

**Modaldo Tuñón**

Universidad Tecnológica de Panamá  
Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales  
Departamento de Computación y Simulación de Sistemas

# Tutorial del Software de Simulación Arena



Elaborado con la colaboración de estudiantes de la Asignatura "Modelado y Simulación"



**Modaldo Tuñón**

Universidad Tecnológica de Panamá  
Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales  
Departamento de Computación y Simulación de Sistemas

# Tutorial del Software de Simulación Arena



Elaborado con la colaboración de estudiantes de la Asignatura "Modelado y Simulación"



©Editorial Tecnológica  
Universidad Tecnológica de Panamá  
Panamá, Campus Universitario «Dr. Víctor Levi Sasso»  
Teléfono: (507) 560-3703  
Correo electrónico: editorial@utp.ac.pa

600

T836

Tuñón, Modaldo

Tutorial del software de simulación de arena / Modaldo Tuñón.

-- Panamá : Editorial Universitaria-UTP, 2025.

1 recurso en línea ; 66.454 Kb

ISBN 978-9962-22-011-4

1. EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

2. TECNOLOGÍA I. Título.

De conformidad con las leyes vigentes que rigen el derecho de autor y derechos conexos en la República de Panamá, se prohíbe la reproducción parcial o total de esta obra en cualquier tipo de soporte mecánico o electrónico, incluyendo el fotocopiado, salvo autorización escrita del editor o del autor.

Diseño y diagramación

Thania Pérez

Impresión

DICOMES

Universidad Tecnológica de Panamá

La Editorial Tecnológica es miembro del Sistema  
Editorial Universitario Centroamericano - SEDUCA

Hecho el depósito legal.

<b>CONTENIDO</b>	
<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>7</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>9</b>
Objetivo General	
Objetivos Específicos	
<b>MAPA CONCEPTUAL .....</b>	<b>10</b>
<b>HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN ARENA .....</b>	<b>11</b>
Concepto.....	11
Requerimientos del Sistema para el uso de Arena .....	12
Requisitos Mínimos del Sistema .....	12
Requerimientos Recomendados del Sistema.....	12
Configuración de Gráficos.....	12
Requerimientos gráficos mínimos .....	13
Requerimientos recomendados .....	13
Sistemas Operativos .....	13
Ediciones del Software Arena.....	14
<b>DISTRIBUCIONES DISCRETAS.....</b>	<b>15</b>
Distribución Poisson .....	15
Distribución de Bernoulli .....	16
Distribución Binomial.....	17
Distribución Geométrica .....	18
<b>DISTRIBUCIONES CONTINUAS .....</b>	<b>19</b>
Distribución Exponencial.....	19
Distribución Uniforme .....	20
Distribución Normal.....	21
Distribución Triangular.....	22
Distribución Normal Logarítmica .....	23
<b>TUTORIAL DE ARENA .....</b>	<b>25</b>
Instalación de Arena .....	26
Interfaz de Usuario de Arena.....	33
Módulos de Simulación .....	43

Uso de las Funciones de Distribución en Arena.....	67
Input Analyzer .....	72
Process Analyzer .....	74
Ejemplo de uso .....	75
Output Analyzer.....	81
Ejemplo de uso .....	81
Gráficos disponibles en el Output Analyzer .....	84
Crear Variables y Definir Atributos .....	87
Animación 3D.....	90
Entorno de Simulación 3D.....	92
Perspectivas y Vistas de la Escena 3D.....	93
Navegación a través de la Escena 3D.....	95
Modo Edición de los elementos de la Escena .....	98
<b>EJEMPLOS PRÁCTICOS .....</b>	<b>101</b>
Modelos Básicos .....	102
Modelo 1: Simulación del Proceso de un Banco.....	102
Modelo 2: Simulación del Proceso de Pago en un Supermercado.....	113
Modelo 3: Control de Pasajeros de un Aeropuerto .....	128
Modelo 4: Sistema de Control de Peaje .....	140
Modelo 5: Sistema de Solicitudes de Hipotecas.....	153
Modelo 6: Atención de un Cliente en la Caja Más Corta .....	165
Modelo 7: Despacho de Gasolina.....	185
Modelos Intermedios.....	206
Modelo 8: Simulación del Proceso de Matrícula .....	206
Modelo 9: Atención de Clientes en un Negocio.....	231
Modelo Avanzado .....	246
Modelo 10: Atención de Clientes en un Banco .....	246
<b>CONCLUSIÓN.....</b>	<b>315</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>316</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>320</b>
Anexo N°1 – Glosario de Palabras Clave.....	320
Anexo N°2 – Compare Arena Simulation Software Edition.....	325

**E**l software Arena es un sistema que permite modelar y simular situaciones de la vida real. Esta herramienta permite a cualquier negocio o persona realizar un análisis detallado de cualquier tipo de sistema de fabricación, incluyendo componentes de manipulación de materiales. También permite realizar predicciones del rendimiento del sistema basado en métricas clave como los costos, el rendimiento, los tiempos de ciclo y las utilidades. Otro punto muy importante es que Arena permite identificar cuellos de botella en el proceso, como la acumulación de colas y la sobreutilización de los recursos.

Por lo mencionado anteriormente hemos desarrollado un tutorial que contenga todos los elementos básicos del software Arena. Dentro de este tutorial podremos encontrar explicación a las preguntas ¿qué es el software Arena?, ¿qué requerimientos necesita un equipo para instalar este sistema de simulación?, entre otras más. También explicamos cada paso para instalar el sistema, cada paso con un ejemplo para que cada usuario pueda seguir el tutorial sin errores.

Los nuevos usuarios necesitan conocer cada una de las herramientas que brinda Arena, por esa razón hemos incluido una sección que incluye la explicación de la interfaz y de cada una de sus herramientas. Otro punto que hemos incluido dentro de este tutorial que puede beneficiar a usuarios, es la simulación con modelos 3D, ya que es una herramienta que no muchos conocen que tiene el software de Arena.

También hemos agregado una sección en este tutorial de ejemplos detallados de diferentes modelos que permitirán a los usuarios familiarizarse aún más con cada una de las herramientas de Arena y sus funcionalidades.

Este tipo de herramientas son muy importantes para los negocios y análisis que se deseen realizar sobre situaciones de la vida real. Está al alcance de todos el analizar cómo su sistema funcionará en su configuración "tal cual" y con posibles alternativas "a ser" para elegir con confianza la mejor manera de administrar el negocio y tomar decisiones adecuadas dentro de la administración.

La simulación es una herramienta utilizada para la evaluación y el análisis de los sistemas nuevos y los ya existentes. Permite anticiparse al proceso real, validarlo y obtener su mejor configuración.

El software de simulación Arena es un programa de simulación desarrollado por Rockwell Software que ayuda al usuario a desarrollar, validar y experimentar con modelos mediante el uso de herramientas gráficas dentro de un entorno de ventanas, proporcionando así un entorno de trabajo intuitivo y cercano al usuario.

Este software combina la facilidad de uso de los simuladores de alto nivel con la flexibilidad de los idiomas de simulación, o sea, hablamos de un instrumento asistido gráficamente que contiene una enorme flexibilidad de modificación debido a que su composición está sobre una base gráfica vinculada al desarrollo de diagramas de flujo que describen los pasos a continuar sin la necesidad de codificar los programas, permitiendo desarrollar los modelos de manera gráfica.

Este programa funciona usando descripciones del proceso en vez de descripciones del acontecimiento, no siendo primordial así llevar un control absoluto sobre cambiantes, eventos, entidades, entre otros, lo cual aporta simplicidad lógica.

Por otro lado, Arena nos posibilita modelar procesos para conceptualizar, documentar e informar y simular la contestación futura del sistema de cara a entender colaboraciones complicadas y detectar modalidades de optimización, visualizar las operaciones con gráficos dinámicos animados y examinar cómo funcionará el sistema en su configuración real y bajo un grupo de maneras alternativas, lo cual posibilita escoger la manera más correcta de trabajo.

Por las razones mencionadas anteriormente el software de simulación Arena se convierte en la herramienta correcta para realizar la simulación de nuestro proceso de montaje, a la vez que nos ayudará a una vez desarrollado el modelo, buscar resoluciones de manera parecido a como ocurriría en un sistema real usando para eso datos conseguidos experimentalmente.

Este tutorial contiene información extraída del sitio del lenguaje de simulación, así como de otros sitios. Es un producto gratuito y, como tal, contiene errores que se irán corrigiendo en versiones próximas. Este tutorial no pretende reemplazar ningún otro material existente y, más bien, es un complemento a estos. Pedimos disculpa si contiene material que no ha sido debidamente referenciado.

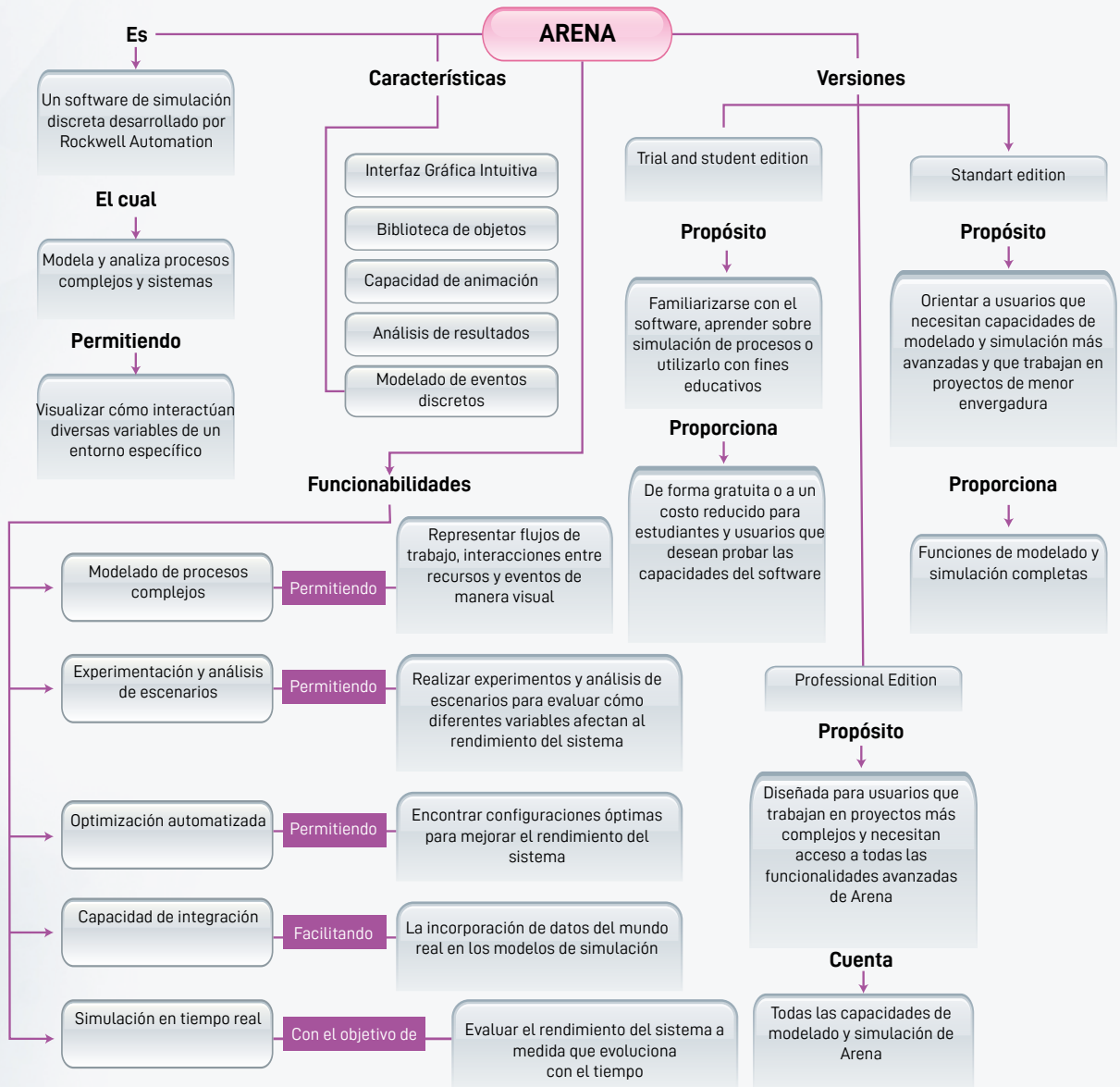


## Objetivo General

- Proporcionar a los usuarios una comprensión clara y práctica del funcionamiento de la herramienta, así como facilitar el uso y manejo de esta, mostrando todas las características.

## Objetivos Específicos

- Aprender a diagramar modelos y simularlos en el entorno de Arena Simulation.
- Reconocer cada una de las herramientas y funcionalidades que presenta Arena Simulation.
- Analizar los reportes generados de los modelos simulados en Arena Simulation.
- Aplicar Arena en una serie de ejemplos básicos.



**E**n esta sección responderemos algunas preguntas básicas para conocer "Arena Simulation Software", lo que nos permitirá familiarizarnos con la herramienta y comprender sus diferentes funcionalidades.

## Concepto

Arena es un software para realizar simulaciones, el cual proporciona la máxima flexibilidad y amplitud de cobertura de aplicaciones, para realizar un modelado sobre cualquier nivel de complejidad deseado. Este es suministrado actualmente por la empresa Rockwell software, la cual además suministra un conjunto completo de productos de simulación, como plantillas para mercados u optimización, con el objetivo de ayudar a sus usuarios. Los escenarios típicos empleados en el manejo de este software incluyen:

- ➔ Análisis detallado de cualquier tipo de sistema de manufactura, tomando en cuenta la manipulación de los materiales que involucran dicho sistema.
- ➔ Análisis de servicios complejos para sistemas de atención y gestión de los clientes.
- ➔ Análisis de las cadenas de suministro globales; incluyendo elementos como el almacenamiento, los sistemas de transporte y logística.
- ➔ Predicción del rendimiento de sistemas basándose en métricas claves como costos, rendimiento, tiempos de ciclo y utilidades.
- ➔ Identificación de cuellos de botella en procesos, como la acumulación de colas y la utilización excesiva de los recursos.

Esta poderosa herramienta cuenta con características interesantes como:

- ➔ Incluye gráficas para los diseños estadísticos.
- ➔ Genera informes en tiempo real y analiza los aspectos que son parte del estudio.
- ➔ Incluye animaciones.
- ➔ Posee bloques de construcción predefinidos para modelar el proceso sin necesidad de programación.

Además, su implementación ofrece ventajas para sus usuarios como:

- ➔ Reduce el grado de riesgos en grandes inversiones.
- ➔ Ayuda a diagnosticar y solucionar problemas.
- ➔ Reduce los cuellos de botella.
- ➔ La herramienta permite evaluar alternativas a los procesos existentes sin interrumpir la operativa actual.

## Requerimientos del Sistema para el uso de Arena

Como todo tipo de software, Arena también cuenta con un conjunto de parámetros o requerimientos que permitirán el correcto funcionamiento de la herramienta en cualquier computadora. A continuación, se presentarán los mismos para la versión 16.00.00 de la herramienta.

### Requisitos Mínimos del Sistema:

- ➔ Disco duro con 2 GB libre de espacio en el disco (o mayor espacio).  
8GB de RAM (o más)

### Requerimientos Recomendados del Sistema:

- ➔ Disco duro con 4GB libre de espacio en el disco (o mayor espacio).
- ➔ 16GB de RAM (o más)
- ➔ Intel® dual-core processor (o más), 3GHz (o más rápida).
- ➔ Acceso a Internet para la instalación de activaciones FactoryTalk.
- ➔ Adobe® Acrobat Reader 9.1.0 (o versión posterior) recomendado para visualizar documentación.

### Configuración de Gráficos:

Aplicable para la herramienta: "Arena Visual Designer".

