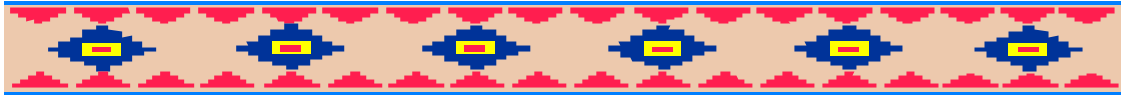




**Universidad Nacional del Santa**

**Facultad de Ingeniería**

**EAP de Ingeniería de Sistemas e Informática**



*Manual de*  
**SIMULACIÓN**

CON **Arena**<sup>®</sup> **IX CICLO**

--- **Uso Interno** ---

*Ing. Hugo Caselli Gismondi*



*Chimbote*



2da. Edición-2009

# INDICE

	<b>Pag.</b>
Introducción	1
Semana 01: Introducción a la Simulación	2
Semana 02: El Software Arena. Construcción de un Modelo de Simulación	9
Semana 03: Modelado de operaciones y entradas básicas	21
Semana 04: Mejorando las Animaciones	31
Semana 05: Ilustraciones y casos	40
Semana 06: Examen de Primera Unidad	
Semana 07: Modelado de operaciones detalladas. 1era sesión	43
Semana 08: Modelado de operaciones detalladas. 2da sesión	48
Semana 09: Programación de recursos	50
Semana 10: Ilustraciones y casos	54
Semana 11: Examen de Segunda Unidad.	
Semana 12: Medidas de Desempeño de salida	57
Semana 13: Simulación de Inventarios s_S.	59
Semana 14: Análisis Estadísticos de resultados.	66
Semana 15: Ilustraciones y casos. Exposición papers	70
Semana 16: Examen de Tercera Unidad	
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	73
TABLAS	74



## Introducción

**F**recuentemente es necesario reproducir artificialmente un fenómeno o las relaciones entrada-salida de un sistema, esto sucede cuando la operación de un sistema o la experimentación en él son imposibles, costosos, peligrosos o poco prácticos.

Simulación es un proceso genérico, que tiene dos partes diferenciadas, la primera parte es el modelamiento y la segunda parte es la experimentación. El modelamiento me indica que todo el problema que yo quiero simular, debo expresarlo en base a dos tipos de relaciones: lógicas y matemáticas. Mientras tanto la experimentación es hacer que el modelo corra en una computadora. Simulación tiene de arte y de ciencia, el modelamiento es un arte pues es un proceso creativo y la experimentación corresponde a la parte de la ciencia.

La *Simulación por Computadora* es una herramienta interdisciplinaria y tiene aplicaciones en muchos campos de la ciencia y la tecnología, como ciencias técnicas, biología, medicina, sociología, mercadotecnia, desarrollo urbano e incluso la economía política y mundial. Los resultados de los experimentos obtenidos a través de la simulación influyen cada vez más en las decisiones tomadas en todos los campos del quehacer humano ya no solo en la industria.

Al desarrollar un modelo de simulación, el analista necesita seleccionar un armazón conceptual para describir el sistema a ser modelado. El armazón o perspectiva contiene una "vista del mundo" con el cual se perciben y describen las relaciones funcionales del sistema. Si el modelador está empleando un lenguaje de simulación, la vista del mundo normalmente estará implícita dentro del determinado lenguaje. Sin embargo, el modelador elige emplear un lenguaje de programación de propósito general como FORTRAN, C o C++. Aun cuando estos lenguajes son de propósito general de tipo científico, nos permiten llevar a cabo la experimentación, creando todos los elementos necesarios para que se pueda verificar al validez de nuestro modelo. En contra parte están los Simuladores que vienen ser herramientas para simular pero creadas para ambientes específicos (Ej. COMNET para diseño de redes, PROMODEL para procesos de negocios, SIMFACTORY para procesos productivos, etc.) y los Lenguajes de Simulación son herramientas de propósito general, que nos permiten abarcar mayor amplitud de disciplinas del quehacer humano (Ej. AweSim, SIMULA, WITNESS, Arena, etc)

Para la parte de la experimentación nosotros emplearemos Arena, donde las alternativas de modelado de las vistas del mundo se combinan para proporcionar un armazón modelado unificado. Un sistema de cambio discreto puede planearse dentro de una orientación a evento, o una orientación del proceso, o ambos. Pueden modelarse los sistemas de cambio continuos usando ecuaciones diferenciales. Los sistemas de cambio discreto-continuos combinados pueden ser planeados combinando el evento y/o la orientación del proceso con la orientación continua. Un aspecto importante de Arena es que esas vistas del mundo alternas pueden combinarse dentro del mismo modelo de simulación. Hay seis interacciones específicas que pueden tener lugar entre la red, el evento discreto, y la vista del mundo continuo de Arena:

1. Las entidades en el modelo de la red pueden iniciar la ocurrencia de eventos discretos.
2. Los eventos pueden alterar el flujo de entidades en el modelo de la red.
3. Las entidades en el modelo de la red pueden causar los cambios instantáneos a los valores de las variables de estado.
4. Variables de estado que alcanzan el valor del umbral prescrito pueden iniciar las entidades en el modelo de la red.
5. Los eventos pueden causar cambios instantáneos de los valores de variables de estado.
6. Variables de estado que alcanzan valores del umbral prescrito pueden comenzar los eventos.

Esperamos que el curso sea de utilidad para desarrollar la capacidad de poder utilizar una herramienta de simulación, y que a su vez permita tomar las decisiones necesarias y adecuadas dependiendo de la realidad estudiada y modelada, en provecho de la organización que necesita o solicita un determinado estudio.



## SEMANA 01: INTRODUCCIÓN A LA SIMULACIÓN

### 1. DEFINICIÓN DE SIMULACIÓN

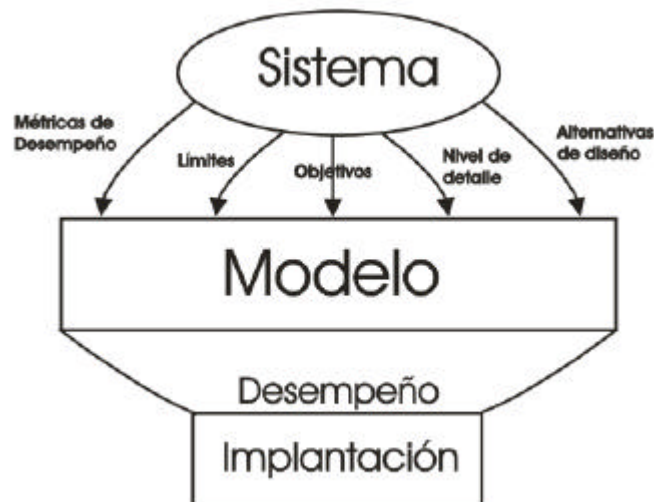
La simulación es la imitación del funcionamiento de un proceso del mundo real o un sistema con el tiempo (system over time). La simulación involucra la generación de una historia artificial del sistema y la observación de esa historia artificial para dibujar las inferencias acerca de las características que opera el sistema real que se representa. La simulación es una metodología problema-solución indispensable para la solución de muchos problemas del mundo real. La simulación se usa para describir y analizar la conducta de un sistema, preguntas del tipo qué-si sobre el sistema real ayudan en el diseño de sistemas reales.

### 2. CONCEPTOS DE MODELAMIENTO

#### 2.1. Sistema, Modelo y Eventos

Un **modelo** es una representación de un sistema actual. Inmediatamente hay algo concerniente a los límites o fronteras del modelo que supuestamente representa al sistema. El modelo debe ser lo suficientemente complejo como para responder las preguntas levantadas, pero no demasiado complejo. Se considera un **evento** como la ocurrencia de cambios de estado de un sistema. Por ejemplo, los eventos incluyen los arribos de los clientes a los servicios de un banco y la complejión del servicio. Hay eventos internos y externos, también llamados eventos endógenos y exógenos. Por ejemplo, un evento endógeno es el inicio del servicio del cliente desde que el sistema esta siendo simulado. Un evento exógeno es el arribo de un cliente al servicio desde que ocurre fuera de la simulación. Sin embargo el arribo de un cliente para el servicio choca con en el sistema y debe ser tomado en cuenta.

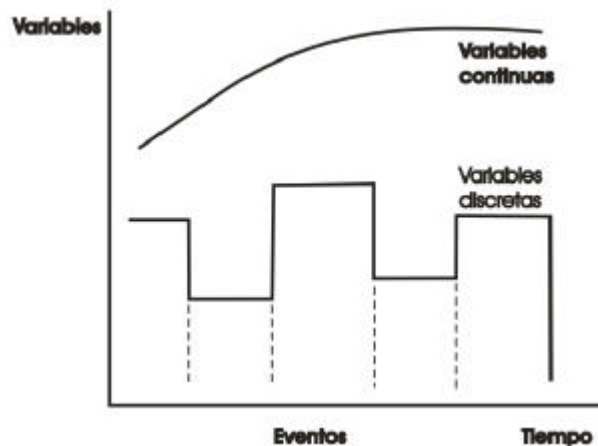
Nosotros consideraremos modelos de simulación de eventos discretos, en contraste con otros tipos de modelos, tales como, modelos matemáticos, modelos descriptivos, modelos estadísticos y modelos de entrada-salida.



#### 2.2. Tipos de Simulaciones

Antes de ver los tipos de simulación debemos reconocer en primer lugar los tipos de datos que podemos manipular a través de las variables discretas y variables continuas. Los datos discretos son aquellos que se obtienen por conteo, por ejemplo el número de alumnos de una sección; y los datos continuos son los que se obtienen por medición, por ejemplo, en un velocímetro o en un termómetro.

Esto lo podemos ver en el siguiente cuadro:



El tiempo es una variable de todo Modelo de Simulación

Por ejemplo:

- El cajero y su cola (Banco) y cualquier modelo de colas está bajo variables discretas.
- La población de Chimbote y de cualquier ciudad esta dado por 4 tasas: nacimiento, muerte, inmigración, emigración. La población cambia en función de una Ecuación.

**Simulación Continua.**- Representa las variables continuas mediante ecuaciones, y vienen a ser aproximadamente el 5% de los modelos de aplicación que en los últimos tiempos tienen demanda.

**Simulación Discreta.**- Hay mayor número de modelos de aplicación (95%). Hay dos maneras de construir un modelo discreto: por procesos y por eventos. En el primero se hace énfasis en la visualización del modelo, en el segundo el modelo se representa como un conjunto de variables discretas, el cambio de las variables se dan por eventos.

**Modelos Combinados.**- De los dos anteriores, surge a partir de los años 80.



### 2.3. Modelo de Simulación de eventos-discreto

Se han definido conceptos de modelado suficientes para que un modelo de simulación de eventos-discreto pueda definirse como uno en que las variables de estado cambian solo sobre puntos discretos en el tiempo en los cuales los eventos ocurren. Los eventos ocurren como consecuencia de los tiempos de las actividades y demoras. Entidades puede competir por recursos del sistema, posiblemente uniendo colas, mientras espera por un recurso disponible. La actividad y los tiempos de demora pueden sostener las entidades por periodos de tiempo.

Un modelo de simulación de eventos-discreto es conducido con el tiempo (run - "correr") por un mecanismo que mueve el tiempo simulado hacia adelante. El estado del sistema se actualiza con cada evento, con la captura y liberación de recursos que pueden ocurrir en ese momento.





### 3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE SIMULACIÓN

La competencia en la industria de la computadora ha llevado a descubrimientos tecnológicos que están permitiendo las compañías de hardware producir mejores productos continuamente. Los nuevos desarrollos en la industria de la computadora hacen que ellos actúen a menudo como un trampolín para las industrias relacionadas. Una industria es en particular la industria del software de simulación. Cuando el hardware de cómputo es más poderoso, más exacto, más rápido, y más fácil para usar, el software de simulación también lo hace.

El número de negocios que emplea la simulación está aumentando rápidamente. Muchos gerentes están comprendiendo los beneficios de utilizar la simulación, debido a los adelantos en el software, gerentes están incorporando la simulación en sus funcionamientos diarios sobre una base de aumento regular.

#### 3.1 Ventajas

- 1) Elección correcta. La simulación le permite probar cada aspecto de un cambio propuesto o adición sin comprometer los recursos para su adquisición. Esto es crítico, porque una vez que las decisiones difíciles han sido hechas, los ladrillos han sido puestos, los sistemas de manipulación del material han sido instalados, cambios y correcciones pueden ser sumamente caros. La simulación le permite probar sus planes sin comprometer los recursos para la adquisición.
- 2) Compresión y extensión de tiempo. Comprimiendo o extendiendo el tiempo, la simulación le permite acelerar o detener los fenómenos para que usted investigue a ellos más profundamente. Puede examinar un cambio entero en materia de minutos si lo desea, o puede pasarse 2 horas examinando todos los eventos que ocurrieron durante minuto de una actividad simulada.
- 3) Entiende por qué. Gerentes a menudo quieren saber por qué ciertos fenómenos ocurren en un sistema real. Con la simulación, usted determina la respuesta al "por qué" cuestiona reconstruyendo la escena y tomando un examen microscópico del sistema para determinar por qué el fenómeno ocurre. Usted no puede lograr esto con un sistema real porque usted no puede ver o puede controlarlo en su integridad.
- 4) Explore posibilidades. Uno de las más grandes ventajas de usar el software de la simulación es que una vez usted ha desarrollado un modelo válido de la simulación, puede explorar nuevas políticas, procedimientos de operación, o métodos sin el gasto y la ruptura de experimentar con el sistema real. Las modificaciones están incorporadas en el modelo, y usted observa los efectos de esos cambios en la computadora en lugar de hacerlo sobre el sistema real.
- 5) Diagnostico de problemas. El manejo de la fábrica moderna o la organización de servicio es muy compleja, tan compleja que es imposible considerar todas las interacciones que tienen lugar en un momento dado. La simulación permite entender bien las interacciones entre las variables que constituyen tales sistemas complejos. Los problemas diagnosticados y la ganancia de visión en la importancia de estas variables aumenta su comprensión de sus efectos importantes en el comportamiento de todo el sistema.

Las últimas tres demandas pueden hacerse para virtualmente todas las actividades modeladas, colas, programación lineal, y así sucesivamente. Sin embargo, con la simulación los modelos pueden ser muy complejos y así lograr una fidelidad más alta (es decir, ellos son representaciones válidas de realidad).

- 6) Identificación de restricciones. Los "cuellos de botella" de la producción dan dolores de cabeza a los fabricantes. Es fácil olvidarse que esos "cuellos de botella" son un efecto más que una causa. Sin embargo, usando la



- simulación para realizar el análisis de los “cuellos de botella”, usted puede descubrir la causa de los retrasos en el proceso de trabajo, información, materiales, u otros procesos.
- 7) Desarrollando comprensión. Muchas personas operan con la filosofía que hablando en voz alta, usando diseños informatizados, y escribiendo informes complejos convence a otros que una fabricación o el plan del sistema de servicio es válido. En muchos casos estos planes están basados en el pensamiento de alguien sobre la manera de operar del sistema en lugar del análisis. La simulación estudia la ayuda que proporciona comprensión sobre cómo un sistema opera realmente, más que indicar las predicciones de alguien sobre cómo el sistema operará
  - 8) Visualizando el plan. Tomando sus planes más allá de los diseños CAD empleando las características de animación ofrecidas por muchos paquetes de simulación le permite ver sus facilidades u organizaciones realmente corriendo. Dependiendo del software que emplearon, debe poder ver sus operaciones desde varios ángulos y niveles de magnificación, incluso en tres dimensiones. Esto le permite descubrir fallas del diseño que parecen creíbles viéndolo sobre papel en un dibujo CAD de dos dimensiones.
  - 9) Construyendo Consenso. Empleando simulación para presentar los cambios del diseño creando una opinión objetiva. Usted evita tener las inferencias hechas cuando usted aprueba o desaprueba diseños porque usted simplemente selecciona los diseños y modificaciones que proporcionaron los resultados más deseables, si se aumenta la producción o reduce el tiempo de espera por el servicio. Además, es más fácil de aceptar fiables resultados de la simulación los cuales se han modelado, probado, validado, y representado visualmente, en lugar de la opinión de una persona de los resultados que ocurrirán de un diseño propuesto.
  - 10) Prepare el cambio. Todos sabemos que el futuro traerá el cambio. Contestando todas las preguntas *qué-si*, estos son útiles para los nuevos sistemas, diseñando y rediseñando los sistemas existentes. Actuando recíprocamente con todos aquellos involucrados en un proyecto durante la fase de formulación del problema, le da una idea de los escenarios que son de interés. Entonces usted construye al modelo para que conteste preguntas pertinentes a esos escenarios. ¿Qué pasa si la demanda para el servicio aumentó un 10%? Para las preguntas: que si...? Las opciones son ilimitadas.
  - 11) Invierta sabiamente. El costo típico de un estudio de simulación es substancialmente menor que el 1% de la cantidad total a gastar para la implementación de un diseño o rediseño. Dado que el costo de cambio o modificación de un sistema después de la instalación, es muy grande, la simulación es una inversión inteligente.
  - 12) Entrene el equipo. Los modelos de simulación pueden proporcionar entrenamiento excelente cuando lo diseñó para ese propósito. Usado de esta manera, el equipo proporciona las entradas de decisión para el modelo de simulación, como para su progreso. El equipo, y los miembros individuales del equipo pueden aprender de sus errores y pueden aprender a operar mejor. Esto es mucho menos caro y menos disociador que el aprendizaje sobre el mismo trabajo.
  - 13) Especifique los requerimientos. La simulación puede usarse para especificar los requerimientos para un diseño del sistema. Por ejemplo, las características técnicas para un tipo particular de máquina en un sistema complejo para lograr una meta deseada pueden ser desconocidas. Simulando las capacidades diferentes de la máquina, los requerimientos pueden establecerse.



### 3.2 Desventajas

Las desventajas de la simulación incluyen lo siguiente:

- 1) El modelo construido requiere entrenamiento especial. Es un arte que es aprendido con el tiempo y a través de la experiencia. Además, si dos modelos del mismo sistema son construidos por dos individuos competentes, ellos pueden tener similitudes, pero es altamente improbable que ellos sean lo mismo.
- 2) Los resultados de la simulación pueden ser difíciles interpretar. Dado que muchas salidas de la simulación son esencialmente variables aleatorias (ellos están normalmente basados sobre entradas al azar), puede ser difícil determinar si una observación es un resultado de interrelaciones o aleatoriedad del sistema.
- 3) El Modelamiento y el análisis pueden consumir tiempo y ser caro. Escatimar recursos en el modelado y análisis puede producir resultados del modelo de simulación y/o análisis que no son suficientes para la tarea.
- 4) La simulación puede usarse impropriamente. La simulación se usa en algunos casos cuando una solución analítica es posible, o incluso preferible. Esto es particularmente verdad en la simulación de algunas líneas de espera donde los modelos de colas están disponibles, por lo menos para la corrida de evaluación.

En la defensa de simulación, estas cuatro desventajas, respectivamente, pueden compensarse como sigue:

- 1) Simuladores. Vendedores de software de la simulación han estado desarrollando activamente paquetes que contienen modelos que solo necesitan ingresar los datos para su funcionamiento. Tales modelos tienen etiquetas genéricas de simulación o plantillas.
- 2) Análisis de Salida. Más vendedores de software de simulación han desarrollado las capacidades de análisis de rendimiento dentro de sus paquetes o han añadido características para realizar análisis muy extensos. Esto reduce los requisitos computacionales por parte del usuario, aunque ellos todavía deben entender el procedimiento del análisis.
- 3) Rápido y más rápido. La simulación puede realizarse hoy más rápidamente que ayer, y aun más rápido lo será mañana. Esto es atribuible a los adelantos en el hardware que permiten la corrida rápida de los escenarios. Es también atribuible a los adelantos en muchos paquetes de simulación. Por ejemplo, muchos productos de software de simulación contienen las estructuras para manipular material modelado que utilizan los transportadores como las cintas transportadoras y guía automatizada de vehículos.
- 4) Las limitaciones de los modelos de formato cerrado. Los modelos de formato cerrado no pueden analizar la mayoría de los sistemas complejos que se encuentran en la práctica.

## 4. ÁREAS DE APLICACIÓN DE LA SIMULACION

Las aplicaciones de simulación son inmensas. Las recientes presentaciones a la Conferencia de Simulación de Invierno (WSC) puede ser dividido en los sistemas industriales, públicos, y sistemas de servicio. WSC es una manera excelente de aprender más sobre el último en las aplicaciones de la simulación y teoría. Hay también numerosas guías didácticas para niveles de principiante y avanzado. WSC se patrocina por ocho sociedades técnicas y el Instituto Nacional de Normas y Tecnología (NIST). Las sociedades técnicas son la Asociación Estadística americana (ASA), Asociación de Maquinaria de Computación/Grupo de Interés Especial en Simulación (ACM/SIGSIM), Instituto de Eléctrico e Ingenieros de la Electrónica: La Sociedad de Computo (IEEE/CS), Instituto de Eléctrico e Ingenieros





de la Electrónica: Sistemas, Hombre y Sociedad Cibernética (IEEE/SMCS), Instituto de Ingenieros Industriales (IIE), Instituto de Investigación de Operaciones y Ciencias Administrativas, Universidad en la Simulación (INFORMS/CS), y Sociedad para la Simulación de la Computadora (SCS).

- Aplicaciones sobre Fabricación y Manipulación de Material
- Aplicaciones sobre los Sistemas públicos
  - Sistemas de salud
  - Sistemas militares
  - Recursos naturales
  - Servicios públicos
- Aplicaciones de los Sistemas de Servicio
  - Transporte
  - Desempeño de los sistemas de computo
  - Transporte aéreo
  - Sistemas de Comunicación
- Entrenamiento
- Defensa
- Entretenimiento

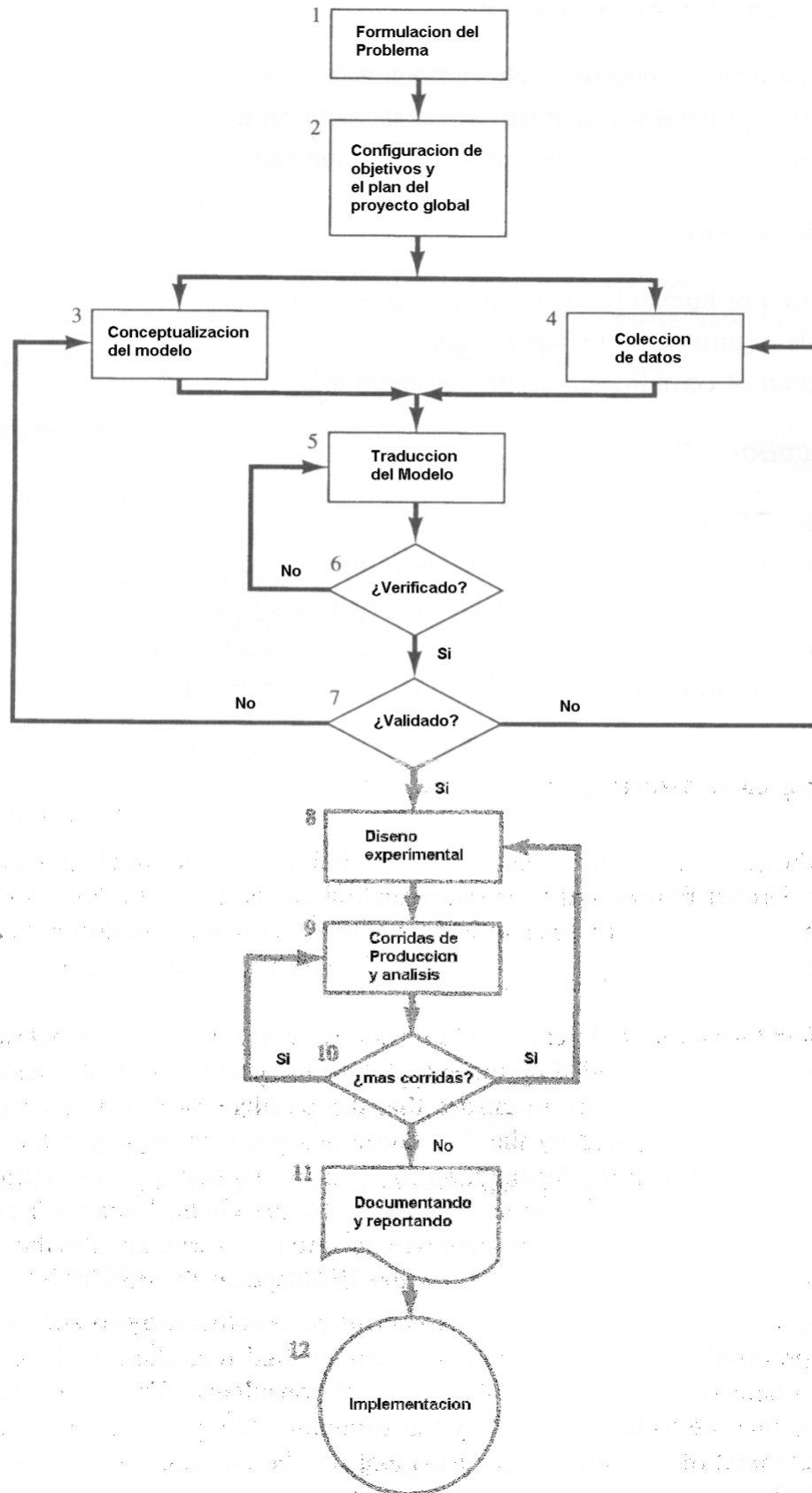
## 5. PASOS EN UN ESTUDIO DE SIMULACIÓN

El diagrama de flujo de la figura se muestra un conjunto de pasos para guiar a un modelador en un estudio simulación completa y confiable.

- 1) Formulación del problema. Cada estudio de la simulación empieza con un problema de declaración. Si la declaración es proporcionada por aquellos que tienen el problema (el cliente), el analista de simulación debe tener el cuidado extremo para asegurar que el problema se entiende claramente. Si una declaración del problema ha sido preparado por la analista de la simulación, es importante que el cliente entienda y este de acuerdo con la formulación. Se sugiere que un juego de asunciones se prepare por el analista de la simulación y de acuerdo con el cliente. Incluso con todas estas precauciones, es posible que el problema necesite ser reformulado, como los progresos de estudio de simulación.
- 2) Configurando los objetivos y el plan global del proyecto. Otra manera de declarar este paso es "preparar una propuesta". Este paso debe conseguirse a pesar de la situación del analista y el cliente (es decir, como un consultor interno o externo). Los objetivos indican las interrogantes que serán contestados por el estudio de simulación. El plan del proyecto debe incluir una declaración de los escenarios que se investigarán. Los planes para el estudio deben ser indicados en términos de tiempo que serán requeridos, personal que se empleará, requerimientos de hardware y software, y si el cliente quiere ejecutar al modelo y dirigir el análisis, las fases en la investigación, el rendimiento en cada fase, costo del estudio y la cuenta de los procedimientos.
- 3) Conceptualización del Modelo. El sistema del mundo real bajo investigación está abstraído por un modelo conceptual, una serie de relaciones lógicas y matemáticas concernientes a los componentes y la estructura del sistema. Se recomienda que el modelo inicial sea simple y que el modelo crezca hasta un modelo de complejidad apropiada sea desarrollado. Por ejemplo, considere el modelo de un sistema de fabricación y manipulación de material. El modelo básico con las llegadas, colas, y los servidores es construido. Entonces agregue las fallas y los horarios de cambio. Luego, agregue la capacidad de manipulación del material. Finalmente, agregue las características especiales. No es necesario construir un modelo excesivamente complejo. Esto agregará costo al estudio y tiempo para su ejecución sin aumentar la calidad del rendimiento. El cliente debe ser involucrado a lo largo del proceso de



construcción del modelo. Esto reforzará la calidad del modelo resultante y aumentará la confianza del cliente en su uso.





