



Construcción de un modelo de simulación aleatorio con JaamSim

Apellidos, nombre	Cardós Carboneras, Manuel (mcardos@doe.upv.es) Guijarro Tarradellas, Ester (esguitar@upvnet.upv.es)
Departamento	Organización de Empresas
Centro	Universitat Politècnica de València



1 Resumen

A continuación se presentan los elementos que deben conocerse del software JaamSim para construir un primer modelo de simulación aleatorio dinámico y discreto y hacerlo funcionar. Este será nuestro primer modelo aleatorio de simulación, así que realizaremos varias tareas:

1. Revisaremos las variables aleatorias más relevantes.
2. Identificaremos dónde se encuentran los objetos que necesitamos de JaamSim y cómo usarlos.
3. Construiremos un modelo de simulación aleatorio, partiendo de un modelo determinista más básico.
4. Haremos funcionar el modelo de simulación.

2 Introducción

Una estrategia práctica para construir un modelo de simulación de un sistema real es proceder por aproximaciones sucesiva:

1. Empezar por la versión más simple posible del sistema real que deseamos modelar y normalmente en su versión determinista.
2. Validar su funcionamiento, es decir, comprobar que funciona como pretendíamos.
3. Ampliar el modelo incluyendo elementos y características cada vez más realistas, por ejemplo los fenómenos aleatorios que aparezcan.
4. Validar de nuevo el modelo.
5. Repetir los pasos anteriores hasta que el modelo incluya todas las características deseadas.

Habitualmente los dos primeros pasos siguen un enfoque determinista, es a partir del paso 3 cuando se incorporan elementos aleatorios y perturbaciones estocásticas. Por ello, asumimos que ya hemos completado los dos primeros pasos y vamos a incorporar elementos más realistas como tiempos de llegada o proceso con un comportamiento aleatorio.

3 Objetivos

El propósito de este documento es que, al completar su lectura habiendo realizado las tareas propuestas, el lector sea capaz de:

- Identificar las ventanas y objetos de JaamSim aplicables a los modelos aleatorios.
- Construir y hacer funcionar un modelo aleatorio básico de simulación.

4 Desarrollo

4.1 Variables aleatorias más usuales

Los elementos aleatorios más frecuentes en un modelo de simulación suelen ser:

- Tiempo entre llegadas sucesivas de piezas.
- Tiempo de proceso en cada máquina.
- Tiempo de transporte entre dos puntos.
- Paradas no planificadas, habitualmente averías, que incluyen el tiempo entre averías sucesivas y el tiempo que dura la reparación.
- Paradas planificadas porque, aunque el inicio de la parada se establece con antelación, con frecuencia su duración es aleatoria.

En estos casos se modela el paso del tiempo, por lo que se suelen utilizar variables aleatorias continuas. En este documento consideramos la aleatoriedad del tiempo entre llegadas y el tiempo de proceso, los restantes elementos corresponden con modelos más avanzados.

Nótese que aunque hablemos de piezas, los elementos procesado o atendidos pueden ser también órdenes de fabricación, clientes o cualquier otro que sea adecuado. Análogamente hablamos de máquinas pero en general es cualquier elemento que procese las piezas.

4.1.1 Uniforme

Es útil cuando una variable aleatoria (v.a.) toma valores entre un límite mínimo y otro máximo y no tenemos motivos para pensar que algunos valores sean más frecuentes que otros.