## Requerimientos gráficos mínimos:

La tarjeta gráfica debe tener 512 MB o más de tipo DDR3 dedicado tipo o con mejor memoria. A continuación, se muestran ejemplos de tarjetas gráficas que cumplen con los requisitos mínimos:

- ➔ Nvidia Quadro NVS 160M (o mejor)
- ➔ Nvidia NVS 3100M (o mejor)
- ➔ Nvidia Quadro PCI-E Series (o mejor)
- ➔ Nvidia GeForce GTX 295 (o mejor)

## Requerimientos recomendados:

- ➔ Microsoft DirectX 9.0 and OpenGL 2.0 compatible
- ➔ Píxel and Vertex Shaders 2.0 compatible
- ➔ Contar con al menos una 2GB GDDR5 (Graphics Double Data Rate, versión 5) SGRAM; esta es una tarjeta gráfica de alto rendimiento.

Nota: El funcionamiento y la animación de Arena y algunos modelos de simulación grandes pueden requerir muchos cálculos, por lo que un procesador más rápido con memoria adicional puede mejorar significativamente el rendimiento. Además, se recomienda un monitor más grande y una resolución de pantalla de al menos 1024 x 768 para mejorar la visualización de la animación.

## Sistemas Operativos:

Arena es una aplicación Windows desktop que también está disponible en sistemas operativos de 64-bits. Esta versión es utilizada en los siguientes sistemas Operativos:

- ➔ Microsoft® Windows® 10 Pro/Enterprise.
- ➔ Windows® Server 2016.
- ➔ Arena de 32 bit puede ser instalada en versiones x64 de Windows y se ejecutará como una aplicación 32 bit. Arena 64 bit se ejecutará como una aplicación en versiones x64 de Windows.

Nota: El software Arena puede ejecutarse en computadoras de procesador único, multiprocesador y procesador de múltiples núcleos; sin embargo, solo puede ejecutar una instancia de Arena a la vez. La herramienta Arena Visual Designer aprovechará la capacidad de múltiples núcleos para mantener la velocidad de actualización gráfica.

## Ediciones del Software Arena

- ➔ Trial & Student Edition: Brinda una gran cantidad de funcionalidades para comprender el uso del Software y es de uso gratuito. Esta edición está enfocada para el ámbito educacional y principiantes que deseen conocer del uso de Arena. Esta edición cuenta con algunas limitaciones como la cantidad de elementos que se pueden crear para cada modelo, además de que su uso está prohibido para uso comercial.
- ➔ Standard Edition: esta edición cuenta con las mismas funcionalidades que la edición para Estudiantes; sin embargo, carece de las restricciones del tamaño del modelo que podrá encontrar en la edición de estudiantes. Para su descarga es necesario entrar en contacto con la compañía y vendedores para obtener esta licencia.
- ➔ Professional Edition: edición completa de la herramienta, cuenta con todas las funcionalidades encontradas en las ediciones anteriores, además de que cuenta con nuevas opciones para crear modelos con mayor fidelidad a un evento real y con un control más preciso sobre los modelos simulados. Para su descarga es necesario entrar en contacto con la compañía y vendedores para obtener esta licencia.

Las distribuciones discretas son modelos matemáticos que describen la probabilidad de ocurrencia de eventos discretos, es decir, eventos que pueden ser contados y que tienen valores aislados y distintos. A diferencia de las distribuciones continuas, que están asociadas con variables continuas, las distribuciones discretas se aplican a variables discretas.

## Distribución Poisson

La distribución de Poisson es una distribución de probabilidad discreta que describe el número de eventos que ocurrirán en un intervalo de tiempo fijo o en un área espacial fija, bajo la condición de que estos eventos ocurren con una tasa promedio constante y de manera independiente entre sí. Se origina cuando se quiere determinar las observaciones de interés por unidad de tiempo y espacio.

### Función de la probabilidad Poisson

Donde:

$$f(x) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!}$$

$f(x)$  representa la probabilidad de  $x$  ocurrencias en un intervalo

$\lambda$  es el valor esperado o cantidad promedio de sucesos en un intervalo

$e$  es equivalente a 2.71828

## Distribución de Bernoulli

Esta es una distribución que modela un experimento aleatorio si hay dos posibles resultados y la probabilidad para cada resultado posible permanece constante durante la prueba o experimento. Sus posibles resultados se suelen conocer como éxito (E), generalmente etiquetado con 1, o fracaso (F), generalmente etiquetado con 0.

$$p, q > 0 \quad \text{y} \quad p + q = 1$$

Su función de masa de probabilidad es

$$P(X = k) = \begin{cases} p & \text{si } k = 1 \\ 1 - p & \text{si } k = 0 \end{cases}$$

Donde:

es la probabilidad de que la variable aleatoria  $X$  tome el valor  $k$  (0 o 1).

es la probabilidad de éxito.

$P(X = k)$  La distribución de Bernoulli es fundamental y sirve como base para la distribución binomial y otras distribuciones más complejas. La distribución binomial se obtiene al realizar  $n$  ensayos independientes de Bernoulli, donde  $n$  es el número total de ensayos.

## Distribución Binomial

La distribución binomial es una distribución de probabilidad discreta que describe el número de éxitos en una secuencia fija de ensayos independientes, donde cada ensayo tiene dos posibles resultados: éxito o fracaso. Cada ensayo se modela como una distribución de Bernoulli, y la distribución binomial se obtiene al realizar  $n$  ensayos de Bernoulli independientes e idénticos.

Sea  $\Omega$  el espacio muestral de un experimento aleatorio y  $E$  uno de sus eventos simples. Si al realizar el experimento resulta el evento simple  $E$ , se dice que  $E$  ha sido un éxito, de lo contrario se dice que ha sido un fracaso.

### Fórmula de la Distribución de Probabilidad Binomial

$$f(x) = \frac{n!}{x!(n-x)!} p^x q^{n-x}$$

Donde:

$n$  es el número de intentos

$p$  es la probabilidad de éxito de cualquier intento

$x$  es la variable aleatoria que representa el número de éxitos en  $n$  intentos

$q$  es la probabilidad de fracaso de cualquier intento

$f(x)$  es la probabilidad de  $x$  éxito en  $n$  intentos

## Distribución Geométrica

Modela el número de ensayos independientes necesarios para que ocurra el primer éxito en una secuencia de ensayos de Bernoulli. Cada ensayo en la secuencia tiene dos resultados posibles: éxito (con probabilidad  $p$ ) o fracaso (con probabilidad  $1-p$ ), y los ensayos son independientes.

### Fórmula de la Distribución de Probabilidad Geométrica

$$P(x) = p(1 - p)^{x-1}$$

Donde:

$P(x)$  es la probabilidad de que el primer éxito ocurra en el ensayo  $k$

$p$  es la probabilidad de éxito en un solo ensayo

$(1 - p)$  es la probabilidad de fracaso en un solo ensayo

$K$  es el número de ensayos necesarios para que ocurra el primer éxito

Las distribuciones continuas son modelos matemáticos que describen la probabilidad de ocurrencia de eventos en los cuales los resultados pueden tomar cualquier valor dentro de un intervalo específico. A diferencia de las distribuciones discretas, que se aplican a variables discretas y específicas, las distribuciones continuas están asociadas con variables continuas, lo que significa que pueden tomar un rango infinito de valores.

## Distribución Exponencial

Si la probabilidad de que uno y solamente un evento ocurrirá durante un pequeño intervalo de tiempo  $\Delta t$  es proporcional a  $\Delta t$  y si la ocurrencia de un evento es independiente a la ocurrencia de otro evento, entonces el intervalo de tiempo entre la ocurrencia de eventos está distribuido exponencialmente. Es una distribución que modela el tiempo entre eventos sucesivos en un proceso de Poisson, donde los eventos ocurren de manera continua y de forma independiente a una tasa constante. También se puede utilizar para modelar el tiempo hasta que ocurra un evento en particular en un proceso de decaimiento exponencial.

**Su función de densidad de probabilidad es**

$$f(x) = \frac{1}{\mu} e^{-\frac{x}{\mu}}$$

Donde

$\mu$  es el inverso de la tasa de ocurrencia de eventos por unidad de tiempo en la distribución exponencial.

$e$  es la base del logaritmo natural (aproximadamente 2.71828).

## Distribución Uniforme

Es una distribución de probabilidad continua en la cual todos los valores posibles de la variable aleatoria tienen la misma probabilidad de ocurrir. En otras palabras, cada valor en el rango posible tiene la misma "densidad" de probabilidad. Esta probabilidad indica que todos los valores entre un mínimo y un máximo son igualmente probables.

Su función de densidad es

$$f(x) = \frac{1}{b-a} \quad a \leq x \leq b$$

Donde:

$f(x)$  es la probabilidad de que la variable aleatoria tome el valor  $x$ .

$a$  y  $b$  son los parámetros que definen el intervalo en el cual la variable aleatoria puede tomar valores. La probabilidad de que  $X$  tome un valor en el intervalo  $[a,b]$  es 1, y fuera de ese intervalo es 0.

## Distribución Normal

También conocida como distribución gaussiana, es una de las distribuciones de probabilidad más importantes en estadísticas y probabilidad. Es una distribución continua que se caracteriza por su forma de campana simétrica alrededor de su media y su propiedad de que un gran porcentaje de los datos se encuentra dentro de un cierto número de desviaciones estándar de la media.

Esta distribución coincide cercanamente con la distribución de frecuencia observadas de muchas mediciones naturales y físicas, además pueden ser usadas para aproximar probabilidades binomiales cuando  $n$  es grande, y las distribuciones de medias muestrales y proporciones de grandes muestras tienden a distribuirse normalmente.

La función de densidad de probabilidad de una distribución normal se puede expresar como:

$$f(x) = \frac{1}{\Gamma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\Gamma^2}}$$

Donde

$f(x)$  es la probabilidad de que la variable aleatoria tome el valor  $x$ .

$\mu$  es la media.

$\Gamma$  es la desviación estándar.

$\pi$  es la constante pi (aproximadamente 3.14159).

$e$  es la base del logaritmo natural (aproximadamente 2.71828).

## Distribución Triangular

La distribución triangular es una distribución de probabilidad continua definida en un intervalo  $[a, b]$  y caracterizada por una función de densidad de probabilidad (PDF) que tiene forma triangular. Esta distribución es asimétrica y se especifica mediante tres parámetros: el valor mínimo ( $a$ ), el valor máximo ( $b$ ) y el valor modal ( $c$ ), que es el punto donde la PDF alcanza su valor máximo.

La función de densidad de probabilidad de la distribución triangular es:

$$f(x) = \begin{cases} 0, & \text{para } x > b \\ \frac{2(x - a)}{(b - a)(c - a)}, & \text{para } a \leq x < c \\ \frac{2}{b - a}, & \text{para } x = c \\ \frac{2(b - x)}{(b - a)(c - a)}, & \text{para } c \leq x \leq b \\ 0, & \text{para } x < a \end{cases}$$

Donde:

$f(x)$  es la probabilidad de que la variable aleatoria tome el valor  $x$ .

$a$  es el valor mínimo de la distribución.

$b$  es el valor máximo de la distribución.

$c$  es el valor modal, que es el valor donde la PDF alcanza su máximo.

## Distribución Normal Logarítmica

La distribución Normal Logarítmica o LogNormal es una distribución de probabilidad continua que modela variables aleatorias cuyos logaritmos son normalmente distribuidos, o sea, siguen la distribución normal. Esto significa que si  $X$  sigue una distribución log-normal, entonces  $Y=\ln(X)$  sigue una distribución normal. De la misma forma en que la distribución normal es aplicable a procesos aditivos, la distribución normal logarítmica es apropiada para procesos de tipo multiplicativo.

$$f(x) = \frac{1}{\Gamma x \sqrt{2x}} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{\ln(x)\mu}{\Gamma} \right)^2}$$

Donde

$f(x)$  es la probabilidad de que la variable aleatoria tome el valor  $x$ .

$\mu$  es la media del logaritmo de la distribución.

$\Gamma$  es la desviación estándar del logaritmo de la distribución.

$e$  es la base del logaritmo natural (aproximadamente 2.71828).



The background of the slide is a solid dark blue color. On the left side, there is a faint, semi-transparent image of a person wearing a white hard hat and a dark jacket, looking towards the right. The person's face is partially obscured by the blue background.

# Tutorial de

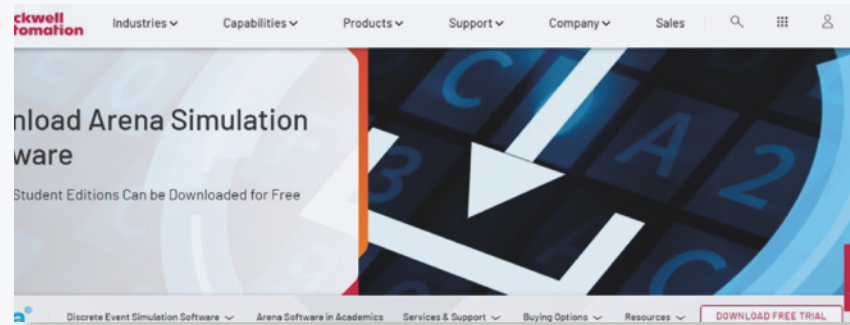
## Arena Simulation Software

# INSTALACIÓN DE ARENA

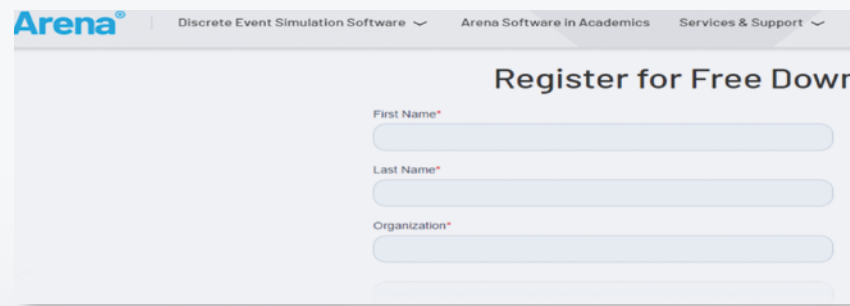
En esta sección del tutorial mostraremos un paso a paso de cómo se debe instalar el software de simulación Arena.

Registro de Cuenta Rockwell Automation.  
Acceder a la página de Rockwell Automation para descargar la instalación del software Arena:  
<https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/software/arena-simulation/buying-options/download.html>

## PASO 1



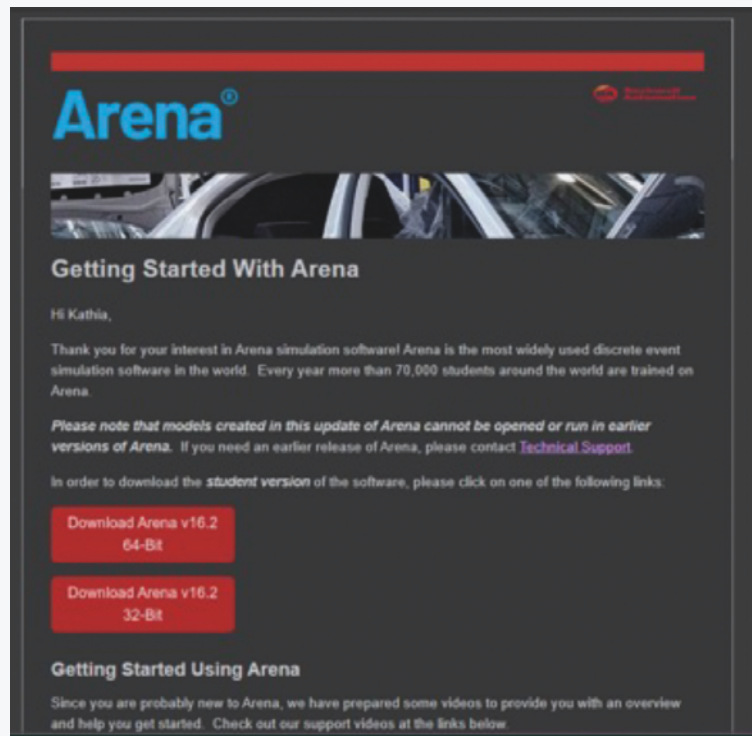
Buscar la sección de registro para descarga gratis en la página del enlace anterior. Llenar los campos solicitados para recibir un correo con la instalación del software Arena.

