

MODELADO Y SIMULACIÓN

Febrero de 2016 - Primera semana

PREGUNTA 1 (3 puntos)

Se pretende estudiar mediante simulación el funcionamiento de una lavandería industrial dedicada a la limpieza y planchado de manteles y servilletas. El funcionamiento del sistema es descrito a continuación.

La lavandería funciona ininterrumpidamente desde las 8:00h hasta las 20:00h. A las 8:00h se reciben las prendas sucias (manteles y servilletas) que deben ser lavadas, secadas y planchadas a lo largo del día. Se estima que el peso de las prendas recibidas obedece a la distribución de probabilidad siguiente.

Peso recibido cada día (toneladas)	Probabilidad
4	0.1
6	0.2
8	0.4
10	0.2
14	0.1

La lavandería dispone de 11 lavadoras y 15 secadoras industriales, que funcionan independientemente entre sí. La capacidad de cada lavadora, al igual que la capacidad de cada secadora, es de 100 kg. Por este motivo, las prendas sucias recibidas se dividen para su procesado en lotes de 100 kg. Cuando queda una lavadora libre, se carga en ella un lote de 100 kg de ropa sucia. Una vez lavado, el lote espera en la cola FIFO del proceso de secado. Cuando una secadora queda libre, el lote es procesado en la secadora y posteriormente es puesto en la cola FIFO del proceso de planchado.

El proceso de planchado es realizado por 4 personas, que trabajan independientemente entre sí. Cada lote de 100 kg es planchado de principio a fin por una de

estas personas. Una vez el lote de ropa ha sido planchado, abandona el sistema. Se estima que:

- El tiempo del proceso de lavado, junto con el tiempo estimado de carga y descarga de la máquina, está distribuido de forma normal, con media 80 minutos y desviación estándar 10 minutos.
- El tiempo del proceso de secado, más el tiempo necesario para cargar y descargar la secadora, está distribuido de forma normal, con media 120 minutos y desviación estándar 10 minutos.
- El tiempo necesario para que una persona planche un lote de 100 kg de ropa está distribuido de forma normal, con media 30 minutos y desviación estándar 3 minutos.
- Las lavadoras y secadoras pueden trabajar durante las 12 horas de funcionamiento diario del sistema.
- Las personas encargadas de planchar trabajan siete horas y media al día, de acuerdo al horario indicado a continuación. Cada una de estas personas trabaja de 11:00h a 14:00h, de 15:00 a 17:30 y de 18:00 a 20:00h. Es decir, entran a trabajar a las 11:00h, salen a las 20:00h y tienen dos descansos: de 14:00h a 15:00h y de 17:30h a 18:00h.

El objetivo del estudio es estimar la utilización media de los recursos y también el número medio de lotes de ropa que permanecen aun en el sistema una vez finalizadas las 12 horas de actividad diaria. Para ello, se realizan 200 réplicas independientes del funcionamiento del sistema durante 24 horas. Se supone en todas las réplicas que el sistema está inicialmente vacío. Es decir, que no queda ropa pendiente por procesar del día anterior.

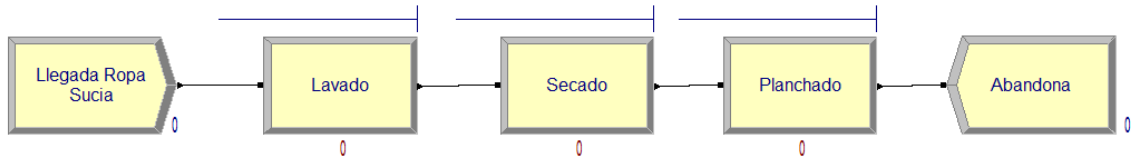
Describe *detalladamente* cómo realizaría el modelo del sistema anterior usando Arena. En particular, dibuje el diagrama de módulos e indique qué parámetros del comportamiento del sistema deben definirse en cada módulo.