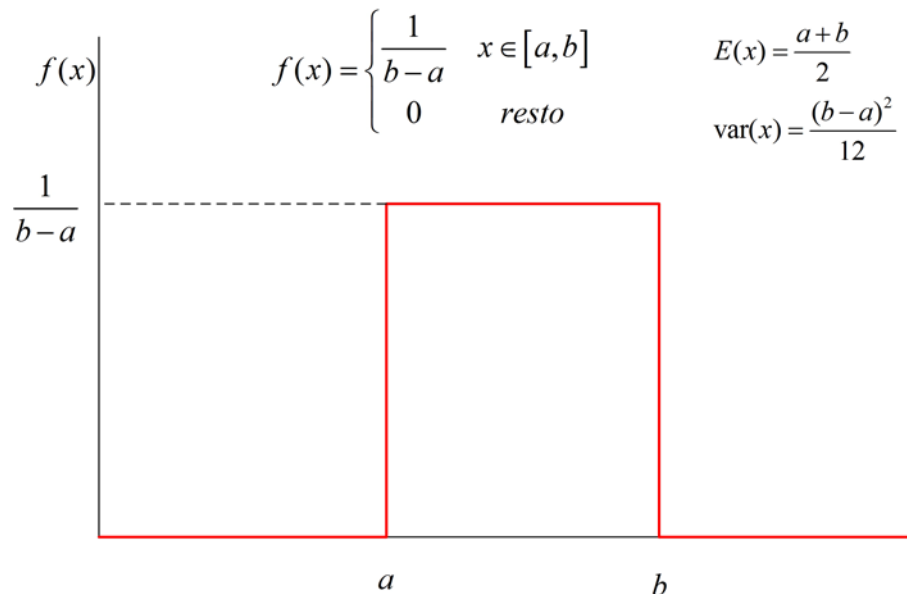


Imagen 1. Variable aleatoria uniforme

4.1.2 Triangular

Los escalones de la distribución uniforme hacen que su utilización sea poco realista porque en la práctica son difíciles de justificar. Tenemos todos los elementos para una v.a. triangular si además un valor es más frecuente que los demás.

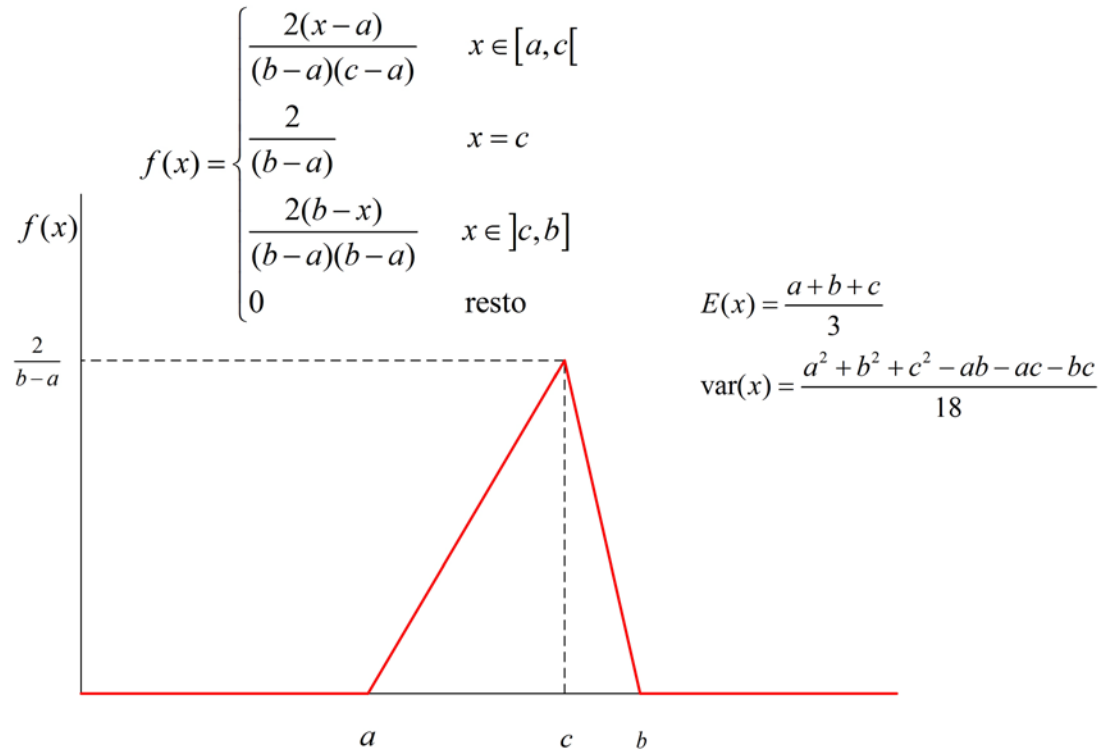


Imagen 2. Variable aleatoria triangular

4.1.3 Exponencial

Es adecuada cuando los valores mayores son siempre menos frecuentes que los más bajos. Una propiedad interesante es que no tiene memoria.