A screenshot of the 'Register for Free Download' form on the Rockwell Automation website. The form is titled 'Register for Free Download' and includes the following fields: 'First Name\*', 'Last Name\*', and 'Organization\*'. Each field has a corresponding input box. The form is set against a light blue background with a subtle grid pattern.

## PASO 2

### Descarga del Instalador

Una vez llenado los campos, presionar el botón naranja "Submit" y esperar a recibir el correo con el enlace de descarga.



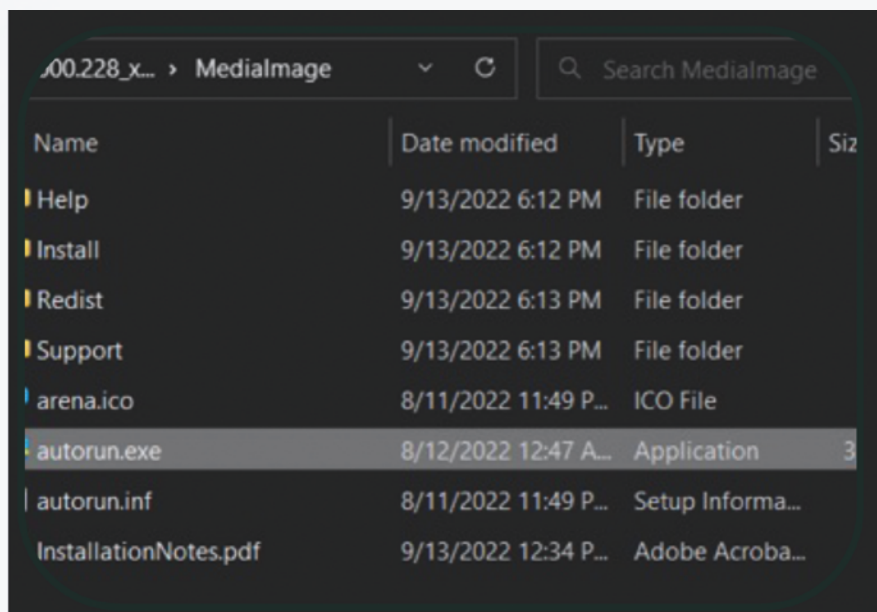
Recibido el correo, seleccionar una de las opciones de descarga de acuerdo con las características de su equipo. Una vez seleccionada la opción, esta abrirá una nueva pestaña en su navegador y empezará la descarga automática del paquete comprimido.

Finalizada la descarga, proceder a descomprimir el archivo.

## PASO 3

### Corrida de la instalación

Acceder a la carpeta descomprimida, ubicarse en la carpeta "Medialmage" y pulsar dos veces sobre el ejecutable "autorun.exe".



Pulsar sobre la opción "Install Arena 64-Bit".



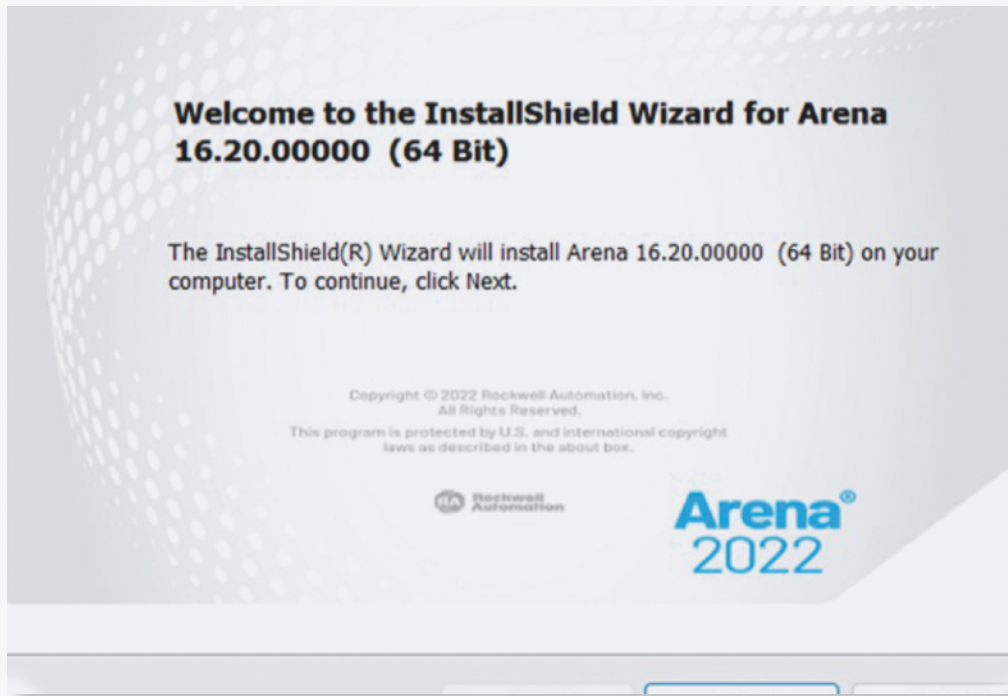
Al pulsar sobre la opción, se desplegará una ventana de aviso y confirmación de los aspectos del Sistema Operativo. Presionar el botón "Yes" de estar seguro; de lo contrario, presionar el botón "No" y descargar la versión correcta.



## PASO 4

### Configuración e Instalación

Una vez verificados los requisitos de preinstalación, se abrirá la siguiente ventana:



Pulsar en el botón "Next >", aceptar los términos de licencia y hacer clic nuevamente en el botón "Next>".



Ingresa su nombre de usuario y organización (universidad). Para el caso de estudiantes el certificado de activación basta con solo escribir "STUDENT". Como lo muestra el instalador y dar clic en el botón "Next >".

Lenovo 16.20.00000 (64 Bit) Setup

**Customer Information**  
Please enter your information.

User Name:  
NombreUsuario

Organization:  
Lenovo

Enter your 10 digit activation Serial Number (on Activation Certificate). If you are a student, type in the word STUDENT. If this is an evaluation, leave this field blank:

STUDENT

InstallShield

< Back   Next >   Cancel

Escoger el tipo de instalación default/personalizada en la carpeta que se desee y darle al botón "Next >".

Lenovo 16.20.00000 (64 Bit) - InstallShield Wizard

**Setup Type**  
Choose the setup type that best suits your needs.

Please select a setup type.

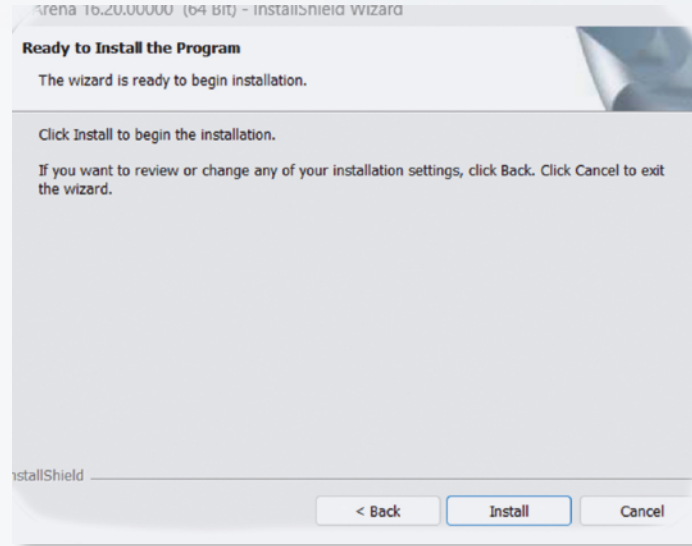
**Standard Feature Set Installation to Default Location**  
All typical preselected program features will be installed to the default location(s) on your computer. (May require the most disk space.)

**Custom Location Selection and/or Custom Feature Selection**  
You may choose which program features you want installed. You may also choose where the product files will be installed. Recommended for advanced users.

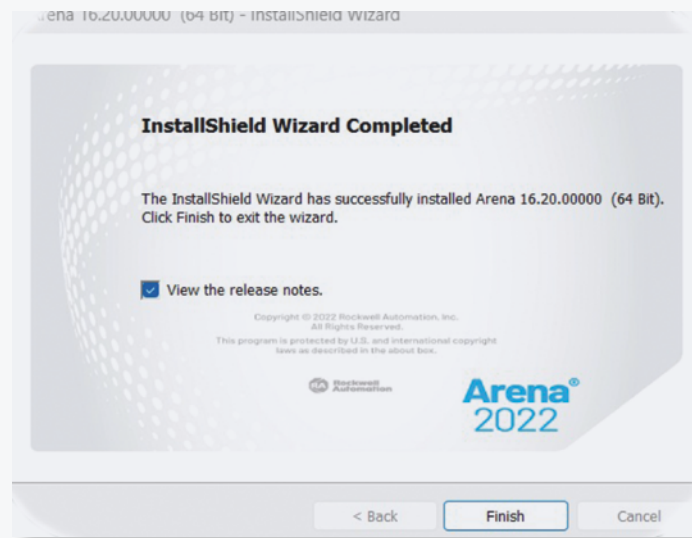
InstallShield

< Back   Next >   Cancel

Pulsa el botón "Install" para instalar el software Arena.



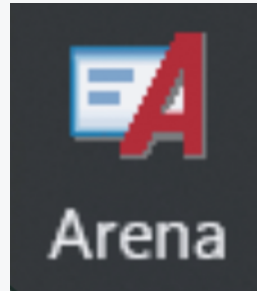
Una vez terminada la instalación verá la siguiente ventana, haga clic en el botón "Finish".



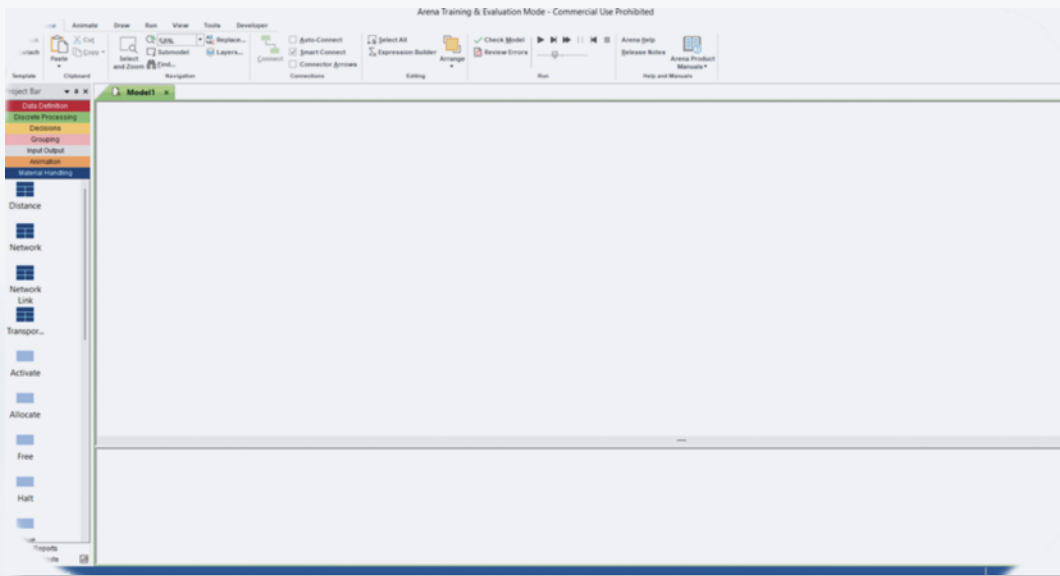
## PASO 5

### Ejecución de la Aplicación

Buscar y correr el ejecutable del software de Arena instalado.

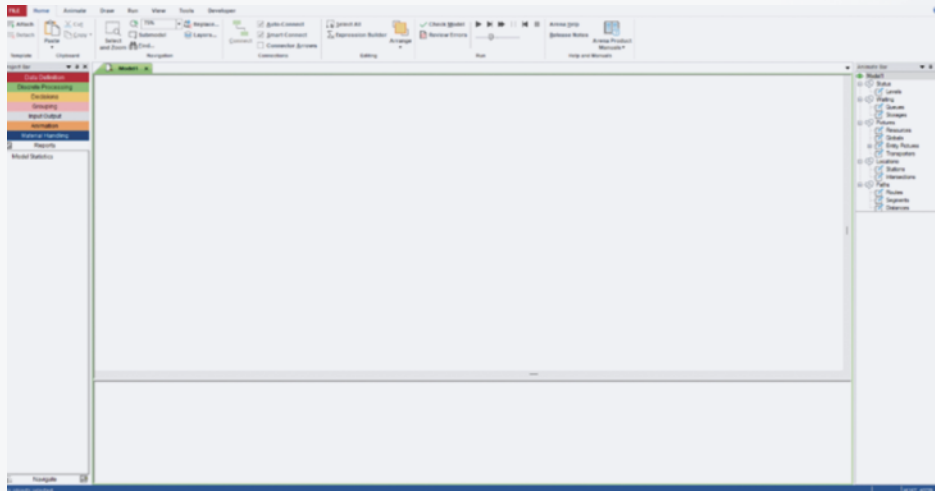


Una vez ejecutado, se abrirá la ventana que se muestra a continuación.



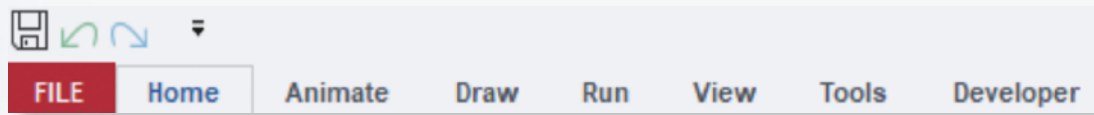
# INTERFAZ DE USUARIOS DE ARENA

En esta sección se realizará un recorrido a las herramientas que proporciona el software de simulación Arena. Al ejecutar el programa se desplegará la siguiente interfaz de usuario. Serán identificadas de la siguiente manera:



La barra de menú contiene las siguientes herramientas:

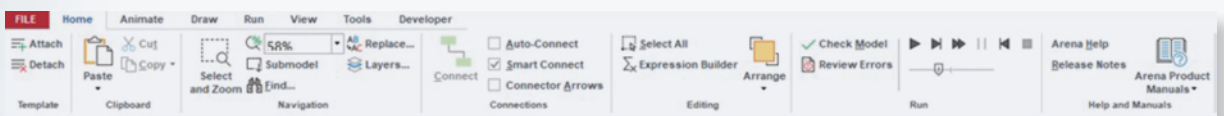
## File:



permite crear nuevos ficheros de modelos, abrir modelos existentes, guardar modelos, imprimir, compartir, entre otras funciones.



## Home:



Se presentan las funciones para adjuntar y separar las plantillas existentes, las funciones básicas de portapapeles, herramientas de navegación para la zona principal, herramientas de conexión entre los módulos, opciones de edición, administración de corrida de la simulación y manuales de ayuda.

Sus elementos son:

- Attach:** Permite unir objetos al modelo.
- Detach:** Desconecta objetos seleccionados del modelo.
- Paste:** Inserta elementos copiados o cortados en la ubicación actual.
- Cut:** Recorta objetos seleccionados.
- Copy:** Duplica objetos seleccionados en el portapapeles.