Solución a la Pregunta 1

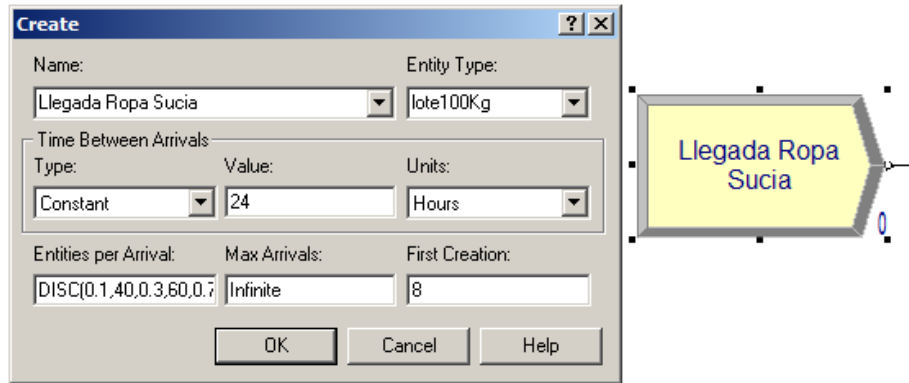
En la Figura 1.1.a se muestra el diagrama de módulos del sistema y en la Figura 1.1.b el proceso de llegada de la ropa sucia. En la definición del experimento (véase la Figura 1.3.f) se ha considerado que el día tiene una duración de 24 horas, así pues la llegada de la ropa sucia se produce en el instante 8 horas. Se produce una única llegada al día. Por ello se indica que el tiempo entre llegadas es constante e igual a 24 horas.

Dado que la ropa va siendo procesada en lotes de 100 Kg, el tipo de entidad que circula por el sistema son 100 Kg de ropa. Se ha denominado “lote100Kg” al tipo de entidad. Así, por ejemplo, si se reciben 4 toneladas de ropa sucia, se considera que se han recibido 40 entidades del tipo “lote100Kg”. El número de entidades por llegada está distribuido DISC(0.1,40,0.3,60,0.7,80,0.9,100,1,140).

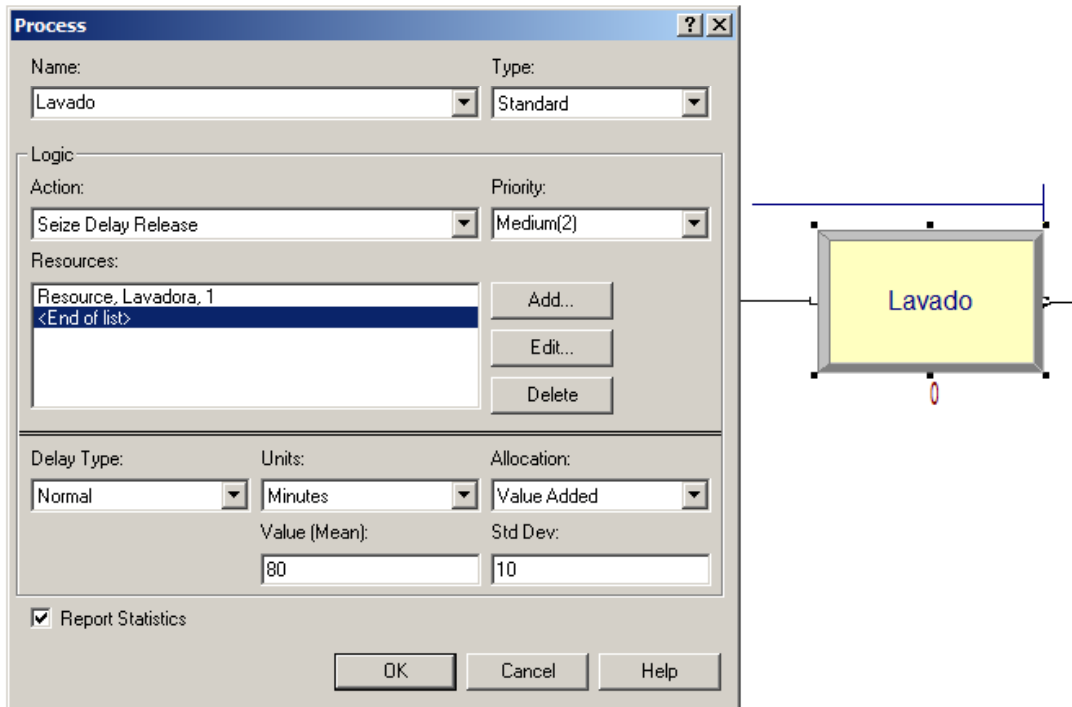
En las Figuras 1.1.c y 1.2 se muestra la definición de los tres procesos. La capacidad de los recursos se especifica en el módulo de datos Resource (véase la Figura 1.3.a). La planificación de la capacidad de los recursos se define en el módulo Schedule (véase la Figura 1.3.b). Las planificaciones se definen de la forma mostrada en las Figuras 1.3.c–e.