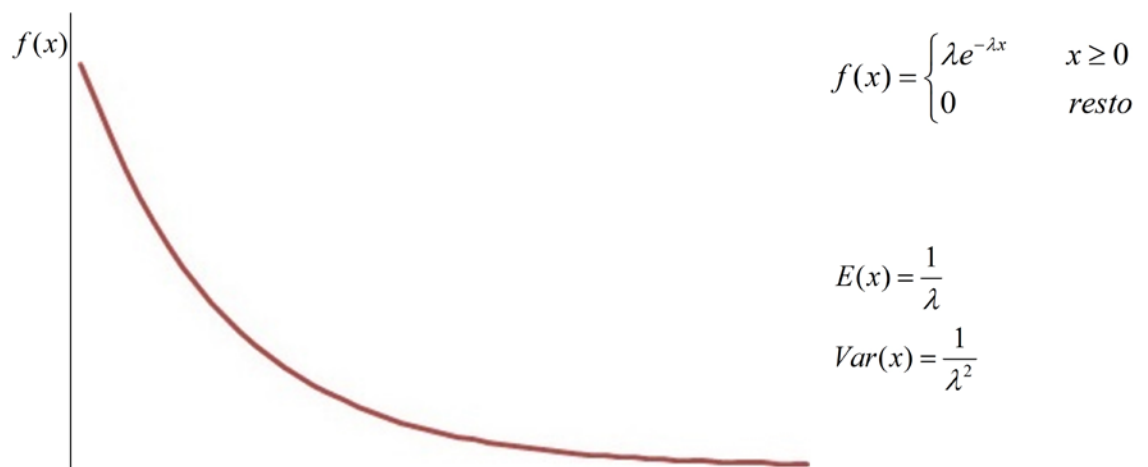


Imagen 3. Variable aleatoria exponencial

4.1.4 Normal

Su nombre correcto es el de distribución de Gauss, pero se le conoce como distribución normal debido a que es muy habitual. Los teoremas centrales del límite justifican su aparición pues la suma de un número elevado de variables aleatorias de cualquier distribución converge en probabilidad a una variable aleatoria de Gauss.

Se parece a la v.a. triangular en que hay un valor más frecuente pero puede tomar cualquier valor real.

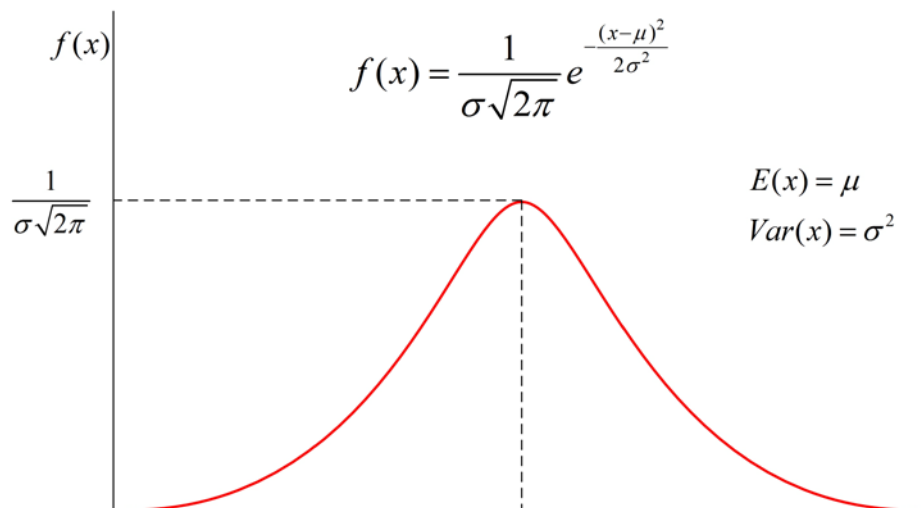


Imagen 4. Variable aleatoria normal

4.2 Construcción de un modelo aleatorio

Seguimos la estrategia descrita en la sección 2:

1. Empezamos por la versión más simple posible del sistema real que deseamos modelar y en su versión determinista.
2. Validamos su funcionamiento, es decir, comprobamos que funciona como pretendíamos.

A continuación vamos a incorporar la descripción aleatoria de algunos elementos, para finalmente validar el modelo de nuevo, aunque esta vez en su versión aleatoria. En la Imagen 5 podemos ver el modelo determinista del que partimos.