**Select and Zoom:** Herramientas para seleccionar y hacer zoom en elementos del modelo.

**Submodel:** Permite trabajar en submodelos dentro del modelo principal.

**Find:** Busca objetos específicos en el modelo.

**Replace:** Sustituye objetos específicos en el modelo.

**Layers:** Gestiona capas para organizar y mostrar elementos de manera estructurada.

**Connect:** Conecta elementos en el modelo.

**Auto Connect:** Establece conexiones automáticas entre objetos.

**Smart Connect:** Realiza conexiones automáticas de manera inteligente.

**Connector Arrows:** Representa flujos y conexiones entre objetos.

**Select All:** Selecciona todos los elementos en el modelo.

**Expression Builders:** Ayuda a construir expresiones y fórmulas.

**Arrange:** Alinea y organiza objetos en el modelo.

**Check Model:** Verifica la validez y consistencia del modelo.

**Review Errors:** Identifica y revisa errores en el modelo.

**Run Tools:** Herramientas para iniciar y gestionar la simulación.

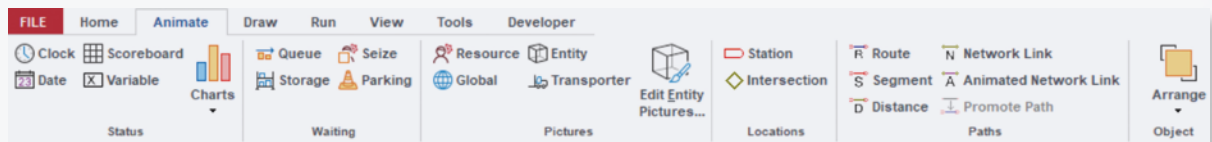
**Arena Help:** Accede a la documentación y ayuda de Arena.

**Release Notes:** Información sobre la versión actual de Arena.

**Arena Product Manuals:** Acceso a manuales detallados del producto Arena.

## Animate:

Se presentan las herramientas de animado de estado, espera, imágenes, localización, camino y objeto. Estas herramientas forman parte del manejo de la interfaz gráfica del programa.



Sus elementos son:

**Clock:** Controla el tiempo en el modelo de simulación.

**Date:** Representa y gestiona la fecha dentro del modelo.

**Scoreboard:** Muestra información clave sobre el rendimiento del sistema.

**Variable:** Representa y gestiona variables que afectan al modelo.

**Charts:** Crea representaciones visuales de datos para análisis.

**Queue:** Gestiona colas de entidades en el modelo.

**Storage:** Modela áreas de almacenamiento para entidades o recursos.

**Seize:** Adquiere recursos por parte de entidades.

**Release:** Libera recursos que fueron adquiridos previamente.

**Parking:** Modela áreas donde las entidades pueden esperar.

**Resource:** Representa recursos que pueden ser adquiridos y liberados.

**Global:** Gestiona variables globales que afectan todo el modelo.

**Entity:** Representa objetos que fluyen a través del sistema.

**Transporter:** Mueve entidades entre ubicaciones.

**Edit Entity Pictures:** Personaliza las imágenes de las entidades.

**Station:** Representa áreas donde las entidades pueden realizar actividades.

**Intersection:** Controla el flujo de entidades en intersecciones.

**Route:** Define caminos específicos para las entidades.

**Segment:** Divide rutas en segmentos para mayor control.

**Distance:** Define distancias y tiempos de viaje.

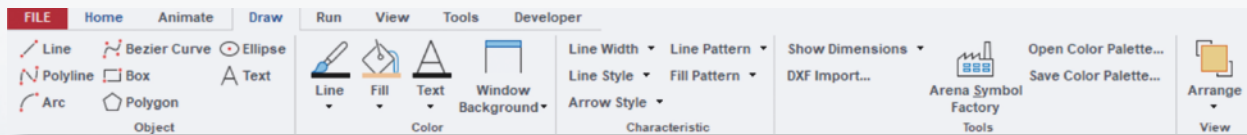
**Network Link:** Conecta ubicaciones dentro de la red del modelo.

**Animated Network Link:** Habilita la animación de conexiones de red.

**Arrange:** Alinea y organiza objetos visuales en la vista de animación.

## Draw:

Se presenta la posibilidad de seleccionar de seleccionar la opción de conexión de forma automática de varios bloques de trabajo marcando la opción auto-connect. También permite seleccionar la opción de smart-connections que provoca que las conexiones nuevas que se realicen se dividan en tres segmentos en lugar de intentar llevarlas a cabo mediante una única conexión.



En esta sección se tiene diversos elementos divididos por objeto, color, características, tools y vista.

### Los de objeto son:

**Line:** Permite crear segmentos de línea en el modelo.

**Polyline:** Dibuja líneas formadas por varios segmentos.

**Arc:** Genera segmentos de arco en el modelo.

**Bezier Curve:** Permite dibujar curvas suaves con controladores.

**Box:** Crea cajas o rectángulos en el modelo.

**Polygon:** Dibuja polígonos con múltiples lados.

**Ellipse:** Genera elipses o círculos en el modelo.

**Text:** Agrega texto a la representación visual.

**Fill:** Rellena áreas con color.

### Los de color son:

**Line:** Define el color de las líneas.

**Fill:** Establece el color de relleno.

**Text:** Define el color del texto.

**Window Background:** Establece el color de fondo de la ventana.

**Los de característica son:**

**Line Width:** Controla el grosor de las líneas.

**Line Style:** Define el estilo de las líneas (punteada, sólida, etc.).

**Arrow Style:** Establece el estilo de las flechas.

**Line Pattern:** Define el patrón de las líneas.

**Fill Pattern:** Controla el patrón de relleno.

**Los de tools son:**

**Show Dimensions:** Muestra dimensiones en la interfaz.

**DXF Import:** Permite importar archivos DXF.

**Arena Symbol Factory:** Accede a símbolos predefinidos de Arena.

**Open Color Palette:** Abre la paleta de colores.

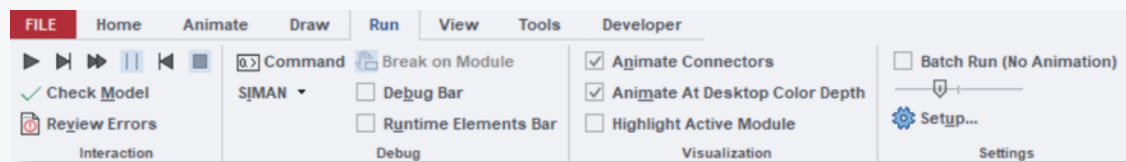
**Save Color Palette:** Guarda la paleta de colores.

**El de view es:**

**Arrange:** Alinea y organiza objetos visuales en la vista.

## Run:

Se presentan las opciones para ejecutar la simulación, probarla y detenerla o desplazarse paso a paso a través de ella para depurarla o para comprobar su correcto funcionamiento. Proporciona también varias formas contiene opciones para ejecutar la simulación, testearla, y detenerla o desplazarse paso a paso a través de ella para depurarla o para comprobar su correcto funcionamiento. Proporciona también varias formas



Sus elementos son:

**Go:** Inicia la simulación y avanza el tiempo de manera continua.

**Step:** Avanza la simulación en incrementos discretos o pasos.

**Fast Forward:** Acelera la simulación para avanzar rápidamente en el tiempo.

**Pause:** Detiene temporalmente la simulación en curso.

**Start Over:** Reinicia la simulación desde el principio.

**End:** Finaliza la simulación actual.

**Check Model:** Verifica la validez y consistencia del modelo antes de la ejecución.

**Review Errors:** Identifica y revisa los errores en el modelo antes de la ejecución.

**Command:** Permite ingresar comandos específicos durante la ejecución.

**SIMAN:** Accede a funciones específicas del lenguaje de modelado SIMAN.

**Break Module:** Detiene la ejecución en un módulo específico del modelo.

**Debug Bar:** Proporciona herramientas para la depuración durante la ejecución.

**Runtime Elements Bar:** Muestra información en tiempo real sobre elementos clave del modelo.

**Animate Connectors:** Permite animar las conexiones entre objetos en el modelo.

**Animate at Desktop Color Depth:** Ajusta la animación a la profundidad de color del escritorio.

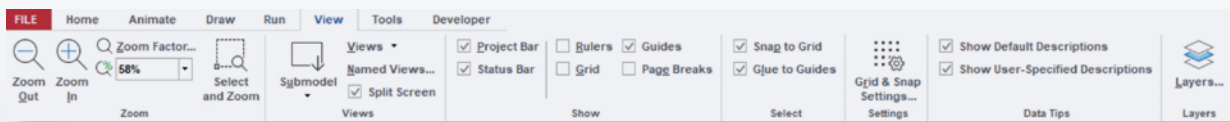
**Highlight Active Module:** Resalta el módulo actualmente en ejecución.

**Batch Run (Sin Animación):** Ejecuta la simulación en modo por lotes sin animación.

**Setup:** Configura opciones específicas para la ejecución de la simulación.

## View:

Se presenta el control de la apariencia del modelo en la pantalla, así como, las barras de herramientas mostradas, además mediante "Named Views" se pueden definir, cambiar y usar vistas propias y "Layers" permite controlar qué tipo de objetos se van a mostrar durante el modo de edición o de ejecución.



Sus elementos son:

**Zoom Out:** Disminuye la escala de visualización en el modelo.

**Zoom In:** Aumenta la escala de visualización en el modelo.

**Zoom Factor:** Ajusta el nivel de acercamiento o alejamiento.

**Select and Zoom:** Herramientas para seleccionar y hacer zoom en elementos del modelo.

**Submodel:** Permite trabajar en submodelos dentro del modelo principal.

**Views:** Gestiona diferentes vistas del modelo.

**Named Views:** Accede a vistas específicas del modelo.

**Split Screen:** Divide la ventana para mostrar múltiples vistas simultáneas.

**Project Bar:** Muestra la estructura del proyecto actual.

**Status Bar:** Proporciona información sobre el estado actual del modelo.

**Animate Bar:** Permite controlar la animación durante la ejecución.

**Rulers:** Proporciona reglas para medir distancias en el modelo.

**Grid:** Muestra una rejilla para alinear objetos visualmente.

**Guides:** Permite agregar guías visuales para facilitar el diseño.

**Page Breaks:** Define saltos de página en la vista del modelo.

**Snap Grid:** Alinea objetos automáticamente a la rejilla.

**Glue to Guides:** Permite alinear objetos automáticamente a las guías.

**Grid & Snap Settings:** Ajusta la configuración de la rejilla y el ajuste.

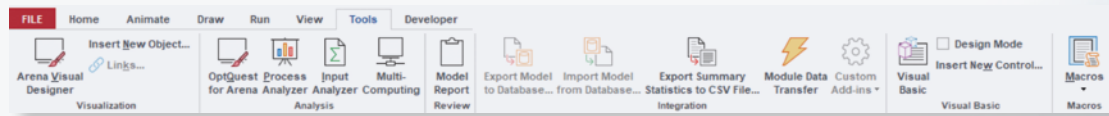
**Show Default Descriptions:** Muestra descripciones predeterminadas.

**Show User Specified Descriptions:** Muestra descripciones especificadas por el usuario.

**Layers:** Gestiona capas para organizar y mostrar elementos de manera estructurada.

## Tools:

Entre las opciones que se encuentran en este menú están las de "Input Analyzer" que permite encajar en el modelo distribuciones de probabilidad sobre datos observados para especificar entradas al modelo u opciones donde se pueden cambiar y personalizar muchas de las formas en que trabaja Arena y de su aspecto según las necesidades.



Sus elementos son:

**Area Visual Designer:** Diseña visualmente áreas en el modelo.

**Insert New Object:** Agrega nuevos objetos al modelo.

**Links:** Gestiona conexiones y enlaces entre objetos.

**OptQuest for Arena:** Herramienta de optimización.

**Process Analyzer:** Analiza el rendimiento del proceso.

**Input Analyzer:** Analiza la entrada de datos al modelo.

**Multicomputing:** Configura simulaciones para ejecutarse en varios equipos.

**Model Report:** Genera informes detallados del modelo.

**Custom Add-Ins:** Agrega funcionalidades personalizadas al entorno de Arena.

**Visual Basic:** Accede al entorno de programación Visual Basic.

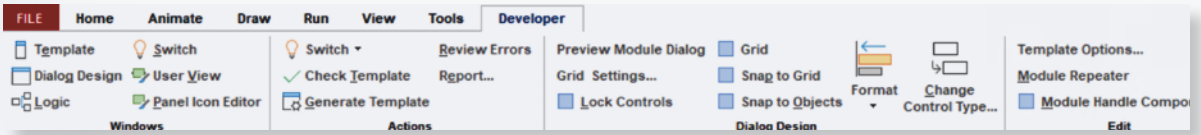
**Design Mode:** Cambia al modo de diseño para editar el modelo.

**Insert New Control:** Agrega nuevos controles al modelo.

**Macros:** Permite grabar y reproducir macros.

# Developer:

Son similares a los de cualquier otra aplicación de Windows.



Sus elementos son:

**Template:** Gestiona las plantillas del modelo.

**Dialog Design:** Diseña y edita diálogos en el modelo.

**Logic:** Define la lógica del modelo.

**Switch:** Implementa cambios condicionales en el modelo.

**User View:** Crea y modifica vistas personalizadas.

**Panel Icon Editor:** Edita los iconos utilizados en el panel de control.

**Check Template:** Revisa y verifica la configuración de la plantilla.

**Generate Template:** Crea plantillas a partir del modelo actual.

**Review Errors:** Identifica y revisa errores en el modelo.

**Report:** Genera informes detallados del modelo.

**Preview Module Dialog:** Permite previsualizar el diálogo del módulo.

**Grid Settings:** Ajusta la configuración de la rejilla.

**Lock Controls:** Bloquea los controles para evitar ediciones no deseadas.

**Snap to Grid:** Permite ajustar objetos a la rejilla.

**Snap to Objects:** Alinea objetos automáticamente entre sí.

**Format:** Ajusta el formato de los objetos y elementos del modelo.

**Change Control Type:** Modifica el tipo de control de un objeto.

**Template Options:** Configura opciones específicas de la plantilla.

**Module Repeater:** Repite módulos.

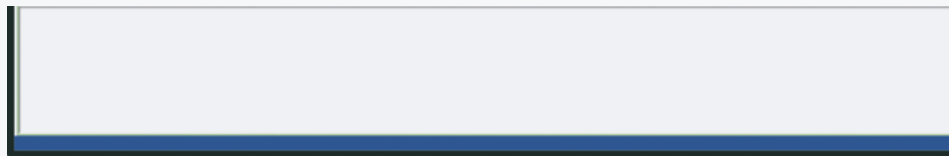
## 2 Zona Principal

La zona principal es el área donde se construye el modelo a simular. Los módulos son arrastrados y conectados uno con el otro en la presente área.



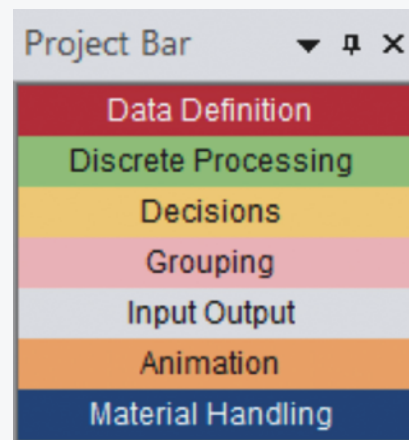
## 3 Zona de datos

En esta zona se gestionan los datos del módulo seleccionado; ya sea, visualización de detalles como tipo de módulo, fórmulas, unidades, entre otros. Además, permite la administración directa de dichos datos.



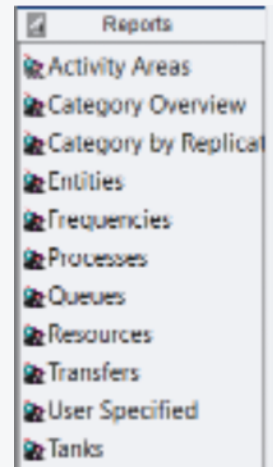
## 4 Barra de Proyecto

La barra de proyectos presenta listados clasificados de módulos para la construcción del modelo a simular.



