

# ANEXO A. PROGRAMACIÓN EN STELLA DEL CASO DE EJEMPLO

$Ciudades\_en\_cola(t) = Ciudades\_en\_cola(t - dt) + (Llegada\_clientes - Transito\_hacia\_el\_servidor\_1 - Transito\_hacia\_el\_servidor\_2) * dt$   
INIT Ciudades\\_en\\_cola = 0

INFLOWS:

Llegada\\_clientes = IF(Ciudades\\_en\\_cola < Capacidad) THEN  
(POISSON(Tasa\\_de\\_llegada,1)) ELSE (0)

OUTFLOWS:

Transito\\_hacia\\_el\\_servidor\\_1 = 1

Transito\\_hacia\\_el\\_servidor\\_2 = 1

$Ciudades\_en\_servicio\_1(t) = Ciudades\_en\_servicio\_1(t - dt) + (Transito\_hacia\_el\_servidor\_1 - Salida\_de\_clientes\_1) * dt$

INIT Ciudades\\_en\\_servicio\\_1 = 0

COOK TIME = varies

CAPACITY = 1

FILL TIME = INF

INFLOWS:

Transito\\_hacia\\_el\\_servidor\\_1 = 1

OUTFLOWS:

Salida\\_de\\_clientes\\_1 = CONTENTS OF OVEN AFTER COOK TIME, ZERO  
OTHERWISE

COOK TIME = NORMAL(Tasa\\_de\\_servicio,1,4)

$Ciudades\_en\_servicio\_2(t) = Ciudades\_en\_servicio\_2(t - dt) + (Transito\_hacia\_el\_servidor\_2 - Salida\_de\_clientes\_2) * dt$

INIT Ciudades\\_en\\_servicio\\_2 = 0

COOK TIME = varies

CAPACITY = 1

FILL TIME = INF

INFLOWS:

Transito\\_hacia\\_el\\_servidor\\_2 = 1

OUTFLOWS:

Salida\\_de\\_clientes\\_2 = CONTENTS OF OVEN AFTER COOK TIME, ZERO  
OTHERWISE

COOK TIME = NORMAL(Tasa\\_de\\_servicio,1,4)

Capacidad = 15

Tasa\\_de\\_llegada = 1

Tasa\\_de\\_servicio = 3

## ANEXO B. MUESTREO DE TIEMPOS PARA EL SERVIDOR Y LLEGADA DE CLIENTES

A continuación se muestran los tiempos de servicios registrados en el estudio de tiempos y el registro de las llegadas por intervalos de tiempo de 5 minutos. Estos tiempos fueron recolectados por la joven investigadora Melissa Manga Altamar<sup>1</sup>.

Tabla 1. Tiempos de servicio para el servidor 1

No	FECHA	HORA	TIEMPO SERVICIO
1	26/02/2009	10:00	2.00
2		10:13	3.20
3		10:18	4.17
4		10:24	2.50
5		10:30	3.00
6		10:34	2.42
7	27/02/2009	2:53	0.88
8		2:57	2.60
9		3:01	7.30
10		3:09	3.20
11		3:14	1.83
12	02/03/2009	3:17	3.25
13		3:41	1.45
14		3:49	2.45
15		3:50	2.82
16		3:54	3.40
17		3:57	2.62
18	26/03/2009	3:58	2.87
19		2:34	5.78
20		2:38	2.60
21		2:45	5.40
22		2:53	4.00
23	27/03/2009	3:02	2.58
24		8:30	4.45
25		9:12	3.67
26		9:15	3.30
27		9:18	2.78
28		9:20	1.97
29	9:23	2.22	
30		2:10	2.38

<sup>1</sup> Egresada del programa de Administración Industrial. Joven investigadora Colciencias Grupo Métodos Cuantitativos de Gestión.