a)



b)



c)

Figura 1.1: Modelo de la lavandería: a) diagrama de módulos del proceso; b) proceso de llegada de la ropa sucia; y c) proceso de lavado.

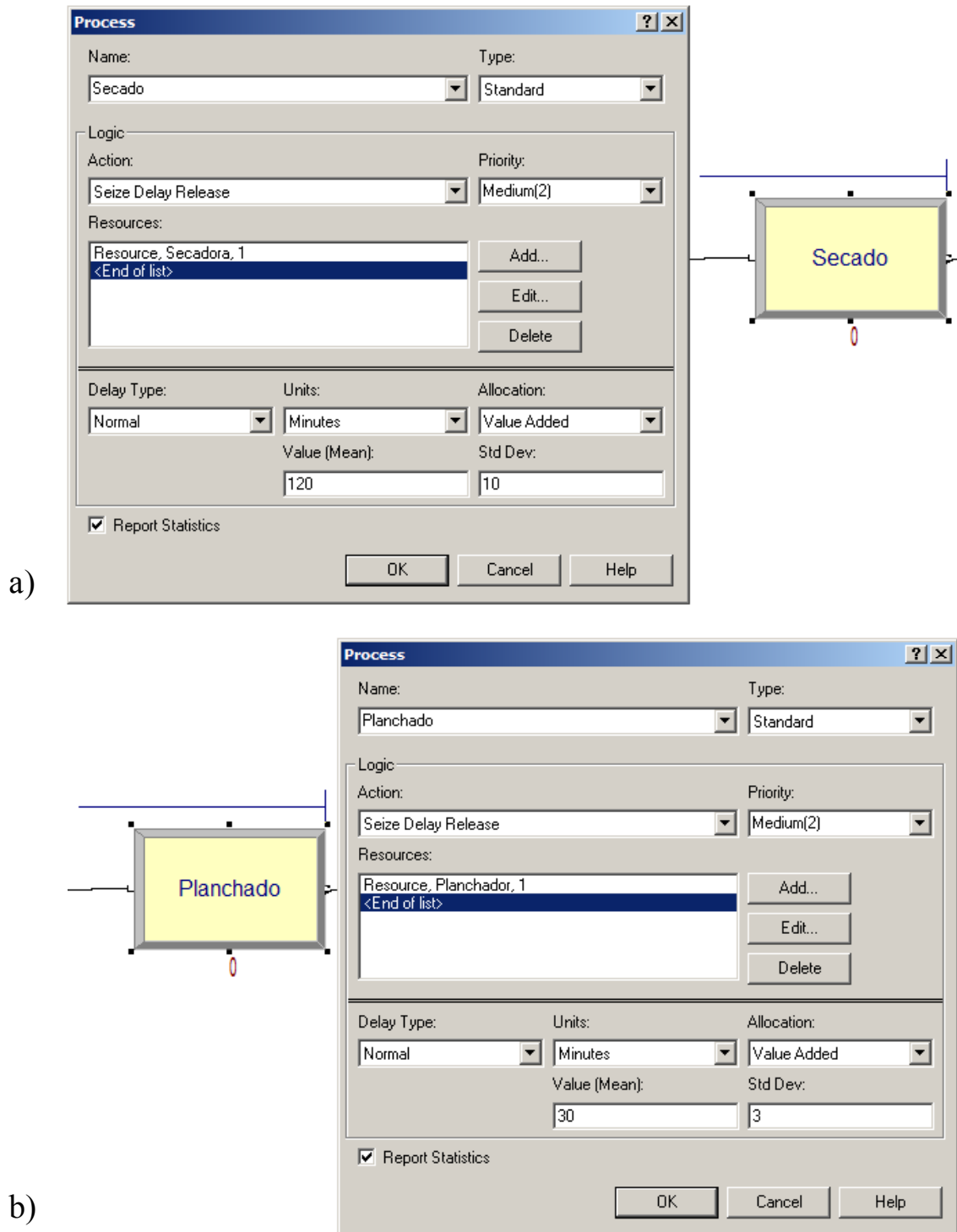


Figura 1.2: Modelo de la lavandería: a) proceso de secado; y b) planchado.