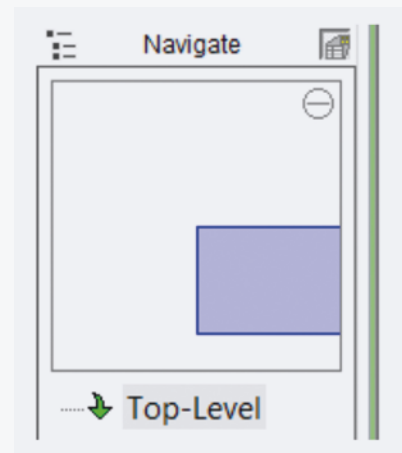
## 5 Panel de Reportes

Presenta un listado de resultados obtenidos al finalizar la simulación del modelo.



## 6 Panel de Navegación

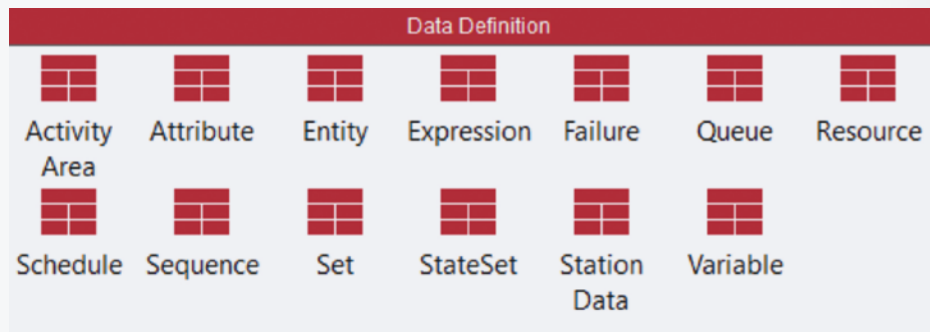
Muestra las diversas vistas del modelo a simular y sus respectivos submodelos de acuerdo con su jerarquía.



En esta sección se explicará a fondo los módulos de flujo y de datos en software de simulación Arena. Estos módulos de simulación se utilizan para la construcción de los diferentes modelos.

## DATA DEFINITION

Se refiere a la definición y configuración de los datos que se utilizan en el modelo de simulación. Estos datos pueden incluir atributos, variables, expresiones y otros elementos que son fundamentales para la representación y el comportamiento del sistema simulado.



## OPCIÓN ICONO

## ACCIONES DE DATA DEFINITION



**Activity Area**

Define áreas específicas en el modelo donde ocurren actividades. Estas áreas pueden representar ubicaciones físicas o lógicas donde se llevan a cabo tareas o procesos.



**Attribute**

Define características o propiedades asociadas a entidades, recursos u otros objetos en el modelo. Los atributos proporcionan información adicional sobre los elementos del modelo.



**Entity**

Este módulo de datos define varios tipos de entidad y sus valores iniciales del cuadro en una simulación. También se definen información de cálculo de costes inicial y los costes sostenidos para la entidad.

## Usos típicos:

- ⚙️ Artículos que se producen o congregan (las partes, paletas)
- ⚙️ Los documentos (los formularios, correos electrónicos, los informes)
- ⚙️ Las personas que mueven a través de un proceso (clientes, visitas)

## Parámetros:

- ⚙️ Entity Type: nombre de la entidad que se va a definir.
- ⚙️ Initial Picture: representación gráfica de la entidad al inicio de la simulación.
- ⚙️ Holding Cost/Hour: coste por horas de procesamiento de la entidad a lo largo del sistema. Este coste se sufre siempre que la entidad se encuentre en cualquier sitio del sistema.
- ⚙️ Initial VA Cost: valor de coste inicial que se asignará al atributo value-added cost de la entidad. Este atributo acumula al coste sufrido cuando una entidad pasa tiempo en una actividad de espera; por ejemplo, esperando a ser metida en un lote o esperando un recurso(s) en un módulo Process.
- ⚙️ Initial Transfer Cost: valor de coste inicial que se le asignará al atributo de coste de transferencia de la entidad. Este atributo acumula el coste sufrido cuando una entidad pasa tiempo en una actividad de transferencia.

**Initial Other Cost:** valor de coste inicial que se asignará al atributo other cost de la entidad. Este atributo acumula el coste sufrido cuando una entidad pasa tiempo en una actividad de transferencia.



## Expression

El módulo Expression define expresiones y sus valores asociados. Se hace referencia a las expresiones en el modelo utilizando su nombre. Las expresiones se pueden especificar opcionalmente como matrices de una o dos dimensiones.

## Posibles Usos:

- ⚙️ Distribución para la llegada de una entidad.
- ⚙️ Valores de imagen de entidad



## Failure

Expresión compleja para tiempos de entrada de pedidos

El módulo de falla está diseñado para su uso con recursos. Cuando ocurre una falla, falla todo el recurso (independientemente de su capacidad). Las fallas están diseñadas para ser utilizadas con recursos de capacidad única o con recursos de capacidad múltiple cuyas unidades de recursos individuales fallan al mismo tiempo

### Posibles Usos:

- ⚙️ Desglose de información para una máquina
- ⚙️ Recarga de cinta de caja registradora cada "x" clientes

Apagados aleatorios de la computadora o "reinicios"



## Queue

Este módulo de los datos puede utilizarse para cambiar la regla de la clasificación jerárquica para una cola especificada. La regla de la clasificación jerárquica predefinida para todas las colas es First In, First Out a menos que por otra parte se especifique en este módulo.

### Usos típicos:

- ⚙️ La pila de trabajo que espera por un recurso a un módulo del Proceso.
- ⚙️ El área es sostenida para documentos que esperan ser intercalado a un módulo del Batch.

### Parámetros:

- ⚙️ Name: nombre de la cola cuyas características se van a definir.
- ⚙️ Type: regla de encolado para la cola, la cual puede estar basada en un atributo. Los tipos incluyen First In, First Out; Last In, First Out; Lowest Attribute Value (primero); y Highest Attribute Value (primero). Un valor de atributo bajo puede ser 0 o 1, mientras que un valor alto puede ser 200 o 300.
- ⚙️ Attribute name: atributo que se evaluará para los tipos Lowest Attribute Value o Highest Attribute Value. Las entidades con valores de atributos más bajos o altos serán encoladas primero en la cola.
- ⚙️ Shared: campo de selección que determina si una determinada cola se usa en múltiples sitios dentro del modelo de simulación. Sólo se

puede usar en el caso de recursos de petición (es decir, con el módulo Seize del panel Advanced Process).



## Resource

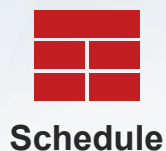
Este módulo de datos define los recursos en el sistema de la simulación, incluso la información del cálculo de costes y disponibilidad del recurso. Los recursos pueden tener una capacidad fija que no varía encima de la carrera de la simulación o puede operar basado en un horario.

### Usos típicos:

- ⚙ El equipo (la maquinaria, el registro del dinero en efectivo, la línea telefónica)
- ⚙ Las personas (Proceso del orden, empleados de las ventas, operadores)

### Parámetros:

- ⚙ Name: nombre del recurso cuyas características se deben definir.
- ⚙ Type: método para determinar la capacidad de un recurso. Fixed Capacity no cambiarán durante la simulación. Based on Schedule significa que se usa el módulo Schedule para especificar la capacidad y duración del recurso.
- ⚙ Capacity: número de unidades de recurso de un determinado nombre que están disponibles en el sistema para el procesamiento.
- ⚙ Schedule: name Identifica el nombre de la planificación a usar por parte del recurso. El planificador define la capacidad del recurso para un periodo de tiempo determinado.
- ⚙ Schedule Rule: determina cuándo debe ocurrir el cambio de capacidad cuando se requiere una disminución de la capacidad para una unidad de recurso muy ocupada.
- ⚙ Busy/Hour: coste por hora de un recurso que está procesando una entidad.
- ⚙ Idle/Hour: coste por hora del recurso cuando está libre.
- ⚙ Per Use: coste de un recurso en base al uso, independientemente del tiempo durante el cual se esté usando.
- ⚙ StateSet Name: nombre de los estados que se le pueden asignar a un recurso durante la simulación.
- ⚙ Initial State: estado inicial del recurso.
- ⚙ Failures: lista todos los fallos asociados con el recurso.



Este módulo puede usarse junto con el módulo del Recurso para definir un horario que opera para un recurso o con el Create module para definir un horario de la llegada. Adicionalmente, un horario puede usarse y referenciarse para factorizar retrasos de tiempo basados en el tiempo de la simulación.

### Usos típicos:

- ⚙ El programa de trabajo, incluso los descansos, para el personal.
- ⚙ Los modelos de la avería para el equipo.
- ⚙ El volumen de clientes que llegan a una tienda.

### Parámetros:

- ⚙ Name: nombre de la planificación que se va a definir.
- ⚙ Type: tipo de planificación que se va a definir. Puede ser relativa a Capacity (para planificaciones de recurso), relativa a Arrival (para el módulo Create), o Other. Time Units: unidades de tiempo empleadas para informar de la duración de tiempo.
- ⚙ Scale Factor: método de escalado de la planificación para incrementar o disminuir los valores de Arrival/Other. Los campos Value se multiplicarán por el factor de escala para determinar los nuevos valores.
- ⚙ Durations: lista los pares valor y duración para la planificación. Los datos de planificación se introducen gráficamente usando el editor de planificaciones gráfico.
- ⚙ Value: representa la capacidad del recurso, la frecuencia de llegadas, o algún otro valor.
- ⚙ Duration: duración de tiempo para la que un Value especificado será válido.
- ⚙ Resource Name: nombre del recurso a ser incluido en el conjunto de recursos.
- ⚙ Tally Name: nombre de la cuenta dentro del conjunto de cuentas.
- ⚙ Counter Name: nombre del contador dentro del conjunto de contadores.
- ⚙ Entity Type: nombre del tipo de entidad dentro del conjunto de tipos de entidad.
- ⚙ Picture Name: nombre de la imagen dentro del conjunto de imágenes.



## Sequence

Define el orden en que deben ocurrir las actividades o eventos en el modelo. Es útil para modelar procesos secuenciales.



## Set

Este módulo define los varios tipos de juegos, incluso el recurso, contador, cuenta, tipo de la entidad, y cuadro de la entidad. Pueden usarse los sets del recurso en el módulo Process. Pueden usarse contador y juegos de la Cuenta en el módulo del Registro.

### Usos típicos:

- ⚙ Máquinas que pueden realizar los mismos funcionamientos en una facilidad industrial.
- ⚙ Supervisores, empleados de la caja en una tienda.
- ⚙ Los empleados enviando, recepcionistas en una oficina.

### Parámetros:

- ⚙ Name: nombre del conjunto que se va a definir.
- ⚙ Type: tipo de conjunto que se va a definir.
- ⚙ Members: grupo repetido que especifica los miembros del recurso en el conjunto. El orden es importante si se emplean reglas de selección del tipo Preferred Order y Cyclical.



## StateSet

El módulo StateSet se usa para definir estados para un recurso o número de recursos. Los estados pueden estar asociados con un estado automático o pueden ser estados nuevos para el recurso. El módulo Recurso en el panel Proceso básico hace referencia al conjunto de estados, si corresponde, que utilizará un recurso determinado.

### Posibles Usos:

- ⚙ Estados para un operador, como ocupado con el cliente, ocupado rellenando estantes, ocupado por teléfono
- ⚙ Estados para una máquina, como falla aleatoria, falla programada, ocupado con la configuración, ocupado con el procesamiento
- ⚙ Estados para un médico, como citas programadas, visitas al hospital, papeleo, llamadas telefónicas.



## Station Data

Proporciona información específica sobre estaciones de trabajo o ubicaciones en el modelo. Puede incluir datos como tiempos de procesamiento o capacidades.



## Variable

Este módulo se usa para definir una dimensión inconstante y valor inicial. Las Variables pueden ser las referenciadas en otros módulos (por ejemplo, el módulo Decide), puede ser los reasignado un nuevo valor con el módulo assign, y puede usarse en cualquier expresión.

### Usos típicos:

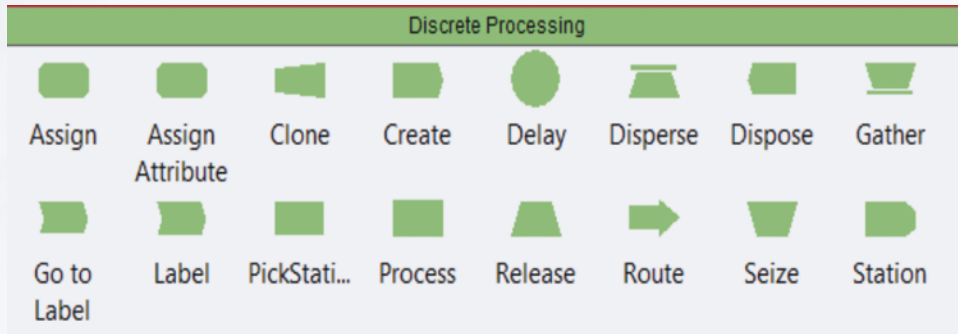
- ⚙ El número de documentos procesados por hora.
- ⚙ El número de serie para asignar a las partes para la única identificación.
- ⚙ El espacio disponible en una facilidad.

### Parámetros:

- ⚙ Name: nombre de la variable que se va a definir.
- ⚙ Rows: número de filas en una variable con dimensión.
- ⚙ Columns: número de columnas en una variable con dimensión.
- ⚙ Statistics: caja de selección para determinar si se recogerán o no estadísticas
- ⚙ Clear Option: define el tiempo, en el caso de ser requerido, en que el valor(es) de la variable, se reinicia al valor(es) inicial(es) especificado. Si se escoge Statistics implica reiniciar esta variable a su valor inicial siempre que las estadísticas se borren. Si se escoge System se reinicia la variable a su valor inicial siempre que se reinicia el sistema. None indica que nunca se reinicia la variable a su valor inicial.
- ⚙ Initial Values: lista el valor(es) inicial de la variable.
- ⚙ Initial Value: valor variable al inicio de la simulación.

## Discrete Processing

Se refiere a la simulación de sistemas en los que las entidades se procesan de manera discreta, es decir, en eventos separados en el tiempo.



### OPCIÓN ICONO

### ACCIONES DE DISCRETE PROCESSING



#### Assign

Este módulo se usa para asignar los nuevos valores a las variables, la entidad, los atributos, tipo de entidad, la entidad picture, u otras variables del sistema.

Las asignaciones múltiples pueden hacerse con un solo módulo asignado.

#### Usos típicos:

- ⚙️ Cambia un tipo de entidades para representar la copia del cliente de un formulario de multi-página.
- ⚙️ Establece una prioridad del cliente.

#### Parametrización:

- ⚙️ Name: identificador único del módulo.
- ⚙️ Assignments: especifica la o las asignaciones que se llevaran a cabo cuando la entidad ejecute el módulo.
- ⚙️ Type: tipo de asignación que se va a realizar. Puede incluir variables del sistema, tales como capacidad de los recursos o tiempo de finalización de la simulación.
- ⚙️ Attribute Name: nombre del atributo de la entidad al que se le asignara un nuevo valor.
- ⚙️ New Value: valor asignado al atributo, variable, u otras variables del sistema.



**Assign  
Attribute**

Este módulo se utiliza para asignar nuevos valores a un atributo de una entidad. La entidad a la que se realiza la asignación puede ser una entidad activa que ejecuta el módulo o puede especificar otra entidad en el sistema.



**Clone**

Crea copias idénticas de entidades o recursos en el modelo. Útil para modelar situaciones en las que se duplican elementos.



**Create**

Se crean las entidades usando un horario basado en un tiempo entre las llegadas. Las entidades dejan el módulo entonces para empezar procesando a través del sistema. El tipo de la entidad se especifica en este módulo.

