CACHE":
36             u = random.uniform(0,1)
37             if u <= PROBA_ACCEDER_CACHE:
38                 costo += numpy.random.exponential((1/TASA_ACCESO_CACHE))
39             else:
40                 costo += numpy.random.exponential((1/TASA_ACCESO_MEMORIA_CON_CACHE))
41         elif self.lee_memoria: #Alt 1
42             costo += numpy.random.exponential((1/TASA_ACCESO_MEMORIA_SIN_CACHE))
43         return costo
44
45 class InstruccionCompleja(Instruccion):
46
47     def __init__(self, lee_memoria):
48         super().__init__(lee_memoria, TASA_EJECUCION_INSTRUCCION_COMPLEJA)
49
50 class InstruccionSimple(Instruccion):
51
52     def __init__(self, lee_memoria):
53         super().__init__(lee_memoria, TASA_EJECUCION_INSTRUCCION_SIMPLE)

```

#### A.1.2. main

```
1
2 TASA_ARRIBO_INSTRUC = 250
3 n = 100000 #cantidad de instrucciones que genero
4
5 iteraciones = 20
6
7 def run(modo):
8     import instruccion
9     import numpy
10    if modo is not "CACHE" and modo is not "RAM":
11        print("MODULO INCORRECTO")
12        return
13
14    generador_instrucciones = instruccion.InstruccionFactory()
15    tiempo_proceso = float(0)
16    for x in range(n):
17        tiempo_de_espera_arribo_instruc = numpy.random.exponential((1/TASA_ARRIBO_INSTRUC
18        ))
19        instruccion = generador_instrucciones.nueva_instruccion()
20        tiempo_proceso += tiempo_de_espera_arribo_instruc + instruccion.costo(modo)
21    return tiempo_proceso
22
23 print("Corriendo alternativa 1 20 veces")
24 tiempo_total_alt1 = 0
25 for x in range(iteraciones):
26     tiempo = run("RAM")
27     tiempo_total_alt1 += tiempo
28 print("Tiempo promedio alternativa 1:" + str(round(tiempo_total_alt1/iteraciones, 2))
29 )
30
31 print("Corriendo alternativa 2 20 veces")
32 tiempo_total_alt2 = 0
33 for x in range(iteraciones):
34     tiempo = run("CACHE")
35     tiempo_total_alt2 += tiempo
36 print("Tiempo promedio alternativa 2:" + str(round(tiempo_total_alt2/iteraciones, 2))
37 )
```

## A.2. Resolución ejercicio 2

### A.2.1. ejercicio2.py

```

1  import os
2  import numpy
3  import random
4  import matplotlib.pyplot as plt
5
6  cant=51
7  p = 0.7
8
9  def factorial(n):
10     if (n==0):
11         return 1
12     else:
13         return n* factorial(n-1)
14
15  def combinatoria(n,r):
16     return factorial(n)/(factorial(r) * factorial(n-r))
17
18
19  def jMayorIgualAi(i,j):
20     return combinatoria(cant,j-i) * p**(j-i) * (1-p) **(cant-(j-i))
21
22  def jMenorAi(i,j):
23     sumatoria =0
24     for k in range(i,cant):
25         sumatoria = sumatoria + jMayorIgualAi(i,k)
26     return (1-sumatoria)/i
27
28  def funcionProbabilidad(i,j):
29     if (i<=j):
30         probabilidad = jMayorIgualAi(i,j)
31     else:
32         probabilidad = jMenorAi(i,j)
33     return round(probabilidad,4)
34
35  def generarMatriz():
36     archivo = open("matrizDeTransicion.txt","w")
37     cadena = ''
38     matriz=[]
39     for m in range (0,cant):
40         fila=[]
41         for n in range (0,cant):
42             valor=funcionProbabilidad(m,n)
43             fila.append(valor)
44             cadena = cadena + str(valor) + ','
45         archivo.write(cadena + os.linesep)
46         matriz.append(fila)
47         cadena=''
48     archivo.close()
49     return matriz
50
51  #a) genero la matriz de transición
52  matrizDeTransicion = generarMatriz()
53
54  # La matriz de transición de estados se obtiene de la siguiente manera, dado que el
55  # ejercicio impone por simplicidad que la cantidad máxima
56  # de clientes que se permite en simultaneo en el Homebanking es 50, entonces la
57  # matriz de transición es de 51 x 51 (Tambien se incluye la
58  # cantidad de 0 clientes).
59  # Cada elemento de la matriz es el cambio de estado al siguiente, es decir el paso

```