Resource - Basic Process										
	Name	Type	Schedule Name	Schedule Rule	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	State Set Name	Failures	Report Statistics
1	Lavadora	Based on Schedule	horarioLavadora	Preempt	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Secadora	Based on Schedule	horarioSecadora	Preempt	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Planchador	Based on Schedule	horarioPlancha	Preempt	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>

a)

Schedule - Basic Process						
	Name	Format Type	Type	Time Units	Scale Factor	Durations
1	horarioPlancha	Duration	Capacity	Halfhours	1.0	7 rows
2	horarioLavadora	Duration	Capacity	Halfhours	1.0	3 rows
3	horarioSecadora	Duration	Capacity	Halfhours	1.0	3 rows

b)

The 'Schedule' dialog box for 'horarioPlancha' shows the following settings: Name: horarioPlancha, Format Type: Duration, Type: Capacity, Time Units: Halfhours, Scale Factor: 1.0. The Durations list contains: 0, 22; 4, 6; 0, 2; 4, 5; 0, 1; 4, 4; 0, 8; and <End of list>. Buttons for Add..., Edit..., and Delete are visible.

c)

The 'Schedule' dialog box for 'horarioLavadora' shows the following settings: Name: horarioLavadora, Format Type: Duration, Type: Capacity, Time Units: Halfhours, Scale Factor: 1.0. The Durations list contains: 0, 16; 11, 24; 0, 8; and <End of list>. Buttons for Add..., Edit..., and Delete are visible.

d)

The 'Schedule' dialog box for 'horarioSecadora' shows the following settings: Name: horarioSecadora, Format Type: Duration, Type: Capacity, Time Units: Halfhours, Scale Factor: 1.0. The Durations list contains: 0, 16; 15, 24; 0, 8; and <End of list>. Buttons for Add..., Edit..., and Delete are visible.

e)

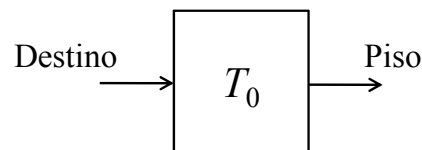
The 'Run Setup' dialog box shows the following configuration: Run Speed, Run Control, and Reports tabs. Project Parameters: Number of Replications: 200. Replication Parameters: Initialize Between Replications: Statistics, System. Start Date and Time: martes, 26 de febrero de 2013 7:33:53. Warm-up Period: 0.0, Time Units: Hours. Replication Length: 24, Time Units: Hours. Hours Per Day: 24, Base Time Units: Hours. Terminating Condition: (empty field). Buttons: Aceptar, Cancelar, Aplicar, Ayuda.

f)

Figura 1.3: Modelo de la lavandería: a) módulo de datos Resource; b) módulo de datos Schedule; c),d),e) planificaciones de la capacidad de los recursos; y f) definición del experimento.

PREGUNTA 2 (3 puntos)

Empleando el formalismo DEVS clásico, describa el siguiente modelo de un ascensor que opera entre dos pisos. Como se muestra en la figura, el modelo tiene un puerto de entrada (Destino) y un puerto de salida (Piso). El modelo tiene un parámetro, T_0 , que puede tomar valores reales mayores que cero.



Los eventos llegan al puerto de entrada de uno en uno y pueden valer: {"Subir", "Bajar"}.

El ascensor puede encontrarse en cuatro fases: {"enPlantaBaja", "enPrimerPiso", "subiendo", "bajando"}. El comportamiento del ascensor depende de la fase en la que se encuentre.