### Usos típicos

- ✿ En la salida de una producción de la parte en una línea industrial.
- ✿ Una llegada del documento (el ej., orden, el cheque, la aplicación) en un proceso comercial.
- ✿ Una llegada del cliente a un proceso de servicio (por ejemplo, el restaurante, escritorio de información).

### Parametrización:

- ✿ Name: identificador único del módulo.
- ✿ Entity Type: nombre del tipo de entidad a ser generada.
- ✿ Type: tipo de flujo de llegada a generar. Los tipos incluidos son: Random, Schedule, Constant, Expression
- ✿ Expression: cualquier distribución o valor que especifique el tiempo entre llegadas. Se aplica solo cuando en Type se usa Expression.
- ✿ Units: unidades de tiempo que se usan para los tiempos entre llegadas y de la primera creación.
- ✿ Entities per Arrival: número de entidades que se introducirán en el sistema en un momento dado con cada llegada.
- ✿ Max Arrivals: número máximo de entidades que generara este módulo.
- ✿ First Creation: momento de inicio en el que llega la primera entidad al sistema.



## Delay

El módulo de Delay retrasa a una entidad por un período de tiempo especificado.

Este módulo puede ser utilizado si solo se desea especificar que existe una demora sin la utilización de un Recurso o un proceso en particular, la cual es la función del Módulo Process.

### Posibles Usos:

- ⚙ Al procesar un cheque en un banco
- ⚙ Realizar una configuración en una máquina
- ⚙ Transferir un documento a otro departamento



## Disperse

El módulo Disperse se usa cuando una entidad está lista para liberar algunas o todas las unidades de los miembros del conjunto de recursos que se incautaron usando un módulo Gather o el bloque GATHER.

Este módulo se piensa como el punto del fin para las entidades en un modelo de simulación. Pueden grabarse las estadísticas de la entidad antes de lo dispuesto



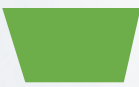
## Dispose

### Usos típicos:

- ⚙ Partes que dejan la facilidad planeada
- ⚙ La terminación de un proceso comercial
- ⚙ Clientes que parten de la tienda

### Parámetros:

- ⚙ Name: identificador único del módulo.
- ⚙ Record Entity Statistics: determina si las estadísticas de las entidades entrantes se registraran o no. Estas estadísticas incluyen value-added time, nonvalue-added time, wait time, transfer time, other time, total time, value. added cost, non-value-added cost,



## Gather

El módulo Gather (Reunir) asigna unidades de uno o más miembros del conjunto de recursos a una entidad. Cuando una entidad llega a un módulo Gather, Arena intenta asignar las unidades mínimas requeridas y hasta las unidades máximas deseadas (si se especifica). En resumen, este módulo agrupa las entidades en base a algún atributo o condición que se debe cumplir para realizar su función.



Dirige el flujo de control a una etiqueta específica en el modelo, permitiendo la creación de caminos condicionales.

#### **Go to Label**



Se utiliza para marcar un punto específico en el modelo, al que se puede hacer referencia con la opción "Go to Label".

#### **Label**



Modela la selección de una entidad específica de una cola para su procesamiento en una estación.

#### **PickStation**



#### **Process**

Hay la opción adicional, para usar un submodelo y especificar la lógica del usuario definida jerárquicamente.

El tiempo del proceso es asignado a la entidad y puede considerarse que es un valor agregado.

### **Usos típicos**

- ⚙ Repasando un documento para la integridad.
- ⚙ Cumplir las órdenes.
- ⚙ Servir a un cliente

### **Parámetros:**

- ⚙ Name: identificador único del módulo
- ⚙ Type: método que especifica la lógica dentro del módulo. Un procesado Standard significa que toda la lógica se guardará dentro de un módulo Process y se definirá por una acción (Action) particular. Submodel indica que la lógica se definirá jerárquicamente en un "submodelo" que puede incluir un número indeterminado de módulos lógicos.
- ⚙ Action: tipo de proceso que tendrá lugar dentro del módulo. Existen cuatro tipos: Delay, Seize Delay y Seize Delay Release: Delay indica que solamente se llevará a cabo un proceso de retardo sin que existan restricciones de recursos. Seize Delay indica que un recurso será asignado en este módulo y que habrá un retardo y la liberación del recurso ocurrirá más tarde. Seize Delay Release indica que se asignará un recurso seguido por un retardo y luego, se liberará el recurso reservado. Delay Release indica que un recurso ha sido reservado previamente y que la entidad se retardará simplemente, y luego se liberará el recurso especificado.

- ⚙️ Priority: valor de prioridad de la entidad que espera acceder en este módulo un determinado recurso si una o más entidades esperan el mismo recurso(s) en cualquier lugar en el modelo.
- ⚙️ Resources: lista del recurso o conjunto de recursos utilizados para procesar la entidad. No se aplica cuando Action tiene el valor de Delay o cuando Type es submodel.
- ⚙️ Delay Type: tipo de distribución o método de especificar los parámetros del retardo. Constant y Expression requieren valores simples, mientras que Normal, Uniform, y Triangular requieren varios parámetros.
- ⚙️ Units: unidades de tiempo para los parámetros de retardo.
- ⚙️ Allocation: determina cómo se asigna el tiempo de procesado y el coste del proceso a la entidad.
- ⚙️ Minimum: valor mínimo en el caso de una distribución uniforme o triangular.
- ⚙️ Value: valor medio para una distribución normal, el valor constante para un retardo de tiempo constante, o la moda para una distribución triangular.
- ⚙️ Maximum: valor máximo para una distribución uniforme o triangular.
- ⚙️ Std Dev: desviación estándar para una distribución normal.
- ⚙️ Expression: expresión cuyo valor se evalúa y se usa para él.



## Release

El módulo Release se usa para liberar unidades de un recurso que una entidad ha incautado previamente. Este módulo puede usarse para liberar recursos individuales o puede usarse para liberar recursos dentro de un conjunto. Para cada recurso a liberar, se especifican el nombre y la cantidad a liberar.

### Posibles Usos:

- ⚙️ Terminar un pedido del cliente (liberar al operador)
- ⚙️ Completar una declaración de impuestos (liberar al contador)
- ⚙️ Salir del hospital (liberar al médico, enfermera, habitación del hospital).
- ⚙️ Define la ruta que seguirá una entidad o recurso desde un punto a otro en el modelo.

El módulo Seize asigna unidades de uno o más recursos a una entidad. El módulo Seize se puede usar para confiscar unidades de un recurso particular, un miembro de un conjunto de recursos o un recurso tal como se define mediante un método



## Seize

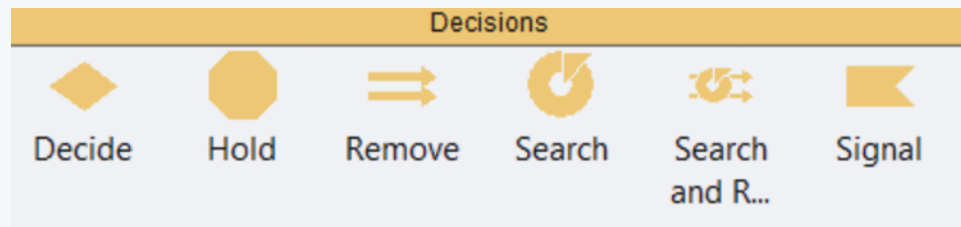
alternativo, como un atributo o una expresión.

### Posibles Usos:

- ⚙ Comenzar un pedido del cliente (apoderarse del operador)
- ⚙ Comenzar una declaración de impuestos (apoderarse del contador)
- ⚙ Ser admitido en el hospital (apoderarse de la habitación del hospital, enfermera, médico)
- ⚙ Representa una estación de trabajo o ubicación en el modelo donde ocurren procesos.

## Decisions

Las opciones relacionadas con "Decisions" se utilizan para tomar decisiones lógicas y controlar el flujo de las entidades en el modelo.



### OPCIÓN ICONO

### ACCIONES DE DECISIONS



## Decide

Este módulo permite hacer una decisión de los procesos en el sistema. Las Condiciones pueden ser basadas en los valores del atributo (por ejemplo, Prioridad), los valores inconstantes, el tipo de la entidad, o una expresión (por ejemplo, NQ (ProcessA.Queue)). El número de entidades que terminan de cada tipo (verdadero /falso) sólo se despliega de dos maneras o módulos de la condición.

### Usos típicos:

- ⚙️ Despachando una parte defectuosa.
- ⚙️ Los clientes de prioridad enviado a un proceso especializado.

### Parámetros:

- ⚙️ Name: identificador único del módulo.
- ⚙️ Type: indica si la decisión se basa en una condición o es aleatoria/porcentual. El tipo se puede especificar como 2-way o N-way. 2-way permite definir una condición o probabilidad (más la salida "false"). N-way permite definir cualquier número de condiciones o probabilidades, aparte de la salida "false".
- ⚙️ Conditions: define una o más condiciones que se usan para dirigir las entidades a los distintos módulos.
- ⚙️ Percentages: define uno o más porcentajes usados para encaminar las entidades a los distintos módulos.
- ⚙️ Percent True: valor que se comprobará para determinar el porcentaje de entidades que se han enviado a través de la salida True.
- ⚙️ If: tipos de condiciones disponibles para ser evaluados.
- ⚙️ Named: especifica el nombre de la variable, atributo, o tipo de entidad que se evaluarán cuando una entidad entre en el módulo.
- ⚙️ Is: evaluador de la condición.
- ⚙️ Value: expresión que se comparará con un atributo o variable o que se evaluará como una única expresión para determinar si es verdadero o falso.



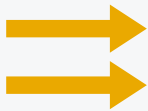
### Hold

Este módulo retendrá una entidad en una cola para esperar a una señal o que una condición llegue a ser verdadera (scan) o sea detenida infinitamente, para que sea removida después con el módulo Remove. Si la entidad está detenida esperando una señal, el módulo Signal se utiliza en otro lugar en el modelo para permitir que la entidad pase al siguiente módulo. Si la entidad está esperando que una condición dada sea verdadera, la entidad permanecerá en el módulo, hasta que la condición/ es llegue a ser verdadera.

Cuando la entidad es un Hold infinito, el módulo Remove se utiliza en algún lugar del modelo para permitir que la entidad continúe procesándose.

### Posibles usos:

- ⚙ Espera a que un semáforo se vuelva verde.
- ⚙ Deteniendo una pieza esperando una autorización.
- ⚙ Comprobando el estado de una máquina u operador para continuar un proceso.



### Remove

El módulo Remove (Eliminar) elimina una entidad individual de una posición especificada en una cola y la envía a un módulo designado.

### Posibles Usos:

- ⚙ Eliminar un pedido de una cola que debe completarse a continuación
- ⚙ Llamar a un paciente desde una sala de espera para un examen
- ⚙ Recuperando el próximo pedido a procesar de una pila de documentos



### Search

El módulo de búsqueda busca en una cola, un grupo (lote) o una expresión para encontrar el rango de entidad (para entidades en una cola o grupo) o el valor de la variable global X que satisface la condición de búsqueda especificada.

### Posibles Usos:

- ⚙ Buscando un número de orden particular en una cola
- ⚙ Buscar en un grupo un cierto tipo de parte
- ⚙ Determinar qué proceso ingresar según la disponibilidad de recursos (buscar una expresión)



### Search and Remove

El módulo Search and Remove busca en una cola o un grupo temporal (lote) para encontrar la entidad o entidades que satisfacen la condición de búsqueda especificada, los elimina del grupo o lote temporal y luego los envía a un módulo designado.



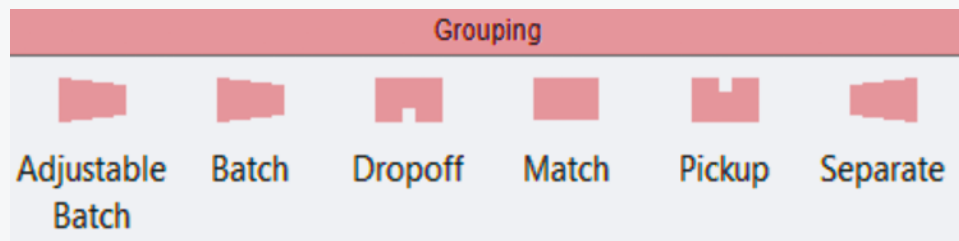
## Signal

Este módulo envía un valor de señal a cada módulo de retención (Hold) en el modelo que figura en Wait for Signal y libera la cantidad máxima especificada de las entidades.

Señalización de un operador para completar una orden que estaba esperando un componente

## Grouping

Permite manipular y gestionar entidades o recursos como grupos, permitiendo acciones conjuntas sobre elementos relacionados.



### OPCIÓN ICONO

### ACCIONES DE GROUPING



## Grouping

Permite ajustar dinámicamente el tamaño de un lote de entidades o recursos en función de ciertas condiciones. Esto es útil para modelar la variabilidad en el tamaño de los lotes en un proceso.



## Batch

Este módulo se piensa como el mecanismo de la agrupación dentro del modelo de la simulación. Los batch pueden ser permanente o temporalmente agrupados. Deben rajarse los batch temporales usando el módulo Separate después.

### Usos típicos:

- ⚙️ Colecciona varias partes antes de empezar el proceso.
- ⚙️ Vuelve a montar copias previamente separadas de un formulario.
- ⚙️ Reúne un paciente y su registro antes de comenzar una cita.

## Parámetros:

- ⚙️ Name: identificador único del módulo.
- ⚙️ Type: método de agrupamiento de las entidades.
- ⚙️ Batch Size: número de entidades a ser agrupadas.
- ⚙️ Save Criterion: método para asignar valores de atributos definidos por el usuario, representativos de la entidad.
- ⚙️ Rule: determina cómo se agruparán las entidades que llegan. Any Entity tomará las primeras "Batch Size" entidades que lleguen y las unirá todas juntas. By Attribute significa que los valores de los atributos especificados deben coincidir para poder ser agrupados.



### Dropoff

El módulo Dropoff elimina un número específico de entidades del grupo de la entidad y las envía a otro módulo, según lo especificado por una conexión gráfica. El valor de atributo de grupo definido por el usuario y los atributos internos pueden otorgarse a las entidades abandonadas en función de una regla específica.

### Posibles Usos:

- ⚙️ Cargando estantes con producto
- ⚙️ Separar un formulario para usar en varios departamentos



### Match

El módulo Match reúne un número específico de entidades que esperan en diferentes colas. El partido se puede lograr cuando hay al menos una entidad en cada una de las colas deseadas. Además, se puede especificar un atributo de modo que las entidades que esperan en las colas deben tener los mismos valores de atributo antes de que se inicie la coincidencia.

Una vez que existe una coincidencia, se libera una entidad de cada cola para que coincida. Las entidades coincidentes se sincronizan para salir del módulo.

### Posibles Usos:

- ⚙️ Ensamblar una parte
- ⚙️ Recopilación de varios productos para un pedido del cliente.
- ⚙️ Sincronizar una salida de cliente con un pedido completado



## Pickup

El módulo de Pickup elimina una serie de entidades consecutivas de una cola dada que comienza en un rango especificado en la cola. Las entidades que se recogen se agregan al final del grupo de entidades entrantes.

### Posibles Usos:

- ⚙ Al recopilar un pedido desde varias ubicaciones de la cola
- ⚙ Al recopilar de formularios completos para un pedido de oficina
- ⚙ Al recoger estudiantes en una parada de autobús para ir a la escuela.



## Separate

Este módulo puede usarse o copiar una entidad entrante en las entidades múltiples. También se especifican reglas para asignar costos y tiempos al duplicado. Se especifican reglas para la asignación del atributo a las entidades.

