

# Tarea 1 - Modelación y Simulación

Antonio Miguel Natusch Zarco

2022111958

## Ingeniería de Sistemas

### Identificación de elementos de un sistema

Estos problemas se pueden encontrar en la **sección 1.6** del libro principal de la materia, de García et al. (2013, p. 16–19),

**1) Determine los elementos de cada uno de los siguientes sistemas, de acuerdo con lo que se comentó en la sección 1.2.**

**1.a) La sala de emergencia de un hospital**

Entidades	Eventos		Estados del Sistema	Localizaciones	Recursos	Atributos	Variables	
	Actuales	Futuros					Continuas	Discretas
Doctores	Médicos trabajando	Cambio de turnos doctores, asistentes	Usuarios atendidos	Sala de espera	Camillas	Experiencia de los doctores, enfermeros y camilleros	Horario del turno del personal	Número de doctores en servicio
Pacientes	Pacientes atendidos	Llegadas de pacientes con mayor gravedad	Usuarios en espera	Consultorio	Camas	Excelente atención hacia los pacientes	Costo de los medicamentos	Cantidad de pacientes
Enfermeros			Usuarios dados de alta	Recepción	Instrumentos médicos	Higiene		
Asistentes			Doctores en el turno	Estacionamiento	Medicamentos	Rapidez al atender a los pacientes		
			Asistentes en el turno	Pabellón de internos	Mesas			
			Enfermeros en el turno					

### 1.b) Un banco mercantil

Entidades	Eventos		Estados del Sistema	Localizaciones	Recursos	Atributos	Variables	
	Actuales	Futuros					Continuas	Discretas
Cajeros	Atención en ventanilla	Llegada de clientes	Clientes en cola	Entrada	Cajas	Tiempo de servicio	Tiempo de espera	# clientes en cola
Clientes	Depósitos	Cambio de turno	Cajeros ocupados	Área de espera	Sistema bancario	Seguridad	Tiempo de servicio	# cajeros activos
Guardias	Retiros	Cierre de caja	Clientes atendidos	Ventanillas	Cámaras	Capacidad de atención	Costo operativo	# transacciones
			Cajeros libres	Oficina del gerente	Efectivo			

### 1.c) Una línea telefónica de atención a clientes

Entidades	Eventos		Estados del Sistema	Localizaciones	Recursos	Atributos	Variables	
	Actuales	Futuros					Continuas	Discretas
Operadores	Llamadas atendidas	Nuevas llamadas entrantes	Operadores disponibles	Centro de llamadas	Líneas telefónicas	Tiempo de servicio	Tiempo de espera	# clientes en espera
Clientes	Llamadas en espera	Cambio de turno de operadores	Operadores ocupados	Área de descanso	Computadoras	Banda ancha telefónica	Tiempo de servicio	# operadores ocupados
Supervisores			Clientes en espera	Oficina del supervisor	Software de gestión de llamadas	Utilización	Latencia	# operadores libres
			Llamadas atendidas			Saturación		# consultas realizadas
						Pérdida de paquetes		

### 1.d) La recepción de un hotel

Entidades	Eventos		Estados del Sistema	Localizaciones	Recursos	Atributos	Variables	
	Actuales	Futuros					Continuas	Discretas
Recepcionistas	Check-ins en curso	Check-in realizado	Recepcionistas ocupados	Recepción	Ordenadores	Tiempo de respuesta ante solicitud de servicio	Hora del check-in	Huéspedes atendidos
Huéspedes	Check-outs en curso	Check-out realizado	Recepcionistas disponibles	Sala de estar	Teléfonos	Higiene	Hora del check-out	Habitaciones reservadas
Personal de limpieza	Solicitudes de servicio en habitación	Servicio en habitación realizado	Check-in atrasado	Habitación	Material de limpieza	Satisfacción de los huéspedes	Tiempo de servicio de habitación	Habitaciones disponibles
Conserjes		Limpieza post check-out realizada	Check-out atrasado		Comidas	Tiempo de check-in		
			Servicio en habitación en proceso		Bebidas	Tiempo de check-out		