- 4) Colección de datos. Después que la propuesta es aceptada, una programación de requerimientos de datos se alcanza al cliente. En la mejor de las circunstancias, el cliente ha estado coleccionando el tipo de datos necesario en el formato requerido y puede alcanzar estos datos al analista de la simulación en formato electrónico. A menudo, el cliente indica que los datos requeridos están de hecho disponibles. Aunque esto no sucede siempre en realidad.
- 5) Traducción del Modelo. El modelo conceptual construido en paso 3 es codificado en un formato de computadora reconocible, un modelo operacional.
- 6) ¿Verificado? La comprobación involucra al modelo operacional. ¿Está desempeñándose apropiadamente? Incluso con los pequeños modelos de tipo académico, es posible que ellos tengan dificultades de comprobación. Estos modelos son de magnitud menor que el modelo real (digamos, 50 líneas de código de computación contra 2000 líneas de código de computación). Es aconsejable que el análisis de comprobación se tome como un proceso continuo. Es mal consejo para el analista de simulación esperar hasta que el modelo entero está completo para empezar el proceso de comprobación. También, el uso de un controlador de corridas interactivo, o depurador, es altamente estimulante como una ayuda al proceso de comprobación.
- 7) ¿Validado? La validación es la determinación que el modelo conceptual es una representación acertada del sistema real. ¿Puede el modelo sustituirse con el sistema real para propósitos de experimentación? Si hay un sistema existente, llamarlo sistema base, una forma ideal de validar el modelo es comparar su rendimiento con el del sistema base. No siempre hay desgraciadamente, un sistema base (como en el diseño de un nuevo sistema).
- 8) Diseño experimental. Por cada escenario que será simulado, las decisiones necesitan ser hechas acerca del tamaño de la corrida de simulación, el número de corridas (también llamadas repeticiones), y la manera de inicialización, como es requerido.
- 9) Corridas de producción y análisis. Correr la producción, y su análisis subsecuente, se utiliza para estimar medidas de desempeño para los escenarios que están siendo simulados.
- 10) ¿Más corridas? Basado en el análisis de corridas que se han completado, el analista de simulación determina si se necesitan corridas adicionales y si cualquier escenario adicional necesita ser simulado.
- 11) Documentando y reportando. La documentación es necesaria por numerosas razones. Si el modelo de simulación va a ser usado de nuevo por los mismos o diferentes analistas, puede ser necesario entender cómo opera el modelo de simulación. Esto estimula confianza en el modelo de simulación para que el cliente pueda tomar decisiones basadas en el análisis. También, si el modelo debe ser modificado, esto puede facilitarse grandemente por la documentación adecuada. Una experiencia con un modelo inadecuadamente documentado normalmente es bastante para convencer a analista de la simulación de la necesidad de este paso importante. El resultado de todo el análisis debe ser un informe claro y conciso. Esto le permitirá al cliente repasar la última formulación, las alternativas que se eligieron, el criterio por el cual los sistemas alternativos fueron comparados, los resultados de los experimentos, y recomendaciones del analista.
- 12) Implementación. El analista de simulación actúa como un periodista más que un abogado. El informe preparado en el paso 11, se posiciona en sus méritos y simplemente es información adicional que el cliente usa para tomar una decisión. Si el cliente ha estado envuelto a lo largo del período del estudio, y el analista de la simulación ha seguido todos los pasos rigurosamente, la probabilidad de una aplicación exitosa se aumenta.



## SEMANA 02: CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE SIMULACIÓN

### ARENA y PROCESOS BÁSICOS

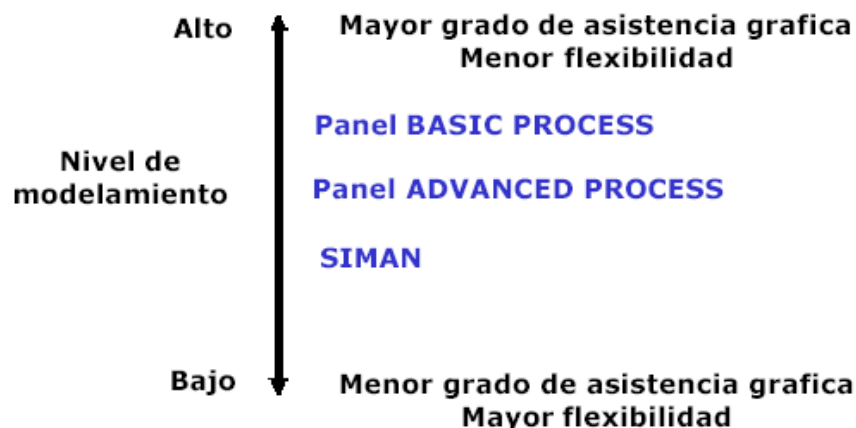
#### 1. ARENA

ARENA combina la facilidad de uso de los simuladores de alto nivel con la flexibilidad de los lenguajes de simulación. ARENA se nos presenta como una Herramienta "Orientada al Proceso", por cuanto permite la descripción completa de la experiencia que una entidad desarrolla al interior del sistema conforme fluye a través de él. La orientación al proceso asoma como una forma más natural de descripción de un sistema en contraposición con la orientación al evento donde se establece una descripción detallada de cada uno de ellos y se debe mantener un control omnipresente de las entidades, variables, eventos, etc.

Sin embargo, la ejecución de un modelo de simulación construido a través de la orientación al proceso es llevada a cabo siguiendo el paradigma de la orientación a eventos. En efecto, aún cuando durante el modelamiento no se pueda observar, la definición de eventos, cálculos de variables, actualización de lista de eventos, avance del reloj de simulación, etc., estos están presentes desarrolladas internamente por el software de manera encapsulada.

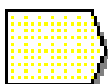
Debido a su poder y simplicidad la lógica de la orientación al proceso se ha hecho muy popular y será la que utilizaremos de ahora en adelante (dado que ARENA la utiliza). Sin embargo es conveniente reconocer que es lo que está operando tras esta orientación al proceso. Tal es así que, ARENA permite descender hasta la lógica misma de los eventos que tienen lugar en el modelo de simulación creado, lo que en términos prácticos significa acceder al código en el que el modelo de simulación está construido.

Este código es el utilizado por el lenguaje de simulación SIMAN el que constituye la plataforma sobre la que está desarrollado ARENA y todos los módulos que lo componen. Esto habla de una estructura jerárquica de ARENA, en cuanto a que se presenta como una herramienta de modelación de alto nivel (asistida gráficamente) pero con la capacidad de alcanzar un alto grado de flexibilidad al permitir modificar directamente el código computacional subyacente a ella.

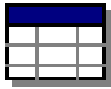


Para construir modelos con Arena, se utiliza el modelamiento de *shapes (formas)* llamados módulos, desde el panel de procesos básicos (y quizás desde otros paneles de construcción de modelos) para definir sus procesos.

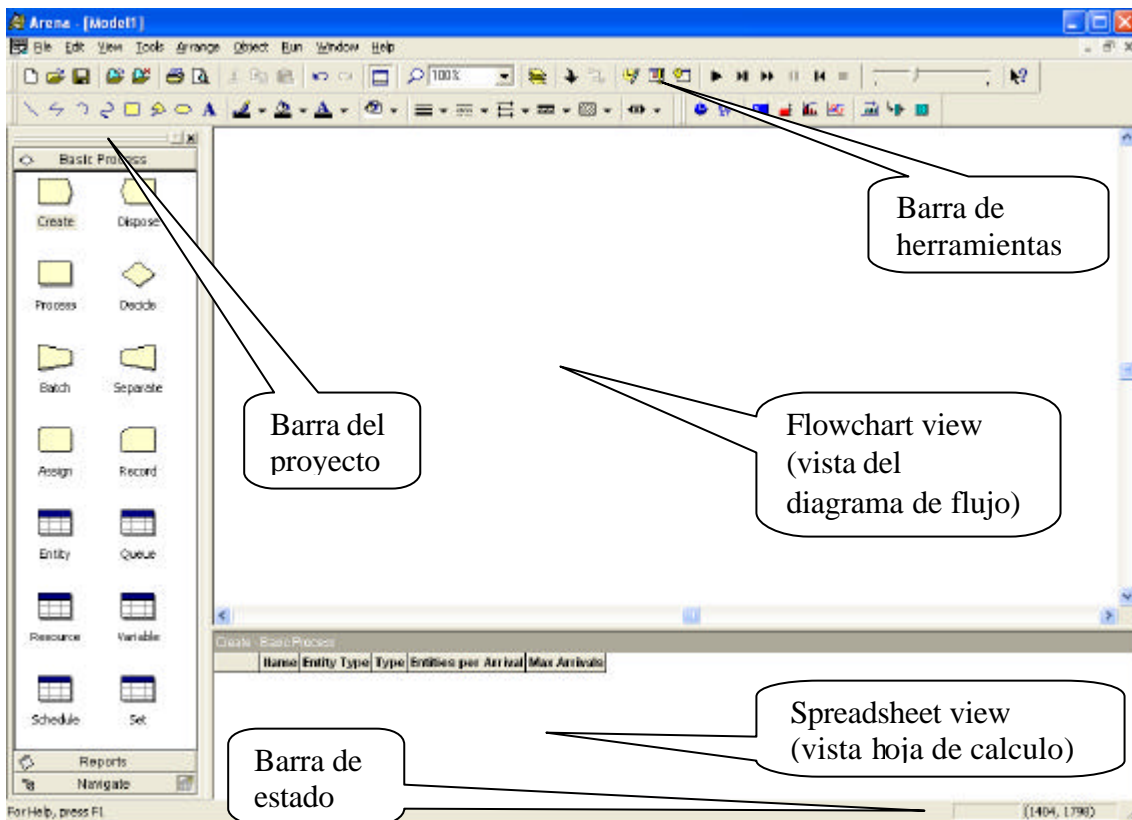
Hay dos tipos de módulos sobre el panel: Diagrama de flujo y datos.



En el módulo Diagrama de flujo las formas se colocan en la ventana de modelado y son conectadas para formar un diagrama de flujo, describiendo la lógica de su proceso, además contendrá la animación y elementos gráficos de la simulación.



En el módulo de Datos contiene la información del modelo, permite el acceso a todos los parámetros y elementos del modelo, ellos son editados a través de una interfaz de hoja de cálculo. Tal como se muestra a continuación:



**Barra de proyectos.**- Contiene una serie de paneles los cuales sirven para diseñar los modelos.

- Basic Process Panel: contiene los elementos básicos de construcción de modelos, estos elementos se denominan módulos.
- Reports Panel: contiene una lista de los resultados de la simulación tras la ejecución.
- Navigate Panel: permite mostrar diferentes vistas de un modelo, incluyendo diferentes submodelos de forma jerárquica.

Existen otros paneles disponibles en ARENA:

- Advanced Process, más módulos para tareas adicionales.
- Advanced Transfer: opciones para mover entidades
- Block and Elements: proporciona un acceso completo al lenguaje de simulación SIMAN.

Para incluir o quitar paneles en la barra de proyectos hay que attach o detach paneles, con la siguiente secuencia de comandos: File\Template\_Panel\Attach, o el botón Template Attach. Mediante Tools\Options\Settings se pueden definir los paneles que aparecen por defecto al crear un modelo nuevo.

**Barra de Herramientas.**- Situada en la parte superior de la pantalla proporciona acceso rápido a distintas herramientas del programa, pueden mostrarse o ocultarse mediante View\Toolbars...

**Barra de estado.**- Situada en la parte inferior de la pantalla. Despliega información dependiendo de lo que esté pasando en el modelo. Cuando el modelo está en construcción entrega las coordenadas de ubicación y cuando el modelo está en



funcionamiento indica el tiempo de simulación, el número de réplica y la cantidad de replicas programadas. La barra de estado puede ocultarse mediante View\Status Bar.

## 2. Módulos

Los módulos son los elementos básicos con los que se construyen los modelos, estos se seleccionan de algunos de los paneles existentes en la barra de proyectos.

El diagrama que se construirá con estos módulos describe la dinámica asociada a los procesos que tienen lugar en el sistema, por lo que es conveniente conceptualizar los módulos como nodos de una red por donde circulan las entidades (clientes, productos, etc.), que fluyen por esta red desde un punto inicial hasta un punto de salida.

## 3. Entidades

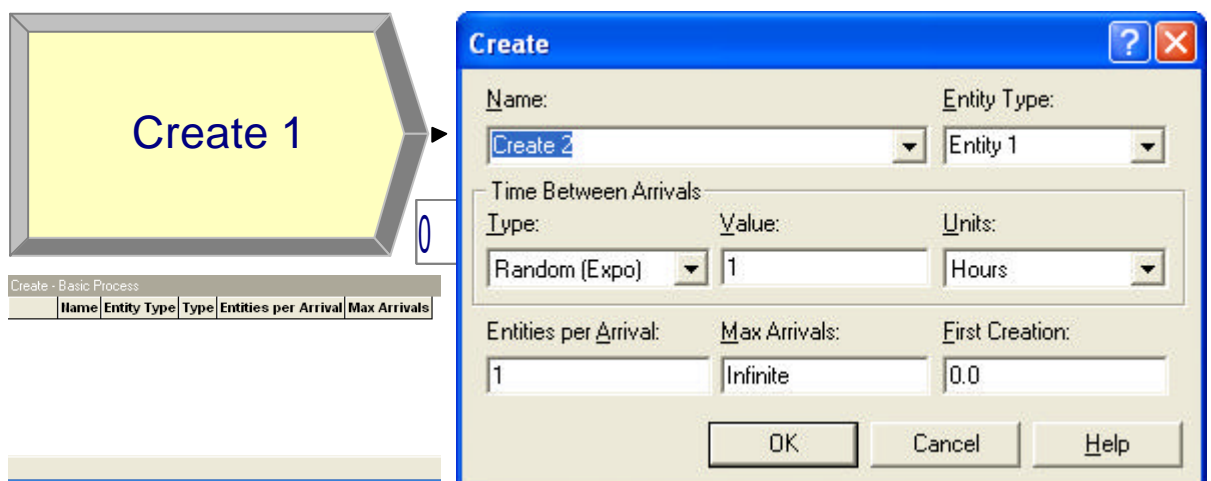
Las entidades pueden ser personas u objetos, reales o imaginarios, sus movimientos a través del sistema causan un cambio en el Estado del sistema.

Las entidades (documentos, clientes, piezas, etc.) son aquellas que están siendo producidas o atendidas o que de cualquier otra manera influyen en nuestro proceso. Por ejemplo: Clientes que están entrando a un restaurante, o partes que están siendo producidas en una fábrica.

Las entidades son objetos dinámicos en la simulación, usualmente son creadas, circulan por un tiempo y después se van, aunque es posible también tener entidades que nunca se van y que se mantienen circulando en el sistema. Todas las entidades tienen que ser creadas ya sea por el modelador o automáticamente por ARENA. Las entidades contienen propiedades llamadas atributos que permiten crear diferencias entre ellas. Los atributos pueden ser el tiempo de llegada, la prioridad, fecha de vencimiento, color, etc.

## 4. Módulo CREATE

Este módulo es el punto de partida para las entidades en un modelo de simulación. Las entidades son creadas usando un programa o sobre la base de un tiempo entre llegadas, luego salen del módulo para continuar el proceso a través del sistema. El tipo de entidad se especifica en este módulo.



El tipo de entidad se añadirá automáticamente a la Entidad de hoja de cálculo, utilizando los valores por defecto para la entidad de imagen y la información de costos. Los valores por defecto pueden ser cambiados haciendo click en la Entidad de módulo y modificar el tipo de entidad especificada. Si un programa es especificado, se añadirá automáticamente a la lista de hojas de cálculo.





Si tiene un sistema determinista, *Constant* debe utilizarse para los tipos íter arribos. Si tiene un sistema estocástico, la distribución más apropiada para el íter arribo es exponencial. Exponencial se utiliza para ambos casos: aleatorios y programados. En el caso de las llegadas al azar, *value* se utiliza como la media de la distribución exponencial. En el caso de las llegadas programadas, no-estacionarias se utiliza exponencial, con el valor de la lista que representa la media de la distribución exponencial.

Para utilizar un calendario para un sistema determinista, una lista puede ser creada de tipo *Otros* (ver el módulo Schedule), donde el valor para la programación es el tiempo del íter arribo. Luego, en el módulo Crear, utilizar el tipo de expresiones y especificar SchedValue (Cuadro Name) para la expresión. Esto funciona bien cuando los números se suman perfectamente con el tiempo. Si no lo hacen, el calendario aproximado, ya que no tiene límite de cruce de la lógica.

Si las Entidades de llegada son mayores que uno, el lote de entidades se crea en tiempo de ejecución. Sin embargo, las entidades entran al modelo uno a la vez para ser procesados hasta llegar a un tiempo de demora, siendo eliminados, o entrando en una cola (como en un proceso por lotes o módulo).

Una simulación puede terminar, limitando el número de entidades que se generan en los módulos Crear (es decir, proporcionando un valor máximo de llegadas) y que incumplan la duración de la replicación (en el cuadro de diálogo *Parámetros Replicación de Run*, elemento de menú Setup). En este caso, la simulación se ejecutará hasta que todas las entidades hallan sido procesadas a través del sistema.

Cuando una entidad entra en el modelo de simulación, la entidad Entity.CreateTime atributo está establecido en el actual tiempo de simulación. La entidad también se le asigna un número único (un valor que aumenta en toda la simulación run) en su Entity.SerialNumber atributo. Este valor puede ser usado en un lote módulo partido junto a las entidades que antes eran separados para procesamiento paralelo. Además, una variable se mantiene en el número de entidades de un determinado tipo de entidad que han entrado en el sistema. Esta variable, denominada "tipo de entidad". NumberIn, se incrementa cada vez que una entidad de ese tipo se crea. Una variable llamada "Nombre del módulo". NumberOut se crea para cada módulo de Crear. Esta variable se incrementa cada vez que uno sale de la entidad correspondiente Crear módulo. Cuando un módulo Crear se utiliza dentro de un proceso de submodel, la variable de proceso llamado "Proceso de Nombre". NumberIn, no se incrementa para las entidades creadas. Por otra parte, la variable correspondiente de cada proceso padre del módulo Crear NO incrementa. Véase el *Proceso de Jerarquía* para obtener más información.

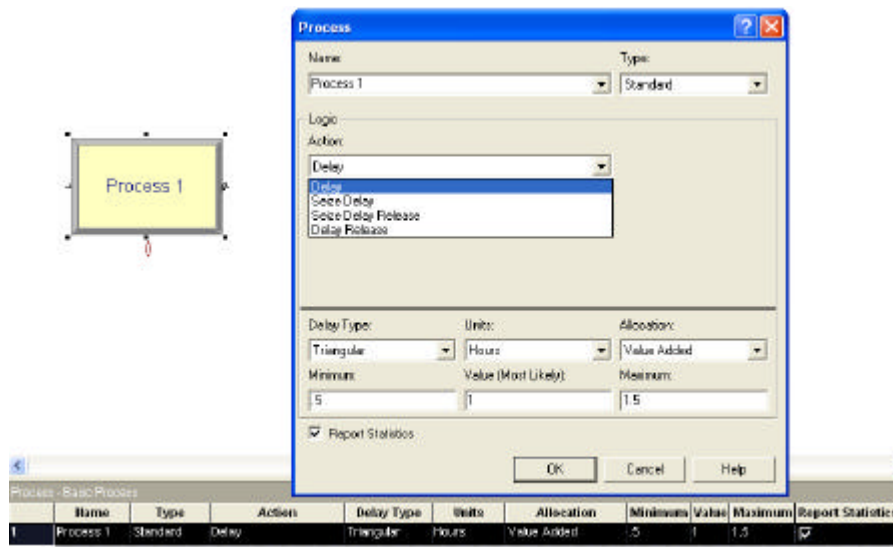
Ejemplo:

	Name	Entity Type	Type	Value	Units	Entities per Arrival	Max Arrivals	First Creation
1	Cuentas por cobrar	Documento	Random (Expo)	8	Hours	UNIF(2,8)	Infinite	4

El módulo de Cuentas por Cobrar generará entidades *Documento* en el sistema sobre la base de una distribución exponencial con una media de 8 horas. Los arribos de las entidades es una distribución uniforme entre 2 y 8 documentos. El primer lote de documentos se genera a las 4 horas de ejecutada la simulación.

## 5. Módulo PROCESO

Este módulo es el principal método de procesamiento en la simulación. Opciones para la captura y liberación de recursos limitados están disponibles. Además, existe la opción de utilizar un "submodelo" y especificar la jerarquía definida por la lógica del usuario. El tiempo de proceso es asignado a la entidad y puede considerarse como: valor añadido, valor no añadido, transferencia, espera u otro. El costo asociado se añadirá a la categoría apropiada. El módulo y caja de dialogo se muestra a continuación:



Si se utiliza un recurso para la transformación, los recursos se añaden automáticamente a la hoja de cálculo de recursos utilizando los valores por defecto. El módulo de Recursos podrá ser modificado para proporcionar información adicional de los recursos.

Si se utiliza un conjunto de recursos para la transformación, el conjunto especificado se añadirá automáticamente al conjunto de hojas de cálculo. El conjunto contendrá no miembros y el Conjunto del módulo debe ser editado. El modelo de simulación proporcionará un mensaje de error "Este módulo no se ha editado" cuando un conjunto se define con no miembros. Basta con hacer click en el botón Buscar para editar el conjunto de recursos y añadir miembros.

Si varios recursos dentro de un conjunto específico se han asignado a una entidad (por ejemplo: utilizando la acción tamaño de demora), los recursos serán liberados (por ejemplo: utilizando la acción liberación de la demora) en el orden opuesto al que fueron capturadas. Por ejemplo: el Set 1 tiene 2 integrantes, María y Jane. En el primer módulo de proceso en un modelo, un miembro del conjunto, María, se captura (y no es liberada). Más adelante en el modelo, otro miembro del conjunto, Jane, se halla capturada, y no es liberada. Cuando la entidad está dispuesta a liberar los miembros del Conjunto 1 de recursos establecido, Jane será liberada primero y luego María.

El campo prioridad de este módulo se usa cuando varias entidades están esperando capturar el mismo recurso(s). Entidades con prioridad 1 se asignan un recurso ante una de las prioridades 2 y 3. Entidades con la misma prioridad serán atendidas: primero en entrar, primero en salir (FIFO).



Si la acción del Proceso es capturar la demora o liberar la demora capturada, una cola se asocia con el proceso. El nombre de la cola se crea a partir de la Denominación del proceso ". Queue" adicionado a ella. No hay cola, si es el tipo de *Delay* o *Delay realese*. La variable NQ (Nombre de cola) se puede usar para mostrar el número de entidades que simultáneamente esperan en la cola.

Hay cinco opciones para el control de costes y la asignación del tiempo dentro de un proceso de módulo: Valor Añadido (VA), Valor no Añadido (NVA), transferencia (Tran), Espera y otros. Un proceso puede tener cualquier combinación de tipos de asignación, en caso contenga un *submodel*, como submodelos puede constar de varios módulos de proceso

Todas las estadísticas del proceso, tales como el calendario y los costos, se recogen cuando la entidad deja el proceso de módulo. Todas las estadísticas del proceso padre se registran cuando la entidad regresa a través de los niveles de jerarquía. Ver submodelos para obtener más información sobre estadísticas en proceso de submodelos.

La variable "Nombre del proceso". NumberIn se crea automáticamente por el módulo de proceso y se incrementa cada vez que una entidad se dirige en un proceso. La variable "Nombre del proceso". NumberOut se crea automáticamente por el módulo de proceso y se incrementa cada vez que una entidad deja un proceso. La variable "Nombre del proceso". WIP se crea automáticamente por el módulo de proceso y se incrementa/decrementa cuando las entidades entran/salen del proceso.

Si el proceso WIP se utiliza con un proceso de tipo SubModel, hay que tener cuidado extra. El Proceso WIP se actualiza automáticamente sólo cuando las entidades entran o salen directamente del módulo de proceso. Cualquier acción tomada en un *submodel* que puede crear o eliminar las entidades no impactan automáticamente en la variable WIP. Si utiliza Crear, Eliminar, por lotes, por separado, o similares módulos, usted debe utilizar un módulo Asignar a incrementar o decrementar la variable WIP (ProcessName.WIP) para cada entidad que indirectamente entra o sale del nivel más alto módulo de proceso. Si el proceso WIP no es utilizado en la lógica del modelo o animación, entonces este paso es innecesario.

Cuando un modelo de Arena (por ejemplo: archivo .doe) es ejecutado, los resultados de la simulación se almacenan en una base de datos de Microsoft Access (. Mdb) el archivo con el mismo nombre (por ejemplo, los resultados de la simulación para Banking.doe se almacenan en Banking.mdb) . Si la colecta de estadísticas para todos los procesos se activa desde el dialogo Ejecutar/Configuración/Proyecto\_Parámetros (Run/Setup/Projects\_paramenters) e Informe de Estadística (Report/Statics) es "Sí" ("Yes") para un módulo proceso individual, entonces Arena automáticamente crea, recoge, e informa las estadísticas de ese proceso.

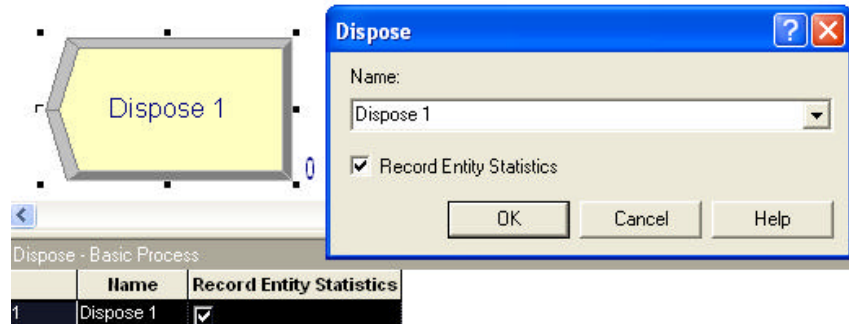
Ejemplo:

	Name	Type	Action	Delay Type	Units	Allocation	Minimum	Value	Maximum	Report Statistics
1	Procesamiento de cheques	Standard	Delay	Triangular	Hours	Value Added	30	45	60	<input checked="" type="checkbox"/>



## 6. Módulo DISPOSE

Este módulo pretende ser el punto final para las entidades en un modelo de simulación. Las estadísticas de Entidad pueden ser registradas antes que la entidad halla sido eliminada. El módulo y caja de dialogo a continuación:



Si el campo Colección de Estadística de Entidades se chequea en la página de los Parámetros del proyecto del menú Ejecutar/configuración (Run/Setup), las estadísticas incluyen entidad VA Time, NVA Time, el tiempo de espera, tiempo de traslado, otro tiempo y tiempo total de las entidades. Si los costos de Estadística de la colección sobre el terreno se ha comprobado también en el marco del proyecto Parámetros de la página Ejecutar / elemento del menú de configuración, entidad estadísticas adicionales incluyen VA Coste, NVA Coste, Coste Espere, transferencia de costos, otro costo, y el coste total. Además, el número de entidades que abandonan el sistema (dado el tipo de entidad) y los que se encuentran actualmente en el sistema (WIP) se calculan.

Las entidades que fueron creadas como lotes temporales debe ser divididas entre las entidades miembro original antes de ser eliminadas. Si no lo son, una advertencia SIMAN se publicará cuando la entidad sea eliminada.

Si parece que hay una gran acumulación de entidades en uno o más módulos Proceso en el modelo, puede ser porque una entidad no dejó un recurso que anteriormente había cogido.

Si una entidad que tiene costos no registrados se elimina sin grabar, entonces un mensaje de advertencia aparecerá.