### Usos típicos:

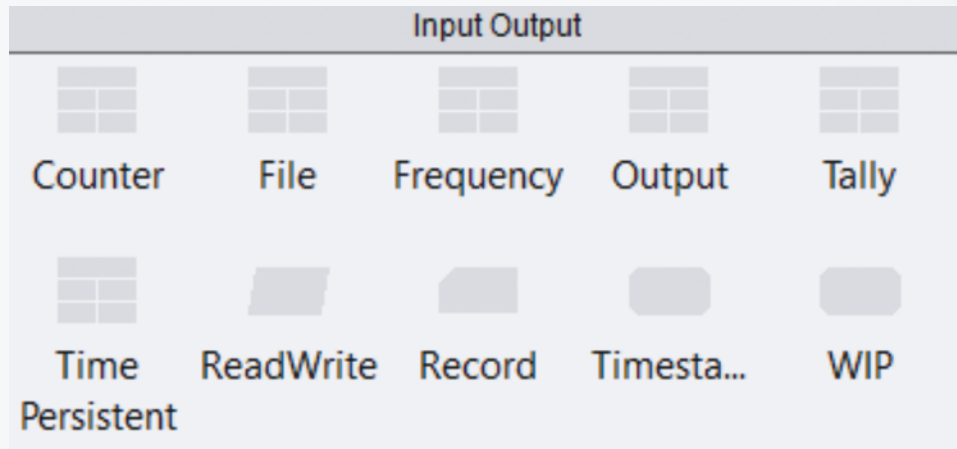
- ⚙ Envía a las entidades individuales para representar cajas quitadas de un recipiente.
- ⚙ Envía los dos en un orden al cumplimiento y cargando en cuenta para el proceso paralelo.

### Parámetros:

- ⚙ Name: identificador único del módulo.
- ⚙ Type: método de separación de las entidades entrantes.

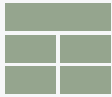
## Input Output

Permiten gestionar la entrada y salida de datos durante la simulación. Estas herramientas son esenciales para la interacción del modelo con el entorno externo, para la recopilación de datos y para el análisis de resultados.



### OPCIÓN ICONO

### ACCIONES DE INPUT OUTPUT



Realiza el seguimiento y la acumulación de eventos específicos en el modelo.

#### Counter



#### File

El módulo de archivo debe incluirse siempre que se acceda a archivos externos utilizando el módulo ReadWrite. Este módulo identifica el nombre del archivo del sistema y define el método de acceso, el formato y las características operativas de los archivos.

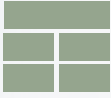
#### Posibles Usos:

- ⚙ Archivo que contiene datos de vuelos de aerolíneas predefinidos
- ⚙ Archivo que especifica los tiempos de pedido del cliente e información relevante
- ⚙ Archivo para escribir datos de configuración



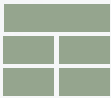
### Frequency

Mide la frecuencia de eventos específicos durante la simulación.



### Output

Proporciona información y resultados del modelo para su visualización o análisis externo.



### Tally

Lleva un registro estadístico de eventos específicos durante la simulación.



### Time Persistent

Mantiene valores persistentes a lo largo del tiempo de simulación.



### Readwrite

El módulo ReadWrite se usa para leer datos de un archivo de entrada o del teclado y asignar los valores de datos a una lista de variables o atributos (u otra expresión). Este módulo también se utiliza para escribir datos en un dispositivo de salida, como la pantalla o un archivo. Al leer o escribir en un archivo, la lógica de ReadWrite varía según el tipo de nombre de archivo de arena (el tipo de acceso de un archivo se especifica en el módulo de archivo).

Este módulo puede interactuar con los programas Microsoft Access, Microsoft Excel y cuenta con tipos de acceso a objetos de datos ActiveX.

#### Posibles Usos:

- ⚙️ Lectura en la información de llegada / salida de la aerolínea
- ⚙️ Solicitar a un usuario final datos de configuración del modelo (menú)
- ⚙️ Escribir información del pedido en un archivo de datos, como la llegada del pedido, el tiempo de llenado del pedido, el tiempo de finalización del pedido



**Record**

Mide la frecuencia de eventos específicos durante la simulación.



**Timestamp**

Asocia marcas de tiempo a eventos o registros en el modelo.

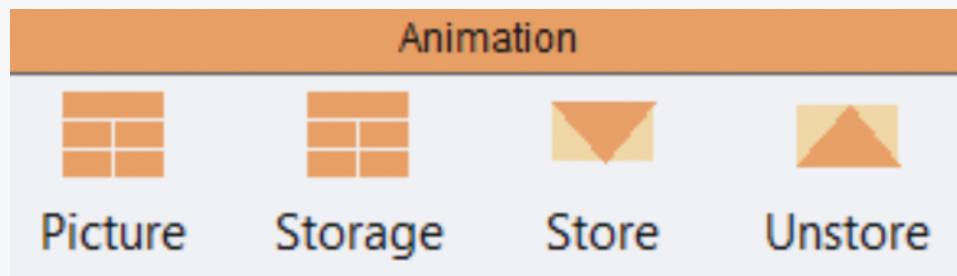


**WIP**

Realiza el seguimiento del trabajo en proceso en el sistema.

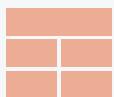
## Animation

Permite observar el comportamiento de las entidades, recursos y otros elementos del sistema en tiempo real. La animación facilita la comprensión visual del flujo de trabajo y los eventos clave en el modelo.



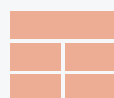
**OPCIÓN  
ICONO**

**ACCIONES DE ANIMATION**



**Picture**

Representa gráficamente elementos visuales, como iconos, imágenes o símbolos, que se utilizan para identificar y visualizar entidades, recursos u otros objetos en el modelo.



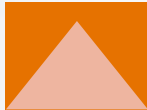
**Storage**

Define áreas o ubicaciones donde las entidades pueden ser visualmente almacenadas o mantenidas durante un período de tiempo en el modelo. Es útil para representar áreas de almacenamiento o espera.



**Store**

Indica el movimiento visual de una entidad hacia un área de almacenamiento específica. Se utiliza para modelar la acción de almacenar entidades en una ubicación designada.

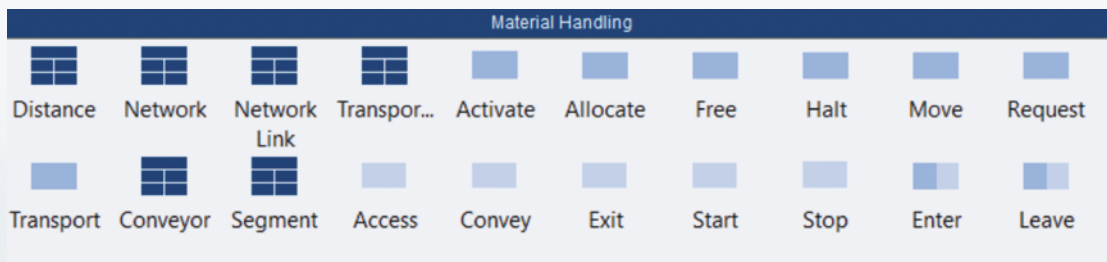


**Unstore**

Representa el movimiento visual de una entidad desde un área de almacenamiento hacia una ubicación activa en el modelo. Modela la acción de liberar entidades desde el almacenamiento.

## Animation

Permite observar el comportamiento de las entidades, recursos y otros elementos del sistema en tiempo real. La animación facilita la comprensión visual del flujo de trabajo y los eventos clave en el modelo.



**OPCIÓN  
ICONO**

## ACCIONES DE MATERIAL HANDLING



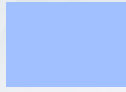
**Network  
Link**

Define conexiones y rutas entre diferentes ubicaciones o nodos en el modelo, facilitando el movimiento de entidades y recursos.



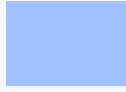
**Transporter**

Representa dispositivos móviles o vehículos que pueden transportar entidades de un lugar a otro en el modelo.



### **Activate**

Define conexiones y rutas entre diferentes ubicaciones o nodos en el modelo, facilitando el movimiento de entidades y recursos.



### **Transporter**

Representa dispositivos móviles o vehículos que pueden transportar entidades de un lugar a otro en el modelo.



### **Allocate**

Define conexiones y rutas entre diferentes ubicaciones o nodos en el modelo, facilitando el movimiento de entidades y recursos.



### **Free**

Libera recursos que fueron previamente asignados, haciéndolos disponibles para otros usos.



### **Halt**

Pausa temporalmente el movimiento o la actividad de una entidad o recurso.



### **Move**

Indica el desplazamiento visual de una entidad de un lugar a otro en el modelo.



### **Request**

Solicita la asignación de recursos o servicios específicos para el uso de una entidad.



### **Transport**

Mueve visualmente una entidad de un lugar a otro utilizando un transportador o vehículo.

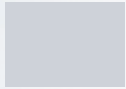


### **Conveyor**

Representa un sistema de transporte continuo que mueve las entidades a lo largo de una ruta.

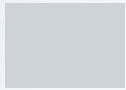


Define secciones o segmentos específicos en una ruta o transportador.



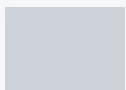
**Access**

Indica la entrada o salida visual de una entidad de un área o ubicación específica.



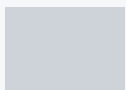
**Convey**

Mueve visualmente una entidad a lo largo de un transportador o sistema de transporte.



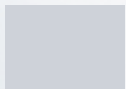
**Exit**

Indica la salida visual de una entidad de una ubicación específica.



**Start**

Inicia o activa un proceso o actividad específica en el modelo.



**Stop**

Detiene un proceso o actividad específica en el modelo.



**Enter**

Indica la entrada visual de una entidad a una ubicación específica.



**Leave**

Indica la salida visual de una entidad de una ubicación específica.

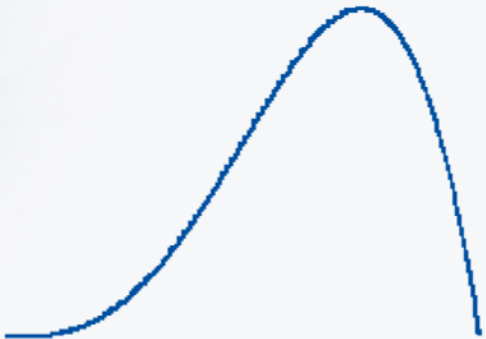
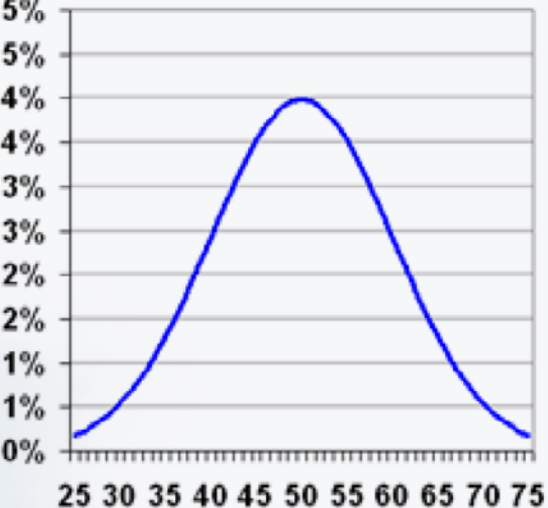
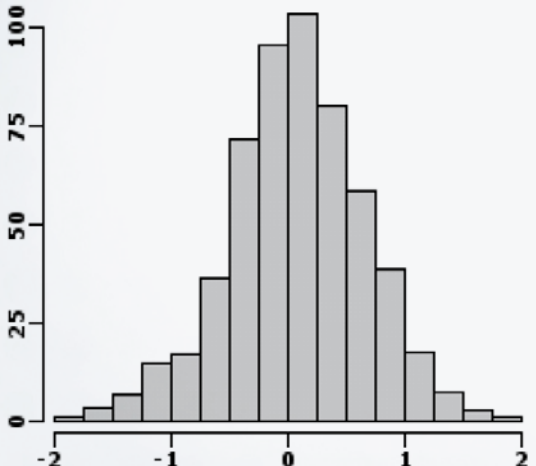
# USO DE LAS FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN EN ARENA

**A**rena Simulation ofrece una amplia gama de funciones de distribución para modelar los tiempos de llegada, los tiempos de proceso, etc. Para usar cualquiera de las funciones, solo es necesario introducir el nombre (o su forma abreviada) y luego proporcionar los parámetros requeridos. Arena luego genera un número aleatorio distribuido uniformemente en el rango 0 a 1 que, a su vez, se utiliza para seleccionar un valor de la distribución especificada. También proporciona 10 flujos de números aleatorios para seleccionar o puede, si lo desea, aceptar el flujo predeterminado (10). Para usar, por ejemplo, la distribución exponencial con un valor medio de 4 puede introducir el nombre completo y el parámetro, UNIFORM(4), o el nombre abreviado (primeras cuatro letras) y el parámetro, UNIF(4). Puede seleccionar un flujo de números aleatorios en particular agregando un parámetro adicional a la instrucción ARENA y esto será entendido automáticamente por el compilador. Por ejemplo, para usar una distribución exponencial con una media de 4, pero seleccionando de un flujo numérico aleatorio 8, modifique la instrucción anterior a UNIF (4,8).

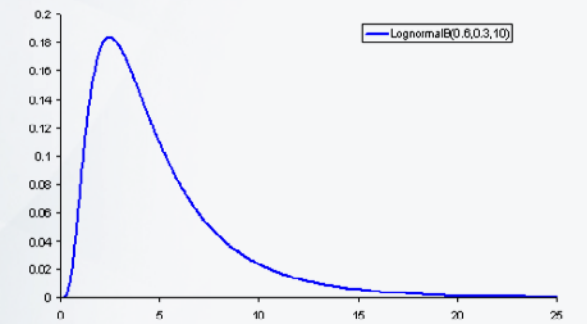
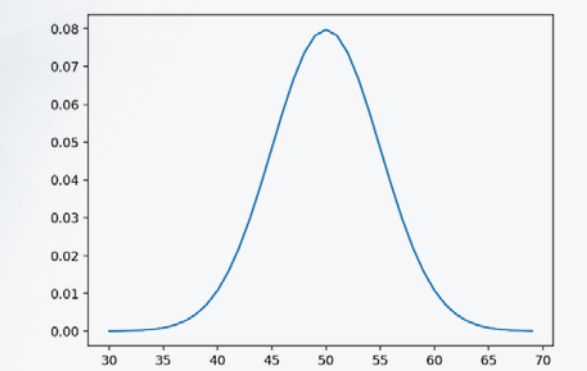
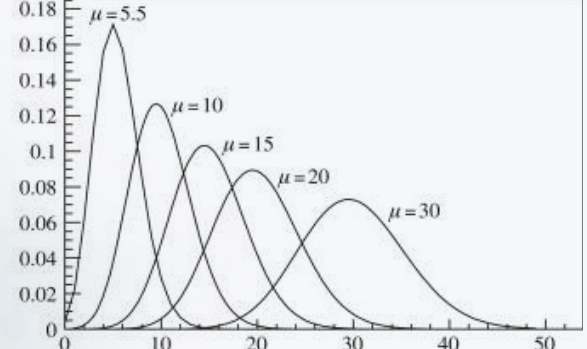
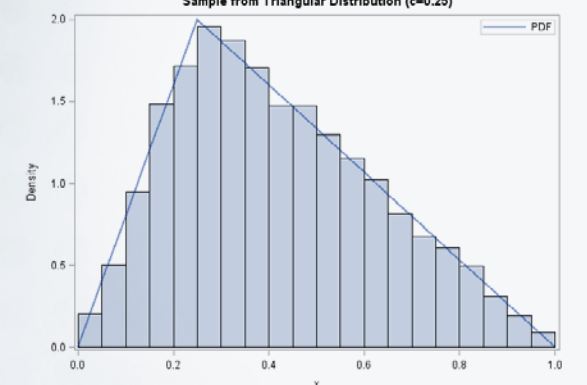
Todas las distribuciones de ARENA se basan en un generador congruente multiplicativo para números distribuidos uniformemente entre 0 y 1. La constante multiplicativa es de 16.807 y el valor del módulo es 231 - 1. Esto da una duración de ciclo de aproximadamente 2.109 y no somos conscientes de ningún problema con este generador.