### 1.e) Un taller de tornos

Entidades	Eventos		Estados del Sistema	Localizaciones	Recursos	Atributos	Variables	
	Actuales	Futuros					Continuas	Discretas
Mecánico	Mecánico trabajando	Cambio de turnos de mecánicos, torneros	Mecánico trabajando	Oficina principal	Equipo de seguridad	Experiencia del Jefe de Maquinaria, Mecánico, Torno fresador	Horas máquina empleadas	Piezas terminadas
Cientes	Cientes atendidos	Solicitudes de clientes entrantes	Mecánico libre	Estacionamiento	Fresadoras	Atención al cliente	Peso medio de piezas fabricadas	Cantidad de clientes atendidos
Jefe de Maquinaria	Torno fresador operando		Jefe de Maquinaria ocupado	Almacén	Mesas	Estado de la fresadora	Costo hora hombre	Número de máquinas disponibles
Torno Fresador	Jefe de maquinaria supervisando		Cliente en espera	Estación de trabajo	Instrumentos de medición	Rapidez al atender al cliente	Voltios consumidos	Número de máquinas ocupadas
	Máquinas en funcionamiento		Cliente atendido	Sala de Mantenimiento	Estanterías	Rapidez al fabricar la pieza	Horario del turno de los trabajadores	Números de máquinas en buen estado
			Torno Fresador en el turno	Sala de Estar	Carros de carga		Tiempo de atención al cliente	Número de máquinas en mal estado
					Generadores			Número de operarios trabajando

## 1.f) El proceso de pintura de un automóvil

Entidades	Eventos		Estados del Sistema	Localizaciones	Recursos	Atributos	Variables	
	Actuales	Futuros					Continuas	Discretas
Pintor automotriz	Automóvil siendo pintado	Pintura aplicada al automóvil	Cliente atendido	Plataforma de pintura	Secadoras	Color, peso, tamaño, cilindraje del motor	Costo promedio por automóvil pintado	Automóviles pintados
Supervisor de Pintura	Pintor pintando	Pintor libre	Supervisor en el turno	Depósito	Hornos	Diámetro de plataforma	Tiempo promedio por automóvil	Número de pintores en servicio
Cliente	Supervisor controlando	Control terminado	Pintor en el turno	Cabina de Pintura	Plataformas	Presión emitida de la pistola	Pintura promedio utilizada por automóvil	Cantidad de clientes
Brazos robóticos	Brazos en movimiento	Brazos en reposo	Plataforma giratoria encendida	Horno de Secado	Brazos robóticos	Color, peso de la pintura	Peso promedio del automóvil	Fallas de las secadoras, hornos, plataformas, brazos robóticos
Pistolas de pintura	Pistolas de pintura pintando	Pistolas de pintura en su sitio	Fase de control en proceso	Zona de Mezcla	Pistolas de pintura		Horas de activación de brazos giratorios	
	Motor giratorio encendido	Motor en reposo	Brazos encendidos		Equipamiento de Seguridad		Temperaturas máximas y mínimas de los hornos	
	Plataforma giratoria en acción	Plataforma giratoria en reposo	Plataforma giratoria activa				Tiempo de activación de las secadoras	
			Automóvil sin pintar					
			Automóvil pintado					

## 1.g) Un hospital

Entidades	Eventos		Estados del Sistema	Localizaciones	Recursos	Atributos	Variables	
	Actuales	Futuros					Continuas	Discretas
Doctores	Pacientes internados	Llegadas de pacientes a urgencias	Pacientes atendidos	Sala de espera	Camillas	Años de experiencia	Tiempo promedio por consulta, operación, atención	Pacientes atendidos en un día
Cirujanos	Secretarías realizando check-in	Ocupación de consultorio	Pacientes en espera	Consultorio	Camas	Calidad de atención hacia los pacientes	Tiempo promedio de espera	Consultas realizadas
Secretarías	Guardias supervisando	Libерación de consultorio	Pacientes dados de alta	Estacionamiento	Instrumentos médicos	Higiene	Edad promedio de los pacientes	Operaciones realizadas
Guardias	Enfermeros cuidando pacientes	Cambio de turno de doctores, cirujanos, enfermeros	Habitaciones limpias	Recepción	Medicamentos	Rapidez al atender las consultas	Número promedio de pacientes atendidos por día	Ventas de medicamentos realizadas en un día
Farmacéuticos	Doctores atendiendo consulta	Dadas de alta	Doctores, cirujanos, secretarías, enfermeros, conserjes, guardias, farmacéuticos en turno	Depósito	Mesas	Tamaño de la camilla	Número promedio de pacientes dados de alta por día	Número de pacientes dados de alta
Enfermeros	Farmacéuticos vendiendo medicamentos		Habitaciones ocupadas	Habitación	Puntos de venta	Tamaño de la cama	Cantidad promedio de medicamentos utilizados por día	
Pacientes	Pacientes haciendo fila en farmacia		Habitaciones libres	Farmacia	Artículos de limpieza	Tamaño de la habitación	Costo promedio por paciente atendido	
Conserjes	Cirujanos operando			Unidad de Terapia Intensiva	Artículos de seguridad	Tamaño del consultorio	Costo promedio de operación	
	Conserjes limpiando			Sala de cirugía	Herramientas quirúrgicas		Costo promedio de medicamentos por paciente	
				Caseta de guardia	Indumentaria quirúrgica			
				Sala de cámaras de seguridad	Sillas			
				Sala de descanso	Sillones			
				Baños	Lavabos			
					Inodoros			

