

# 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     |                     | Área de espera      | Sistema bancario | Seguridad          | Tiempo de servicio    | # cajeros activos  |
| Guardias  | Retiros                | Cierre de caja      |                     | Clientes atendidos  | Ventanillas      | Cámaras            | Capacidad de atención | # 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 |                        | 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         | # 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               |                         | 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 |
| Conserjes            |                                       | Limpieza post check-out realizada | Check-out atrasado      |                                   | Comidas     | Tiempo de check-in                             |                               | Habitaciones disponibles         |
|                      |                                       |                                   |                         | 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, Tornero fresador | Horas máquina empleadas               | Piezas terminadas                  |
| Clientes           | Clientes atendidos              | Solicitudes de clientes entrantes       | Mecánico libre               | Estacionamiento       | Fresadoras               | Atención al cliente  | Peso medio de piezas fabricadas       | Cantidad de clientes atendidos     |
| Jefe de Maquinaria | Tornero fresador operando       |   | Jefe de Maquinaria ocupado   | Almacén               | Mesas                    | Estado de la fresadora   | Costo hora hombre                     | Número de máquinas disponibles     |
| Tornero 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 |
|                    |                                 |   | Tornero 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                | Liberación 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          |   |
|               |                                      |  |   | Casetas 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) 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  $n = 1, 2, \dots, 100$

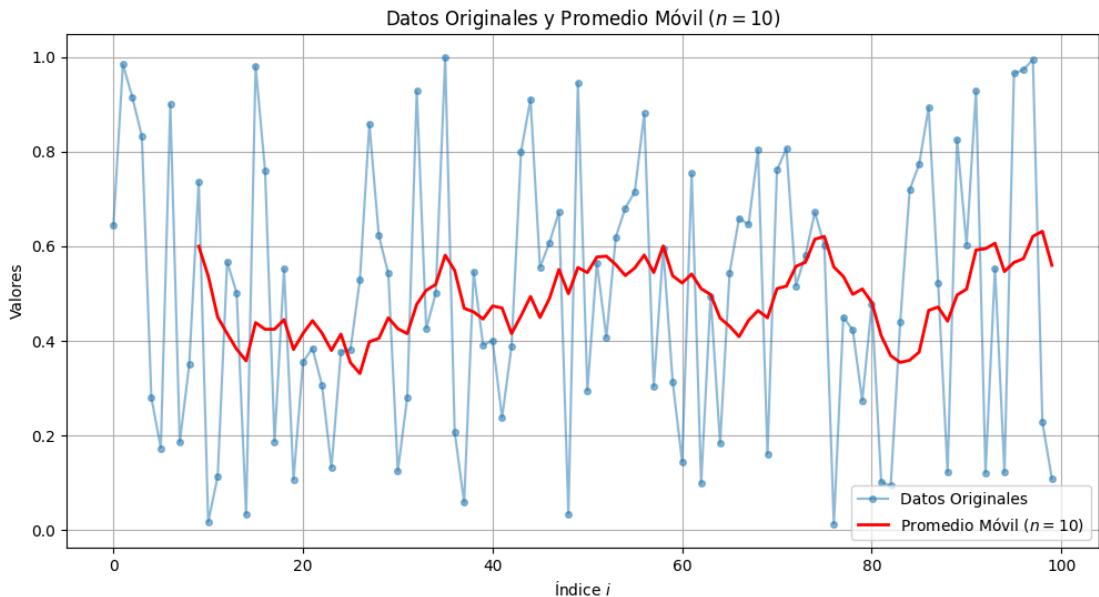
Para  $n = 10$  dado que tenemos 10 datos, el promedio móvil se calcula como:

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

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  $n \approx 25$ .

## **Bibliografía**

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