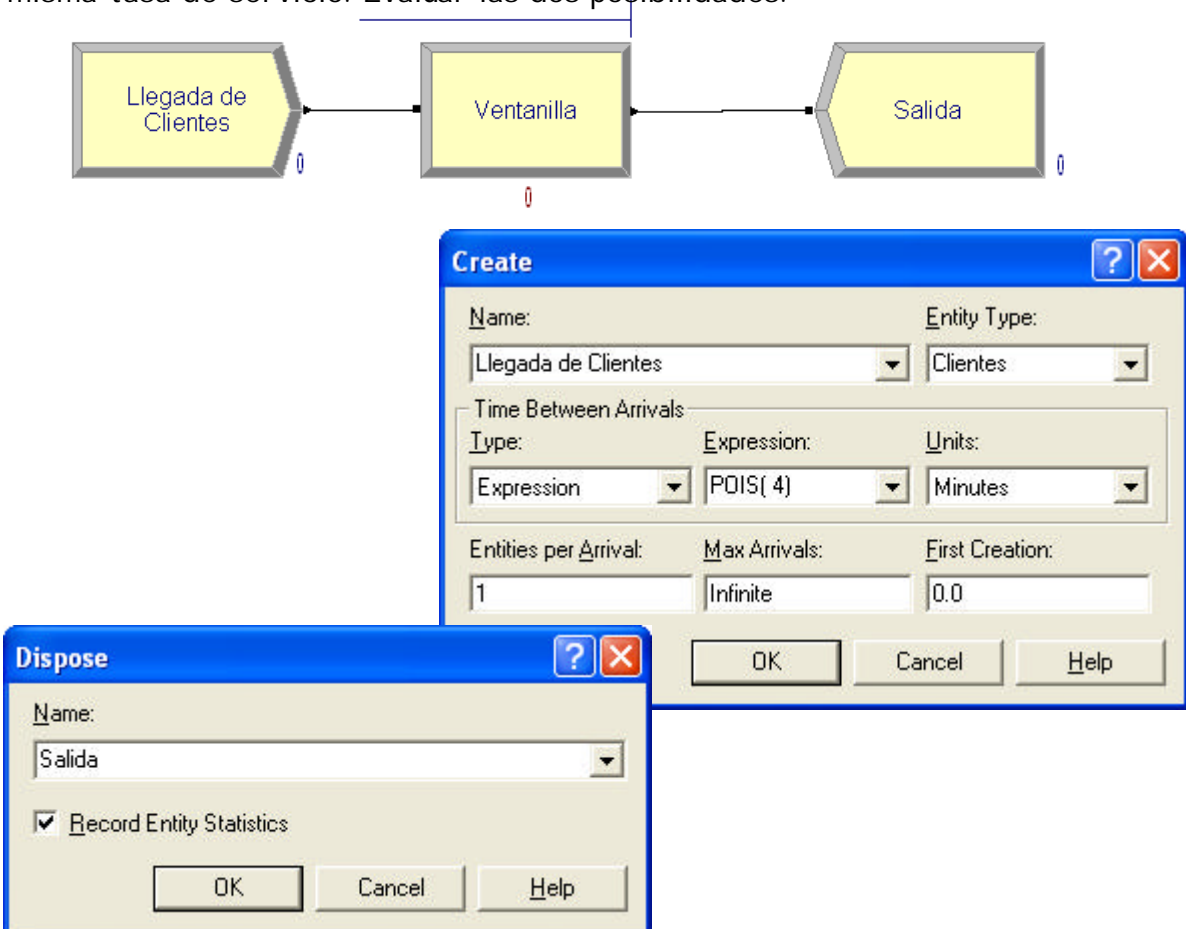
## ILUSTRACIÓN 01

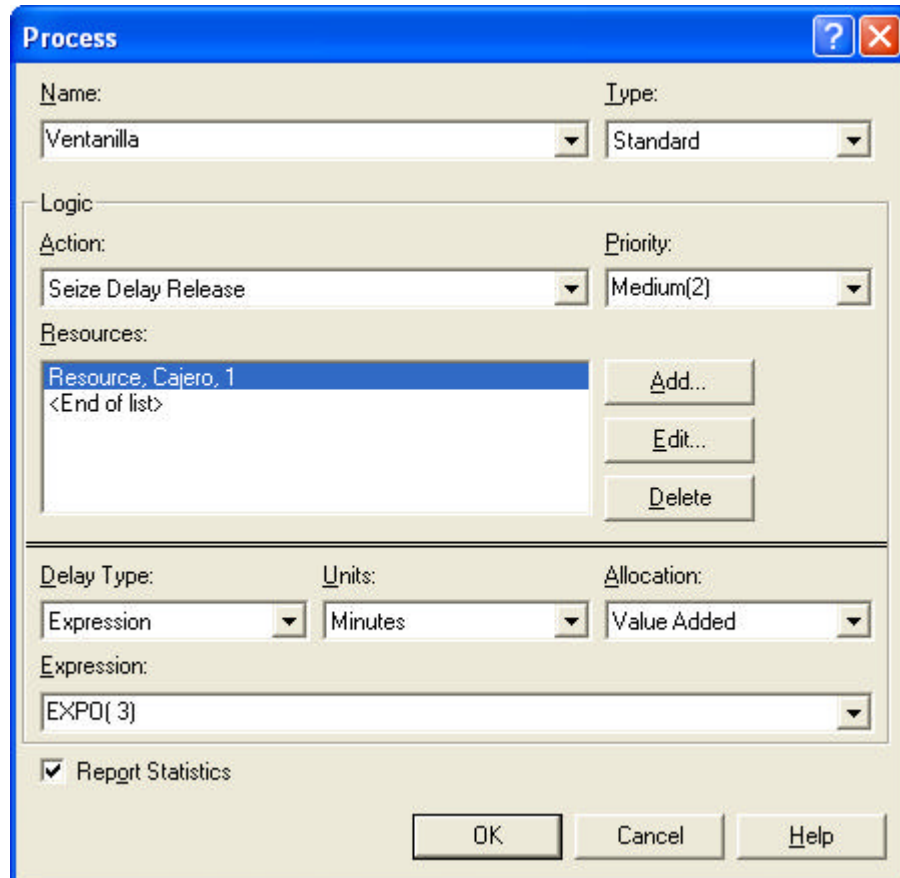
El Banco Nacional piensa abrir una ventanilla de servicio para clientes en automóvil. La gerencia estima que los clientes llegarán cada 4 minutos en promedio. El cajero que estará en la ventanilla puede atender clientes a una tasa de uno cada tres minutos.

Suponiendo que las llegadas son de Poisson y que el servicio es exponencial, encuentre:

1. La utilización del cajero.
2. El número promedio en cola.
3. Número promedio en el sistema.
4. Tiempo promedio de espera en cola.
5. Tiempo promedio de espera en el sistema (incluyendo el servicio).

Por la disponibilidad limitada de espacio y el deseo de proporcionar un nivel de servicio aceptable, el gerente del banco quisiera asegurar, con un 95% de certeza que los clientes no tengan que esperar y sean atendidos inmediatamente. Para ello tiene dos opciones: conseguir que el empleado de la ventanilla trabaje más rápido, o poner más empleados conservando la misma tasa de servicio. Evaluar las dos posibilidades.

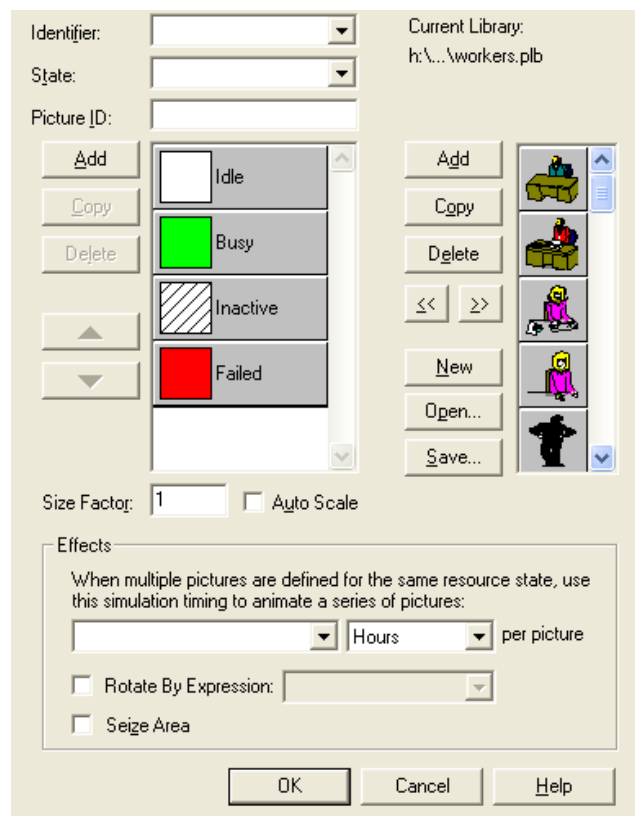




RUN

Animando RECURSO

En la barra de herramientas de Animación, seleccionar Recurso  Aparece el dialogo Resource Picture Placement:







Seleccionar el recurso, en nuestro caso CAJERO:

Identifier:  Current Library: h:\...\workers.plb  
State:

Luego asociar un grafico para idle (desocupado) y busy (ocupado)

Identifier:  Current Library: h:\...\workers.plb  
State:  Picture ID:   
Add Copy Delete  
Idle Busy Inactive Failed  
<< >> New Open... Save...

Para asociar un gráfico a la entidad, seleccionamos el modulo de datos entity:

Entity Queue  
Resource Variable  
Schedule Set

Entity - Basic Process			
	Entity Type	Initial Picture	Holding C
1	Clientes	Picture.Man	0.0

Double-click here to add a new row.

Y escogemos el initial picture



## **PRACTICA LABORATORIO**

### **EJEMPLO**

Una organización del sistema financiero, desea mejorar sus procesos y, dentro de ellos, el de gestión y atención de clientes en las ventanillas de servicio. Considerando la problemática existente, se desea implementar un sistema de atención que optimice los procesos de atención en ventanilla. El sistema tiene una ventanilla de atención con un empleado. Los procesos que sigue un cliente (de tipo único), después de ingresar al sistema son: dirigirse a la maquina emisora de ticket para conseguir un ticket con un número que indica su orden de atención, luego dirigirse a cola en caso el servidor se encuentre ocupado, de la cola dirigirse a la ventanilla de atención, recibir atención en la respectiva ventanilla y finalmente, luego de recibir atención, salir del sistema.

Para sacar su ticket un cliente demora en promedio 12 segundos.

Además, se tiene en base datos el total de clientes que llegaron al sistema, durante los últimos 40 días. Estos datos lo vemos en la Tabla 1.

**Tabla 1:** Muestra de cuarenta días del total de clientes que llegaron al sistema.

<b>Día</b>	<b>Total</b>	<b>Día</b>	<b>Total</b>	<b>Día</b>	<b>Total</b>	<b>Día</b>	<b>Total</b>
1	93	11	93	21	96	31	94
2	94	12	91	22	98	32	94
3	100	13	96	23	94	33	99
4	100	14	96	24	92	34	93
5	93	15	90	25	97	35	96
6	90	16	99	26	91	36	94
7	96	17	100	27	92	37	97
8	92	18	91	28	99	38	91
9	93	19	93	29	92	39	93
10	99	20	98	30	97	40	100

También, se ha levantado una muestra del tiempo entre arribos de sólo 44 clientes. La siguiente tabla contiene esta información.

**Tabla 2:** Tiempo entre arribos de clientes.(min)

<b>Cliente</b>	<b>Tiempo entre arribos</b>	<b>Cliente</b>	<b>Tiempo entre arribos</b>	<b>Cliente</b>	<b>Tiempo entre arribos</b>	<b>Cliente</b>	<b>Tiempo entre arribos</b>
1	00.00	12	01.46	23	00.35	34	01.50
2	00.28	13	03.53	24	02.46	35	02.19
3	03.04	14	00.18	25	00.35	36	02.35
4	00.28	15	02.54	26	06.29	37	10.34
5	00.46	16	00.31	27	03.57	38	00.04
6	00.03	17	04.20	28	00.07	39	00.15
7	02.24	18	00.31	29	04.45	40	08.59
8	00.31	19	04.36	30	04.06	41	01.53
9	00.18	20	03.38	31	06.28	42	05.45
10	02.34	21	03.47	32	01.25	43	00.15
11	11.45	22	01.23	33	00.50	44	06.50

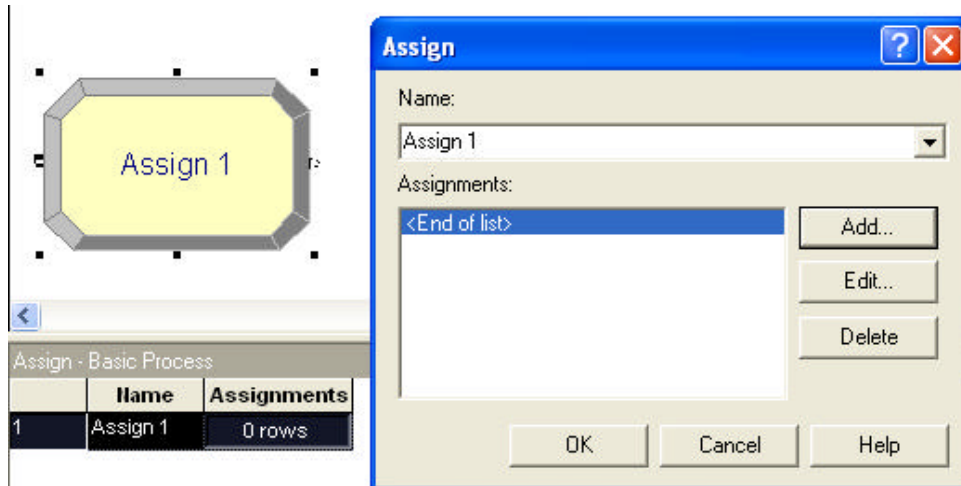
Además, se ha calculado que el tiempo promedio de atención en ventanilla es U(3,5) minutos por cliente.



## SEMANA 03: MODELADO DE OPERACIONES Y ENTRADAS BASICAS

### 7. Módulo ASSIGN (Asignar)

Este módulo se utiliza para asignar nuevos valores a las variables, atributos de entidad, tipos de entidad, imágenes de entidad, u otras variables del sistema. Múltiples asignaciones se pueden realizar con un solo módulo Asignar.



Modelo de variables de estado, tales como costo de entidad y atributos de tiempo o costos de proceso y tiempos, no podrán ser asignados con un valor con el módulo Asignar.

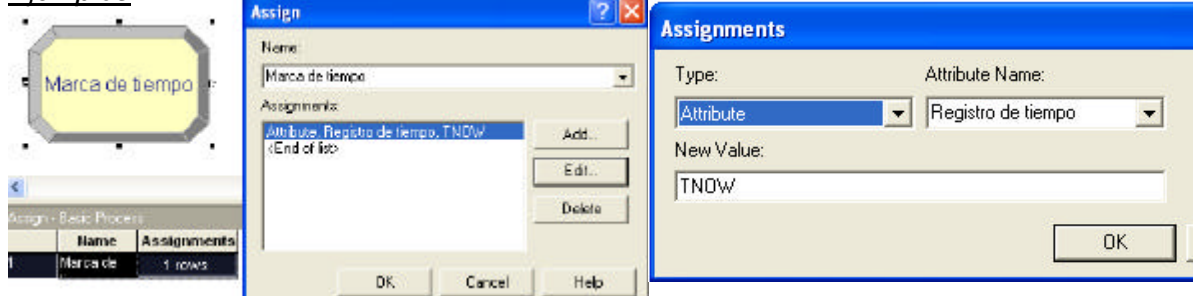
Múltiples asignaciones se realizan en el orden en el que se muestran en el Grupo de Tareas de repetición.

Si una entidad tipo es reasignada, el número de (tipo de entidad entrante) entidades que salen del sistema se incrementa, mientras que el número de (tipo de entidad entrante) entidades procesadas en el sistema disminuye. Entonces, el número de (tipo de entidad saliente) entidades en el sistema se incrementa y el número de (tipo de entidad saliente) entidades procesadas en el sistema se incrementa. Si las estadísticas de entidad (tipo de entidad entrante) se desean antes de cambiar los tipos de entidad, un módulo Registro para recopilar las estadísticas de entidad debe utilizarse antes del módulo Asignar.

Al realizar una asignación tipo de entidad, el nuevo tipo de entidad generará automáticamente el tipo de entidad especificada en la Entidad de hoja de cálculo, utilizando los valores por defecto para la imagen (Picture) de entidad y la información de costos. El valor por defecto puede ser cambiado haciendo click en el módulo Entidad y modificar el tipo de entidad especificada.

Cuando se hace una asignación variable, la variable especificada se añadirá automáticamente a la hoja de cálculo de variable si aún no ha sido definida. Esto incluye arreglos de variables. Sin embargo, las dimensiones de fila y columna de un arreglo de variable deben ser especificadas en la hoja de cálculo de variables antes de ejecutar la simulación.

#### Ejemplos:



Este ejemplo muestra cómo a un atributo, llamado Registro de Tiempo, se le puede asignar un valor. Cuando la entidad entra en el módulo, el tiempo de registro se establece para el tiempo actual de simulación, TNOW. Este atributo podría ser utilizada más tarde en un módulo de registro, utilizando intervalo de estadísticas, para entrar en el intervalo entre el momento en que la entidad pasa a través del módulo de Registro y el momento en que el atributo Tiempo de registro fue asignado.

## 8. Módulo DECIDE (Decisión)

Este módulo permite procesos de toma de decisiones en el sistema. Incluye opciones para tomar decisiones basadas en una o más condiciones (por ejemplo, si el tipo de entidad Gold Card -tarjeta dorada-) o sobre la base de uno o más de probabilidades (por ejemplo, el 75% verdaderas; el 25% falsa). Las condiciones pueden basarse en valores de atributo (por ejemplo, prioridad), los valores de las variables (por ejemplo, Number Denied –número de denegados-), el tipo de entidad, o una expresión (por ejemplo, NQ (ProcessA.Queue)).

Decide - Basic Process			
	Name	Type	Percent True
1	Decide 2	2-way by Chance	50

Hay dos zonas de salida asociados a este módulo. Las entidades que son consideradas "verdadero" va a salir por la parte derecha del módulo, mientras que las entidades "falsos" / "si no" van a salir por la parte inferior del módulo. El "verdadero" punto de salida para el tipo de 2 vías (2-way) es un único punto de salida. El "verdadero" punto de salida para el tipo N-way es un repetible punto de salida, que constará de una salida para cada una de las condiciones o las probabilidades especificadas. Todos los puntos de salida deben ser conectados a otros módulos para ejecutar la simulación. (Nota: pueden ser conectados al mismo módulo, si lo desea).

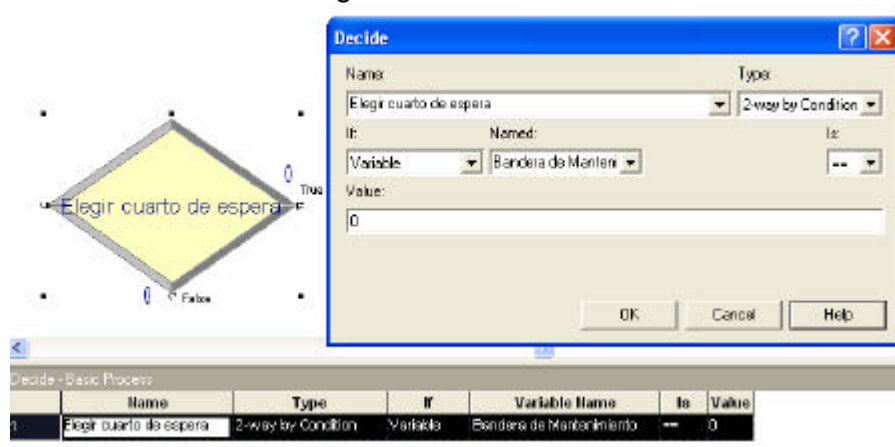
Al utilizar la condición Tipo de módulo, si todas las condiciones especificadas son falsas, la salida de la entidad automáticamente será "falsa" / "si no" por la parte inferior del módulo. Cuando se utiliza el tipo de módulo de oportunidad, una muestra aleatoria se genera cuando una entidad llega al módulo. Si la muestra aleatoria queda fuera de cierto porcentaje verdadero de un rango especificado, la entidad automáticamente sale ("falsa" / "si no") por la parte inferior del módulo. Cuando la utilización de la expresión de un tipo condicional del módulo Decide, un evaluador, tales como los listados en el ("es" – is) debe ser utilizado con la condición. Por ejemplo, una expresión puede ser tan simple como "TNOW > 300" o tan complicado como "Picture.EQ.Document.AND. Process1.VACost.LT.200.AND .Process3.WIP.LE.50".

Cuando compare por la igualdad, un error común es introducir un solo signo igual. Asegúrese de utilizar cualquiera de los dos. EQ. la igualdad o la comparación de operandos, ==.

### Ejemplo:

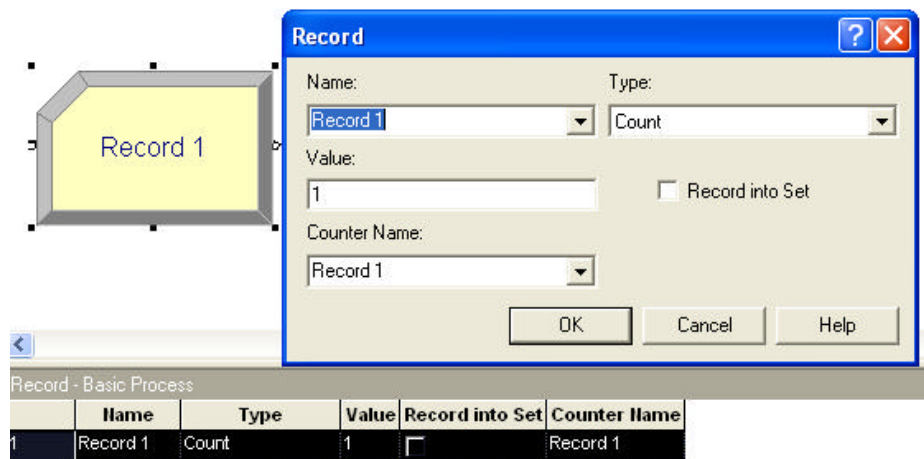
En el siguiente ejemplo, la variable definida por el usuario, Bandera de Mantenimiento, se utiliza para determinar cómo las entidades deben fluir a través

del modelo. Cuando la entidad entra en el módulo Decidir, el valor de la variable se evalúa. Si Bandera de Mantenimiento es igual a 0, la entidad será enviada a (true - "verdadero") la salida, la cual se dirige a otra área en el modelo. Si la variable no es igual a cero, la entidad entrante será enviada a (false - "falsa") la salida, la que puede ser conectada a otra lógica de sistema.



### 9. Módulo RECORD (Registrar)

Este módulo se utiliza para recopilar estadísticas en el modelo de simulación. Varios tipos de observación estadísticas están disponibles, incluyendo el tiempo entre salidas a través del módulo, estadísticas de entidad (tiempo, costos, etc), observaciones de carácter general, e intervalos estadísticos (de algunas marca de tiempo para el actual tiempo de simulación). Con una cifra tipo de estadísticas se encuentra disponible como opción. Tally y contra conjuntos también pueden ser especificados.



Cuando se utiliza intervalo de tiempo para recopilar las estadísticas de intervalo, el atributo puede ser reutilizado una vez que las estadísticas se recogen. Por ejemplo, para coleccionar el tiempo que una entidad gasta en dos procesos en serie, en primer lugar asignar el atributo (usando el módulo Asignar) para el tiempo actual de simulación, TNOW, antes del primer proceso. Luego, después de registrar el intervalo al final del primer proceso, asignar el atributo de nuevo a TNOW para indicar el comienzo del segundo proceso.

La primera llegada en un tiempo entre la estadística no se registra, sino que simplemente inicializa la hora de llegada de datos al módulo Registro.

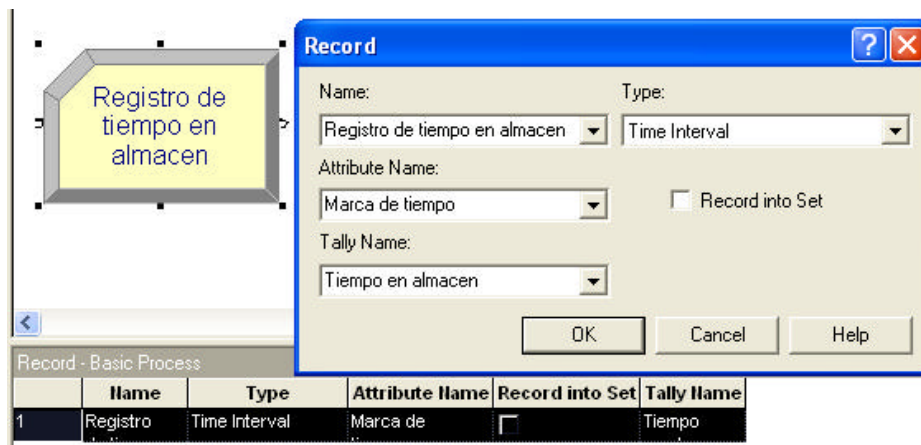
Estadísticas de Entidad incluyen los costos VA, NVA Coste, Coste Espere, transferencia de costos, otro costo, Costo Total, VA Time, NVA Time, el tiempo de espera, tiempo de traslado, otro momento y el tiempo total.

Estadísticas de conteo son incrementadas o decrementadas por mera especificación de una expresión. Un valor negativo decrementara el conteo, mientras que un número positivo incrementará el conteo. La estadística de conteo es un valor entero, por lo que una expresión será truncada a entero antes de ser sumada o restada.

La cuenta (tally) o contrarrestar (counter) los conjuntos se pueden especificar mediante la verificación (check) en la casilla Registro Conjunto. Un recuento puede utilizarse cuando el Tipo es intervalo de tiempo, tiempo entre, o Expresión. Un contador (counter) puede utilizarse cuando el Tipo es contador (counter). La opción estadística de entidad no incluye la casilla Registro de Conjunto. Si se utiliza un conjunto para el módulo de registro, la especificación del conjunto será definido automáticamente en el Conjunto de hojas de cálculo. El conjunto será generado con no miembros. Por lo tanto, el Conjunto módulo debe ser editado o el modelo de simulación proporcionará un mensaje de error, "Este módulo no ha sido editado," cuando un conjunto se define con no miembros. Basta con hacer click en el botón Encontrar (find) para editar el conjunto y añadir miembros.

Una condición se impone para evitar un doble conteo de costos. Cada vez que se registran los gastos (por ejemplo, mediante la especificación de entidades de Estadística en el módulo de Registro), la entidad del tiempo y el costo atributos son automáticamente limpiados después de la grabación.

Ejemplo:



En este ejemplo, cada vez que una entidad llega al módulo de Registro, la diferencia entre el tiempo actual de simulación (TNOW) y el valor del atributo de la entidad denominada Marca de tiempo se registra en el recuento llamado Tiempo en almacén.

## CASO 2.- Montaje electrónico y sistema de prueba

Este sistema representa las operaciones finales de la producción de dos diferentes unidades electrónicas selladas.

Las primeras unidades llamadas Parte A, se producen en un departamento contiguo, fuera de los límites de este modelo, con tiempos entre llegadas que están exponencialmente distribuidos con una media de 5 (todos los tiempos están en minutos) para este modelo. A la llegada, se transfieren (de forma instantánea) al área de preparación de la Parte A, en donde las superficies de unión de las cajas se mecanizan y se trabajan para asegurar un buen sellado y después a la parte se le quita la rebaba, se desbarba y





limpia; el tiempo de proceso para esta operación combinada en el área de preparación de la Parte A sigue una distribución triangular con valores mínimo, máximo y moda de 1, 8 y 4 respectivamente. Después se transfiere la parte (otra vez, de forma instantánea) al sellador.

Las segundas unidades, llamadas Parte B, se producen en un edificio diferente, también fuera de los límites de este modelo, en donde se les retiene hasta que esté listo un lote de cuatro unidades; el lote se envía al área de producción final que estamos modelando. El tiempo entre las llegadas de los lotes sucesivos de la Parte B a nuestro modelo es exponencial con una media de 30 minutos. A la llegada al área de preparación de la Parte B, el conjunto se separa en las cuatro unidades individuales, que se procesan una a una desde este punto y las partes individuales proceden (de forma instantánea) al área de preparación de la Parte B. El proceso en el área de preparación de la Parte B tiene los mismos tres pasos que el área de preparación de la Parte A, excepto que el tiempo de proceso para la operación combinada sigue una distribución triangular con valores mínimo, moda y máximo de 3, 5 y 10 respectivamente. Entonces la parte se envía (de forma instantánea) al sellador.

En la operación del sellador se insertan los componentes electrónicos, la caja se ensambla y se sella, y se prueba la unidad sellada. El tiempo total del proceso para estas operaciones depende del tipo de parte: distribución triangular con valores mínimo, moda y máximo de 1, 3 y 4 respectivamente para la Parte A y Weibull con un valor de 2.5 para el parámetro de escala  $\beta$  y 5.3 para el parámetro de forma  $\alpha$  para la Parte B. Noventa y uno por ciento de las partes pasan la inspección y se transfieren inmediatamente al departamento de envío; si una parte pasa es independiente de si cualquier otra parte lo hace. Las partes restantes se transfieren de forma instantánea al área de retrabajo en donde se les desensambla, repara, limpia, se ensamblan de nuevo y se les pone a prueba otra vez. Ochenta por ciento de las partes que se procesan en el área de retrabajo se recuperan y transfieren de forma inmediata al departamento de envío como partes reprocesadas y el resto se transfieren de forma instantánea al área de descarte. El tiempo para reprocesar una parte sigue una distribución exponencial con una media de 45 minutos y es independiente del tipo de parte y de la disposición de la última (recuperación o descarte).