### 1.h) Un sistema de respuesta en caso de emergencias

Entidades	Eventos		Estados del Sistema	Localizaciones	Recursos	Atributos	Variables	
	Actuales	Futuros					Continuas	Discretas
Personas que llaman al número de emergencia	Llamada entrante al número de emergencia	Emergencia resuelta	Llamada en espera	Centro de llamadas de emergencia	Líneas telefónicas	Tiempo de respuesta	Tiempo promedio de respuesta	Número de operadores disponibles
Operadores de la línea de emergencia	Asignación de operador a la llamada	Reporte post-emergencia	Operador asignado	Ubicación del incidente	Operadores capacitados	Capacidad de manejo de llamadas simultáneas	Costo operativo del sistema de emergencias	Cantidad de vehículos de emergencia en servicio
Vehículos de emergencia	Despacho de vehículo de emergencia	Seguimiento del caso	Vehículo en tránsito	Hospital o centro médico	Vehículos de emergencia (ambulancias, patrullas, bomberos)	Calidad del servicio al cliente		Número de emergencias atendidas por día
Personal médico y de rescate	Llegada al lugar del incidente	Vehículo de emergencia regresa a la base	Emergencia en curso	Base de vehículos de emergencia	Equipos médicos y de rescate	Eficiencia en la asignación de recursos		Tipos de emergencias (médicas, incendios, policiales)
	Atención de la emergencia		Emergencia resuelta	Oficina administrativa del sistema de emergencias	Sistemas de comunicación y despacho	Cobertura geográfica del sistema de emergencias		
	Finalización del servicio de emergencia		Reporte generado					

2) Problema 9. Determine el promedio móvil de los números de la siguiente tabla y grafique los promedios. ¿Llega a estado estable la gráfica? En caso afirmativo, ¿a partir de qué valor se puede considerar el inicio del estado estable?

0.6435	0.9849	0.9152	0.8327	0.2803	0.1730	0.9002	0.1853	0.3499	0.7368
0.0168	0.1133	0.5673	0.5013	0.0330	0.9814	0.7602	0.1865	0.5518	0.1064
0.3553	0.3846	0.3063	0.1319	0.3769	0.3809	0.5290	0.8586	0.6225	0.5425
0.1242	0.2806	0.9285	0.4257	0.5007	0.9997	0.2072	0.0580	0.5460	0.3910
0.4006	0.2376	0.3883	0.7998	0.9111	0.5554	0.6080	0.6724	0.0332	0.9451
0.2944	0.5657	0.4072	0.6198	0.6809	0.7154	0.8810	0.3028	0.5950	0.3131
0.1438	0.7546	0.0982	0.4946	0.1837	0.5438	0.6598	0.6460	0.8039	0.1599
0.7612	0.8071	0.5163	0.5810	0.6720	0.6020	0.0120	0.4502	0.4228	0.2734
0.4776	0.1012	0.0935	0.4389	0.7195	0.7738	0.8939	0.5225	0.1220	0.8265
0.6031	0.9288	0.1209	0.5537	0.1219	0.9657	0.9734	0.9955	0.2281	0.1084

Promedio móvil:  $r_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_i$  para  $n = 1, 2, \dots, 100$