```

    del estado i al j, por ejemplo si el elemento de la
58 # matriz es el (1,2) entonces es la probabilidad de la cantidad de clientes
    conectados sea 2 sabiendo que en el minuto anterior estaba
59 # conectado solo 1.
60
61 #b)
62
63 def generarOtroEstado(Lista):
64     aleatorio = random.random()
65     sumaTotal = Lista[0]
66     i=0
67     while(aleatorio > sumaTotal ):
68         if(i<50):
69             sumaTotal = sumaTotal + Lista[i]
70             i=i+1
71             sumaTotal = sumaTotal + Lista[i]
72     return i
73
74 estados = []
75 estadoActual = 0
76 estados.append(estadoActual)
77 observaciones = 100
78
79 #simulo los valores de los estados en cada momento
80 for i in range(observaciones):
81     estadoActual = generarOtroEstado(matrizDeTransicion[estadoActual])
82     estados.append(estadoActual)
83
84 #grafico de como se modifican los clientes a lo largo de las observaciones.
85 plt.plot(estados)
86 plt.title("Evolución del sistema")
87 plt.xlabel('Observaciones')
88 plt.ylabel('Conectados')
89 plt.show()
90
91 #c)
92 estados = []
93 estadoActual = 0
94 estados.append(estadoActual)
95 observaciones = 100000
96
97 #simulo los valores de los estados en cada momento
98 for i in range(0,observaciones):
99     estadoActual = generarOtroEstado(matrizDeTransicion[estadoActual])
100     estados.append(estadoActual)
101
102 #Histograma
103 plt.title('Histograma')
104 plt.xlabel('Estados')
105 plt.ylabel('Cantidades')
106 plt.xticks(numpy.arange(50))
107 plt.hist(estados, bins =51)
108 plt.grid(True)
109 plt.show()
110
111 #d)
112
113 # funcion que devuelve el estado estacionario del sistema
114 def steady_state_prop(matriz):
115     dimension = matriz.shape[0]
116     matrizMenosIdentidad = (matriz-numpy.eye(dimension))
117     vectorDeUnos = numpy.ones(dimension)
118     matrizMenosIdentidad = numpy.c_[matrizMenosIdentidad,vectorDeUnos]

```

```
119         matrizXTranspuesta = numpy.dot(matrizMenosIdentidad, matrizMenosIdentidad.T)
120         return numpy.linalg.solve(matrizXTranspuesta, vectorDeUnos)
121
122     matrizDeTransicion = numpy.matrix(matrizDeTransicion)
123     estadoEstacionario = steady_state_prop(matrizDeTransicion)
124
125     # porcentaje de tiempo en que el sistema no tuvo clientes conectados
126     print ('Porcentaje de tiempo que el sistema no tuvo clientes conectados: %.8f%%' % (
127         float(estadoEstacionario[0] * 100)))
128
129     #e)
130     #P(i-->j >=40) <= 0.1
131
132     probabilidad=0
133     divisor=0
134     for i in range(0,51):
135         for j in range(40,51):
136             probabilidad = probabilidad + funcionProbabilidad(i,j)
137             divisor=divisor+1
138     probabilidad = probabilidad/divisor
139
140     if (probabilidad < 0.1):
141         print("Es recomendable hacer la migración a otro servidor, la probabilidad de
142             tener mas de 40 clientes es:" , probabilidad)
143     else:
144         print("No es recomendable hacer la migración a otro servidor, la probabilidad
145             de tener mas de 40 clientes es:" , probabilidad)
```



### A.3. Resolución ejercicio 3

#### A.3.1. ejercicio3.py