Se quiere recopilar estadísticas en cuanto a uso del recurso, número en cola, tiempo en cola y tiempo de ciclo (o tiempo total en el sistema) en cada área por separado para las partes enviadas, recuperadas o descartadas. En un principio ejecutaremos la simulación para cuatro turnos consecutivos de 8 horas, o 1920 minutos.

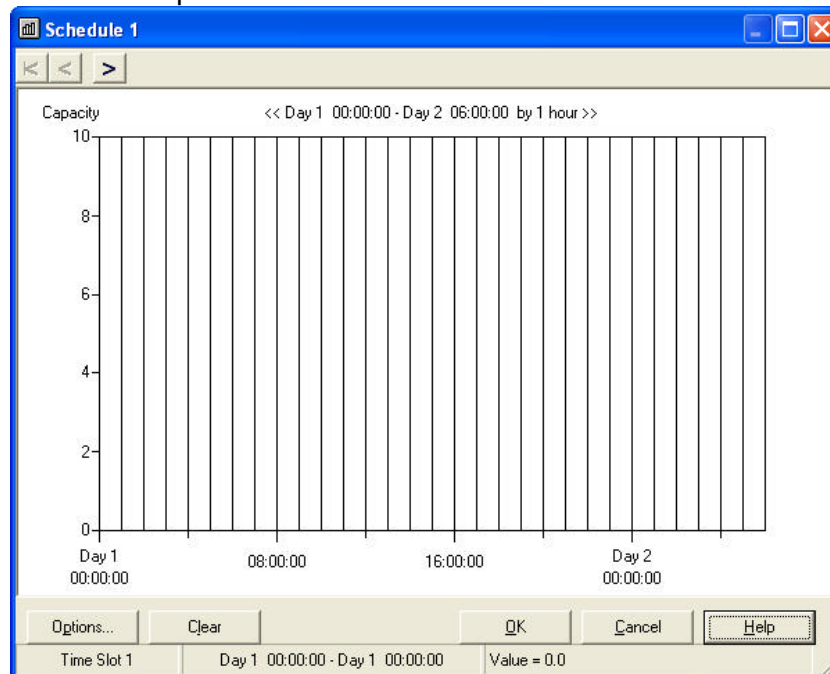
## 10. Módulo SCHEDULE (Programar)



### Schedule

Este módulo de datos puede ser utilizado en conjunto con el módulo recurso para definir un calendario de funcionamiento de un recurso o con el módulo Crear para definir un calendario de llegada. Además, un *programa* (schedule) puede ser utilizado y hace referencia al factor demora de tiempo basado sobre el tiempo de simulación. Duración formato *programas* se definen dentro de este módulo. El formato Calendario de *programas* (schedules) son definidos por la selección de los Caendarios de *programas*, comando de patrones de tiempo en el menú Editar.

El editor gráfico de *programación* se invoca cuando se hace click en la columna duración de un *programa* (schedule). Este editor gráfico permite la entrada de un recurso, llegada, o cualquier otro tipo de *programa*. El formato de datos de duración pueden introducirse manualmente haciendo click derecho en la columna duración de un *programa* y seleccionándolo a través de la ventana de diálogo Editar. Esta forma manual de entrada de datos es requerida si sus duraciones de tiempo no son enteros (por ejemplo, 3.57 minutos) o si alguno de los datos incluye expresiones (por ejemplo, un tiempo de duración estocástico como la EXPO(5,8)). Cuando se utiliza el tipo *programas* de llegada, el valor especificado es el número de llegadas por hora. Independientemente de las unidades de tiempo base de simulación especificado en el cuadro de diálogo Parámetros de replicación, este valor será siempre llegadas por hora y entonces se convierte internamente a las unidades de tiempo de simulación. Otro tipo de *programas* requieren la función SchedValue("nombre *programa*") para acceder a la información del *programa* desde el modelo. El factor de escala sólo afectará a los valores en el *programa* no las duraciones. Cuando se utilizan los recursos *programas*, la regla de *programa* se especifica en la hoja de cálculo de recursos y será utilizada para determinar qué acción se llevará a cabo cuando el recurso se encuentra ocupado y un descenso *programado* de la capacidad ocurrirá.



### Programas del Recurso

Puede comenzarse la definición de un programa de recurso a partir del modulo recurso, haciendo click en la columna tipo (type) y seleccionando *Based on Schedule (Basado sobre un programa)*, como se muestra a continuación:



Resource - Basic Process									
	Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Statistics
1	Resource 1	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>

Double-click here to add a new row.

Fixed Capacity  
Based on Schedule

Después de hacer esta elección Arena añadirá 2 columnas nuevas: Nombre del programa y regla del programa

Resource - Basic Process										
	Name	Type	Schedule Name	Schedule Rule	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Statistics
1	Resource 1	Based on Schedule	1	Wait	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>

Double-click here to add a new row.

Wait  
Ignore  
Preempt

La regla de programa (Schedule rule), puede afectar el tiempo específico en que de hecho cambiará la capacidad definida por el programa. Existen 3 opciones para la regla de programa: Esperar (wait), ignorar (ignore) y dejar inconcluso (preempt). Si se programa que ocurra una disminución de la capacidad de x unidades y por lo menos x unidades del recurso están ociosas, las tres opciones hacen que x unidades de la(s) unidad(es) del recurso se queden inactivas. Pero si hay menos de x unidades del recurso ociosas, cada regla del programa responde de diferente manera:

- **Ignore**- empieza el tiempo de duración del cambio de programa o falla inmediata, pero permite el recurso ocupado hasta finalizar el procesamiento de la entidad actual entidad antes de efectuar el cambio de capacidad
- **Wait**- espera hasta que el recurso ocupado ha terminado de procesar la entidad actual antes de cambiar la capacidad del recurso o iniciar la falla e iniciar el tiempo de duración del programa de cambio o falla.
- **Preempt**- Interrumpe el procesamiento actual de la entidad, los cambios de capacidad del recurso e inicia el tiempo de duración del programa de cambio o la falla inmediata. Los recursos reanudarán el procesamiento de la entidad preempted tan pronto como el recurso esté disponible (después de programar el cambio o la falla). Intenta dejar inacabada la última unidad del recurso tomado para echarlo fuera de la entidad de control. Si dejar inconcluso tiene éxito y es suficiente una unidad de capacidad, entonces la reducción de capacidad comienza inmediatamente.

## 11. Módulo FAILURE (Falla)



Failure

El módulo de fallas está diseñado para su uso con recursos. Cuando ocurre una falla, todo el recurso (independientemente de su capacidad) falla. Las fallas son diseñadas para ser usadas con recursos de una sola capacidad o con recursos múltiples cuya unidades de capacidad individual todas fallan al mismo tiempo.

El módulo de fallas se usa en conjunto con el módulo de recursos (panel proceso básico) y también puede ser usado en conjunción con el módulo Stateset (panel Advanced Process). Cuando especifica el tiempo de actividad en este Estado solamente, se especifica el estado debe ser miembro de un modulo stateset definido o un autostates (tales como ocupado, inactivo). Las fallas basadas en cuenta (Count) ocurren después que el recurso ha sido liberado el número de veces especificado

Si además ocurre un fallo mientras que una falla este en curso, se actuará en forma consecutiva en el orden en que se produjo (es decir, el segundo fracaso tendrá su duración completa, comenzando inmediatamente después del primer fracaso finalice).

Failure - Advanced Process							
	Name	Type	Up Time	Up Time Units	Down Time	Down Time Units	Uptime in this State only
1	Failure 1	Time	1.0	Hours	0.0	Hours	



## 12. Módulo Statistic (Estadística)



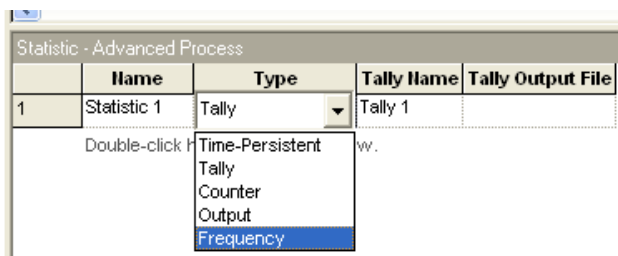
### Statistic

El modulo Estadística se usa para definir las estadísticas adicionales que serán coleccionadas durante la simulación y también para especificar los archivos de datos de salida. Si bien las estadísticas de resumen (por ejemplo, promedio y máximo) se generan de forma automática para cada estadística, si especifica un archivo de salida, entonces cada observación (por ejemplo, cada recuento registrado) se escribe en un archivo de salida. El tipo de estadísticas que puedan definirse en el módulo de Estadística son persistentes en el tiempo, recuentos (datos de observación), cuenta base, salidas, y base de frecuencias.

En Arena, muchas estadísticas son automáticamente recogidas directamente en un módulo. Sin embargo, puede que desee recoger datos estadísticos adicionales, tales como las frecuencias para el estado de un recurso o más complicadas estadísticas persistente en el tiempo. Estadísticas básicas también están disponibles para ser guardados en un archivo de salida, que más tarde puede ser utilizada para el análisis de datos.

Una opción de configuración (Herramientas / Opciones / Ejecutar Control / Escribir Estadística en archivos de salida como texto) determina si la salida de archivos de datos debe ser escrita en texto o binario. Si la opción texto está seleccionada, archivos con valores separados por comas (CSV) son generados y pueden ser leídos por editores de texto, Excel y muchos otros programas populares. Si la opción texto no está seleccionada, entonces los archivos se generan en forma binaria para su uso con el analizador de salida de Arena. El analizador se debe instalar utilizando la opción customer. A pesar de que usted puede utilizar cualquier nombre de archivo válido, archivos de texto con la extensión \*.csv será automáticamente reconocida por muchas aplicaciones, archivos binarios con la extensión \*.dat será automáticamente reconocida por el analizador de salida. Para realizar el análisis de los resultados de la simulación, tal como la comparación de los resultados de dos configuraciones del sistema para evaluar si existe una diferencia significativa en su funcionamiento, el módulo de Estadística se puede utilizar para guardar cada valor observado de un modelo estadístico a un archivo de datos de salida. La salida del analizador de opciones (como las comparaciones, para comparar dos estadísticas) usar estas observaciones individuales para la realización de análisis.

Salida de archivos de datos contendrá un registro de cada valor observado (estadísticas de observación y conteo) o cambio en el valor (persistencia en el tiempo y estadísticas de frecuencias). Los registros consisten en un par de valores: el valor y el momento en que se haya producido. Si desea almacenar las estadísticas que se definen en otros módulos de Arena en archivos de salida de datos, insertar una nueva Estadística del tipo adecuado y seleccionar el nombre de estadística en la lista desplegable. Por ejemplo, si un registro módulo define un contador llamado Piezas



Completadas, puede almacenar sus observaciones a un fichero de datos de salida de una nueva inserción de contadores de tipo estadístico y la selección de piezas, a fin de corregir la referencia contador.

Una o más categorías podrán ser excluidas de algunas frecuencias de cálculo con el fin de reunir estadísticas sobre un subconjunto limitado. Esto se indica mediante la especificación Excluir de la Opción Categoría para el tipo de frecuencias



estadísticas. El resumen del informe muestra ambas estadísticas: estándar y de restricción, para todas las frecuencias especificadas.

	Name	Type	Frequency Type	Expression	Report Label	Output File	Categories
1	Statistic 1	Frequency	Value	Expression 1	Statistic 1		0 rows

Double-click here to add a new row.

### CASO 2\_B.- Montaje electrónico Mejorado y sistema de prueba

Luego de mostrar el modelo Caso 2 y los resultados obtenidos a la administración de producción. Quienes hicieron la primera observación en el sentido que no hubo una definición completa de cómo funciona el sistema. Quien desarrolló la definición del problema sólo vio la operación del primer turno. Pero de hecho este sistema opera dos turnos por día, y en el segundo de ellos hay dos operadores asignados a la operación de revisión. Esto podría explicar que la operación de revisión podría no tener suficiente capacidad. La administración de producción también notó que tiene un problema de falla de operación del sellado. Con periodicidad, la máquina selladora se descompone. Los de ingeniería vieron el problema hace tiempo y recopilaron datos para determinar el efecto en la operación de sellado. Ellos pensaron que estas fallas no requerían ningún esfuerzo significativo para corregir el problema porque no percibían que la operación de sellado resultará un cuello de botella. Sin embargo, si registraron sus observaciones, que aún están disponibles. Asumamos que se encontró que el tiempo de funcionamiento medio (del final de una falla al comienzo de la siguiente) era de 120 minutos y que la distribución del tiempo de funcionamiento es exponencial (que por cierto, a menudo se le usa como un modelo realista para tiempos de funcionamiento, si las fallas ocurren aleatoriamente a una tasa uniforme en el tiempo). El tiempo para reparar también sigue una distribución exponencial con una media de 4 minutos.

Además, la administración de producción indicó estar considerando la compra de estantes especiales para almacenar las partes en espera en el área de revisión. Estos estantes pueden tener diez ensamblados cada uno y a ella le gustaría saber cuántos estantes comprar. Nuestro siguiente paso es modificar el modelo para incluir estos tres nuevos aspectos, que nos permitirán usar características adicionales de Arena.

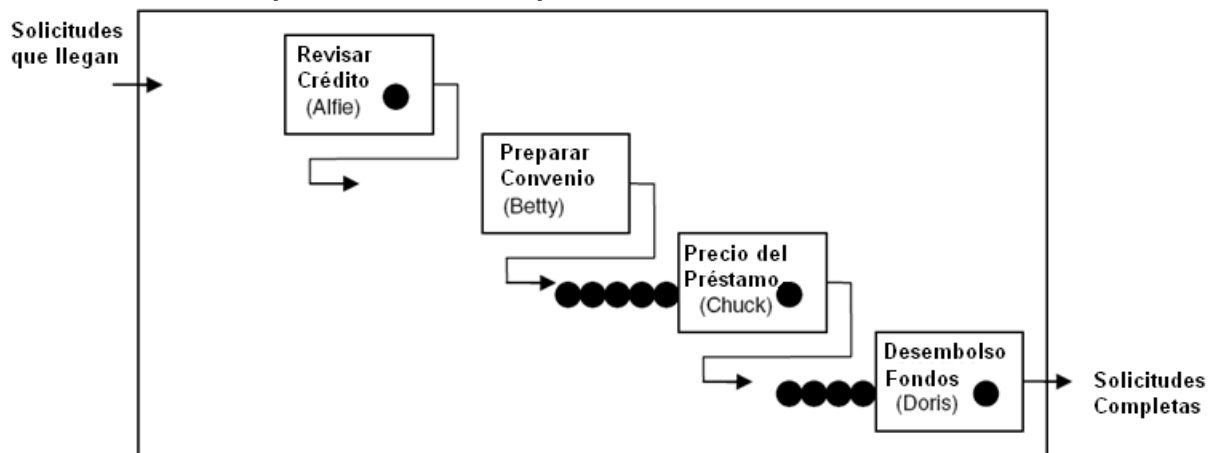


## SEMANA 03: PRACTICA LABORATORIO

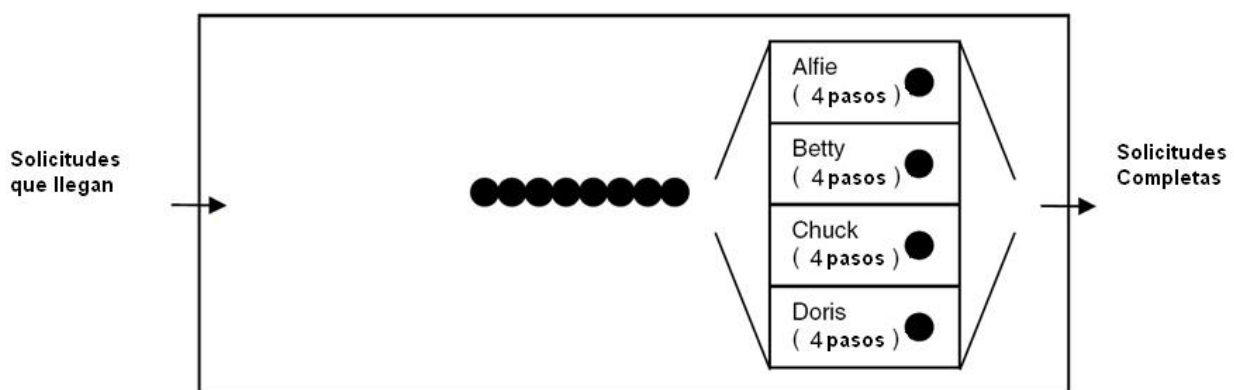
### CASO: Procesamiento serial especializado frente a procesamiento paralelo generalizado

Considere una oficina de solicitud de préstamos, en donde llegan las solicitudes con tiempos entre llegadas de distribución exponencial con una media de 1.25 horas; la primera solicitud llega en tiempo cero. Procesar cada solicitud requiere cuatro pasos: primero revisar el crédito (esto toma tiempo pero todos pasan), después preparar el convenio de préstamo, luego ponerle precio al préstamo y por último, el desembolso de los fondos. Para cada solicitud, los pasos deben hacerse en ese orden. El tiempo para cada paso es de distribución exponencial comedia de 1 hora, independientemente de los otros pasos y del proceso de llegada. Inicialmente, el sistema está vacío y desocupado, y lo ejecutamos por 160 horas (alrededor de un mes de trabajo). Las medidas de desempeño de salida incluyen el número promedio y el número total máximo de solicitudes en proceso y el tiempo total promedio y máximo, desde la entrada hasta la salida, que pasan las solicitudes en el sistema, así como su tiempo de espera para que el siguiente paso comience. Hay cuatro trabajadores disponibles (Alfil, Betty, Check y Doris) todos igualmente calificados para cualquiera de los cuatro pasos y la pregunta es como emplearlos mejor.

#### • Solicitud de préstamo serial especializado



#### • Solicitud de préstamo paralelo generalizado



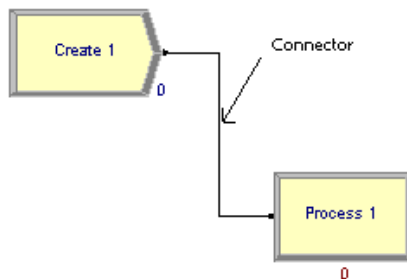


## SEMANA 04: MEJORANDO LAS ANIMACIONES

### 4.1. Animación de Entidades

Hay dos formas de mostrar a las entidades moviéndose a través del sistema:

El *Conector de Animación* ofrece un mecanismo para ver a la entidad fluyendo a lo largo de los conectores, son las líneas que conectan los módulos gráficamente. Entidades a lo largo de los conectores de animación, esto se denomina "diagrama de flujo de animación", ya que es la animación de la entidad a través de la lógica de pasos que representan el sistema. Este método trata únicamente de entidades sin movimiento, y como resultado, se produce sin hacer avanzar el reloj de simulación, o en "tiempo cero". Además, la animación básica se puede añadir a su modelo de objetos utilizando la barra de herramientas de animación.



*La facilidad base de animación* es otro método de animación donde las entidades fluyen a través del sistema. La facilidad base de animación usa estaciones para representar los lugares físicos donde los procesos específicos o acontecimientos ocurren, e implica la animación de las relaciones físicas, tal como existen en el sistema real. Este método implica los tiempos no-cero de viaje de las entidades y permisos de circulación restringida mediante un dispositivo de manipulación de materiales (por ejemplo, una cinta transportadora). Para utilizar este método, tendrá que utilizar para el modelado el panel de transferencia avanzada para diseñar el sistema en consecuencia y, a continuación, tendrá que usar la barra de herramientas de Transferencia de animación para animar correctamente la transferencias de entidades.

### 4.2. Animación de una serie de cuadros

La animación de una serie de cuadros está disponible en Resource Picture Placement (colocación de cuadros de recurso), Transporter Picture Placement (colocación de *cuadros de transporte*) y la caja de diálogo de Global Picture Placement (*colocación de imagen global*) en la barra de herramientas de animación. Con esta característica se añadirán fácilmente efectos de animación, como una broca en movimiento de arriba a abajo mientras que un recurso está ocupado, o la rotación de las llantas en un transportista, mientras que el transportista está en movimiento. Si varias imágenes están definidas por los mismos estados del recurso, estado de transportador, o desencadenar valores en una lista de cuadros, puede animar esa serie de imágenes para el estado de activación o valor utilizando un determinado momento (en tiempo de simulación). Cuando anima un estado o valor que tiene varias imágenes, Arena se inicia con la primera imagen definida por el estado o valor de iniciación en la lista de imagen. Luego, después de cada avance de tiempo de simulación, la expresión de tiempo se utiliza para animar la siguiente imagen (o imágenes) en la serie para el período de tiempo simulado.

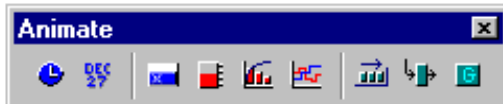
Si, al evaluar el calendario de expresión, la expresión no se especifica o devuelve un valor inferior o igual a cero, entonces Arena seguirá mostrando la última imagen animada para el estado de activación o valor. Puede establecer el calendario de expresión a cero durante una corrida de simulación dinámica "desactivando" la serie de imágenes de animación (por ejemplo, para no mostrar la rotación de las ruedas de un transporte cuando el transporte esta detenido).

### 4.3. Animación de la cola de llegadas

Cuando una entidad entra en la cola que está siendo animada, Arena utiliza el valor de la duración máxima para animar la cola de llegada de campo para determinar la velocidad de la animación de llegada. La imagen de la entidad animada se desplaza a lo largo del camino señalado para la cola hasta que la entidad llega a su posición de orden en la cola.

Si la duración máxima para animar la cola de llegada se especifica como 0, a continuación, una imagen de la entidad se muestra inmediatamente en su posición de orden en la cola.

### 4.4. Barra de herramientas de Animación



La barra de herramientas de animación proporciona una interfaz básica para la animación de objetos Arena.

Usando los botones de la barra de herramientas es el único medio de acceder a estos puntos (no están disponibles en algún menú de Arena).

Para ocultar o mostrar la barra de herramientas de animar (ver imagen superior), elija Barras de herramientas del menú Ver y haga click en Animate (o click con el botón derecho sobre cualquier barra de herramientas visible y recoger Animate de la lista).

#### Objetos básicos de animación

Los objetos de la barra de herramientas de animación se utilizan para añadir gráficos animados a su ventana del modelo. La animación de objetos básicos se detalla a continuación:

##### Pantallas de Estado

- *Reloj*  
Muestra el valor del tiempo de simulación en horas, minutos y segundos.
- *Fecha*  
Muestra el valor del tiempo de simulación en días, meses y años.
- *Variable*  
Muestra el valor de una expresión matemática o lógica.
- *Nivel*  
Muestra el valor de una expresión en relación a valores mínimos y máximos especificados.
- *Histograma*  
Muestra la distribución del valor de una expresión dentro de un rango especificado. Barras verticales representan la proporción de tiempo de simulación que una expresión del valor se ha reducido en diferentes gamas (o células).
- *Plot*  
Muestra la historia del valor de una expresión en un determinado intervalo de tiempo. A medida que la simulación progresa, una línea gráfica del valor se traza contra el tiempo de simulación.

##### Zonas de espera

- *Queue*  
Muestra un conjunto ordenado de las entidades que están esperando que un evento ocurra (por ejemplo, un recurso cada vez este disponible).

##### Pictures

- *Recursos*  
Los recursos son objetos (como las personas, ordenadores, máquinas, etc) con una capacidad limitada que pueden ser asignados a las entidades. Un recurso puede estar en uno de tres estados: desocupado (idle), ocupado (busy), o



inactivo (inactive). Durante la ejecución, la imagen del recurso cambia basado en el estado del recurso.

- Global

Globals son imágenes asociadas con una expresión definida o con el sistema definido por el usuario, variables, atributos o entidad. Durante la ejecución, los cambios de global Picture cuando el valor de de expresión sea igual o superior a un determinado valor de iniciación.

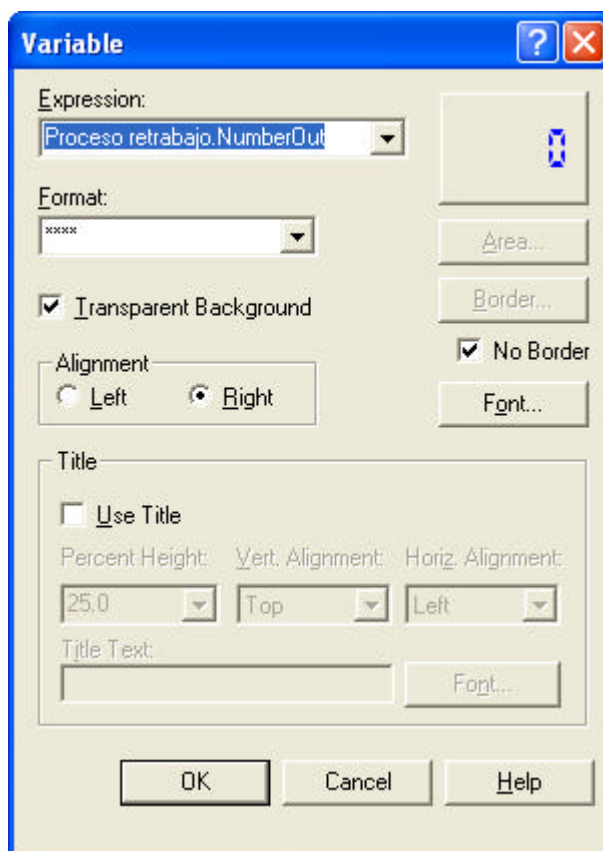
#### a. Caja de Dialogo de Variable



Una variable es animada haciendo click en el botón variable de la barra de herramientas de animate. Puede modificar la variable características cuando el cuadro de diálogo aparece por primera vez antes de colocar el objeto, o haciendo doble click sobre una variable existente.

Los mensajes que se muestran en el diálogo de variable de son los siguientes:

- Expresión.- Define la expresión que se mostrará.
- Formato.- Define la aparición de la variable.
- Fondo transparente.- Determina si el cuadro que contiene la expresión es transparente.
- Alineación.- Establece el derecho a expresión de izquierda-o justificado.
- No Border.- Determina si la variable objeto mostrará su frontera
- Área... /... de Fronteras / Font....- Cambia el tipo de letra y colores de pantalla.
- Título.- Define las características título



Utilizar el Builder de expresión para ver fácilmente las variables y construir o modificar la expresión.

Después de definir las características de la variable, haga click en Aceptar, y el cursor aparecerá como una *cruz de pelos* que indica que esta listo a colocar la variable en la ventana.

Haga click en la ubicación deseada de una esquina de la zona de las cajas. A medida que mueve el ratón, se percata de un marco que va desde la esquina inicial a la ubicación actual del cursor. Si desea limitar la casilla situada junto a un cuadrado, mantenga pulsada la tecla Mayúsculas mientras mueve el ratón. Siguiendo el paso a la ubicación deseada de la esquina opuesta de la zona de las cajas y haga click de nuevo para completar la colocación.