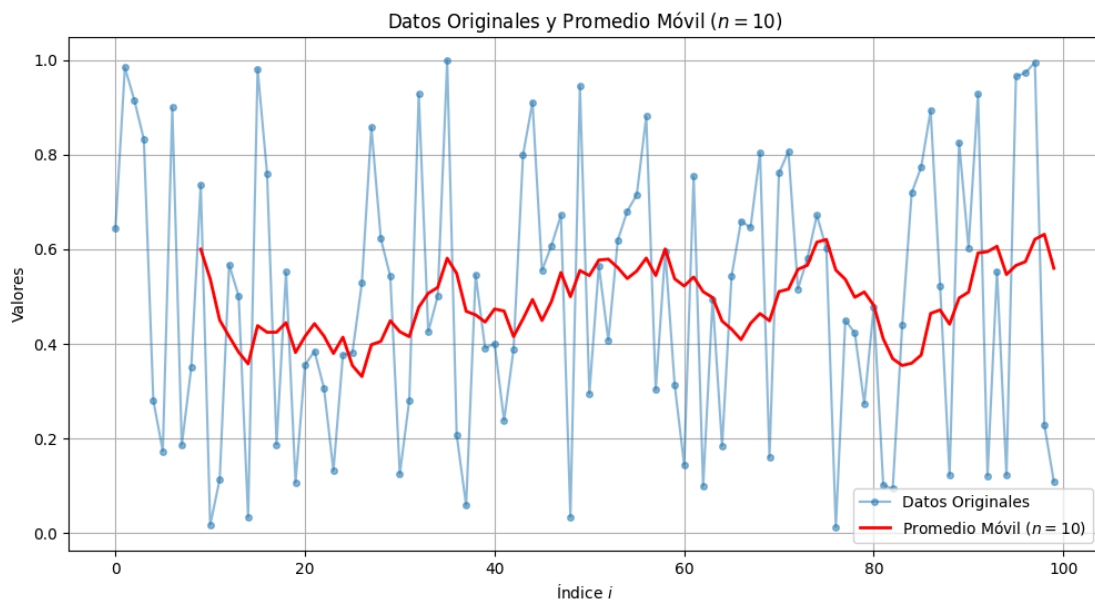
Para  $n = 10$  dado que tenemos 10 datos, el promedio móvil se calcula como:

$$r_{10} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} r_i$$

Lo que da como resultado la siguiente tabla de promedios móviles:

									0.6002
0.5375	0.4503	0.4156	0.3824	0.3577	0.4385	0.4245	0.4247	0.4448	0.3818
0.4157	0.4428	0.4167	0.3797	0.4141	0.3541	0.3310	0.3982	0.4052	0.4489
0.4257	0.4153	0.4776	0.5069	0.5193	0.5812	0.5490	0.4690	0.4613	0.4462
0.4738	0.4695	0.4155	0.4529	0.4939	0.4495	0.4896	0.5510	0.4997	0.5552
0.5445	0.5773	0.5792	0.5612	0.5382	0.5542	0.5815	0.5446	0.6007	0.5375
0.5225	0.5414	0.5105	0.4979	0.4482	0.4311	0.4089	0.4433	0.4641	0.4488
0.5106	0.5158	0.5576	0.5663	0.6151	0.6209	0.5561	0.5366	0.4984	0.5098
0.4814	0.4109	0.3686	0.3544	0.3591	0.3763	0.4645	0.4717	0.4416	0.4969
0.5095	0.5923	0.5950	0.6065	0.5467	0.5659	0.5739	0.6211	0.6318	0.5599

Graficando, tenemos lo siguiente:



Se puede observar que la gráfica llega a un estado estable alrededor del valor de 0.5, y se puede considerar que el inicio del estado estable es a partir del valor número  $n \approx 25$ .

3) Problema 10. Determine el promedio móvil de los números de la siguiente tabla y grafique los promedios. ¿Llega a estado estable la gráfica? En caso afirmativo, ¿a partir de qué valor se puede considerar el inicio del estado estable?

0.1762	0.0477	0.5245	0.6735	0.9922	0.3669	0.1380	0.6584	0.5371	0.4580
0.9750	0.7266	0.2094	0.5885	0.5842	0.5057	0.2614	0.6131	0.8510	0.9502
0.9770	0.6959	0.2955	0.4447	0.2856	0.3545	0.2401	0.5406	0.0547	0.4552
0.4181	0.7080	0.5093	0.1922	0.0685	0.3380	0.7969	0.3670	0.4124	0.9608
0.4409	0.8448	0.4257	0.0763	0.0513	0.8583	0.9419	0.8389	0.0096	0.0633
0.6124	0.8186	0.1288	0.8095	0.1313	0.8238	0.9628	0.0736	0.8992	0.3657
0.7017	0.8310	0.2849	0.5471	0.3716	0.7481	0.0009	0.0936	0.2608	0.5415
0.9343	0.5679	0.0116	0.3081	0.6192	0.4047	0.9659	0.5638	0.7183	0.5649
0.1087	0.8235	0.9399	0.6169	0.0711	0.3051	0.4250	0.5276	0.2523	0.1242
0.8740	0.0961	0.2166	0.5799	0.2477	0.1443	0.4937	0.7373	0.9575	0.1706