```
1  #!/usr/bin/env/ python
2
3  import matplotlib.pyplot as plt
4  from matplotlib.pyplot import plot
5  import matplotlib.colors
6  from mpl_toolkits.mplot3d import Axes3D
7
8  Pt = [8]
9  Qt = [1/5]
10
11 def calculoPt(valor_pt):
12     return ((-0.909*valor_pt) + (94/11))
13
14 def fully_price(Pt):
15     for i in range(1,100):
16         Pt.append(calculoPt(Pt[i-1]))
17     return Pt
18
19 #Calculamos los valores de Qt
20 def calculoQt(valor_pt):
21     return (9 - (1.1*valor_pt))
22
23 def cantidadQt(Pt):
24     for i in range(1,100):
25         Qt.append(calculoQt(Pt[i]))
26     return Qt
27
28 prices = fully_price(Pt)
29 #Graficamos el precio en funcion del tiempo
30 t = range(0,100)
31 plt.xlabel('Periodo(t)')
32 plt.ylabel('Precio')
33 plt.plot(t, [ prices[i] for i in t ])
34 plt.show()
35
36 #Hacemos el diagrama de fases del sistema
37 cantidad = cantidadQt(prices)
38 plt.xlabel('Cantidad')
39 plt.ylabel('Precio')
40 plt.plot(cantidad,prices)
41 plt.show()
```

## A.4. Resolución ejercicio 4

### A.4.1. ejercicio4.py

```

1
2 import simpy
3 import random as rnd
4 import numpy
5 import instruccion
6 generador_instrucciones = instruccion.InstruccionFactory()
7
8 tiempos = []
9
10 PROBA_ACCEDER_CACHE = 0.6
11 TASA_ACCESO_CACHE = 500
12 TASA_ACCESO_MEMORIA_CON_CACHE = 1500
13 TASA_ACCESO_MEMORIA_SIN_CACHE = 2000
14 TASA_ARRIBO_INSTRUC = 250
15
16 class Procesamiento:
17     def __init__(self, env, tiempos_procesamientos ,instruc, cache ):
18
19         self.env = env
20         self.instruc = instruc
21         self.tiempo_ejecucion = self.calcular_tiempo_ejecucion(cache)
22         self.tiempo_procesamiento = None
23         self.registro_procesamientos= tiempos_procesamientos
24
25
26
27     def ejecutar(self, procesador):
28         with procesador.request() as req:
29             self.tiempo_procesamiento = env.now
30             yield req
31             yield self.env.timeout(self.tiempo_ejecucion)
32             self.tiempo_procesamiento = env.now - self.
33         tiempo_procesamiento
34         self.registro_procesamientos.append(self.tiempo_procesamiento
35 )
36
37     def calcular_tiempo_ejecucion(self,cache):
38         tiempo_ejecucion = 0
39
40         if self.instruc.lee_memoria:
41
42             if not cache:
43                 tiempo_ejecucion += numpy.random.exponential(1/
44 TASA_ACCESO_MEMORIA_SIN_CACHE)
45
46
47             elif cache:
48
49                 en_cache = (rnd.uniform(0,1) <= PROBA_ACCEDER_CACHE)
50
51                 if not en_cache:
52                     tiempo_ejecucion += numpy.random.exponential
53 (1/TASA_ACCESO_MEMORIA_CON_CACHE) #busqueda en memoria
54                 else:
55                     tiempo_ejecucion += numpy.random.exponential
56 (1/TASA_ACCESO_CACHE) #busqueda en cache
57
58
59         tiempo_ejecucion += numpy.random.exponential(1/self.instruc.costo())

```