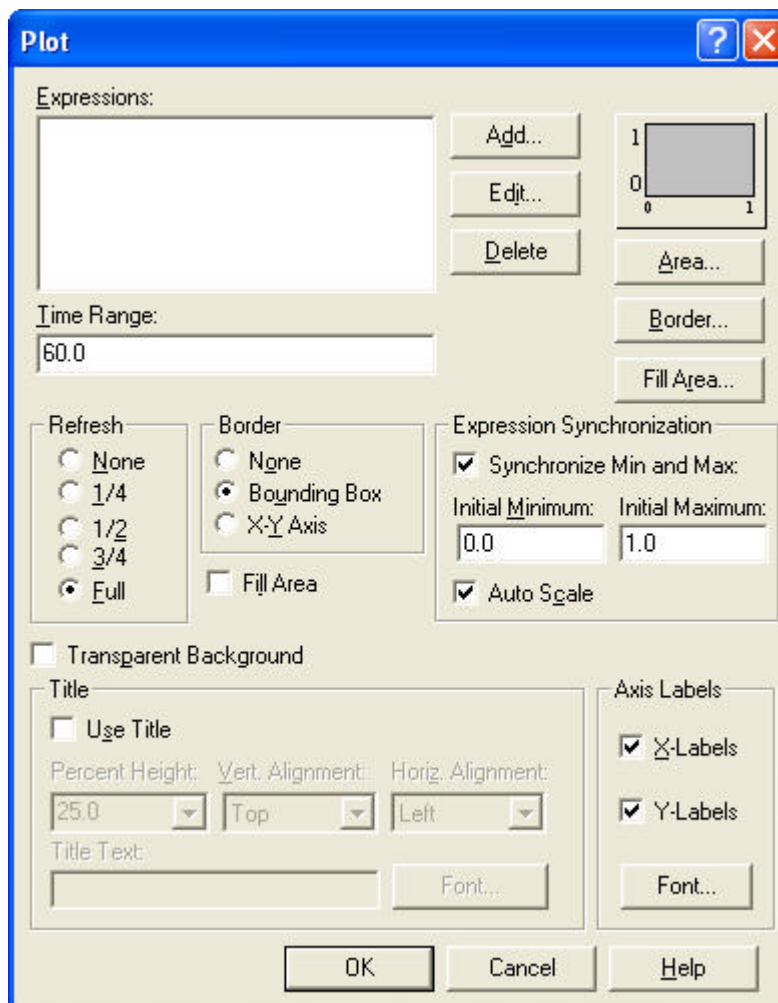
## b. Caja de Dialogo de Plot



Un plot es animado, haciendo click en el botón plot de la barra de herramientas de animación. Puede editar las características de plot cuando el cuadro de diálogo aparece por primera vez antes de colocar el objeto, o haciendo doble click sobre un plot existente.

Los mensajes que se muestran en el diálogo de plot son los siguientes:

- Expresiones.- Define la(s) expresión(es) a ser controladas
- Time Range.- Determina el rango de tiempo representado por el eje horizontal de plot.
- Zona de relleno.- Define el plot como un área llena de plot (en caso de comprobarse) o como una línea de plot (en caso de no comprobarse)
- Fondo transparente.- Determina si la imagen que contiene la trama es transparente
- Actualizar.- Determina actualización de plot
- Frontera.- Define la frontera de plot.
- Area.../Border.../Llenar ... .- cambia los colores de características de plot.
- Expresión de sincronización.- Opción para sincronizar todos los valores mínimo y máximo en todas las expresiones de seguimiento.
- Título.- define las características del título
- Etiquetas de los ejes.- Opciones Label



Después de definir las características de plot, haga click en Aceptar, y el cursor aparecerá como una cruz de pelos que indica que los usuarios están listos para colocar un plot en la ventana.

Haga click en la ubicación deseada de una esquina de la zona de las cajas. A medida que mueve el ratón, se mostrará un marco delineado que va desde una esquina inicial hasta la ubicación actual del cursor. Si desea limitar la casilla situada

junto a un cuadrado, mantenga pulsada la tecla Mayúsculas mientras mueve el ratón. El siguiente paso es hacer click de nuevo para completar la colocación.

### c. Caja de Dialogo de Queue



Una cola puede ser animada haciendo click en el botón queue de la barra de herramientas anime. Puede editar las características cola antes de colocar la cola (cuando el cuadro de diálogo aparece por primera vez) o haciendo doble click en una cola existente.

Los mensajes que se muestran en la cola de diálogo son los siguientes:

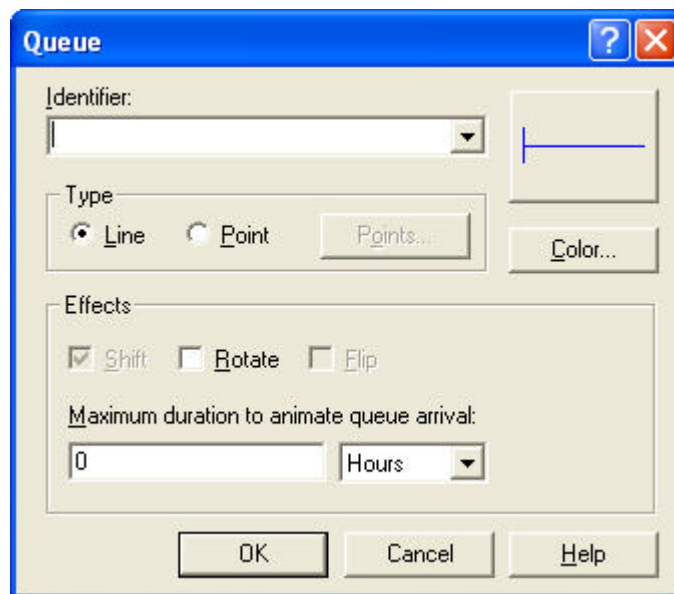
- Identificador.- Posee el nombre de la cola o el número.
- Tipo.- Especifica un punto o tipo de línea.
- Puntos.- Cambia el número de posiciones de un punto tipo sala de espera.
- Color.- Establece la cola de color.

#### Efectos

- Turno.- Determina si o no cambio de fotos con interés cuando un tema es eliminado de un punto tipo sala de espera (siempre habilitada para la cola de animación).
- Girar.- Determina foto orientación.
- Flip.-Determina foto orientación.
- Duración máxima para animar la llegada a cola.- La duración de la simulación tiempo que se tardaría en pasar de una entidad de un extremo de la cola a los demás. Se utiliza para determinar la velocidad de la llegada de animación.

Después de definir las características de la cola, haga click en Aceptar y el cursor aparecerá como una cruz de pelos que indica que los usuarios están dispuestos a colocar la cola en la ventana.

Para colocar un punto de tipo cola, haga clic una vez en cada ubicación deseada de un punto de posición. A medida que mueve el ratón de un punto a otro, te darás cuenta de un marco que va desde el último punto



que definió a la actual posición del cursor. Cuando haya terminado de añadir todos los puntos, haga doble click para completar la colocación.

Para colocar una línea de tipo cola, haga clic en el lugar deseado para representar a la cabeza de la línea. A medida que mueve el ratón, te darás cuenta de un marco que va desde la cabeza de la línea a la actual del cursor. Mover el ratón al lugar deseado para representar el final de la línea y haga clic de nuevo para completar la colocación.

Una vez que existe una cola, para mover toda la cosa de un lugar a otro en la ventana, asegúrese de seleccionar haciendo click en la línea (o cualquiera de las líneas en un punto del tipo de zona). Al hacer click y arrastrar uno de los puntos se moverá sólo que apuntan a una nueva ubicación, en lugar de todo el objeto.



#### d. Caja de Dialogo de Resource



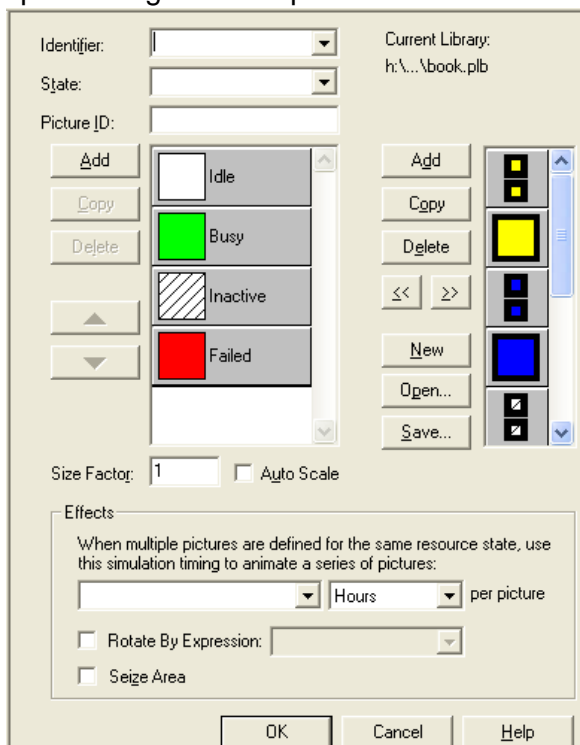
Para definir una imagen de recursos para la animación, primero debe acceder a la caja de diálogo de imágenes, haga click en el botón de recursos en la barra de herramientas de animar.

Utilice el campo de identificación en la caja de diálogo para situar la imagen del recurso a representar. Dado que los recursos de animación es tal que durante la ejecución de la simulación la imagen del recurso cambia basado en su estado, una imagen distinta puede estar asociada al recursos en cada estado (desocupado, ocupado, inactivo, falla, o algún estado definido por el usuario).

El diálogo Resource Picture Placement se divide en dos grandes secciones. La lista de imágenes (a la izquierda) representa las imágenes que se han definido como la animación de un recurso. La Galería (a la derecha) es simplemente una biblioteca de imágenes que están disponibles para su uso. (Los botones open y el save pueden ser usados para abrir o guardar la imagen de las bibliotecas/a disco -.PLB archivos-; el botón New borra la imagen que aparece actualmente la lista biblioteca.) Usted puede usar cualquiera de las imágenes en la Galería de selección la imagen y el uso del botón << para copiar el objeto a la lista de imágenes para representar los recursos. (Al hacerlo, asegúrese de tener la entrada correspondiente tanto a la izquierda y a la derecha seleccionada, de modo que la imagen se copia al destino deseado.)

Adicionalmente a la Galería, también puede crear sus propias imágenes para representar los recursos. Haciendo doble click en una imagen de entrada para abrir la ventana del editor de imágenes donde se puede entonces utilizar las funciones Arena de edición y dibujo para crear sus propias figuras. Cierre esta ventana y volverá a la colocación de imágenes de diálogo donde se puede completar la definición de su lista de imágenes.

La opción Tamaño Factor puede utilizarse para ampliar o reducir la lista completa de imágenes, o puede simplemente modificar el tamaño del objeto gráficamente en la ventana una vez que se coloca. La opción Auto-Scale (que aparece sólo durante la edición de la colocación inicial de una imagen) hace que la imagen se adapte al actual nivel de zoom del modelo.



Una vez que la lista de imágenes es definida para el recurso, haga click en Aceptar. El cursor aparecerá como una cruz de pelos, lo que indica que usted está listo para colocar los recursos de imagen en la ventana. Trasladar a la ubicación deseada y haga click para colocar. Para cambiar las características de un recurso de imagen que ya existe en la ventana, haga doble click sobre la imagen para acceder al diálogo colocación de imágenes. A continuación, puede proceder a copiar las imágenes desde la biblioteca de imágenes, dibujar nuevas fotos, etc.

#### Efectos de imágenes

Cuando varias imágenes están definidas para el mismo estado



del recurso de la lista de imágenes, se puede animar una serie de imágenes de ese estado usando un tiempo especificado (en tiempo de simulación).

La opción Rotate By Expression añade la capacidad de rotación de las imágenes de recursos y/o el punto Resource Picture Seize en una dirección horaria. Esta opción también se puede utilizar en conjunto con el módulo Adjust Variable (Advanced Process panel).

Un recurso puede ser mostrado por sí solo o con una entidad o entidades que lo tomarán, asociando un área de toma de los recursos con la imagen.

#### 4.5. Módulo Estación (Station)



En este módulo se define una estación (o un conjunto de estaciones) correspondiente a una posición física o lógica donde un procesamiento ocurre. Si el módulo estación define un conjunto de estaciones, efectivamente se define múltiples lugares de procesamiento.

Station

La estación (o cada estación dentro de un conjunto definido) tiene un área de actividad común que es utilizado para comunicar los tiempos y costos acumulados por las entidades en esta estación. Este nombre de área de actividad es el mismo que la estación. Si un área de actividad padre se define, entonces también se acumula tiempos y costos de las entidades en esta estación.

The screenshot shows a dialog box titled "Station". It has a blue title bar with a question mark icon and a close button. The dialog contains the following fields and controls:

- Name:** A text box containing "Estacion arriba Parte A".
- Station Type:** A dropdown menu showing "Station".
- Station Name:** A dropdown menu showing "Estacion Parte A".
- Parent Activity Area:** An empty dropdown menu.
- Associated Intersection:** An empty dropdown menu.
- Report Statistics:** A checked checkbox.
- Buttons:** "OK", "Cancel", and "Help".

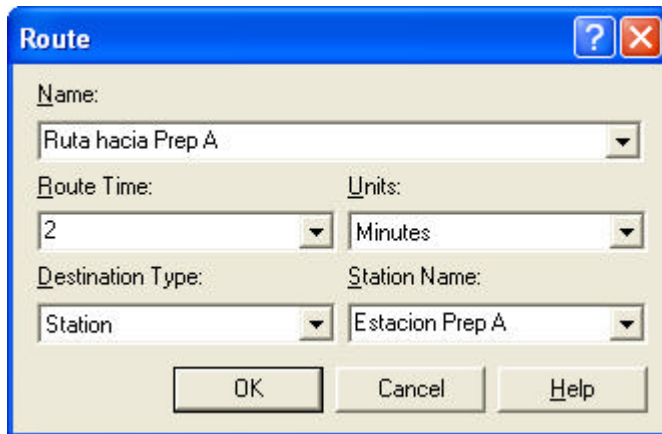
La entidad procederá directamente de uno de los módulos donde la transferencia de la entidad es iniciada hacia el correspondiente módulo estación, independientemente de la ubicación de la estación de módulo dentro del modelo. Cuando defina un conjunto estación, las estaciones dentro del conjunto debe ser definido a través de la estación Set Miembros repetir grupo. Cuando no utilice los transportes guiados, el campo Intersección asociado puede ser ignorado. Cuando una Intersección Asociada es especificada, los transportes guiados se mueven a la estación a

través de la intersección especificándose en su actual mapa de sistema. Esto permite que todos los movimientos de vehículos guiados se basen en estaciones más que intersecciones.

#### 4.6. Módulo Ruta (Route)



El módulo route, transfiere una entidad a una estación determinada, o la próxima estación en la secuencia de estaciones de visita definidas para la entidad. Un tiempo de retardo para transferir a la siguiente estación se puede definir. Cuando una entidad entra en el módulo route, su atributo estación (Entity.Station) está ajustado a la estación de destino. La entidad va a ser enviado a la estación de destino, utilizando el tiempo de ruta especificado. Si la estación de destino se introduce por Secuencia (By sequence), la próxima estación está determinada por la secuencia de la entidad dentro del conjunto (definida por atributos de fines especiales Entity.Sequence y Entity.Jobstep, respectivamente).



El movimiento de entidades que requieren dispositivos de manejo de materiales puede ser modelado utilizando transportadores (módulo Convey) o transportes (transport o el módulo mover). La variable NE (estación) se puede utilizar para evaluar el número de entidades en ruta a una estación determinada, ya sea a través de una ruta,

transporte, o módulo Convey.

#### 4.7. Barra de Herramientas Animate transfer

La barra de herramientas Animate Transfer proporciona una interfaz para la transferencia de objetos de animación tipo utilizados para la animación.



Los botones de la barra de herramientas es el único medio de acceder a estos elementos (es decir, no están disponibles en cualquiera de los menús Arena). Para ocultar o mostrar la barra de herramientas Animate Transfer, elija Barras de herramientas del menú Ver y haga click en Animate Transfer(o click con el botón derecho sobre cualquier barra de herramientas visible y escoger Animate Transfer de la lista).

##### Objetos de animación Tipo transferencia

Objetos de la barra de herramientas Animate Transfer se utilizan para agregar la transferencia de tipo gráficos animados para su modelo de ventana. Los objetos relacionados con la animación se detallan a continuación:

##### Zonas de espera (Waiting Areas)

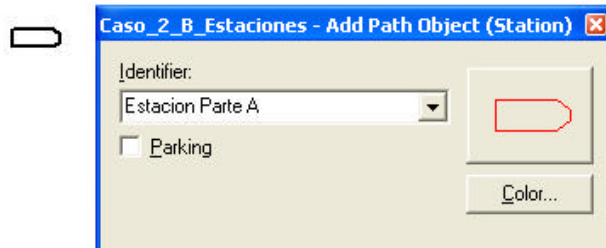
- Almacenamiento (Storage).- mantiene un conjunto no ordenado de entidades que están a la espera que un evento se produzca.
- Zona de aparcamiento (Parking area).- Una zona de aparcamiento conserva uno o más transportes (o recursos) que no están en tránsito entre las estaciones.
- Zona de Aprovechamiento (Seize area).- conserva a las entidades que se han apoderado de un recurso y se están procesando. Cada recurso sólo podrá disponer de una zona de aprovechamiento.

##### Fotos (Pictures)

- Transporter.- Los transportes se definen como objetos (personas, carros, camiones de horquilla, etc.), entidades que se mueven de un lugar a otro.

##### Localizaciones (Locations)

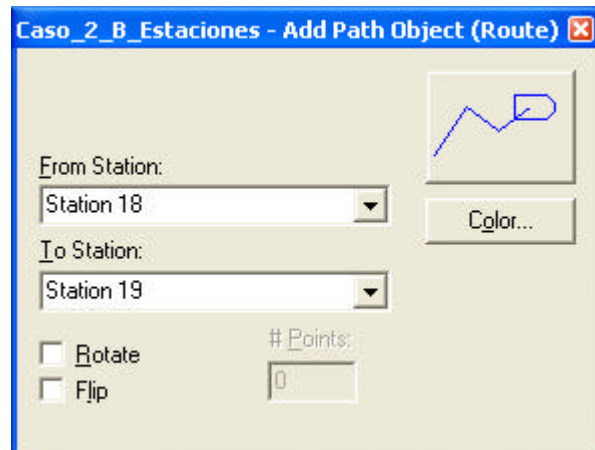
- Estación.- lugar que define una posición en la ventana para que las entidades y los transportes pueden viajar. Las estaciones están conectadas por uno o más caminos (ya sea rutas, segmentos, o distancias).
- Intersección.- Una intersección es un lugar que define una posición en la ventana en la cual un transporte guiado pueden viajar. Las intersecciones están conectadas por caminos Tipo de red.





### Rutas

- **Ruta.-** (Route) define el camino de una entidad sin restricciones entre las estaciones con algún tiempo de viaje asociado.
- **Segmento.-** define el camino de una entidad entre las estaciones mientras se mueven a lo largo de una cinta transportadora.
- **Distancia.-** define la senda de un camino de transporte libre cuando se viaja entre estaciones.
- **Red.-** definen el camino de un transporte guiado, ya que viaja entre las intersecciones.
- **Promover camino (Promote Path).-** función que convierte una línea, polilínea, o la curva de Bezier de la ventana en un camino de animación.



## CASO 2\_B.- Montaje electrónico Mejorado y sistema de prueba con movimiento de piezas

Hasta ahora hemos trabajado el modelo de montaje electrónico y sistema de prueba, con el supuesto de que todas las transferencias de partes entre las operaciones ocurrieron de forma instantánea. Generalicemos ese supuesto y ahora modelemos el sistema con todas las transferencias de partes que toman dos minutos, sin importar el lugar de donde provienen o al que van. Esto incluye la transferencia de partes que llegan a las áreas de preparación y la transferencia de las partes que salen, ya sea de la estación Sellado (sealer) o Retrabajo (rework) para ser descartadas, rescatadas o enviadas. Para ello modificaremos el modelo CASO 2\_B\_Animación, para conseguir el modelo CASO 2\_B\_Estaciones.



## SEMANA 05: ILUSTRACIONES Y CASOS

1. Una oficina que distribuye placas de autos ha dividido a sus clientes en categorías para equilibrar su volumen de trabajo. Los clientes llegan y entran en una de tres líneas según la ubicación de su lugar de residencia. Modele esta actividad de llegada como tres flujos de llegada independientes, usando una distribución entre llegadas exponencial con una media de 10 minutos para cada flujo, y una llegada en el tiempo 0 para cada flujo. A cada tipo de cliente se le asigna un solo empleado separado para procesar la solicitud y aceptar el pago, con una cola separada para cada uno. El tiempo de servicio es UNIF(8,10) minutos para todos los tipos de clientes. Después de completar este paso, la totalidad de los clientes es enviada a un segundo empleado solo, que revisa las solicitudes y emite las placas (este empleado trabaja los tres tipos de clientes, que se unen en una única cola de primera llegada, primer trabajo para este empleado). El tiempo de servicio para esta actividad es UNIF(2.66, 3.33) minutos para todos los tipos de clientes. Desarrolle un modelo de este sistema y ejecútelo por 5000 minutos; observe los tiempos promedio y máximo en el sistema para todos los tipos de clientes combinados.

Un consultor recomendó que la oficina no haga diferencias entre clientes en la primera etapa y que use una línea sencilla con tres empleados que puedan procesar a cualquier tipo de cliente. Desarrolle un modelo de este sistema, ejecútelo por 5000 minutos y compare los resultados con los del primer sistema.

2. Los artículos llegan de un sistema de recolección de inventario de acuerdo con una distribución entre llegadas exponencial con una media de 1.1 (todos los tiempos en minutos), con la primera llegada en el tiempo 0. Una vez que llegan, los artículos son empacados por uno de cuatro empacadores idénticos, con una sola cola "alimentando" a los cuatro empacadores. El tiempo de empaque es TRIA(2.75, 3.3, 4.0). Las cajas empacadas entonces son separadas por tipo (20% internacional y 80% nacional), y enviadas al embarque. Hay un único embarcador para paquetes internacionales y dos para los nacionales con una sola cola alimentando a los embarcadores internacionales. El tiempo de embarque internacional es TRIA(2.3, 3.3, 4.8), y el tiempo de embarque nacional es TRIA(1.7, 2.0, 2.7). Este sistema de empaque funciona con tres turnos de 8 horas, cinco días a la semana. A todos los empacadores y embarcadores se les da un receso de 15 minutos a las dos horas en su turno, un tiempo para almorzar de 30 minutos a las cuatro horas de su



turno, y un segundo receso de 15 minutos a las seis horas de su turno; use la regla de programa de espera (Wait Schedule Rule). Ejecute la simulación por dos semanas (10 días de trabajo) para determinar el número promedio y máximo de artículos o cajas en cada una de las tres colas. Anime su modelo, incluyendo un cambio en la apariencia de las entidades después de que son empacadas en una caja.

3. Hungry's Fine Fast Food está interesado en observar a su personal en la hora pico del almuerzo, que va de 10 a.m. a 2 p.m. Las personas llegan caminando, en auto, o en autobús (apenas) programado, como sigue:
  - Caminando: uno a la vez, los tiempos entre llegadas son exponenciales, con media de 3 minutos; la primera persona que llega ocurre EXPO(3) minutos después de las 10 a.m.
  - En auto: con 1, 2, 3 ó 4 personas por auto con probabilidades respectivas 0.2, 0.3, 0.3 y 0.2; las llegadas se distribuyen como exponenciales con media de 5 minutos, el primer auto llega EXPO(5) minutos después de las 10 a.m.
  - Un solo autobús llega cada día a veces entre las 11 a.m. y 1 p.m. (El tiempo de llegada distribuido de manera uniforme en este periodo). El número de personas en el autobús varía de un día a otro, pero parece seguir una distribución Poisson con una media de 30 personas.

Una vez que las personas llegan, tanto solas como en grupo de cualquier fuente, funcionan independientes sin importar su proveniencia. La primera parada es con uno de los empleados en el mostrador ordenar/pagar, donde ordenar toma TRIA(1, 2, 4) minutos y pagar toma TRIA(1, 2, 3) minutos; estas dos operaciones son secuenciales, primero se toma la orden luego se paga, por el mismo empleado para un cliente dado. La siguiente parada es para recoger la comida ordenada, que toma una cantidad de tiempo distribuida de manera uniforme entre 30 segundos y 2 minutos. Entonces cada cliente va al comedor, que tiene 30 asientos (las personas esperan sentarse en cualquier lugar, no necesariamente con su grupo), y participa de los almuerzos sublimes, en lo que se tarda unos agradables TRIA(10, 20, 30) minutos. Después de eso, el cliente camina satisfecho a la puerta y se va. Está permitido formarse en cada una de las tres estaciones de "servicio" (ordenar/pagar, recoger la comida y el comedor), con una disciplina FIFO. Hay un tiempo de viaje de EXPO(30) segundos desde cada estación para todos, excepto para la puerta de salida (entrar para ordenar/pagar, ordenar/pagar para recoger la comida, y recoger la comida para pasar al comedor). Después de comer, las personas se



mueven más despacio, así que el tiempo de viaje desde el comedor hasta la salida es de EXPO(1) minuto.

Los empleados tanto en ordenar/pagar como en recoger la comida tienen un único receso que "comparten" rotándose. Más específicamente, en 10:50, 11:50, 12:50 y 1:50, un empleado de cada estación tiene un receso de 10 minutos; si la persona que debe ir al receso en una estación está ocupado en el tiempo de receso, termina de servir al cliente pero aún así tiene que estar de vuelta a la hora (así que el receso puede ser un poco más corto que 10 minutos).

El personal es el artículo principal que enfrenta Hungry's. Actualmente, hay seis empleados en la estación ordenar/pagar y dos en la estación de recoger la comida durante todo el periodo de 4 horas. Ya que saben que el autobús llega a veces durante las dos horas de en medio, están considerando un plan de personal variable en el que, para la primera y última hora habría tres en la estación ordenar/pagar y uno en la de recoger la comida, y para las dos horas de en medio habría nueve en la estación ordenar/pagar y tres en la de recoger comida (note que el número total de personas por hora en la nómina es el mismo, 32, bajo cualquiera de los dos planes: el plan actual de personal o el plan alternativo, así que el costo de la nómina es el mismo). ¿Cuál es su consejo?

En terminos de resultados, observe la longitud promedio y máxima de cada cola, el tiempo promedio y máximo en cada cola y el número total de clientes que completaron el servicio y salieron por la puerta. Haga gráficas de las colas para entrar en el ordenar/pagar, recoger la comida y el comedor. Anime todas las colas, recursos y movimientos entre estaciones. Tome de una biblioteca de imágenes .plb una imagen de humanoide para las entidades (diferente para cada fuente de llegada), y haga un cambio adecuado en su apariencia después de que hayan terminado de comer y dejado el comedor. También, aunque no sea capaz de animar a los empleados individuales o los asientos en el comedor, seleccione imágenes razonables también para ellos.

**NOTA.** - Desarrolle los 3 casos para que se familiarice con el modelamiento y el uso de la herramienta Arena. Es necesario que se presente una monografía en folder manila con dicho desarrollo, que debe contener imágenes de la red solución, así como un resumen ejecutivo del reporte final de la corrida, con las interpretaciones a que den lugar. Los grupos de presentación de este trabajo es de acuerdo a como fue conformado en aula.

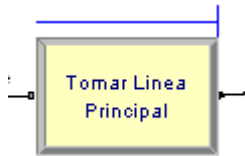
## SEMANA 6: EXAMEN DE UNIDAD



## SEMANA 07: MODELADO DE OPERACIONES DETALLADAS

### 7.1 Módulo SEIZE (Tomar)

El módulo seize (tomar) asigna unidades de uno o más recursos para la entidad. El módulo seize puede ser utilizado para aprovechar las unidades de un recurso en particular, un miembro de un conjunto de recursos, o un recurso, tal como se definen por un método alternativo, como un atributo o expresión. Cuando una entidad entra en este módulo, espera en una cola (si es especificado) hasta que todos los recursos especificados están disponibles simultáneamente. El tipo de asignación para el uso del recurso también se especifica.



El campo de asignación especificado determina la forma en que el costo del recurso se asignará a la entidad. Por cada entrada de recursos en el módulo tomar, la cantidad de recursos se multiplica por el costo del uso de los recursos (si lo hubiere). Este valor se suma para todos los recursos y se añaden al atributo de costo apropiado de la entidad (valor añadido, no valor añadido, transferencia, espera, u otro tipo). Típicamente, la asignación debe ser la misma en los módulo seize (tomar) como en el retardo (delay) asociado(s) de los módulos. Entidades que toman con prioridades de menor valor tienen prioridad sobre las entidades que toman con prioridades de mayor valor. Expresiones de Prioridad evaluadas con valores

negativos se tratan como 0.0. Si hay varias entidades que tratan de tomar el mismo recurso con la igual prioridad, la entidad con el tiempo de espera más largo recibe el recurso. Si desea, puede

definir un Stateset para el recurso y asignar el estado de los recursos a un determinado estado utilizando el campo de recursos del Estado. Una frecuencia puede definirse en ese caso (a través del módulo de Estadística) para reunir estadísticas sobre la cantidad de tiempo que los recursos se gasta en cada estado definido. El campo de Estado de Recursos no está disponible cuando el tipo de recurso es resource set y no atributos es especificado para almacenar los miembros de estado seleccionados.