Promedio móvil:  $r_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_i$  para  $n = 1, 2, \dots, 100$

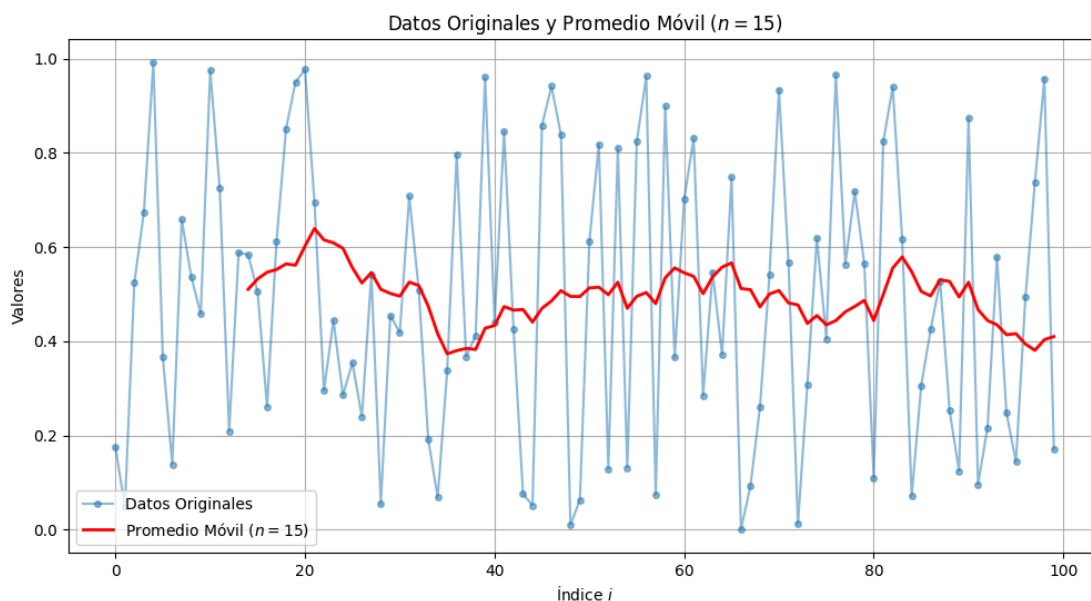
Para  $n = 15$  dado que tenemos 15 datos, el promedio móvil se calcula como:

$$r_{15} = \frac{1}{15} \sum_{i=1}^{15} r_i$$

Lo que da como resultado la siguiente tabla de promedios móviles:

				0.5104	0.5324	0.5466	0.5525	0.5644	0.5616
0.6022	0.6394	0.6152	0.6091	0.5976	0.5562	0.5238	0.5459	0.5103	0.5017
0.4958	0.5256	0.5187	0.4748	0.4160	0.3734	0.3801	0.3849	0.3827	0.4278
0.4335	0.4738	0.4662	0.4676	0.4407	0.4700	0.4856	0.5076	0.4954	0.4951
0.5134	0.5148	0.4989	0.5254	0.4701	0.4956	0.5035	0.4800	0.5349	0.5558
0.5454	0.5380	0.5011	0.5369	0.5575	0.5665	0.5120	0.5097	0.4731	0.5004
0.5078	0.4815	0.4773	0.4379	0.4548	0.4350	0.4440	0.4626	0.4740	0.4869
0.4443	0.4991	0.5555	0.5793	0.5479	0.5060	0.4964	0.5308	0.5271	0.4941
0.5254	0.4674	0.4443	0.4351	0.4139	0.4163	0.3943	0.3808	0.4035	0.4101

Graficando, tenemos lo siguiente:



Se puede observar que la gráfica llega a un estado estable alrededor del valor de 0.5, y se puede considerar que el inicio del estado estable es a partir del valor número  $n \approx 40$ .