```
55
56         return tiempo_ejecucion
57
58
59
60 def procesar_instrucciones(environment, cantidad, cache):
61     procesador = simpy.Resource(env, capacity = 1)
62     for i in range(cantidad):
63         instruc = generador_instrucciones.nueva_instruccion()
64         proc = Procesamiento(env, tiempos, instruc, cache)
65         environment.process(proc.ejecutar(procesador))
66         tiempo_prox_instruc = numpy.random.exponential(1/TASA_ARRIBO_INSTRUC)
67         yield environment.timeout(tiempo_prox_instruc)
68
69
70
71 cantidad = 30000
72
73 env = simpy.Environment()
74 env.process(procesar_instrucciones(env, cantidad, False))
75 env.run()
76 print(sum(tiempos))
77 print("Tiempo total de ejecucion alternativa 1 20000 instrucciones: ", round(sum(
78     tiempos)))
79
80 tiempos = []
81 env = simpy.Environment()
82 env.process(procesar_instrucciones(env, cantidad, True))
83 env.run()
84 print("Tiempo total de ejecucion alternativa 2 20000 instrucciones: ", round(sum(
85     tiempos)))
```

## A.5. Resolución ejercicio 5

### A.5.1. ejercicio5.py

```

1  import random
2  from random import randint
3  import simpy
4  import numpy
5  from numpy import mean
6
7
8  client_count = 10000
9  arrival_rate = 45
10 tiempo_esperas = []
11
12 class Client(object):
13
14     def process_duration(self):
15         if (self.type == 'A'):
16             return (75 + randint(-10, 10))
17         if (self.type == 'B'):
18             return (60 + randint(-15, 15))
19         return (90 + randint(-20, 20))
20
21
22     def __init__(self, env):
23         self.tiempo_entrada = env.now
24         self.env = env
25         self.type = numpy.random.choice(['A', 'B', 'C'], p=[0.6, 0.25, 0.15])
26
27     def process(self, cashier):
28         global tiempo_esperas
29         with cashier.request() as req:
30             process_duration = self.get_process_duration()
31             yield req
32             yield self.env.timeout(process_duration)
33
34         # print("%.2f Client type %s attended" % (self.env.now, self.type))
35         tiempo_esperas.append(env.now - self.tiempo_entrada)
36
37     def get_process_duration(self):
38         return self.process_duration()
39
40 class Balanceador(object):
41
42     def __init__(self, round_robin):
43         self.resources = []
44         self.round_robin = round_robin
45         self.last_assigned = 0
46
47         for i in range(6):
48             self.resources.append(simpy.Resource(env, capacity = 1))
49             self.cantidad_colas = 6
50
51
52     def get_resource(self):
53         #If we use Round Robin politic
54         if self.round_robin:
55             self.last_assigned = (self.last_assigned + 1) % 6
56             return self.resources[self.last_assigned]
57         else:
58             # If we assign randomly
59             random_value = randint(0,5)

```

```
60         return_value = self.resources[random_value]
61         return return_value
62
63
64 def generate_clients(environment, count, interval):
65     #Select one the options in the exercise
66     balanceador_round_robin = Balanceador(False)
67     balanceador_2 = Balanceador(True)
68
69     balanceador = balanceador_2
70
71     for i in range(count):
72         client = Client(env)
73         environment.process(client.process(balanceador.get_resource()))
74         t = random.expovariate(1.0 / interval)
75         yield environment.timeout(t)
76
77
78 env = simpy.Environment(
79 env.process(generate_clients(env, client_count, arrival_rate))
80 env.run()
81
82 print("Tiempo espera: %s" % mean(tiempo_esperas))
83 print("Tiempo max: %s" % max(tiempo_esperas))
84 print("Tiempo min: %s" % min(tiempo_esperas))
85 print("Tiempo total: %s" % env.now)
```