Seize - Advanced Process						
	Name	Allocation	Priority	Resources	Queue Type	Queue Name
1	Tomar Linea	Other	Medium(2)	1 rows	Queue	Tomar Linea
2	Llamada Estado	Other	Medium(2)	1 rows	Queue	Proceso Llamada

## 7.2 Módulo Store (Almacenar)

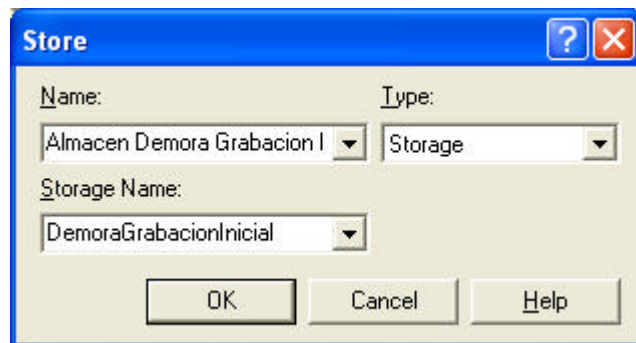


El módulo store (almacenar) añade un almacenamiento a una entidad. El Unstore módulo puede ser utilizado para eliminar la entidad del almacenamiento. Cuando una entidad llega al módulo store, el almacenamiento especificado se incrementa, y la entidad se traslada de inmediato al siguiente módulo en el modelo. Almacenamientos son útiles para mostrar animación de

entidades, mientras que una entidad se somete a tratamiento en otros módulos. Además, las estadísticas pueden mantenerse en el número de entidades de almacenamiento.

Almacenamientos proporcionan una ubicación conveniente para situar los símbolos de entidad en la animación. De otra manera una entidad estacionaria en un tiempo anticipado posiblemente no aparezca en la animación. Una entidad que se muestra en el almacenamiento en la animación puede ser removido de la animación de almacenamiento sin llegar a ser retiradas del almacenamiento en la simulación (mediante un módulo Unstore). Animación de actividades adicionales, tales como enrutamiento, transporte, o la transmisión de una entidad eliminará la entidad de la animación de almacenamiento. Estos módulos (de carreteras, transportes, y Convey) se encuentran en el panel de transferencia avanzada. La variable NSTO (almacenamiento) contiene el número de entidades que se especifican en el almacenamiento. Si esta variable aumenta en todo el plazo de simulación, es posible que un módulo es Unstore falte y las entidades no están siendo retiradas del almacenamiento. Las estadísticas pueden mantenerse el número de entidades de un almacenamiento

especificando NSTO (Nombre de almacenamiento) como la expresión. Los módulos Store y Unstore se pueden utilizar dentro de un submodelo de un módulo de proceso. Las entidades pueden ser almacenados en un nivel de jerarquía y desalmacenados (unstored) en otro.



Store - Advanced Process			
	Name	Type	Storage Name
1	Almacen Demora Grabacion Inicial	Storage	DemoraGrabacionInicial
2	Almacen Demora Grabacion LlamTec	Storage	DemoraGrabacionLlamadaTecnica

## 7.3 Módulo Delay (Demora)



El módulo delay (demora) especifica una cantidad de tiempo de retraso de una entidad. Cuando una entidad llega a un módulo de retardo, la expresión de tiempo de retardo se evalúa y la entidad permanece en el módulo por el período de tiempo resultante. El tiempo es entonces asignado al valor añadido de la entidad, sin valor añadido, transferencia, espera u otro momento. Los costos asociados se calculan y también se asignan .

Si la expresión especificada por el retraso devuelve un valor negativo durante una corrida de simulación, el valor se redondea a 0.0, resultando en ningún tiempo de demora. Cuando el módulo de retardo se utiliza en la jerarquía, el tiempo de retardo y las asignaciones de costos se añaden a los costos del proceso padre y los tiempos, basado en la asignación específica. Los tiempos y los costos son

asignados a los módulos de proceso padre como la entidad que deja el módulo padre.

Delay - Advanced Process				
	Name	Allocation	Delay Time	Units
1	Demora Grabacion Inicial	Other	UNIF(.1,.6)	Minutes
2	Demora Grabacion Llamada Tecnica	Other	UNIF(.1,.5)	Minutes
3	Demora Conversacion Estado Pedido	Other	TRIA(3,5,10)	Minutes

#### 7.4 Módulo Unstore (Desalmacenar)

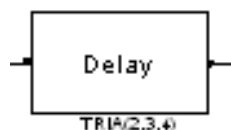


El módulo Unstore elimina una entidad de almacenamiento. Cuando una entidad llega al módulo Unstore, el almacenamiento se especifica disminuyendo la entidad y de inmediato se traslada al siguiente módulo en el modelo.

La entidad que entra en este módulo debería haber sido previamente almacenados en el almacenamiento especificado, de otro modo una advertencia será mostrada. Las entidades deben removerse de los almacenes (storage) en los que fueron almacenados antes de ser eliminados (disposed). Los módulos Store y Unstore se pueden utilizar dentro de un submodelo de un módulo proceso. Las entidades pueden ser almacenados en un nivel de jerarquía y desalmacenados (unstored) en otro.

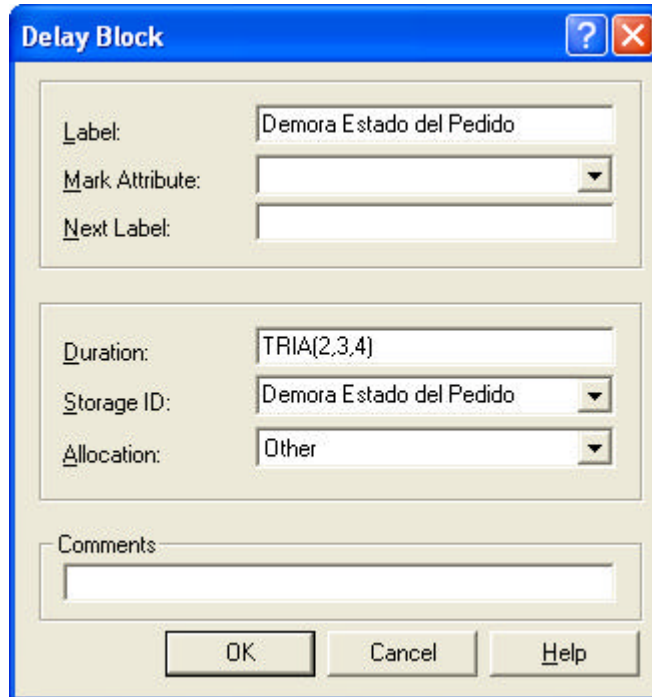
Unstore - Advanced Process		
	Name	Type
1	Desalmacenar Demora Grabacion Inicial	Default
2	Desalmacenar Demora Grabacion LlamTec	Default

#### 7.5 Bloque Delay (Bloque Demora)



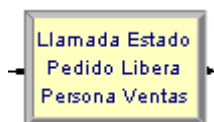
El bloque DELAY retrasa una entidad con Duración unidades de tiempo. Cuando una entidad llega a un bloque DELAY, SIMAN evalúa la expresión Duración y retrasa la entidad resultante por el período de tiempo. Durante el tiempo de retraso, la entidad se mantiene en el boque DELAY.

Define la asignación de la categoría de atributos especiales de la entidad en el cual el tiempo y las estadísticas sobre costos asociados con el retraso se debe almacenar. Operando el Storage ID asociado a un número de almacenamiento o nombre de símbolo definido en los elementos STORAGE con el bloque DELAY. Para obtener estadísticas sobre el número de entidades que actualmente el el Bloque DELAY, use la variable NSTO (Storage ID). Si Arena se está ejecutando en modo de ejecución, entonces la entidad puede enviar un mensaje a una aplicación externa cuando se entra en la construcción de demora. La entidad puede entonces esperar una respuesta desde la aplicación externa antes de proceder al siguiente bloque. Esto le permite coordinar la simulación lógica con el proceso externo de un sistema real. Para especificar un mensaje que debe enviarse, introduzca un TASKID ejecución de expresión en el campo Duración. Véase el tema de ayuda ¿Qué es Arena RT? para obtener más información sobre el modo de ejecución, la TASKID expresión, y permitir que entre procesos de comunicación con una aplicación externa.



NOTA.- Tenga en cuenta que el operando Duración se especifica como una constante o expresión a base de unidades de tiempo (es decir, segundos, minutos, horas o días). Si se cambia la base de unidades de tiempo (en el elemento o REPLICATE Arena's Run/Setup/Parámetros de replicación) puede ser necesario cambiar esta expresión de retraso. Una alternativa es incorporar la conversión en la expresión utilizando la función TimeUnitsToBaseTime de SIMAN, cuando TimeUnits pueden ser segundos, minutos, horas o días. Por ejemplo, si la duración es en cuestión de minutos, por ejemplo UNIF (5,10) minutos, se puede utilizar la expresión "MinutesToBaseTime (UNIF (5,10))";, lo que sería preciso, independientemente de lo que las unidades se utilizan para la base de tiempo.

## 7.6 Módulo Release

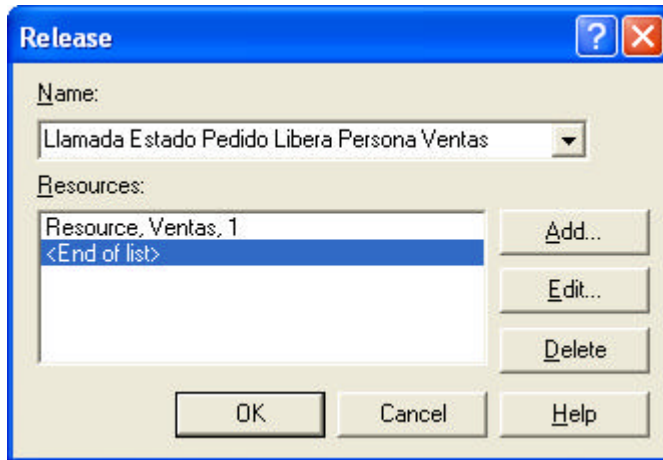


El módulo release se utiliza para la liberación de un recurso que una entidad ha tomado anteriormente. Este módulo puede ser utilizado para liberar los recursos individuales o pueden ser utilizados para liberar recursos dentro de un conjunto. Para que cada recurso sea liberado, el nombre y la cantidad a liberar deben ser especificados. Cuando la entidad entra en el módulo release, da el control del recurso(s) especificado(s). Cualquier de las entidades en las colas de espera para estos recursos esperan ganar el control de los recursos de inmediato.

Cuando una entidad llega a un módulo release, el estado del recurso cambia de ocupado a desocupado para cada recurso que es liberado. Las unidades liberadas luego están disponibles para su reasignación a las entidades que



esperan en un módulo proceso o seize. En caso de una falla o la capacidad de cambiar el calendario está pendiente, entonces las unidades liberadas son eliminadas temporalmente del sistema.



Si hay una entidad esperando en una cola para tomar la cantidad especificada o menos unidades del recurso cuando el recurso es liberado, el recurso(s) es automáticamente asignados a la entidad que esta esperando. Esta entidad espera será procesada una vez que la entidad que libera el recursos(s) liberados se mueva dentro una bodega tipo módulo de transferencia.

La variable de sistema NR (Nombre de recursos) devuelve el número actual de unidades ocupadas del recurso especificado. Cuando una entidad ejecuta un módulo release, NR (Nombre de recursos) disminuye en la cantidad liberada a menos que el recurso sea tomado inmediatamente por otra entidad. Si más unidades del recurso especificado son liberados que los recursos que han sido tomados anteriormente, resulta un error en tiempo de ejecución. Múltiples liberaciones de recursos se realizan en el orden en que aparecen en el módulo release. Al especificar el nombre de recursos como un atributo, el valor del atributo debe ser configurado a nombre de un recurso antes de utilizar el módulo release.

### Modulo Decide (Operadores Lógicos)

Operadores Lógicos		Prioridad
.EQ. , ==	igualdad	4
.NE. , <>	No-igualdad	4
.LT. , <	Menos que	4
.GT. , >	Mayor que	4
.LE. , <=	Menor o igual que	4
.GE. , >=	Mayor o igual que	4
.AND., &&	Conjunción (Y)	5
.OR.,	disyunción Inclusiva (O)	5

Note que == es un operador lógico y el = es un operador de asignación. Use == para testear si dos items tienen e mismo valor; use = para configurar un valor, como en el módulo Assign.





## **SEMANA 08: MODELADO DE OPERACIONES DETALLADAS (Segunda sesión)**

### **Caso 3. - Un sistema de centro de atención telefónica sencillo**

Este sistema proporciona un número central en una organización al que los clientes llaman para encontrar soporte técnico, información de ventas y estado de los pedidos. Las llamadas entrantes llegan con tiempos entre llegadas distribuidas exponencialmente con una media de 0.857 minutos. Este número central alimenta 26 líneas troncales. Si las 26 líneas están en uso, la persona que llama obtiene una señal de ocupado; con un poco de suerte, quien llame lo intentará de nuevo más tarde, pero para nuestro modelo, sólo se va. Alguien que llame y le contesten escucha una grabación que describe tres opciones: transferencia al soporte técnico, información de ventas o petición de información del estado de un pedido (76, 16, 8% respectivamente). El tiempo estimado para esta actividad es  $UNI F(0.1, 0.6)$ ; todos los tiempos están en minutos.

Si quien llama elige el soporte técnico, una segunda grabación pregunta cuál de los tres tipos de producto usa el cliente, lo que requiere  $UNI F(0.1, 0.5)$  minutos. El porcentaje de peticiones para los tipos de producto 1, 2, 3 son 25, 34 y 41%, respectivamente. Si una persona calificada de soporte técnico está disponible para el tipo de producto seleccionado, la llamada se enruta de forma automática a esa persona. Si no hay nadie disponible en ese momento, se coloca al cliente en una cola electrónica en donde está sujeto a música rock molesta hasta que la persona de soporte esté disponible. Se estima que el tiempo para todas las llamadas de soporte técnico sea  $TRIA(3, 6, 18)$  minutos sin importar el tipo de producto. Una vez completada la llamada, el cliente sale del sistema.

Las llamadas de ventas se enrutan de forma automática a personal de ventas. Si no hay vendedores disponibles, la persona que llama recibe música espacial new-age tranquilizante (después de todo, esperamos una venta). Se estima que las llamadas de venta sean  $TRIA(4, 15, 45)$ : ¡el personal de ventas tiende a hablar mucho más que el de soporte técnico! Una vez completada la llamada, el feliz cliente sale del sistema.

Quienes llaman y solicitan información sobre el estado de un pedido son manejados de forma automática por el sistema telefónico y no hay un límite en el número que maneja el sistema (excepto que existe sólo 26 líneas principales, lo que en sí mismo es un límite, puesto que una llamada del estado de un pedido en curso ocupa una de esas líneas). El tiempo estimado para estas transacciones es  $TRIA(2, 3, 4)$  minutos, con 15% de esos clientes que optan por hablar con un operador telefónico después de haber recibido el estado de su orden.





Estas llamadas se enrutan al personal de ventas en donde esperan con una prioridad menor que las llamadas de ventas. Ello significa que si una llamada del estado de una orden está en la cola, en espera de un vendedor, y entra una nueva llamada que llega a ventas, se le dará prioridad a esta última sobre la anterior y se atenderá primero. Se estima que estas llamadas de seguimiento del estado de una orden duren  $TRIA(3, 5, 10)$  minutos. Estas personas que llaman después dejan el sistema.

El horario del centro de atención es de 8 a.m. a 6 p.m., con una pequeña proporción del personal en servicio hasta las 7 p.m. Aunque el sistema se cierra a nuevas llamadas a las 6 p.m. todas las llamadas que entran al sistema a esa hora se contestan y atienden.

En el curso de un día hay ocho empleados de soporte técnico para responder llamadas de este tipo. Dos se dedican a llamadas para el tipo de producto 1; tres, a llamadas para el tipo de producto 2 y otros tres a llamadas para el tipo de producto 3. Hay cuatro empleados de ventas para responder tales llamadas y aquellas sobre el estado de una orden realizadas por quienes opten por hablar con un operador telefónico.

Como punto de interés, contaremos el número de llamadas de clientes que no pueden llegar a una línea principal y por lo tanto son rechazadas para entrar al sistema (algo similar al balking [renuncia] en los sistemas de colas, aunque esto por lo general significa una decisión por parte del consumidor de no entrar, más que ser rechazado como en nuestro modelo). Sin embargo, no consideraremos el abandono (reneging), es decir, los clientes que llegan a una línea principal al inicio pero después cuelgan el teléfono antes de que se les atienda.

Algunas estadísticas de interés para estos tipos de sistemas son el número de rechazos al cliente (señales de ocupado), tiempo total en la línea por tipo de cliente, tiempo de espera para hablar con un operador telefónico por tipo de cliente, número de llamadas que esperan servicio por tipo de cliente y utilización del personal.



## SEMANA 09: PROGRAMACIÓN DE RECURSOS

### 7.7 Módulo de datos SET



#### Set

Este módulo de datos define varios tipos de conjuntos de configuración, incluido recursos, contador, recuento, tipo de entidad y entidades de imagen. Conjuntos de recursos pueden ser utilizados en el módulo de proceso (y Seize, Release, enter y leave de los paneles de procesos avanzado y del panel de transferencia avanzada). Los conjuntos Tally y counter se pueden utilizar en el módulo Record. Sets de Cola se pueden utilizar con el Seize, Hold, Access, Request, los módulos Leave y Allocate de los paneles de procesos avanzado y de transferencia.

Recursos que se listan como miembros de un conjunto de recursos se añaden automáticamente a la hoja de cálculo de recursos con los valores por defecto.

Colas que se listan como miembros de un conjunto de colas se añaden automáticamente a la hoja de cálculo de colas con los valores por defecto.

Counters (Contadores) y Tallies (Recuentos) que figuran como miembros de un conjunto contador o recuento se presentará en el informe del usuario y especificado en la sección definida por el usuario de la Categoría informe: Visión general.

Conjuntos Tally pueden ser referenciados en el módulo de Registro en la recogida de intervalo de tiempo, tiempo entre las estadísticas y de Expresión.

Tipos de Entidad que figuran como miembros de un conjunto tipo de entidad se añaden automáticamente a la hoja de cálculo con los valores por defecto.

Imágenes de Entidad que figuran como miembros de un Picture entidad se añadirán automáticamente a la lista desplegable de los nombres de imagen en la Entidad en el cuadro de diálogo de colocación de imágenes (a través de Edit, Entity pictures del menú).

El orden de lista de los miembros de un conjunto es importante, ya que cada uno de sus miembros son referenciados especificando su puntero índice en el sistema. Para conjuntos de recursos, el orden también puede ser importante debido a la regla de selección utilizados, tales como orden y cíclica.

Los valores por defecto se pueden alterar editando la hoja de cálculo de recursos.

Set - Basic Process			
	Name	Type	Members
1	Cocineros	Resource	2 rows
2	Asientos	Resource	30 rows
3	Cajeros1	Resource	3 rows
4	Cajeros2	Resource	3 rows

Double-click here to add a new row.

### 7.8 Procesos de Poisson no estacionarios

Muchos sistemas tiene cierta clase de eventos de origen externo que los afectan, como clientes que llegan, llamadas entrantes, automóviles que se aproximan a una intersección o accidentes que ocurren en una planta. Con frecuencia, es apropiado modelar esta clase de proceso de evento como aleatorio con alguna distribución de probabilidad continua para tiempos entre eventos, lo que implica cierta distribución discreta para el número de eventos que ocurren en un intervalo fijo de tiempo. Si el proceso que gobierna las ocurrencias de evento es estacionario en el marco de tiempo de simulación, se puede decidir la distribución correcta de tiempo entre eventos y generar los eventos durante la simulación como se ha hecho en los diversos casos e ilustraciones (por ejemplo, con el área de Tiempo entre llegadas en el módulo Create del Panel Basic Process)

Sin embargo, muchos sistemas experimentan variación con el tiempo, o patrones de eventos no estacionarios: la estampida por el almuerzo en los restaurantes de



comida rápida, las horas mayor afluencia de los sistemas de tránsito en la mañana y la noche, los picos de llamadas de media tarde que entran en un centro de llamadas o una racha de accidentes cuando hay luna llena. Si bien se podría estar tentado a ignorar estos patrones, y hacer que los eventos ocurran a cierta tasa “promedio” en su simulación, proceder así podría conducir a resultados muy inexactos si hay mucha variación en el patrón real. Por ejemplo, si se promedia la carga de una autopista en 24 horas, hay poca duda de que una cantidad pequeña de carriles parecería ser adecuada en el modelo; de hecho, las horas de mayor afluencia serían desórdenes imposibles. Por lo tanto, modelar eventos externos no estacionarios puede ser una parte crítica del modelado válido en general.

La forma usual de representar patrones de eventos varían con el tiempo como éste, es mediante lo que se llama un proceso de poisson no estacionario (NSPP, Non-Stationary Poisson Process). Para usar este tipo de proceso se necesita especificar una *función de tasa*,  $\lambda(t)$ , que cambia con el tiempo ( $t$ ), con la interpretación aproximada de que  $\lambda(t)$  es alta para tiempos  $t$  cuando están sucediendo muchos eventos, y baja cuando las cosas se encuentran en calma. Con más precisión la definición de in NSPP es que los eventos ocurren uno a la vez, son independientes entre sí y e número (cuenta) de eventos que ocurren durante un intervalo de tiempo  $[t_1, t_2]$  es una variable aleatoria de Poisson con un valor esperado dado por:

$$\Lambda(t_1, t_2) = \int_{t_1}^{t_2} \lambda(t) dt$$

Que es grande en intervalos de tiempo donde  $\lambda(t)$  es alta y pequeña cuando  $\lambda(t)$  es baja.

### Caso 3-A.- Sistema mejorado del centro de atención telefónica

Se proseguirá con una evaluación más detallada de las llegadas de llamadas. El índice de llegada de llamada para este sistema de hecho varía en el transcurso del día de acuerdo con un proceso Poisson no estacionario, que es típico de estos tipos de sistemas. Así que debemos recopilar los datos expresados en llamadas por hora para cada periodo de 30 minutos mientras el sistema está abierto. Estos índices de llegada de llamada se dan en la tabla siguiente:

**Razon de llegada de llamadas (llamadas por hora)**

Tiempo	Razón	Tiempo	Razón	Tiempo	Razón	Tiempo	Razón
08:00 - 08:30	20	10:30 - 11:00	75	01:00 - 01:30	110	03:30 - 04:00	90
08:30 - 09:00	35	11:00 - 11:30	75	01:30 - 02:00	95	04:00 - 04:30	70
09:00 - 09:30	45	11:30 - 12:00	90	02:00 - 02:30	105	04:30 - 05:00	65
09:30 - 10:00	50	12:00 - 12:30	95	02:30 - 03:00	90	05:00 - 05:30	45
10:00 - 10:30	70	12:30 - 01:00	105	03:00 - 03:30	85	05:30 - 06:00	30

A continuación veamos a nuestro personal. Aunque nuestro modelo inicial supuso niveles de persona constantes para nuestras áreas de ventas y soporte técnico, el nivel de éste, de hecho, varía durante el día. Resulta que hay seis personas de ventas con el escalonamiento de programas diarios



resumidos como (número de personas @ periodo de tiempo en minutos):  
 1@60, 3@60, 4@90, 5@60, 6@60, 5@90, 6@90, 5@30, 3@60, 2@60.

Nuestro empleados de soporte técnico trabajan un día de ocho horas con 30 minutos libres para almorzar (el almuerzo no esta incluido en las ocho horas). Hay 11 personas de soporte técnico cuyos programas de trabajo se muestran en la tabla siguiente:

**Programa de Soporte Técnico**

Nombre	Líneas de Producto	Periodo de tiempo (30 minutos)																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Charity	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
Noah	1						0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Molly	1, 3			0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Anna	1, 2, 3					0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sammy	1, 2, 3				0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Tierney	2	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0					
Aidan	2						0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Emma	2				0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Shelley	3	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0					
Jenny	3						0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Christie	3				0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Charity y Noah sólo están calificados para manejar llamadas del producto tipo 1; Tierney, Aidan y Emma sólo manejan llamadas del producto tipo 2; Shelley, Jenny y Christie sólo del producto tipo 3. Molly se encuentra calificada para manejar productos tipo 1 y 3, y Anna y sammy están calificados para manejar llamadas de cualquiera de los tres tipos de producto.

El último detalle que omitimos de nuestro modelo inicial fue que el cuatro por ciento de las llamadas técnicas requieren más investigación después de completar la llamada de teléfono. Las preguntas planteadas por estas personas que llaman se envían a otro grupo técnico, fuera de los límites de nuestro modelo, para preparar una respuesta. El tiempo de preparación de tales respuestas se estima que sea EXPO(60) minutos. La respuesta que resulta se envía de regreso al mismo empleado de soporte técnico que contestó la llamada original. Esta persona entonces llama al cliente, que toma TRIA(2, 4, 9) minutos. Tales llamadas devueltas requieren una de las 26 líneas troncales y reciben prioridad sobre las llamadas que entran. Si una llamada devuelta no se completa en el mismo día que se recibió la llamada original, se aplaza al día siguiente.

Si vamos a considerar cambiar los niveles de personal para aumentar la satisfacción del cliente, también debemos tener más detalles de cuándo se congestiona el sistema. Se sugiere se añada contadores al modelo, los cuales deben contar el número de llamadas rechazadas durante cada hora de operación.



## SEMANA 09: PRACTICA LABORATORIO

### CASOS

1. Las partes llegan a un sistema de dos máquinas de acuerdo con una distribución entre llegadas exponencial con media de 20 minutos. En la llegada, las partes se envían a la máquina 1 y se procesan. La distribución del tiempo de proceso es  $TRIA(4.5, 9.3, 11)$  minutos. Las partes entonces se procesan en la máquina 2 con una distribución de tiempo de proceso de  $TRIA(16.4, 19.1, 21.8)$  minutos. Las partes de la Máquina 2 se dirigen de vuelta a la Máquina 1 para ser procesadas una segunda vez (el mismo tiempo de proceso). Entonces las partes completas salen del sistema. Ejecute la simulación para una sola réplica de 20000 minutos para observar el número promedio de colas en las máquina y el tiempo promedio de la parte.
2. Montones de papel llegan aun proceso de corte con tiempos entre llegadas de  $EXPO(10)$ ; todos los tiempos están en minutos. Hay dos cortadoras, una primaria y una secundaria. La totalidad de las llegadas se envían a la cortadora primaria. Si la cola al frente de la cortadora primaria es menor a cinco, el montón de papel entra en esa cola para esperar a ser guillotinado por la cortadora primaria, una operación de duración  $TRIA(9, 12, 15)$ . Si hay cinco montones en la cola primaria, el montón se rechaza hacia la cortadora secundaria (que tiene una cola de capacidad infinita) para ser guillotinado, de duración  $TRIA(17, 19, 21)$ . Después de que la cortadora primaria haya guillotinado 25 montones, debe apagarse para limpiarla, lo que tarda  $EXPO(30)$ . Durante este tiempo, los montones en la cola para la cortadora primaria esperan a que vuelvan a hallarse disponible. Anime y ejecute su simulación por 5000 minutos. Recopile estadísticas por guillotina, para el tiempo de ciclo, utilización del recurso, número en la cola y tiempo en la cola. En la medida en la que le sea posible, emplee los módulos del panel Advanced Process (Proceso Avanzado).
3. Los camiones arriban con tiempos entre llegadas  $EXPO(9)$  (todos los tiempos están en minutos) a un área de descarga que posee tres puertos. Los tiempos de descarga son  $TRIA(25, 28, 30)$ ,  $TRIA(23, 26, 28)$ ,  $TRIA(22, 25, 27)$  para los puertos 1, 2 y 3 respectivamente. Si hay un puerto vacío, el camión procede inmediatamente hacia ese puerto. Suponga cero tiempos de viaje para todos los puertos. Si hay más de un puerto vacío, el camión se coloca de preferencia en el puerto de mayor número (3, 2, 1). Si todos los puertos se encuentran ocupados, escoge el puerto con el número mínimo de camiones en espera. Si hay un empate, se coloca de preferencia en el puerto con menor numeración (1, 2, 3). Desarrolle un modelo de simulación con módulos del panel Advanced Process (Proceso avanzado), usando módulos requeridos del panel Basic Process (Proceso básico) ara implementar la lógica de selección. Ejecute su modelo por 20000 minutos y recopile estadísticas de utilización de puertos, número en la cola, tiempo en la cola y e tiempo en el sistema.