No	FECHA	HORA	TIEMPO SERVICIO
31	30/03/2009	2:12	7.22
32		2:26	2.47
33		2:30	5.28
34		2:35	4.72
35		2:41	1.33
36		2:42	3.01
37		2:49	1.50
38	31/03/2009	8:29	3.20
39		8:30	3.48
40		8:33	0.53
41		8:39	0.75
42		9:00	1.33
43	02/04/2009	9:02	1.01
44		8:32	0.75
45		8:50	1.83
46		8:55	1.62
47		8:58	3.33
48		9:04	6.28
49		9:10	2.43
<b>Promedio</b>			<b>3.08</b>

Tabla 2. Tiempos de servicio para el servidor 2

No	FECHA	HORA	TIEMPO SERVICIO
1	26/02/2009	10:04	8,00
2		10:17	2,00
3		10:24	6,02
4		10:35	0,85
5		10:36	3,00
6	27/02/2009	2:42	1,30
7		2:45	4,40
8		2:50	1,92
9		3:10	1,68
10	02/03/2009	3:32	2,47
11		3:36	1,35
12		3:46	3,33
13		3:50	1,72
14	25/03/2009	10:20	2,35
15		10:24	1,67
16		10:28	1,13
17		10:31	1,50
18		10:34	0,83
19		10:46	7,67
20		11:00	2,95
21		2:25	2,85

No	FECHA	HORA	TIEMPO SERVICIO
22	26/03/2009	2:33	1,01
23		2:35	5,50
24		2:41	1,35
25		2:53	3,98
26		2:56	4,00
27		27/03/2009	8:17
28	8:20		3,67
29	8:25		2,68
30	8:27		1,38
31	8:38		4,27
32	8:55		2,58
33	9:00		1,42
34	9:01		3,00
35	30/03/2009	2:11	2,37
36		2:22	1,37
37		2:24	1,50
38		2:29	2,65
39		2:31	1,80
40		3:00	1,82
41	31/03/2009	8:33	3,72
42		8:41	1,37
43		8:43	5,00
44		8:49	1,50
45		8:50	3,60
46		8:57	2,01
47		8:59	4,28
48		9:10	0,65
49		9:17	4,25
<b>Promedio</b>			<b>2.80</b>

**Tabla 3. Tiempos de servicio para el servidor 3**

No	FECHA	HORA	TIEMPO SERVICIO
1	26/02/2009	9:55	1,80
2		10:00	3,50
3		10:06	9,00
4		10:26	4,30
5	27/02/2009	2:43	0,67
6		2:48	0,75
7		2:56	1,35
8		3:00	2,40
9	02/03/2009	3:25	4,68
10		3:29	1,53
11		3:30	2,00

No	FECHA	HORA	TIEMPO SERVICIO
12		3:57	4,05
13	26/03/2009	2:32	4,52
14		2:37	3,90
15		2:45	0,57
16		2:59	2,00
17		3:03	1,50
18		27/03/2009	8:20
19	8:21		1,37
20	8:28		2,75
21	8:35		2,78
22	8:45		1,50
23	8:52		4,58
24	9:09		1,83
25	30/03/2009	2:14	2,01
26		2:16	1,27
27		2:20	2,68
28		2:24	2,50
29		2:26	1,48
30		2:44	1,55
31		2:46	1,17
32		2:57	4,48
33	31/03/2009	8:31	1,92
34		8:34	2,58
35		8:37	4,00
36		8:45	3,77
37		8:50	1,01
38		9:02	1,88
39		9:04	3,47
40		9:12	2,55
41		9:15	2,87
42	02/04/2009	8:31	0,92
43		8:37	2,77
44		8:40	3,58
45		8:50	4,20
46		8:55	1,23
47		8:59	1,01
48		9:01	2,65
49		9:05	0,75
<b>Promedio</b>			<b>2.56</b>