El primer paso será modificar el título del modelo:

Object Selector / Graphics Objects / OverlayText / Title / Key Inputs / Format / 'Una Máquina aleatoria'

Vamos a modificar el modelo para que el tiempo entre llegadas consecutivas siga una distribución exponencial con media de 50 segundos:

Model Builder / Probability Distributions / ExponentialDistribution / arrastrar y soltar / Key Inputs / UnitType / TimeUnit / Mean / 50 s

Cambiar el nombre de este objeto a *Exp1* y añadir etiqueta con su nombre. Acabamos la configuración de las llegadas diciéndole al objeto *Entradas* que el tiempo entre llegadas sigue la distribución de *Exp1*:

Seleccionar el objeto Entrada/ InterArrivalTime / Exp1

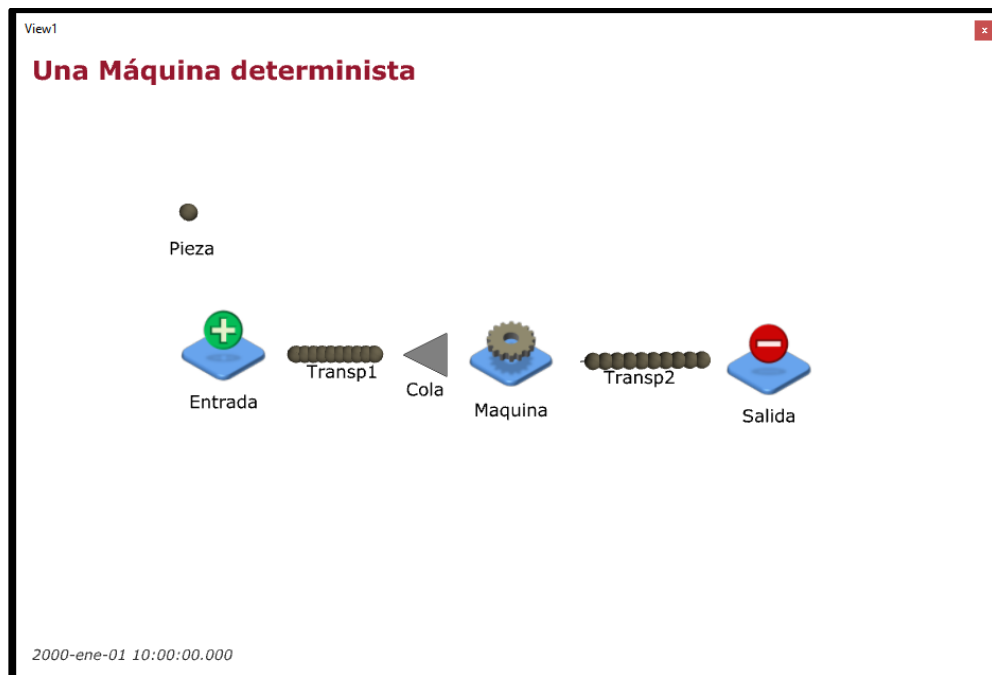


Imagen 5. Modelo determinista del que partimos

Para modificar el tiempo de proceso de la máquina y que siga una distribución exponencial con una media de 50 segundos, el proceso es muy similar al anterior. Empezamos por duplicar el objeto *Exp1* con el menú que aparece al pulsar el botón derecho del ratón después de haber seleccionado el objeto.

Después modificamos el tiempo de servicio:

Seleccionar el objeto Máquina/ ServiceTime / Exp2

Finalmente es recomendable ajustar la disposición de los objetos para que sean fácilmente reconocibles. Algunos trucos útiles, todos ellos después de haber seleccionado el objeto con el ratón:

- Mover un objeto: moverlo con las flechas del teclado.
- Cambiar el tamaño: mientras se pulsa la tecla *Ctrl*, pinchar con el ratón en uno de los 4 vértices que rodean al objeto y desplazarlo.
- Cambiar de posición un transportador: mantener pulsada la tecla *Ctrl*, colocar el ratón sobre la línea del transportador, pulsar el botón izquierdo del ratón y desplazar a la nueva posición.
- Cambiar el extremo de un transportador: en sus extremos aparecen 2 vértices, mantener pulsada la tecla *Ctrl*, colocar el ratón sobre el extremo que queremos mover, pulsar el botón izquierdo del ratón y desplazar a la nueva posición.
- Centrar la vista del modelo: seleccionar el objeto central del modelo, pulsar botón derecho del ratón y seleccionar *Center in View*.

El resultado final es un modelo como el de la Figura 6.