## SEMANA 10: ILUSTRACIONES Y CASOS

Instrucciones.- Los ejercicios debe ser resueltos y presentados en los grupos ya organizados en clase, en una monografía resumen ejecutiva con interpretación de su reporte, en folder manila.

1. Las partes arriban a una tienda de máquinas con tiempos entre llegadas EXPO(25) (todos los tiempos están en minutos). La tienda tiene dos máquinas, y las partes que llegan se asignan a una de las máquinas con un volado (justo). Excepto por los tiempos de proceso, ambas máquinas operan de la misma forma. Cuando una parte entra en el área de máquina, requiere la atención de un operador para montar la parte en la máquina (sólo hay un operador en la tienda). Después de que la parte está montada, la máquina puede procesarla sin el operador. Una vez completado el proceso, el operador es requerido de nuevo para retirar la parte. Después de terminar, la parte sale del sistema (las partes tienen que ir sólo a una máquina). El mismo operador hace todos los montajes y quita todas las partes, con la prioridad dada a la máquina que espera más por operador. Los tiempos son (los parametros son para distribuciones triangulares):

Número de máquina	Tiempo de montaje	Tiempo de proceso	Tiempo de remoción
1	8, 11, 16	20, 23, 26	7, 9, 12
2	6, 8, 14	11, 15, 20	4, 6, 8

La duración de la ejecución es de 25000 minutos. Observe las estadísticas sobre la utilización de la máquina, utilización del operador, tiempos de ciclo para partes por separado en cuanto a qué máquina usan, tiempos de ciclos generales (esto es, separados por máquina usada), y el tiempo que cada máquina pasa esperando la atención de un operador (ambos en montaje y remoción). Anime el proceso con el uso de almacenamientos para las actividades de montaje, proceso y remoción.

2. Un aeropuerto de tamaño mediano tiene un número limitado de vuelos internacionales que llegan y que requieren migración y aduana. Al aeropuerto le gustaría examinar al personal de aduana y establecer una política del número de pasajeros a quienes se les debe revisar el equipaje, así como del personal de la instalación de aduana. Los pasjeros que llegan deben pasar primero por migración (migración está fuera de los límites de este modelo). Luego reclaman su equipaje y proceden a la aduana. Los tiempos entre llegadas para aduanas se distribuyen como EXPO(0.2); todos los tiempos están en minutos. El plan actual es tener dos agentes de aduanas dedicados a pasajeros a quienes no se les revisará su equipaje, con tiempos de servicio distribuidos como EXPO(0.55). Un nuevo analista de sistemas de aeropuerto desarrolló un método probabilístico para decidir a qué clientes se les revisará el equipaje. La decisión se toma cuando los pasajeros están por entrar a la cola normal de aduana. El proceso de





decisión es como sigue: un número se genera primero de una distribución Poisson con una media de 7.0. Este número se aumenta en 1, para evitar obtener un cero, y se comienza una cuenta. Cuando la cuenta alcanza el número generado, ese desafortunado pasajero es enviado a una segunda línea para revisar su equipaje. Se produce un nuevo número de búsqueda y el proceso comienza de nuevo. Un solo agente está dedicado a estos pasajeros, con tiempos de servicio distribuidos como EXPO(3). El número de pasajeros que llega en estos grandes aviones se encuentra distribuido de manera uniforme entre 240 y 350 y la simulación tiene que ejecutarse hasta que todos los pasajeros del avión hayan sido procesados por completo. Desarrolle una simulación de sistema propuesto, observando las estadísticas en el tiempo del sistema por tipo de pasajero (revisado contra no revisado), el número de pasajeros y la utilización de agentes.

3. Un centro estatal de examen para licencias de conducir quisiera evaluar su operación para una mejora potencial. Los clientes que llegan entran al edificio y toman un número para determinar su lugar en la línea para un examen escrito, que es autoadministrado por uno de los cinco examinadores electrónicos. Los tiempos de la prueba se encuentran distribuidos como EXPO(8); todos los tiempos están en minutos. Trece por ciento de los clientes fallan la prueba (es un examen complicado con muchas preguntas). A estos clientes se les da un folleto de las reglas estatales de manejo para su estudio posterior y dejan el sistema (a pie). Los clientes que pasan la prueba seleccionan una de las dos cabinas donde se les toma su fotografía y se expide la nueva licencia. Los tiempos de la cabina fotográfica son distribuidos como TRIA(2.5, 3.6, 4.3). Las cabinas de fotos tienen líneas separadas y los clientes entran a la línea con el menor número de clientes esperando en la cola, ignorando si alguna está en servicio; si las líneas son iguales entran en la cabina más cercana que es la 1. Note que este conjunto de reglas puede originar lo que puede parecer un comportamiento irracional del cliente en el caso de que ninguna cabina tenga una cola (esto es, las longitudes de ambas colas son cero), la cabina 1 está ocupada y la cabina 2 ociosa; un cliente que llega al área de fotografía escogería formarse en la cola de la cabina 1 (via la regla de romper empate, ya que las longitudes de las colas son iguales a cero) en lugar de ir a la derecha al servicio de la cabina 2 (pero escuche, ¡ellos no pueden ver dentro de las cabinas fotográficas!) Luego, estos clientes dejan el sistema (manejando), sosteniendo orgullosamente sus nuevas licencias. El centro está abierto para los clientes que llegan ocho horas al día, aunque los servicios continúan por una hora más para satisfacer a los que faltan. El patrón de llegada de los clientes varía durante el día y se resume a continuación:

Hora	Llegadas por hora	Hora	Llegadas por hora
1	22	5	35
2	35	6	43
3	40	7	29
4	31	8	22



Ejecute su simulación por 10 días, manteniendo las estadísticas en el número promedio de pruebas fallidas por día, examinadores electrónicos y utilización de cabinas fotográficas (no la utilización para todo el recurso de prueba, pero sí utilizations separadas para cada cabina fotográfica), número promedio en la cola y tiempo promedio de clientes en el sistema para aquellos que pasan el examene escrito. Anime todas las cabinas de pruebas electrónicas y las fotográficas)

## SEMANA 11: EXAMEN DE UNIDAD



## SEMANA 12: MEDIDAS DE DESEMPEÑO DE LA SALIDA

El modelo del caso Call Center produce más que suficientes medidas de rendimiento de la salida, aun así a lo mejor quisieramos hacer comparaciones de orden economico, por ejemplo reducir costos (minimización de costos). Esto será posible creando una medida de costo global como la salida principal. Adicionalmente estableceremos opciones al modelo para establecer el almacenamiento para una comparación de alternativas, sobre la base de costos semanales.

Hay dos grandes bloques que pueden ser trabajados por separado, los costos tangibles, aquí podemos identificar rápidamente los costos de personal y recursos. Y los costos intangibles que son mas difíciles de identificar, aquí se puede considerar por ejemplo el mal servicio al cliente.

Para poder evaluar el caso del Call Center, hemos indicado costos de \$20 la hora para el personal de ventas, \$18 Y \$22 la hora para el personal de soporte técnico dependiendo de su nivel de capacitación y flexibilidad.

1. Obtener el costo semanal por el personal actual: \_\_\_\_\_

Para tratar de mejorar el servicio generalizaremos el modelo para incluir personal adicional. Teniendo en cuenta el resultado de la última corrida (modelo mejorado), el deficit de personal sucede entre las 12:00 m. y las 4:00 p.m. (que corresponden a los periodos del 5 al 8 de nuestro modelo mejorado). La variable "New Sales" (ventas nuevas) indicará el número de personal de ventas adicional que contrataremos para este periodo de cuatro horas, a un costo de \$17 la hora. De igual manera debemos proceder para añadir personal de soporte técnico, para ello definiremos nuevas variables "New Tech 1", "New Tech 2" y "New Tech 3", que identificarán al personal adicional de soporte técnico añadido que está calificado en los tipos de producto 1, 2 ó 3 respectivamente y que "New Tech All" para identificar a los que están calificados en los 3 tipos de productos. Los nuevos técnicos de tipo 1 todos se llaman Larry, del tipo 2: Moe, y del tipo 3: Curly; los técnicos para el manejo de los 3 tipos de productos llaman Hermann. Es necesario que se incluyan a cada conjunto de recurso que les corresponda.

2. Obtener el nuevo costo del recurso: \_\_\_\_\_

Para la otra categoría de costos del sistema, los que se incurren por hacer esperar a los cliente, partiremos suponiendo que la mayoría de las personas están decididas a soportar algún tiempo de espera cuando tratan con un centro de llamadas, aun así algunos usuarios comenzarán a enfadarse y el sistema empezará a incurrir en costos. Para cada llamada técnica la paciencia del cliente se acaba a los 3 minutos, para las llamadas de ventas 1 minuto y para las llamadas de estado de pedido 2 minutos. Pasado este punto de tolerancia por cada tipo de llamada el sistema incurrirá en un costo de 36.8 centavos por minuto para las llamadas técnicas, 81.8 centavos por minuto para las llamadas de ventas y 34.6 centavos por minuto para las llamadas de estado del pedido que continuen en espera.

3. Acumule los excesos de tiempo de espera técnica: \_\_\_\_\_

También deberiamos tener en cuenta a aquellas pobres almas desafortunadas que llamarón y se chocaron una señal de ocupado. Ellas ni siquiera tuvieron la oportunidad de enfurecerse después de su tiempo de tolerancia en espera y



comenzar a cargar un costo contra el sistema (aun cuando ellos pudieron estar realmente enojados). Mas adelante en vez de manejarlo como un objetivo de medición del rendimiento del modelo, debieramos manejarlo como un requisito, una restricción de que no más del 5% de llamadas entrantes reciban tono de ocupado, cualquier configuración del modelo que o satisfaga este requisito se considerará inaceptable, no interesando que tan bajo pudiera ser el costo obtenido.

## Replicas

Reglas para manejar las replicas en Arena:

Opción 1: Iniciar el sistema (sí), Iniciar Statistics (sí)

Esto dará como resultado n replicas y reportes estadisticamente independientes e identicos, cada uno comenzando con un sistema vacío en el tiempo 0, ejecutandose t minutos. El generador de números aleatorios solo se mantiene en proceso entre las replicas haciendolas independientes e identicamente distribuidas (IID). Se perderan los trabajos y/o servicios que se aplazan para el siguiente día.

Opción 2: Iniciar el sistema (sí), Iniciar Statistics (no)

Esto dará como resultado n replicas independientes, cada uno comenzando con un sistema vacío en el tiempo 0, ejecutandose t minutos, con los reportes siendo acumulados. Así el reporte 2 incluirá estadísticas de las 2 primeras replicas, el reporte 3 de las 3 primeras replicas, etc. El generador de números aleatorios se comporta como en la opción 1.

Opción 3: Iniciar el sistema (no), Iniciar Statistics (sí)

Esto dará como resultado n replicas independientes, la primera comenzando en un tiempo 0, la segunda en el tiempo que se complete la primera (tener en cuenta si se está utilizando regla de detención), la tercera en el tiempo que se ejecute la segunda, etc. Puesto que el sistema no se inicia entre las replicas, el tiempo continúa avanzando y los trabajos y/o servicios se aplazan para el siguiente día. Los reportes contendrán solo estadísticas para una sola replica (no son acumulativos).

Opción 3: Iniciar el sistema (no), Iniciar Statistics (no)

Esto dará como resultado n replicas independientes, la primera comenzando en un tiempo 0, la segunda cuando se complete la primera, la tercera cuando se complete la segunda, etc. Puesto que el sistema no se inicia entre las replicas, el tiempo continúa avanzando y cualquier trabajo y/o servicio se aplaza para el siguiente día. Los reportes seran acumulativos.

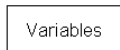


## SEMANA 13: SIMULACIÓN DE INVENTARIO (s, S)

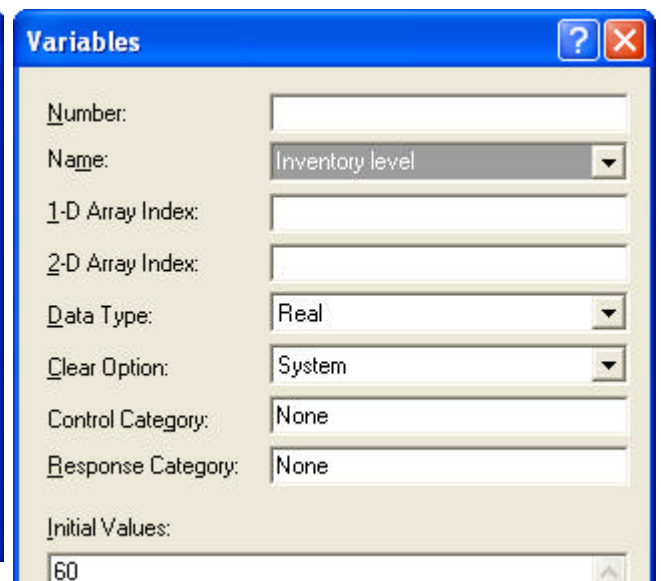
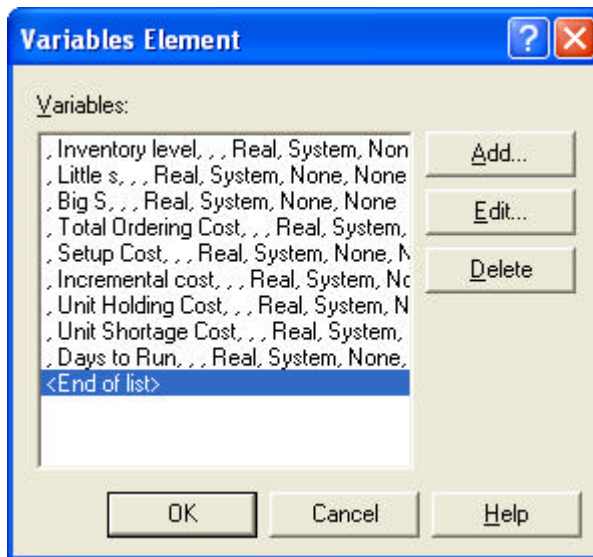
Dentro de la versatilidad de Arena, está el hecho de modelar un sistema totalmente diferente, como es la aplicación de la Teoría de Inventario, yendo más allá del modelamiento de colas. Para ello emplearemos únicamente módulos de las paneles Bloques y Elementos para demostrar su empleo, aun cuando es posible modelar lo mismo utilizando los paneles de Procesos Básicos y Avanzados.

### Panel Elements

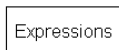
#### 1. VARIABLES



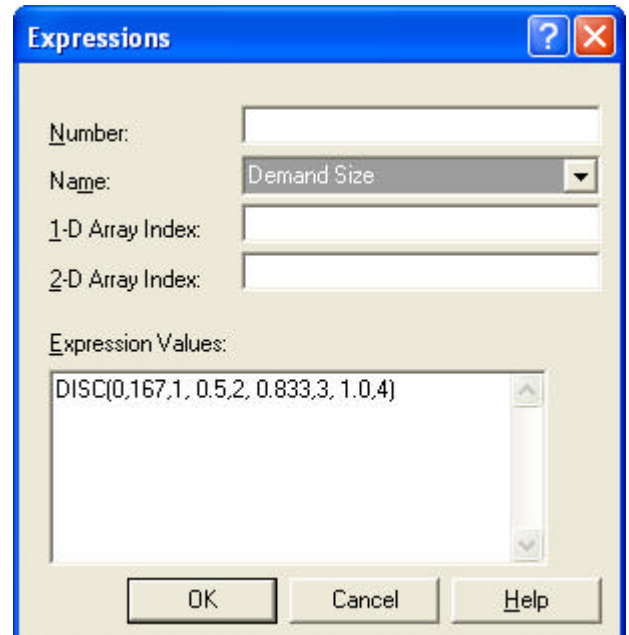
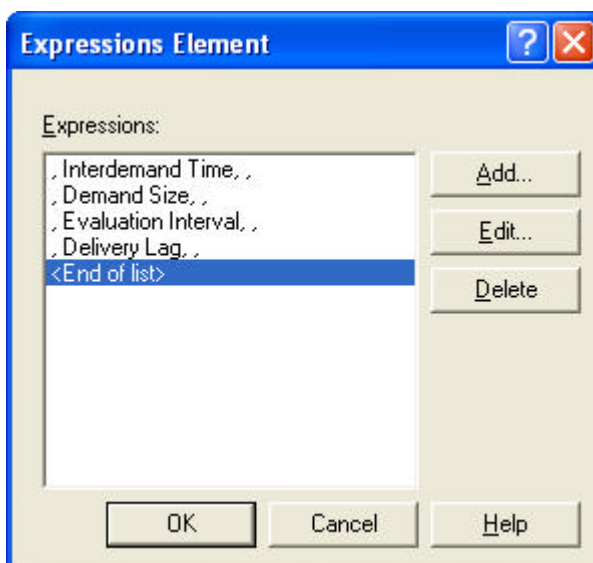
El elemento VARIABLES especifica el número total de variables globales, sus nombres y tipos de datos, si se desea valores iniciales.



#### 2. EXPRESSIONS



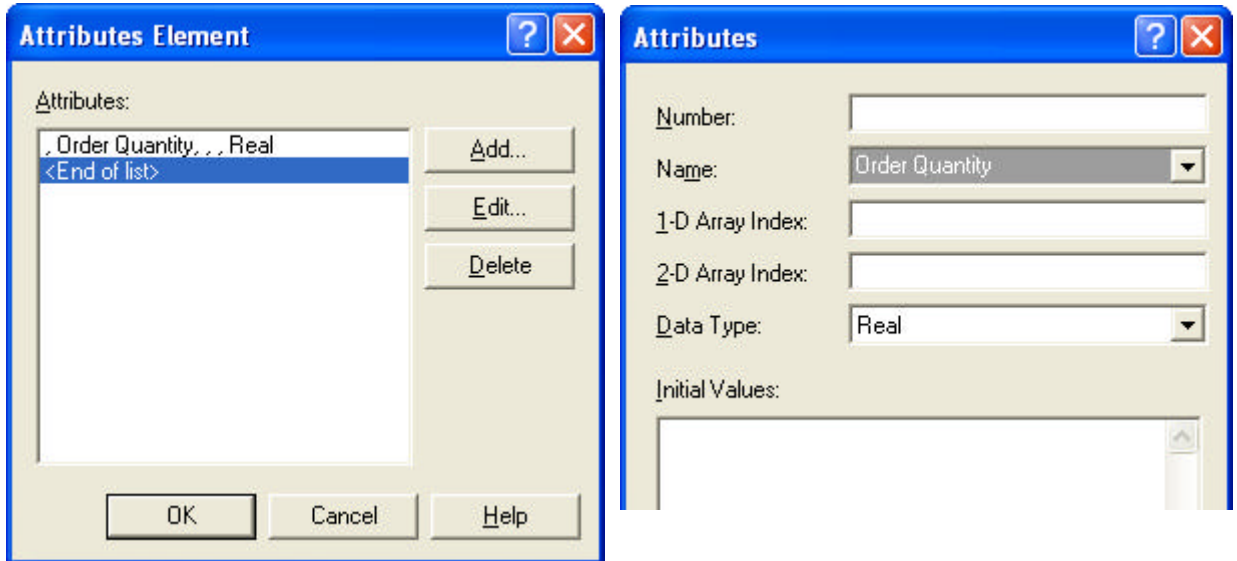
El elemento EXPRESSIONS define expresiones y, si desiea, sus nombres asociados. El operando Expression Values puede ser cualquier expresión valida SIMAN.



### 3. ATTRIBUTES

Attributes

El elemento ATTRIBUTES especifica el número total de atributos de entidad de propósito general, sus nombres, y sus valores iniciales.

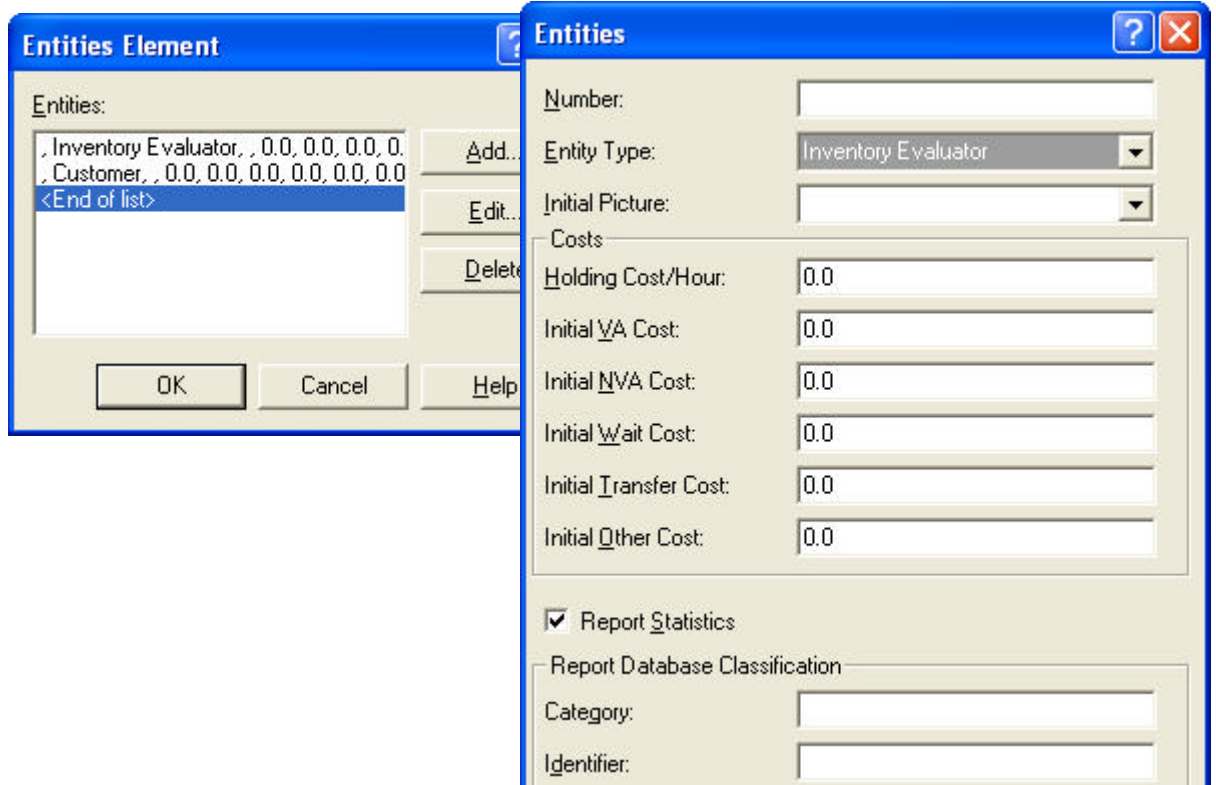


### 4. ENTITIES

Entities

El elemento ENTITIES define tipos de entidad (ejemplo, tipo de partes, tipo de ordenes, tipos de clientes) que pueden ser asignados a entidades en el modelo.

El tipo entidad de una entidad es guardado en su atributo de propósito especial Entity.Type. por defecto, las entidades no tienen tipo (ejemplo, Entity.Type=0). Las entidades pueden ser inicializadas con el tipo Entity Type en el block CREATE, y/o tienen sus atributos Entity.Type asignados el valor Entity Type luego en una sentencia assign (ejemplo, en el block ASSIGN).







## 5. PROJECTS

Project

Este modulo es obsoleto. El item del menú Run, Setup menu, el tab Project Parameters debería ser utilizado en vez de él. EL modulo es incluido solo por compatibilidad y en aplicaciones especiales. (Sí este modulo es usado en un modelo, sus valores sobrescribirán la configuración en el menu.)

## 6. REPLICATE

Este modulo es obsoleto. El elemento REPLICATE especifica el número de replicaciones de simulación, el tiempo de inicio de la primera replicación, la longitud maxima o condición de termino para cada replicación, el tipo de inicialización entre replicaciones, y el periodo de tiempo después del inicio de una corrida donde las estadísticas serán limpiadas.

Replicate

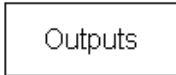
## 7. DSTATS

DStats

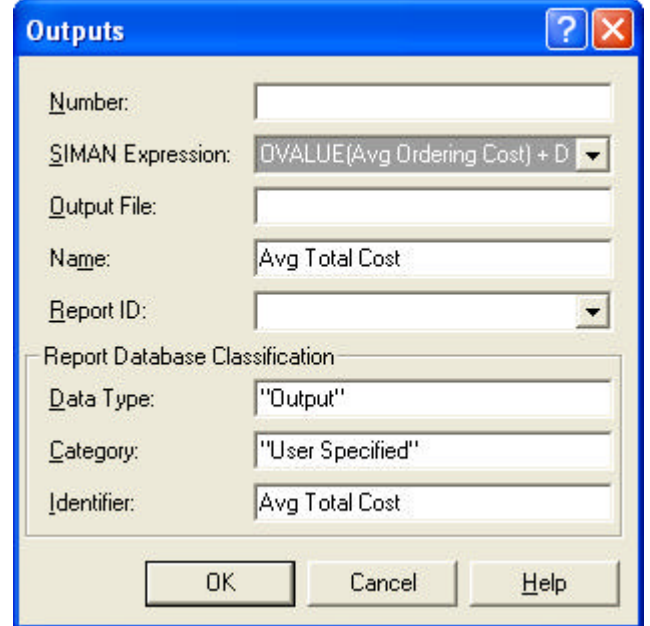
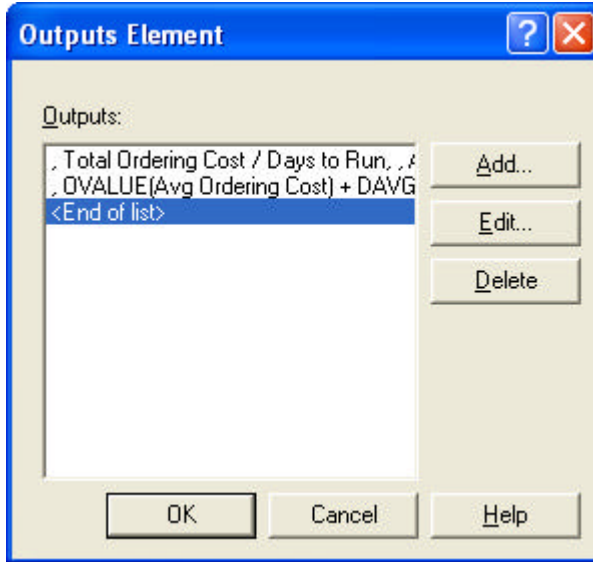
El elemento DSTATS es usado para obtener estadísticas persistentes en el tiempo en un sistema discreto. Estadísticas pueden ser obtenidas por cualquier variable del usuario SIMAN, variable de sistema, o expresión conteniendo variables de usuario o sistema. Expresiones conteniendo atributos no están permitidas.



## 8. OUTPUTS



El elemento OUTPUTS define expresiones SIMAN cuyos valores serán reportados en el Summary Report de SIMAN y opcionalmente registrados en archivos de salida o reportes al final de cada replicación de una simulación.

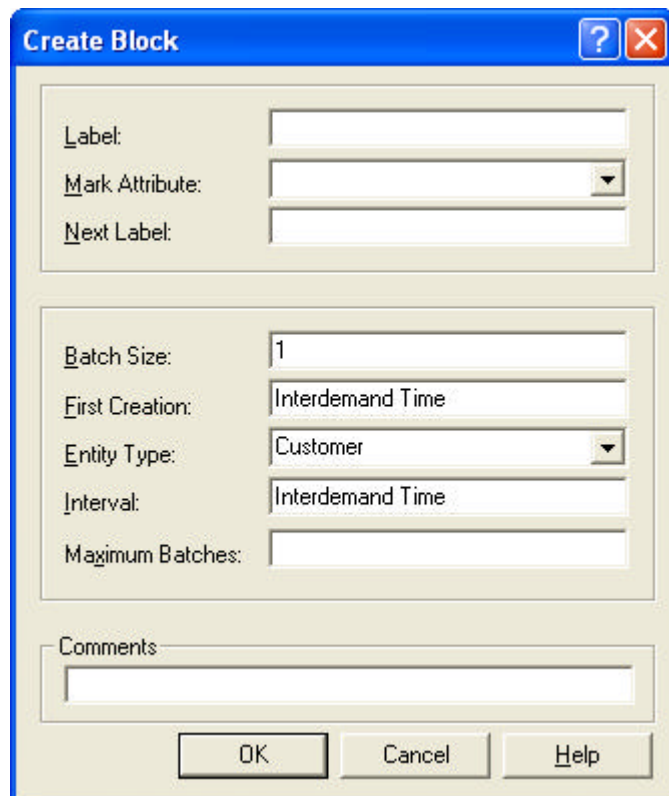


## Panel Bloques

### 9. CREATE



El bloque CREATE genera entidades arribando a un proceso. Este bloque causa que la creación del primer lote ocurra en el tiempo First Creation. Una creación resulta en tamaños de lotes de entidades arribando al sistema.