**Tabla 4. Tiempos de servicio para el servidor 4**

<b>No</b>	<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>TIEMPO SERVICIO</b>
1	26/02/2009	9:59	6,50
2		10:08	3,00
3		10:21	3,00
4		10:25	1,75
5	27/02/2009	2:42	1,01
6		2:46	1,30
7		2:53	5,58
8		3:08	14,80
9	02/03/2009	3:27	1,57
10		3:30	2,10
11		3:32	1,01
12		3:40	1,25
13	25/03/2009	10:22	1,33
14		10:30	1,50
15		10:35	1,33
16		10:36	6,17
17		10:45	1,90
18		10:51	2,67
19		11:02	0,83
20	26/03/2009	2:26	3,72
21		2:32	3,53
22		2:37	2,33
23		2:43	2,88
24		2:47	2,01
25		2:51	2,50
26	27/03/2009	8:21	1,62
27		8:15	2,98
28		8:25	1,33
29		8:32	1,33
30		8:43	1,25
31		8:50	2,25
32		8:57	3,00
33	9:06	7,33	
34	30/03/2009	2:11	2,27
35		2:13	1,32
36		2:15	2,00
37		2:29	1,48
38		2:31	2,18
39		2:34	3,00
40		2:40	4,40
41		2:52	6,98
42		3:03	1,65
43		8:36	1,32
44		8:50	4,67
45		8:59	2,01

No	FECHA	HORA	TIEMPO SERVICIO
46	31/03/2009	9:01	2,20
47		9:07	5,75
48		9:13	0,42
49		9:14	1,42
<b>Promedio</b>			<b>2.85</b>

**Tabla 5. Tiempos de servicio para el servidor 5**

No	FECHA	HORA	TIEMPO SERVICIO
1	26/02/2009	9:55	11,20
2		10:02	9,10
3		10:08	10,25
4		10:20	7,30
5		10:32	10,67
6	26/02/2009	2:52	7,83
7		2:56	10,50
8		3:02	6,30
9		3:12	5,50
10	02/03/2009	3:15	12,10
11		3:35	10,40
12		3:48	9,60
13		4:02	12,10
14		4:10	8,68
15	25/03/2009	4:15	7,20
16		10:21	1,17
17		10:25	5,01
18		10:40	2,93
19		10:45	4,73
20		10:48	4,53
21		10:52	0,70
22		10:53	3,97
23		11:00	0,45
24	11:02	0,95	
25	26/03/2009	2:27	2,50
26		2:30	4,00
27		2:33	2,37
28		2:36	2,22
29		2:40	4,33
30		2:46	5,00
31		3:01	5,17
32	27/03/2009	8:19	4,33
33		8:18	4,01
34		8:20	2,60
35		8:22	4,00
36		9:01	0,63

No	FECHA	HORA	TIEMPO SERVICIO
37		9:07	2,17
38		9:10	1,01
39	30/03/2009	2:32	3,23
40		2:20	2,2
41	31/03/2009	8:36	0,83
42		9:00	2,22
43		9:02	6,25
44	02/04/2009	8:33	1,83
45		8:38	3,38
46		8:42	0,55
47		8:57	1,48
48		8:58	1,00
49		9:00	1,38
<b>Promedio</b>			<b>5.14</b>

**Tabla 6. Conteo de llegadas por intervalos de tiempo de 5 minutos**

No	FECHA	INTERVALO	PERSONAS
1	26/02/2009	9:45-9:50	3
2		9:55-10:00	2
3		10:05-10:10	3
4		10:20-10:25	8
5		10:30-10:35	4
6		10:35-10:40	7
7	27/02/2009	2:40-2:45	3
8		2:50-2:55	5
9		2:55-3:00	2
10		3:20-3:25	2
11	02/03/2009	3:25-3:30	2
12		3:30-3:35	4
13		3:35-3:40	2
14		3:40-3:45	2
15		3:45-3:50	2
16		3:50-3:55	5
17		3:55-4:00	4
18	25/03/2009	10:20-10:25	3
19		10:25-10:30	2
20		10:30-10:35	4
21		10:40-10:45	3
22		10:50-10:55	3
23		10:55-1:00	1
24	26/03/2009	2:20-2:25	3
25		2:25-2:30	4
26		2:30-2:35	3
27		2:35-2:40	6
28		2:40-2:45	3