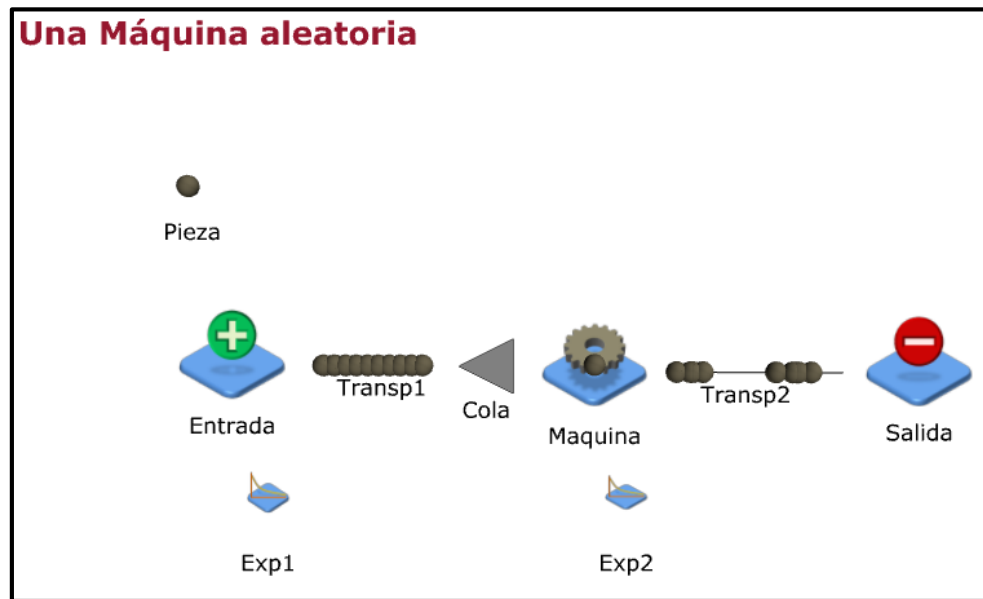


Imagen 6. Modelo aleatorio que hemos construido

4.3 Probar el modelo de simulación

En realidad el modelo aún no está preparado para ser usado, es necesario asegurarse no sólo de que los elementos aleatorios están correctamente definidos sino también que las distribuciones aleatorias que usamos son independientes. La razón de este último requisito radica en que JaamSim gestiona las distribuciones aleatorias utilizando un algoritmo y una semilla aleatoria. Si dos variables aleatorias exponenciales usan la misma semilla, entonces generan exactamente la misma secuencia de números aleatorios.

Para solucionarlo, basta comprobar el valor de *RandomSeed* de todas las distribuciones aleatorias del modelo de forma que nunca se repita ese valor:

Seleccionar el objeto Exp1/ Key Inputs / RandomSeed

Finalmente ya podemos hacer funcionar el modelo durante 10 horas con

Panel de control / Pause at / 10 h / botón Play

El modelo evoluciona despacio porque funciona a la velocidad real, para aumentar la velocidad hay que aumentar el multiplicador de velocidad situado a la derecha del botón *Real Time* que por defecto está pulsado. Si se libera, la simulación se ejecuta tan rápido como puede.

Las unidades que han salido del sistema en estas 10 horas las podemos ver en el *Visor de Salida* del objeto *Salida*, Imagen 7. Se aprecia que la simulación ha durado 10 horas y han salido 689 unidades, lo que supone una tasa de 0,019389 unidades/segundo. Puesto que la versión determinista de este modelo proporciona una tasa de 0,0194444 unidades/segundo es evidente que la presencia de variabilidad ha empeorado el funcionamiento del sistema.

Output Viewer - Salida x

Output	Value
Entity	
Name	Salida
ObjectType	EntitySink
SimTime	10,0000 h
DisplayEntity	
Position	4.3 0.5 0.0 m
Size	1.0 1.0 1.0 m
Orientation	0.0 0.0 0.0 rad
Alignment	0.0 0.0 0.0
StateEntity	
State	None
WorkingState	false
WorkingTime	0,00000 h
StateTimes	{None=10,0000} h
LinkedComponent	
obj	Entrada_689
NumberAdded	689
NumberProcessed	689
NumberInProgress	0
ProcessingRate	0,0191389 /s
ReleaseTime	9,99060 h

Imagen 7. Visor de salida

5 Cierre

Este ha sido nuestro primer modelo aleatorio con JaamSim, así que hemos empezado por una versión determinista del modelo a la que hemos añadido las características básicas que lo convierten en aleatorio. Finalmente hemos comprobado que el rendimiento del sistema es menor cuando se considera la aleatoriedad, es decir, cuando se hace más realista.

6 Bibliografía

<http://jaamsim.com/downloads.html>