## Descripción del Sistema

Widgets by Bucky, una empresa de participación multinacional, lleva el inventario de una clase de artículo (widgets = trastos, objetos desconocidos). Los trastos son indivisibles, así que el nivel de inventario debe ser siempre una integral (entero), a la que denotaremos como  $I(t)$  en donde  $t$  es tiempo (en días) después de inicio de la simulación. Al inicio, hay 60 trastos a mano:  $I(t) = 60$ .

Los clientes arriban con tiempo entre llegadas distribuidos de forma exponencial con una media de 0.1 día (es una operación de 24 horas), con una primera llegada que ocurre no en el tiempo cero, sino después de que uno de estos tiempos entre llegadas haya pasado aquél. Los clientes exigen 1, 2, 3 ó 4 trastos con sus respectivas probabilidades de 0.167, 0.333, 0.333 y 0.167. Si la demanda del cliente se puede satisfacer de un inventario disponible, el cliente obtiene la demanda completa y se va feliz. Pero si el inventario disponible es menor que la demanda del cliente, éste se lleva lo que encuentre a la mano (que podría ser nada), el resto de la demanda se *retrasa* y el cliente vuelve después que el inventario haya sido llenado de forma suficiente; a esto se le sigue un rastro colocando el nivel de inventario  $I(t)$  negativo, lo que no tiene sentido físicamente, pero que es un artificio de contabilidad conveniente. Los clientes con artículos retrasados son infinitamente pacientes y nunca cancelan sus pedidos. Si el nivel de inventario ya es negativo (esto es, ya estamos con un retraso) y llegan más clientes con demandas, se hace más negativo. Específicamente no se le sigue el rastro a qué trastos que lleguen en el futuro satisfarán a qué clientes con retrasos (también son infinitamente educados, así que eso no les importa).

Al principio de cada día (incluyendo el tiempo cero, el principio de día 1), Bucky "hace un inventario" para decidir si colocar un pedido con el abastecedor de trastos en ese momento. Si el nivel de inventario (sea positivo o negativo) es (estrictamente) menor que la constante  $s$  (usaremos  $s = 20$ ), Bucky ordena "hasta" otra constante  $S$  (usaremos  $S = 40$ ). Lo que esto significa es que ordena una cantidad de trastos de manera que. Si llegan de forma instantánea, el nivel de inventario aparecería exactamente en  $S$ . Así que si  $t$  es una integral y por lo tanto  $I(t)$  es el nivel de inventario al inicio de día (podría ser positivo, negativo o cero) e  $I(t) < s$ , Bucky ordena  $S - I(t)$  artículos; si  $I(t) \geq s$ , Bucky no hace nada, deja que pase el día, esto es, en el tiempo  $t+1$ . Debido a la forma de esta política de **revisión/llenado**, a menudo a los sistemas como éste se les llama *modelos de inventario* ( $s, S$ ).

Sin embargo, un pedido colocado al inicio de un día no llega de forma instantánea, sino más bien a veces durante la última mitad de ese día, después de una demora de reparto (*tiempo de entrega*) distribuido



uniformemente entre 0.5 y 1 día. Así que cuando llega el pedido, el nivel de inventario aparece en una cantidad igual a la del pedido original pero, si hubo alguna demanda desde que se colocó el pedido, éste aparecerá en algo menor que  $S$  cuando el pedido finalmente se entregue. Note que los tiempos relativos a las evaluaciones del inventario y a las demoras de reparto son tales que nunca debe haber mas de un pedido en camino, puesto que un pedido colocado al inicio del día llegará, por mucho, justo antes de que el día termine, lo que es el inicio del día siguiente, la primera oportunidad para colocar otro pedido.

Bucky está interesado en el costo de operación total promedio por día de este sistema durante 120 días, lo que será la suma de tres componentes:

➤ **Costo de pedido promedio por día**

Cada vez que se coloca un pedido, se incurre en un costo de 32 dólares sin importar la cantidad del pedido, más de 3 dólares por artículo pedido; si no se coloca ningún pedido, no hay costo para el mismo, ni siquiera el costo fijo de 32 dólares.

Los 3 dólares no es el precio (al mayoreo) del trasto, sino más bien el costo operacional administrativo de Bucky de *pedir* un traste. (Semana 12 - A consideraremos algún precio en este modelo). Al final de la simulación de 120 días, el total acumulado de todos los costos de los pedidos se divide entre 120 para obtener el costo promedio de pedido por día.

➤ **Costo por mantener promedio por día**

Siempre que haya artículos físicamente en inventario (esto es,  $I(t) > 0$ ), se incurre en un costo por mantenerlos de 1 dólar por trasto cada día. Entonces, el costo total de mantenerlos es:

$$\int_0^{120} 1 \times \max(I(t), 0) dt$$

(piense en ello), y el costo promedio por mantenerlos cada día es este total dividido entre la duración de la simulación, 120 días.

➤ **Costo por faltante promedio por día**

Siempre que tengamos un retraso (esto es,  $I(t) < 0$ ), se incurrirá en un costo por faltante de 5 dólares por trasto, un castigo más severo que por mantener el inventario en positivo. El costo por faltante total es por lo tanto:

$$\int_0^{120} 5 \times \max(-I(t), 0) dt$$

(piense en ello un poco más), y el costo por faltante promedio por día es este total dividido entre la duración de la simulación.



Note que para los periodos en los que no tenemos ni retraso ni artículos físicamente en inventario (esto es,  $I(t) = 0$ ) no hay ni costos por faltante ni por mantenerlos (nirvana de contabilidad de costos). También, puede percatarse que no estamos contabilizando en ningún lado el precio al mayoreo o al menudeo de los trastos; en este modelo, suponemos que esos precios son fijos e inducen esta demanda, lo que sucederá a toda costa, de tal forma que los ingresos y las ganancias son fijos y es sólo el costo de operación lo que podemos intentar afectar.

Un punto final antes de construir el modelo de simulación. Las evaluaciones de inventario suceden al inicio de cada día, esto es, cuando el reloj es un entero y cualquier costo de pedido incurre en ese tiempo. Sucede que se supone que la ejecución termine al final de un tiempo entero (120), así que normalmente habría ahí entonces una evaluación de inventario y, posiblemente, un pedido colocado que no llegaría sino hasta después del fin del mundo, así que nunca lo obtendríamos pero deberíamos pagar el costo del pedido. Así que se tiene que evitar que suceda una evaluación en el tiempo 120, lo que haremos al detener la ejecución en el tiempo 119.9999.



## SEMANA 14: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS

### Introducción

Un modelo de simulación representa la dinámica en el comportamiento de un sistema en el tiempo. Un modelo es construido para prever resultados que aparecen en las salidas del sistema real.

Entonces el análisis estadístico de la salida de una simulación es similar al análisis estadístico de la data obtenida del sistema real. La principal diferencia es que el análisis estadístico tiene más control sobre las corridas del modelo simulado.

Por lo tanto se puede diseñar experimentos para obtener la salida correspondiente a las respuestas de las preguntas pertinentes relacionadas al sistema bajo estudio.

Hay dos tipos de preguntas que relaciona a la salida de los modelos de simulación:

¿Cuál es la variable inherente asociado al modelo?

¿Qué puede inferirse acerca del desempeño del sistema real del uso del modelo de simulación?

La primera pregunta se relaciona con una comprensión del modelo y averigua el desempeño como diseño. Ella envuelve un detallado análisis estadístico a obtener como información en la precisión y sensibilidad del modelo.

La segunda pregunta relaciona la validez del modelo y su utilidad.

La respuesta envuelve la descripción del desempeño de las variables del sistema y la construcción estadística computacional relacionada al desempeño de las variables.

Cuando simulamos nos enfrentamos al tema de la aleatoriedad, por lo tanto se hace necesario un análisis estadístico para cualquier modelo construido sobre la base de alguna entrada aleatoria.

No mucho antes, los modeladores ejecutaban una sola vez su modelo y probaban unos pocos escenarios elegidos al azar, sin tener la noción de que tan válidos, precisos o generales pudieran ser sus resultados o conclusiones obtenidos.

Lo que veremos a continuación nos permitirá averiguar en verdad cómo se comporta un modelo y poder transmitir sus resultados con una mayor precisión para una buena toma de decisión.

### Políticas de inicio de la simulación

Las condiciones iniciales para un modelo de simulación pueden provocar que los valores obtenidos en los modelos sean diferentes con respecto a los valores obtenidos después de un periodo de inicio.

Si el sistema a ser modelado tiene un periodo de terminación, entonces tal respuesta transitoria es anticipada y los valores obtenidos durante el periodo inicial, aunque diferentes, serán representativas de las salidas obtenidas del sistema real.

Las políticas de inicio son usados para definir las condiciones iniciales para el modelo de simulación y especificar un procedimiento para establecer un punto de truncamiento.

Básicamente, las condiciones iniciales definen los intentos de proveer un punto de inicio que requiere solamente una cantidad limitada de datos a ser evaluados, esto es, uno que permita un valor pequeño a ser empleado. Con las políticas iniciales podemos reducir el valor de la varianza.

Las políticas iniciales (Condiciones iniciales) pueden ser:

- Iniciar el sistema "vacío y desocupado"
- Iniciar el sistema en el modo de estado constante
- Iniciar el sistema en un estado promedio.

### Reglas para Detener la simulación

Determinar la longitud de una corrida de simulación especificado en términos de lotes es un problema complejo. Un modo general para establecer una condición de stop envuelve el concepto de retorno marginal.





Se ha propuesto que una corrida debería pararse cuando el mejoramiento marginal en ganancias potenciales con base en la corrida disminuye más adelante los costos marginales asociados con continuar la corrida. Calcular el costo marginal puede ser dificultoso.

### Tipos de Sistemas

- Transitorios  
Aquellos que tienen inicio y término  
Ejemplos: bancos, restaurantes, tiendas (sistemas de atención)
- Estado Estable  
Son continuos  
Ejemplos: producción, tránsito vehicular, aeropuertos.

### Marco de tiempo de las simulaciones

La mayoría de las simulaciones se pueden clasificar como terminadas o de estado estable.

Simulación terminada es aquella en la cual el modelo cuenta con condiciones específicas de inicio y termino, que son el reflejo de cómo opera realmente el sistema en estudio. Por ejemplo: el Banco que abre a las 9:00 a.m. y cierra a las 6:00 p.m. pero continua operando tiempo adicional hasta que todos los clientes se hallan atendido; otro caso de condición de término se da en un taller que opera hasta que se hallan ensamblado 500 unidades de un determinado producto terminado.

Las simulaciones de estado estable son aquellas que el marco de tiempo es teóricamente infinito, aún cuando las simulaciones deban terminar en algún momento, lo significa que estas simulaciones puedan ser bastante largas. Por ejemplo: una sala de emergencia de un hospital nunca se detiene o vuelve a empezar, por lo que se ajustaría a este tipo de simulación. Se puede dar el caso de simulación de estado estable de un sistema que de hecho termina, esto se hace con la finalidad de diseñar alguna clase de situación del peor de los casos o situación pico.

### Razones por las cuales no se puede basar los resultados en una sola corrida

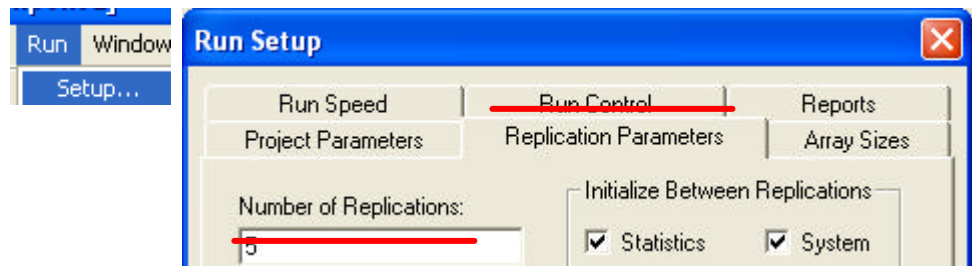
1. Observaciones no son independientes (tienen correlación alta)
2. Asunción de normalidad no se cumple
3. Los resultados dependen de la secuencia de números aleatorios.

### Cantidad de Replicaciones

#### Estrategia para recopilación y análisis de datos

Con una simulación terminada, es sencillo obtener los datos apropiados para el análisis estadístico, basta con hacer n réplicas independientes, claro que para algunos grandes modelos con muchas variables esto puede significar mucho tiempo de ejecución.

Esto se consigue:



Los cuadros debajo de Initialize Between Replications al estar predeterminados, hará que se despejen tanto las variables del sistema como los acumuladores estadísticos al final de cada replica, también implica que se obtendrá réplicas estadísticamente

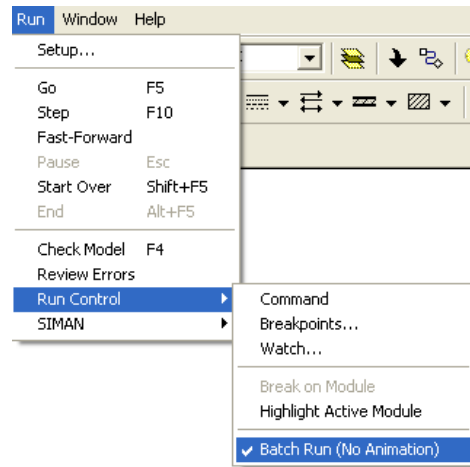


independientes e idénticamente distribuidas (IID) para un análisis terminado esto hará que cada réplica empiece desde cero y generando números aleatorios básicos por separado. Para cada réplica se genera una sección separada en el reporte Category by Replication (Estos no se muestran en el reporte category Overview).

Cuando haga réplicas para análisis estadístico, es conveniente apagar la animación para no mover las cosas, para ello desde el menú principal elija Run > Run Control > Batch Run (no animation).

Para después permitir animaciones, será necesario volver a despejar esta opción marcada.

Si se está haciendo más de una réplica, el reporte Category Overview da un porcentaje de cada resultado en las replicas, junto con la mitad de un intervalo de confianza (nominal) de 95% en el valor esperado del resultado de salida.



### Intervalos de confianza para sistemas terminados

Si tenemos  $n$  replicas, obtendremos  $n$  promedios (medias) de una variable en estudio (reporte Category by Replication). El reporte Category Overview ofrece la siguiente información:

Average                      Half Width                      Minimum                      Maximum  
 Average                      Average                      Average                      Average

Media de la muestra (average), mitad de ancho del intervalo de confianza en 95% (half width), mínimo y máximo de los valores de salida de resumen de replicas. Solo faltaría calcular la desviación standard de las medias de las  $n$  replicas.

Ahora bien, supongamos que se tiene un conjunto inicial de réplicas de las que cálcula un promedio y una desviación estándar de la muestra y entonces obtiene un intervalo de confianza cuya mitad es decepcionantemente grande, la idea es reducir esa mitad del intervalo de confianza esperado, y esto se pudiera conseguir aumentando el tamaño de la muestra  $n$ , la pregunta es ¿Cuánto?

Partiremos verificando el error en la estimación.

$$h = t_{n-1, 1-\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Si se desea lograr una mitad específica del intervalo  $h$ , intentar estableciendo  $h$  igual a las fórmula de la mitad del intervalo anterior y resuelva  $n$ .

$$n = t_{n-1, 1-\alpha/2}^2 \frac{s^2}{h^2}$$

La dificultad radica en que no se resolvió para  $n$ , ya que el lado derecho aun depende de  $n$  (a través de los grados de libertad en el valor crítico de la distribución  $t$ , y, aunque la notación no lo muestra, a través de la desviación estándar  $s$ , que depende no solo de  $n$  sino de todos los datos obtenidos del conjunto inicial de  $n$  réplicas). Sin embargo, para obtener al menos una tosca aproximación al tamaño requerido de la muestra, se podría reemplazar el valor crítico de la distribución  $t$  en la fórmula anterior con el valor crítico de la normal estándar (están cercanos a  $n$  más de 30) y pretender que el estimado actual  $s$  sea similar cuando se calcula una muestra más grande, esto conduce a lo siguiente:

$$n \cong z_{1-\alpha/2}^2 \frac{s^2}{h^2}$$



Donde  $s$  es la desviación estándar de la muestra de un conjunto inicial de  $n$  réplicas.  
 Una aproximación más sencilla pero un poco diferente es:

$$n \cong n_0 \frac{h_0^2}{h^2}$$

Donde  $n_0$  es el número de réplicas iniciales que tiene y  $h_0$  es la mitad del intervalo que obtuvo de ellas.

### Procedimientos para estimar la Varianza

La varianza de la media juega un papel fundamental en la confiabilidad de la salida de la simulación. La estimación de la varianza -  $\text{Var}[Xi]$  - de una corrida simple de simulación es complicada debido a la dependencia usada en el cálculo de  $Xi$ .

Se consideran varios procedimientos para calcular la varianza:

- Replicaciones
- Subintervalos
- Ciclos regenerativos
- Modelado Parametrico
- Estimación de la Covarianza/Espectral

### Método de Replicaciones

El método de Replicación, emplea corridas separadas donde cada corrida es considerada como un lote.

Corrida	Observaciones	Media
1	$Q_1(1) \ Q_1(2) \ Q_1(3) \ \dots \ Q_1(L)$	$Q_1$
2	$Q_2(1) \ Q_2(2) \ Q_2(3) \ \dots \ Q_2(L)$	$Q_2$
.	.	.
.	.	.
.	.	.
k	$Q_k(1) \ Q_k(2) \ Q_k(3) \ \dots \ Q_k(L)$	$Q_k$

$$\bar{Q} = \sum_{i=1}^k \frac{Q_i}{k} \qquad s^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(\bar{Q}_i - \bar{Q})^2}{(k-1)}$$

Intervalo de Confianza de  $(1-a) \%$

$$\bar{Q} \pm t_{k-1, a/2} * \frac{s}{\sqrt{k}}$$

### Outliers

Observaciones fuera de rango

Si un  $Q_j$  esta fuera de rango (existe sospecha)

Entonces, si  $\frac{\bar{Q}_j - \bar{Q}}{s} > 3$  se elimina



## SEMANA 15: ILUSTRACIONES Y CASOS

Instrucciones.- Resuelva cada ejercicio de acuerdo a las indicaciones realizadas en clase. Dicho ejercicio debe ser resuelto y presentado en los grupos ya organizados, en una monografía resumen ejecutiva con interpretación de su reporte, en folder manila. Los archivos correspondientes deben ser enviados al correo ya indicado.

1. Generalice el modelo de inventario (s,S) desarrollado en clase, para tener dos tipos adicionales de art{ículos (adornos y accesorios), así como trastos. Los clientes llegan en el mismo patrón que antes, pero ahora cada uno tendrá una demanda de adornos y accesorios, así como de trastos. Las demandas de trastos son como antes, las demandas de adornos son  $POIS(1.9)$ , y de accesorios son  $POIS(2.3)$ ; suponga que la demanda de un cliente para un artículo es independiente de sus demandas para los otros dos artículos. Aún hay un evaluador de inventario, que sigue llegando al inicio de cada día, pero ahora tiene que ver los tres inventarios y pedir y pedir de acuerdo a políticas separadas (s, S) para cada uno de los tres. Para trastos, (s, S) = (20, 40) como antes; para adornos, (s, S) = (15, 35); y para accesorios, (s, S) = (25, 45). Los retrasos en la entrega para los trastos son  $UNIF(0.5, 1.0)$  como antes; para los adornos, es  $UNIF(0.4, 0.8)$ ; y para accesorios, es  $UNIF(0.8, 1.7)$ . Los costos por hacer el pedido (tanto configurado como incremental), por mantener y por faltante para adornos y accesorios son los mismos que para los trastos. Ejecute la simulación por la misma duración que en el modelo desarrollado en clase (esto significa que es correcto suavizar el punto final para evitar evaluaciones de inventario inútiles en el tiempo 120), y obtenga el costo total diario, así como el costo por mantener y el de faltante por separado para cada tipo de artículo.  
(Costo Promedio por Ordenar = 267.67)

2. Partiendo del ejercicio anterior, suponga que los proveedores de los tres artículos se fusionan y ofrecen un acuerdo para eliminar los costos de configuración múltiples en los pedidos de un día determinado, esto es, si Bucky ordena un artículo de cualquier tipo al inicio del día, solo tiene que pagar el costo de configuración de 32 dólares una vez por ese día, no uno separado de 32 dolares por cada tipo de artículo que ordene. ( Si no se coloca ningún pedido de ninguna cosa, no hay costo de configuración). Modifique su modelo del ejercicio anterior para hacer esto. ¿Qué tipo de incentivos cree usted que esta estructura de costo alterna debe ofrecer a Bucky en terminos de recoger mejores valores de s y S para cada artículo? (Responda la preguntas del ejercicio anterior también).  
(Costo Promedio por Ordenar = 234.87)



3. Un pequeño almacén proporciona almacenamiento de trabajo en proceso para una instalación de fabricación que produce cuatro tipos de diferentes partes. Los porcentajes de tipo de parte y los costos de inventario por parte son:

Tipo de parte	Costo de Inventario	
	Porcentaje	Por parte
1	20	\$5.50
2	30	\$6.50
3	30	\$8.00
4	20	\$10.50

La interpretación de "costo de inventario por parte" es como sigue. Cada parte en inventario contribuye con una cantidad de la última columna de la tabla anterior al costo total (valor) del inventario que se mantiene en el momento. Por ejemplo, si el inventario actual es de tres unidades de la parte 1, ninguna de la parte 2, cinco de la parte 3 y una de la parte 4, entonces el costo del inventario actual es:

$$3 \times \$5.50 + 0 \times \$6.50 + 5 \times \$8.00 + 1 \times \$10.50 \\ = \$67.00$$

Conforme las partes entran y salen, como se describe a continuación, este costo de inventario aumentará y disminuirá.

Las partes arriban con tiempos entre llegadas TRIA(1.5, 2.0, 2.8) (todos los tiempos están en minutos). Dos grúas almacenan y retiran las partes con un tiempo de viaje UNIF(1.2, 2.9) para cada camino. Las peticiones de remoción de partes siguen el mismo patrón que para las llegadas. Si no hay ninguna parte disponible, la petición no se llena. Todas las peticiones de partes tienen prioridad sobre los almacenajes y la prioridad se da para recuperarse con base en el costo más alto por parte.

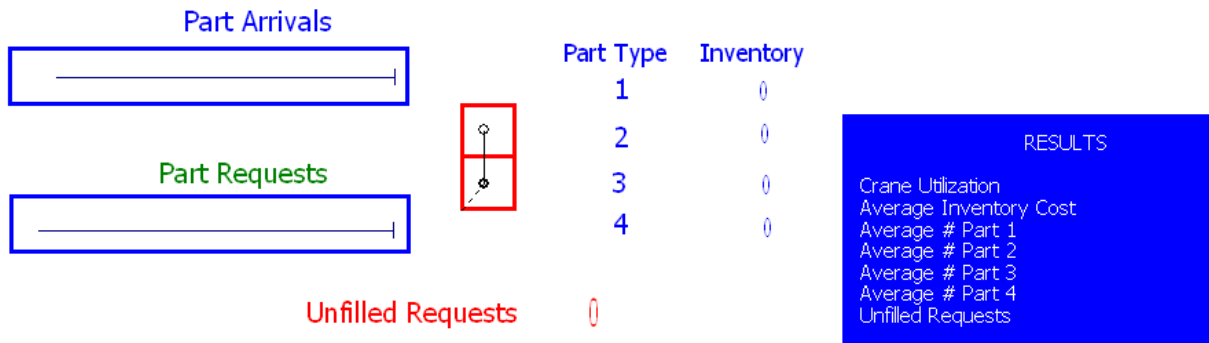
Para las llegadas de partes, aumente el costo de inventario sobre llegada y el número total de partes en inventario después de que la parte es almacenada. Para peticiones de partes, disminuya el número total de partes en inventario, tan pronto como sepa que hay una parte por recuperar, y el costo de inventario después de que la parte sea recuperada.

Ejecute su modelo por 5000 minutos comenzando con cuatro partes de cada tipo en el almacén. Recopile estadísticas en la utilización de la grúa, el costo promedio de inventario, el número de peticiones sin llenar debido a que no se tienen partes del tipo requerido.

PISTAS: Use las variables índice para el inventario de partes y el costo por parte. (Note que necesita emplear la opción "Other" (Otro) en el módulo Assign (Asignar) cuando se asignen a variables índice). Use la



distribución discreta para determinar el tipo de parte, y el módulo de datos Statistic (Estadística) para recopilar algunas de las estadísticas requeridas. (Costo de Inventario = 602.22)



NOTA.- Aquellos que resuelven el ejercicio con los Paneles Basicos y Avanzados, deben incluir la animación correspondiente, la solución con Panel de elementos incluye plot del nivel de inventario maximo y minimo así como los tanques correspondientes (levels).

## SEMANA 16: EXAMEN DE UNIDAD





## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. **Kelton W. David. Sadowski Randall P. Sturrock David T.** Simulación con Software Arena. . 4ta Edición. Ed.McGraw-Hill, Inc. España. 2008.
2. **Pritsker, Alan. O'Reilly, Jean.** Simulation with Visual Slam and AweSim. 2da Ed. Edit. Wiley. USA. 1999.
3. **Banks, Jerry.** Discrete Event System Simulation. Georgia Institute of Technology. USA. 1995
4. **Banks, Jerry** Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice. Edit. John Wiley and Sons. USA. Setiembre 1998.
5. **Ross, Sheldon M.** Simulación 2da. Ed. Prentice Hall. México 1997. 296 pg.

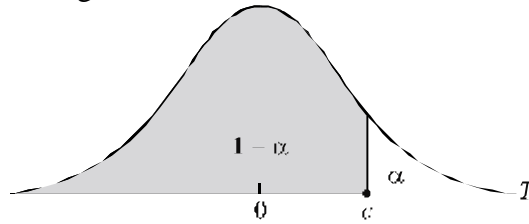
## ENLACES

- ✓ **INFORMS Simulation Society**  
<http://www.informs-sim.org/index.html>



**TABLA DE LA DISTRIBUCION  $t$ - Student**

La tabla da áreas  $1 - \alpha$  y valores  $c = t_{1-\alpha, r}$ , donde,  $P[T \leq c] = 1 - \alpha$ , y donde  $T$  tiene distribución  $t$ -Student con  $r$  grados de libertad.

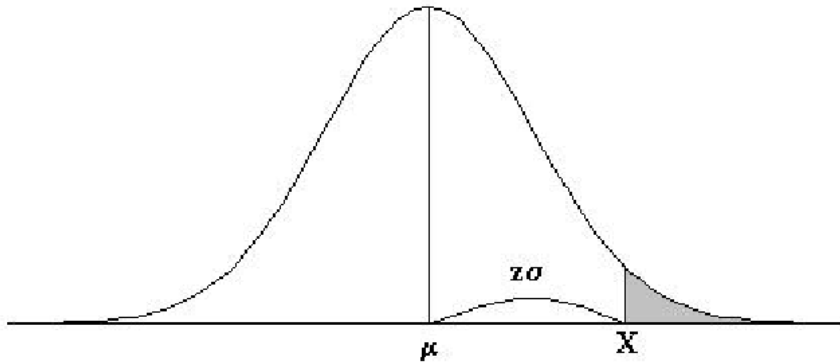


$r$	$1 - \alpha$							
	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.975	0.99	0.995
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
30	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750
40	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704
60	0.679	0.848	1.046	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660
120	0.677	0.845	1.041	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617
$\infty$	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576



## TABLA 1: DISTRIBUCIÓN NORMAL

### Áreas bajo la curva normal



Ejemplo:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

$$P [Z > 1] = 0.1587$$

$$P [Z > 1.96] = 0.0250$$

Desv. normal x	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641
0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681
1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
2.9	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
3.0	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010