No	FECHA	INTERVALO	PERSONAS
29		2:50-2:55	7
30		2:55-3:0	3
31		3:0-3:05	3
32	27/03/2009	8:00-8:05	3
33		8:10-8:15	3
34		8:15-8:20	2
35		8:20-8:25	4
36		8:25-8:30	6
37		8:30-8:35	1
38		8:35-8:40	5
39		8:40-8:45	6
40		8:50-8:55	3
41		8:55-9:00	4
42		9:00-9:05	6
43		30/03/2009	2:10-2:15
44	2:15-2:20		4
45	2:20-2:25		6
46	2:25-2:30		9
47	2:30-2:35		5
48	2:35-2:40		4
49	2:40-2:45		2
50	2:45-2:50		1
51	2:55-3:00		2
52	3:00-3:05		5
53	31/03/2009	8:15-8:20	5
54		8:25-8:30	4
55		8:30-8:35	7
56		8:35-8:40	2
57		8:40-8:45	3
58		8:45-8:50	4
59		8:50-8:55	4
60		9:00-9:05	6
61	01/04/2009	2:05-2:10	2
62		2:10-2:15	5
63		2:15-2:20	4
64		2:20-2:25	5
65		2:25-2:30	1
66		2:30-2:35	3
67		2:40-2:45	0
68		2:45-2:50	4
69		2:50-2:55	1
70		2:55-3:00	5
71	02/04/2009	8:20-8:25	2
72		8:25-8:30	1
73		8:30-8:35	5
74		8:35-8:40	4
75		8:40-8:45	2

<b>No</b>	<b>FECHA</b>	<b>INTERVALO</b>	<b>PERSONAS</b>
<b>76</b>		8:50-8:55	5
<b>77</b>		8:55-9:00	6
<b>78</b>		9:00-9:05	3
<b>79</b>		9:05-9:10	1
<b>80</b>	03/04/2009	2:55-3:00	3
<b>81</b>		3:00-3:05	2
<b>82</b>		3:05-3:10	4
<b>83</b>		3:10-3:15	1
<b>84</b>		3:15-3:20	6
<b>85</b>		3:25-3:30	1
<b>86</b>		3:30-3:35	8
<b>87</b>		3:35-3:40	4
<b>88</b>		3:40-3:45	0
<b>89</b>		3:45-3:50	3
<b>90</b>		3:50-3:55	5
<b>91</b>		3:55-4:00	0
<b>Promedio</b>			<b>3.42</b>

# ANEXO C. PROGRAMACIÓN EN STELLA DEL CASO: ENTIDAD FINANCIERA

COMUN

Cliente\_en\_cajero\_2(t) = Cliente\_en\_cajero\_2(t - dt) + (Transito\_hacia\_cajero\_2 - Salida\_cliente\_cajero\_2) \* dt

INIT Cliente\_en\_cajero\_2 = 0

COOK TIME = varies

CAPACITY = 1

FILL TIME = INF

INFLOWS:

Transito\_hacia\_cajero\_2 = Activar\_cajero\_2

OUTFLOWS:

Salida\_cliente\_cajero\_2 = CONTENTS OF OVEN AFTER COOK TIME, ZERO OTHERWISE

COOK TIME = NORMAL(Tasa\_de\_servicio\_cajero\_2,1.71)

Cliente\_en\_cajero\_3(t) = Cliente\_en\_cajero\_3(t - dt) + (Transito\_hacia\_cajero\_3 - Salida\_cliente\_cajero\_3) \* dt

INIT Cliente\_en\_cajero\_3 = 0

COOK TIME = varies

CAPACITY = 1

FILL TIME = INF

INFLOWS:

Transito\_hacia\_cajero\_3 = Activar\_cajero\_3

OUTFLOWS:

Salida\_cliente\_cajero\_3 = CONTENTS OF OVEN AFTER COOK TIME, ZERO OTHERWISE

COOK TIME = NORMAL(Tasa\_de\_servicio\_cajero\_3,1.54)

Cliente\_en\_cajero\_4(t) = Cliente\_en\_cajero\_4(t - dt) + (Transito\_hacia\_cajero\_4 - Salida\_cliente\_cajero\_4) \* dt

INIT Cliente\_en\_cajero\_4 = 0

COOK TIME = varies

CAPACITY = 1

FILL TIME = INF

INFLOWS:

Transito\_hacia\_cajero\_4 = Activar\_cajero\_4

OUTFLOWS:

Salida\_cliente\_cajero\_4 = CONTENTS OF OVEN AFTER COOK TIME, ZERO OTHERWISE

COOK TIME = NORMAL(Tasa\_de\_servicio\_cajero\_4,2.43)

Cliente\_en\_cajero\_5(t) = Cliente\_en\_cajero\_5(t - dt) + (Transito\_hacia\_cajero\_5 - Salida\_cliente\_cajero\_5) \* dt  
INIT Cliente\_en\_cajero\_5 = 0  
    COOK TIME = varies  
    CAPACITY = 1  
    FILL TIME = INF

INFLOWS:

Transito\_hacia\_cajero\_5 = Activar\_cajero\_5

OUTFLOWS:

Salida\_cliente\_cajero\_5 = CONTENTS OF OVEN AFTER COOK TIME, ZERO OTHERWISE

    COOK TIME = NORMAL(Tasa\_de\_servicio\_cajero\_5,3.50)

Fila\_Comun(t) = Fila\_Comun(t - dt) + (hacia\_comun - Transito\_hacia\_cajero\_3 - Transito\_hacia\_cajero\_2 - Transito\_hacia\_cajero\_4 - Transito\_hacia\_cajero\_5) \* dt  
INIT Fila\_Comun = 0

INFLOWS:

hacia\_comun = IF(Fila\_Comun < Capacidad\_comun) THEN (IF(RANDOM(0,1,1) < Probabilidad\_Comun) THEN (Llegada\_clientes) ELSE (0)) ELSE (0)

OUTFLOWS:

Transito\_hacia\_cajero\_3 = Activar\_cajero\_3

Transito\_hacia\_cajero\_2 = Activar\_cajero\_2

Transito\_hacia\_cajero\_4 = Activar\_cajero\_4

Transito\_hacia\_cajero\_5 = Activar\_cajero\_5

Llegadas\_Acumuladas(t) = Llegadas\_Acumuladas(t - dt) + (Llegada\_clientes) \* dt

INIT Llegadas\_Acumuladas = 0

INFLOWS:

Llegada\_clientes (Not in a sector)

Activar\_cajero\_2 = 1

Activar\_cajero\_3 = 1

Activar\_cajero\_4 = 1

Activar\_cajero\_5 = 1

Capacidad\_comun = 45

Probabilidad\_Comun = 0.86

Tasa\_de\_servicio\_cajero\_2 = 2.80

Tasa\_de\_servicio\_cajero\_3 = 2.56

Tasa\_de\_servicio\_cajero\_4 = 2.85

Tasa\_de\_servicio\_cajero\_5 = 4.73

PREFERENCIAL

Cliente\_en\_cajero\_1(t) = Cliente\_en\_cajero\_1(t - dt) + (Transito\_hacia\_cajero\_1 - Salida\_cliente\_cajero\_1) \* dt

INIT Cliente\_en\_cajero\_1 = 0

    COOK TIME = varies

    CAPACITY = 1

FILL TIME = INF

INFLOWS:

Transito\_hacia\_cajero\_1 = Activar\_cajero\_1

OUTFLOWS:

Salida\_cliente\_cajero\_1 = CONTENTS OF OVEN AFTER COOK TIME, ZERO OTHERWISE

COOK TIME = NORMAL(Tasa\_de\_servicio\_cajero\_1,1.58)

Fila\_Preferencial(t) = Fila\_Preferencial(t - dt) + (hacia\_preferencial - Transito\_hacia\_cajero\_1) \* dt

INIT Fila\_Preferencial = 0

INFLOWS:

hacia\_preferencial = IF (Fila\_Preferencial < Capacidad\_preferencial) THEN (Llegada\_clientes - hacia\_comun) ELSE (0)

OUTFLOWS:

Transito\_hacia\_cajero\_1 = Activar\_cajero\_1

Activar\_cajero\_1 = 1

Capacidad\_preferencial = 25

Tasa\_de\_servicio\_cajero\_1 = 2.96

Not in a sector

Llegada\_clientes = INT(POISSON(Tasa\_de\_llegada\_clientes))

INFLOW TO: Llegadas\_Acumuladas (IN SECTOR: COMUN)

Tasa\_de\_llegada\_clientes = 0.709