4) Genere en una hoja de cálculo 100 números con la función  $x_i = -3 \ln(1 - r_i)$ ; donde  $r_i$  es un número pseudoaleatorio entre cero y uno, obtenido a partir de la función ALEATORIO de la hoja de cálculo. Suponga que estos valores son tiempos de proceso de cierta pieza. Determine un promedio móvil de estos valores conforme se va realizando el procesamiento de las piezas, y grafique ese promedio ¿El tiempo promedio de proceso es estable? ¿Y si en lugar de 100 se generan 200 números? {Sugerencia: Para evitar que se recalculen los números aleatorios es necesario copiarlos y pegarlos mediante pegado especial de sólo valores).

Números generados por la función ALEATORIO de la hoja de cálculo:

0.4775	0.4122	0.2997	0.5610	0.5534	0.1217	0.2359	0.2560	0.2156	0.7777
0.0722	0.3566	0.9571	0.1583	0.9305	0.7060	0.8358	0.3386	0.6848	0.5908
0.1306	0.8786	0.2103	0.6713	0.8016	0.2870	0.3803	0.3847	0.7251	0.0568
0.7488	0.5158	0.7025	0.2980	0.8022	0.2736	0.5021	0.6413	0.4568	0.9198
0.5006	0.4725	0.1718	0.1268	0.5166	0.8776	0.5928	0.2777	0.5516	0.8844
0.6805	0.1944	0.1014	0.7062	0.9916	0.6713	0.5386	0.1765	0.8419	0.0230
0.6794	0.7138	0.9725	0.4278	0.6407	0.7146	0.4787	0.8436	0.8217	0.1862
0.7804	0.8398	0.3969	0.1009	0.8595	0.0597	0.6282	0.1989	0.5927	0.5182
0.3926	0.5469	0.7612	0.4507	0.5747	0.5686	0.9238	0.8092	0.7482	0.9777
0.3880	0.8169	0.2378	0.7214	0.0011	0.0786	0.0953	0.0411	0.0617	0.2180

Números transformados por la función  $x_i = -3 \ln(1 - r_i)$ :

1.9472	1.5940	1.0689	2.4699	2.4183	0.3894	0.8072	0.8871	0.7286	4.5111
0.2248	1.3229	9.4449	0.5170	8.0000	3.6727	5.4201	1.2402	3.4639	2.6807
0.4199	6.3265	0.7083	3.3375	4.8519	1.0148	1.4357	1.4569	3.8738	0.1756
4.1444	2.1756	3.6369	1.0617	4.8612	0.9590	2.0918	3.0760	1.8309	7.5699
2.0828	1.9189	0.5656	0.4069	2.1809	6.3026	2.6955	0.9758	2.4062	6.4741
3.4231	0.6483	0.3207	3.6741	14.3385	3.3377	2.3205	0.5826	5.5345	0.0699
3.4126	3.7533	10.7844	1.6747	3.0710	3.7618	1.9544	5.5669	5.1729	0.6180
4.5475	5.4943	1.5171	0.3191	5.8886	0.1845	2.9680	0.6654	2.6944	2.1905
1.4955	2.3751	4.2968	1.7973	2.5648	2.5225	7.7219	4.9699	4.1377	11.4128
1.4733	5.0932	0.8147	3.8344	0.0033	0.2457	0.3004	0.1260	0.1911	0.7376

Promedio móvil con ventana de 10:

									1.6822
1.5099	1.4828	2.3204	2.1251	2.6833	3.0116	3.4729	3.5082	3.7818	3.5987
3.6182	4.1186	3.2449	3.5270	3.2122	2.9464	2.5479	2.5696	2.6106	2.3601
2.7325	2.3175	2.6103	2.3827	2.3837	2.3781	2.4437	2.6056	2.4013	3.1407
2.9346	2.9089	2.6018	2.5363	2.2683	2.8026	2.8630	2.6530	2.7105	2.6009
2.7350	2.6079	2.5834	2.9101	4.1259	3.8294	3.7919	3.7526	4.0654	3.4250
3.4239	3.7344	4.7808	4.5809	3.4541	3.4965	3.4599	3.9584	3.9222	3.9770
4.0905	4.2646	3.3379	3.2023	3.4841	3.1263	3.2277	2.7375	2.4897	2.6469
2.3417	2.0298	2.3078	2.4556	2.1232	2.3570	2.8324	3.2629	3.4072	4.3294
4.3272	4.5990	4.2508	4.4545	4.1984	3.9707	3.2285	2.7442	2.3495	1.2820

**Bibliografía**

García, E., García, H., & Cárdenas, L. (2013). *Simulación y análisis de sistemas con ProModel* (Segunda Edición). PEARSON, México.