- Fase "enPlantaBaja". El sistema ignora los eventos de entrada de valor "Bajar". Cuando recibe un evento de valor "Subir", el sistema pasa a la fase "subiendo".
- Fase "enPrimerPiso". El sistema ignora los eventos de entrada de valor "Subir". Cuando recibe un evento de valor "Bajar", el sistema pasa a la fase "bajando".
- Fase "subiendo". El sistema ignora todos los eventos de entrada. Transcurrido un tiempo T_0 en esta fase, el sistema emite a través del puerto Piso un evento de valor "primerPiso" y cambia a la fase "enPrimerPiso".
- Fase "bajando". El sistema ignora todos los eventos de entrada. Transcurrido un tiempo T_0 en esta fase, el sistema emite a través del puerto Piso un evento de valor "plantaBaja" y cambia a la fase "enPlantaBaja".

Puede realizar todas las hipótesis adicionales que desee acerca del funcionamiento del modelo, siempre y cuando no estén en contradicción con las especificaciones anteriores.

Solución a la Pregunta 2

La descripción DEVS clásico del sistema se muestra en la Tabla 1.1. Obsérvese que el estado del sistema puede definirse mediante las variables de estado siguientes: $(\sigma, fase)$. El significado de estas variables es el siguiente:

- La variable σ almacena el tiempo que transcurrirá hasta la siguiente transición interna en ausencia de eventos externos. Puede tomar valores reales positivos, incluido el cero.
- La variable $fase$ tomar los cuatro valores siguientes: {"enPlantaBaja", "enPrimerPiso", "subiendo", "bajando"}.

Tabla 1.1: Modelo DEVS de la Pregunta 2.

Nombre del modelo	Ejercicio_2
Parámetros	$T_0 \in \mathbb{R}^+$;
X	(Destino, {"Subir", "Bajar"})
Y	(Piso, {"plantaBaja", "primerPiso"})
Variables de estado	$\sigma \in \mathbb{R}_{0,\infty}^+$; $fase \in \{"enPlantaBaja", "enPrimerPiso", "subiendo", "bajando"\}$;
$\delta_{int} : S \rightarrow S$	if ($fase == "subiendo"$) return ("enPrimerPiso", ∞); return ("enPlantaBaja", ∞);
$\delta_{ext} : Q \times X \rightarrow S$	if ($fase == "enPlantaBaja"$ and dato(Destino) == "Subir") return ("subiendo", T_0); if ($fase == "enPrimerPiso"$ and dato(Destino) == "Bajar") return ("bajando", T_0); return ($fase, \sigma - e$);
$\lambda : S \rightarrow Y$	if ($fase == "subiendo"$) return (Piso, "primerPiso"); return (Piso, "plantaBaja");
$ta : S \rightarrow \mathbb{R}_{0,\infty}^+$	return σ ;

El estado inicial del sistema puede ser ("enPrimerPiso", ∞), o bien puede ser ("enPlantaBaja", ∞).

PREGUNTA 3 (2.5 puntos)

- 3.a** (0.5 puntos) Ponga un ejemplo de diseño experimental factorial completo 2^3 basado en la lavandería descrita en la Pregunta 1. Escriba la matriz de diseño del experimento.
- 3.b** (1 punto) Indique cómo se calculan los efectos principales del diseño 2^3 que ha planteado anteriormente.
- 3.c** (1 punto) Indique cómo se calculan las interacciones entre dos factores del diseño 2^3 que ha planteado.

Solución a la Pregunta 3

Véase la Sección 7.3 del texto base.

PREGUNTA 4 (1.5 puntos)

Dos conceptos fundamentales en la generación de números pseudoaleatorios son la uniformidad e independencia de una secuencia de números.

- 4.a** (0.5 puntos) Explique detalladamente qué se entiende por uniformidad de una secuencia de números.
- 4.b** (0.5 puntos) Explique detalladamente qué se entiende por independencia de una secuencia de números.
- 4.c** (0.25 puntos) Indique los nombres de los test empíricos de uniformidad que conozca.
- 4.d** (0.25 puntos) Indique los nombres de los test empíricos de independencia que conozca.

Solución a la Pregunta 4

Véanse las Secciones 5.2.2 y 5.3 del texto base.