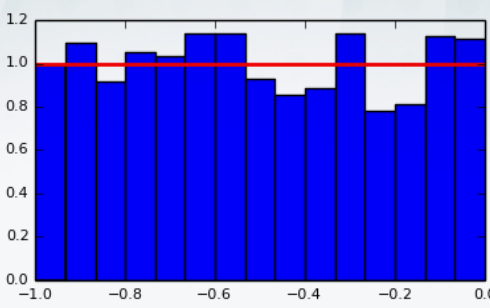
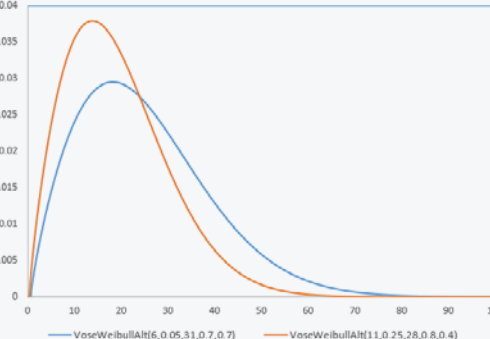
Si, por alguna razón, los 10 flujos numéricos aleatorios no son suficientes para sus necesidades, es posible ampliar el rango utilizando el elemento semilla. El elemento semilla le permite especificar el valor inicial de la semilla para cada flujo o definir un nuevo flujo al que se pueda hacer referencia por nombre o número. También puede decidir cuándo replicar varias ejecuciones de una simulación para restablecer la semilla entre ejecuciones o permitir que el flujo de números continúe entre ejecuciones (el predeterminado). El restablecimiento, por supuesto, generará exactamente la misma secuencia para cada ejecución, lo que a veces puede ser útil si, por ejemplo, cambia un parámetro entre ejecuciones.

En la tabla N°5 podemos observar las diferentes distribuciones que nos permite utilizar Arena, y que parámetros necesitamos para poder desarrollar modelo con éxito.

DISTRIBUCIÓN	ABREVIATURA	VALORES DE PARÁMETRO
	BETA	Beta, Alpha
	CONT	CumP1, Val1, . . . CumPn, Valn
	DISC	CumP1, Val1, CumPn, Valn

	<p>ERL</p>	<p>ExpoMean, k (Media de Exponencial)</p>
	<p>EXPO</p>	<p>Mean (Media)</p>
	<p>GAMM</p>	<p>Beta, Alpha</p>
	<p>JOHN</p>	<p>Gamma, Delta, Lambda, Xi</p>

 <p>A line graph showing a lognormal distribution curve. The x-axis ranges from 0 to 25 with increments of 5. The y-axis ranges from 0 to 0.2 with increments of 0.02. The curve starts at (0,0), rises to a peak of approximately 0.18 at x ≈ 2.5, and then decays towards zero as x increases. A legend in the top right corner identifies the curve as 'Lognormal(0.6,0.3,10)'.</p>	<p>LOGN</p>	<p>LogMean, LogStd</p>
 <p>A line graph showing a normal distribution curve. The x-axis ranges from 30 to 70 with increments of 5. The y-axis ranges from 0.00 to 0.08 with increments of 0.01. The curve is a symmetric bell shape centered at x = 50, with a peak density of approximately 0.08.</p>	<p>NORM</p>	<p>Mean (Media), StdDev</p>
 <p>A line graph showing five Poisson distribution curves for different mean values. The x-axis ranges from 0 to 50 with increments of 10. The y-axis ranges from 0 to 0.18 with increments of 0.02. The curves are labeled with their respective means: <math>\mu = 5.5</math>, <math>\mu = 10</math>, <math>\mu = 15</math>, <math>\mu = 20</math>, and <math>\mu = 30</math>. As the mean increases, the distribution becomes wider and shifts to the right.</p>	<p>POIS</p>	<p>Mean (Media)</p>
 <p>A histogram and PDF plot for a triangular distribution. The x-axis is labeled 'x' and ranges from 0.0 to 1.0 with increments of 0.2. The y-axis is labeled 'Density' and ranges from 0.0 to 2.0 with increments of 0.5. The histogram consists of blue bars, and a blue line represents the Probability Density Function (PDF). The distribution is triangular, peaking at x = 0.25 with a density of 2.0. The title of the plot is 'Sample from Triangular Distribution (c=0.25)'.</p>	<p>TRIA</p>	<p>Min, Mode, Max</p>

	<p>UNIF</p>	<p>Min, Max</p>
	<p>WEIB</p>	<p>Beta, Alpha</p>

# INPUT ANALYZER

**E**l Input Analyzer es una herramienta estándar que acompaña a Arena y está diseñado específicamente para ajustar las distribuciones a los datos observados, proporcionar estimaciones de sus parámetros y medir qué tan bien se ajustan a los datos. Hay cuatro pasos necesarios para utilizar el Input Analyzer para ajustar una distribución de probabilidad a datos y utilizarla como entrada al modelo:

Crear un archivo de texto que contenga los valores de los datos.

Ajustar una o más distribuciones a los datos.

Seleccione la distribución que desea utilizar.

Copiar la expresión generada por el Input Analyzer en el campo apropiado de su modelo Arena.

## ¿Cómo funciona Arena Input Analyzer?

Si se decide incorporar valores de datos existentes ajustando una distribución de probabilidad a ellos, se puede seleccionar la distribución por sí mismo y utilizar el Input Analyzer para proporcionar estimaciones numéricas de los parámetros apropiados, o se puede ajustar varias distribuciones a los datos y seleccionar la más apropiada. En cualquier caso, el Input Analyzer proporciona estimaciones de los valores de los parámetros (basadas en los datos proporcionados) y una expresión ya preparada para copiar y pegar en el modelo.

Cuando el Input Analyzer ajusta una distribución a los datos, estima los parámetros de la distribución (incluyendo cualquier desplazamiento u offset que se requiera para formular una expresión válida) y calcula un número de medidas de qué tan bien se ajusta la distribución a sus datos. Se puede pensar que las distribuciones de probabilidad caen en dos tipos principales: teóricas y empíricas. Las distribuciones teóricas, como la exponencial y la gamma, generan muestras basadas en una formulación matemática. Las distribuciones empíricas simplemente dividen los datos reales en grupos y calculan la proporción de valores en cada grupo, posiblemente interpolando entre puntos para mayor precisión.

Cada tipo de distribución se divide a su vez en tipos continuos y discretos. Las distribuciones teóricas continuas que Arena soportan para su modelo son las distribuciones exponenciales, triangular y Weibull mencionadas anteriormente, así

como las distribuciones beta, Erlang, gamma, lognormal, uniforme y normal. Estas distribuciones se denominan distribuciones continuas porque pueden devolver cualquier cantidad de valor real (dentro de un rango para las clases limitadas). Normalmente se utilizan para representar duraciones de tiempo en un modelo de simulación. La distribución de Poisson es una distribución discreta; sólo puede devolver cantidades enteras. A menudo se utiliza para describir el número de eventos que ocurren en un intervalo de tiempo o la distribución de tamaños de lote variables aleatoriamente.

También puede utilizar una de dos distribuciones empíricas: las distribuciones de probabilidad discreta y continua. Cada uno se define utilizando una serie de pares probabilidad/valor que representan un histograma de los valores de los datos que se pueden devolver. La distribución empírica discreta devuelve sólo los valores de los datos en sí mismos, utilizando las probabilidades para elegir entre los valores individuales. Se utiliza a menudo para asignar probabilísticamente tipos de entidades. La distribución empírica continua utiliza las probabilidades y los valores para devolver una cantidad de valor real.

Se puede utilizar en lugar de una distribución teórica en los casos en que los datos tienen características inusuales o cuando ninguna de las distribuciones teóricas proporciona un buen ajuste.

El Input Analyzer puede ajustar cualquiera de estas distribuciones a los datos. Sin embargo, el modelador debe decidir si usar una distribución teórica o empírica, y desafortunadamente, no hay ninguna regla estándar para hacer esta elección. Generalmente, si el histograma de los datos (mostrado automáticamente por el Input Analyzer) parece ser bastante uniforme o tiene una sola "campana", y si no tiene grandes huecos donde no hay ningún valor, entonces es probable que obtenga un buen ajuste de una de las distribuciones teóricas. Sin embargo, si hay un número de grupos de valores que tienen muchas observaciones (multimodales) o hay un número de puntos de datos que tienen un valor que es significativamente diferente del conjunto principal de observaciones, una distribución empírica puede proporcionar una mejor representación de los datos; una alternativa a una distribución empírica es dividir los datos de alguna manera, que describiremos al final de esta sección.

### **¿Cómo se prepara un archivo para Arena Input Analyzer?**

Para preparar el archivo de datos, simplemente se requiere crear un archivo de texto ASCII ordinario que contenga los datos en formato libre. Se puede utilizar cualquier

editor de texto, procesador de texto o programa de hoja de cálculo. Los valores de los datos individuales deben estar separados por uno o más "caracteres de espacio en blanco" (espacios en blanco, tabulaciones o saltos de línea). No hay otros requisitos de formato; en particular, puede tener tantos valores de datos en una línea como desee, y el número de valores por línea puede variar de línea a línea. Cuando se utiliza un procesador de texto o un programa de hoja de cálculo, es necesario asegurarse de guardar el archivo en un formato de "sólo texto".

La herramienta Process Analyzer en Arena es una funcionalidad diseñada para analizar y entender el rendimiento de los procesos dentro de un modelo de simulación de eventos discretos. Esta herramienta es especialmente útil para evaluar el flujo de trabajo, identificar cuellos de botella y optimizar la eficiencia del sistema modelado. Algunas características clave de la herramienta Process Analyzer son:

## ▼ **Análisis Detallado del Proceso:**

Process Analyzer permite a los usuarios examinar en detalle cómo fluyen las entidades a través de los procesos en el modelo. Puedes identificar el tiempo que pasa cada entidad en cada parte del proceso y comprender cómo se distribuye el tiempo en el sistema.

## ▼ **Visualización Gráfica:**

Proporciona visualizaciones gráficas que facilitan la interpretación de los resultados. Puedes ver gráficos de flujo, gráficos de Gantt y otros tipos de representaciones visuales para comprender mejor la secuencia de eventos en el modelo.

## ▼ **Identificación de Cuellos de Botella:**

Process Analyzer ayuda a identificar áreas del modelo donde las entidades pueden experimentar demoras o congestionamientos. Esto es crucial para optimizar el diseño del sistema y mejorar la eficiencia.

## ▼ **Estadísticas de Procesos:**

Ofrece estadísticas detalladas sobre el rendimiento de cada proceso, incluyendo tiempos promedio de procesamiento, tiempos de espera y otros indicadores clave.

## ▼ **Análisis de Variabilidad:**

Puede ayudar a analizar la variabilidad en los tiempos de procesamiento y en los flujos de trabajo, lo que es esencial para comprender el impacto de la incertidumbre en el sistema.

## ▼ **Escenarios "What-If":**

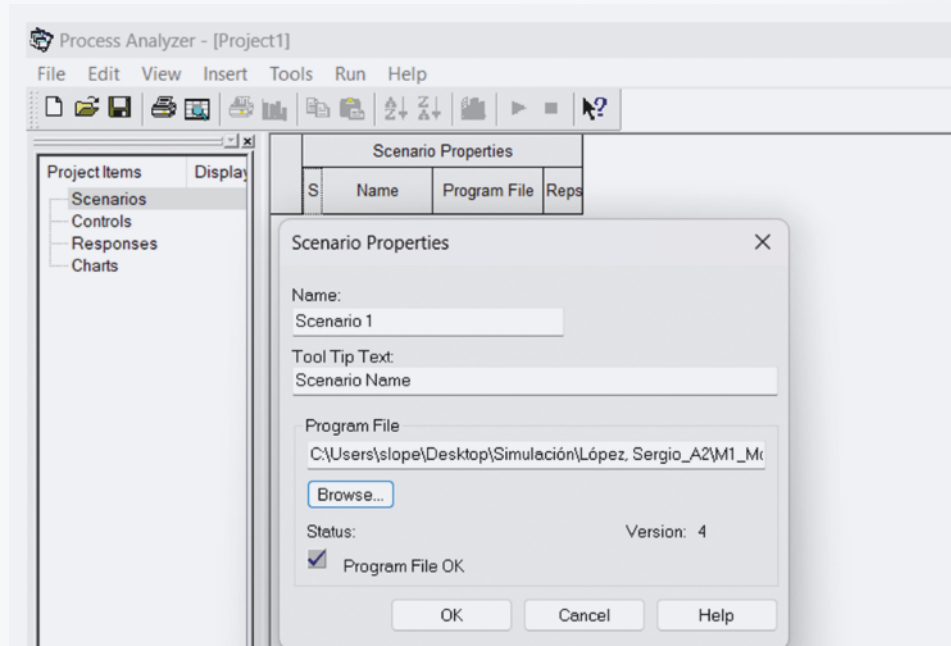
Permite realizar análisis de escenarios "What-If" para evaluar cómo cambios potenciales en el diseño del proceso afectarían al rendimiento del sistema.

## ▼ **Optimización de Recursos:**

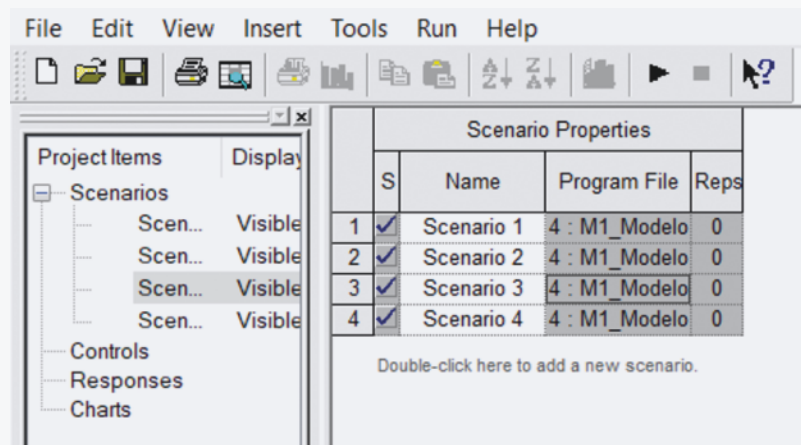
Puede ayudar en la optimización de recursos, indicando dónde se podrían necesitar ajustes para mejorar la eficiencia y reducir los tiempos de procesamiento.

## Ejemplo de uso

Para poder utilizar el Process Analyzer se necesita haber creado y simulado un modelo en Arena y así obtener el archivo con extensión .p el cual necesitaremos para el process analyzer.

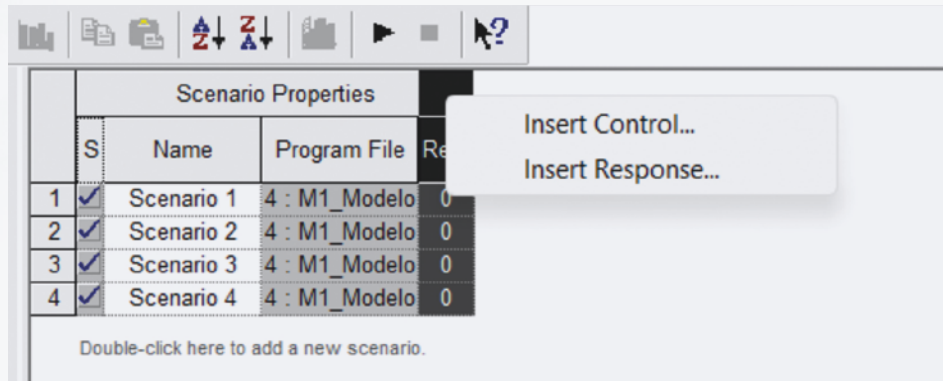


Podemos ver como se pueden incluir diversos escenarios al dar doble clic en el área de trabajo, tal como lo indica el software

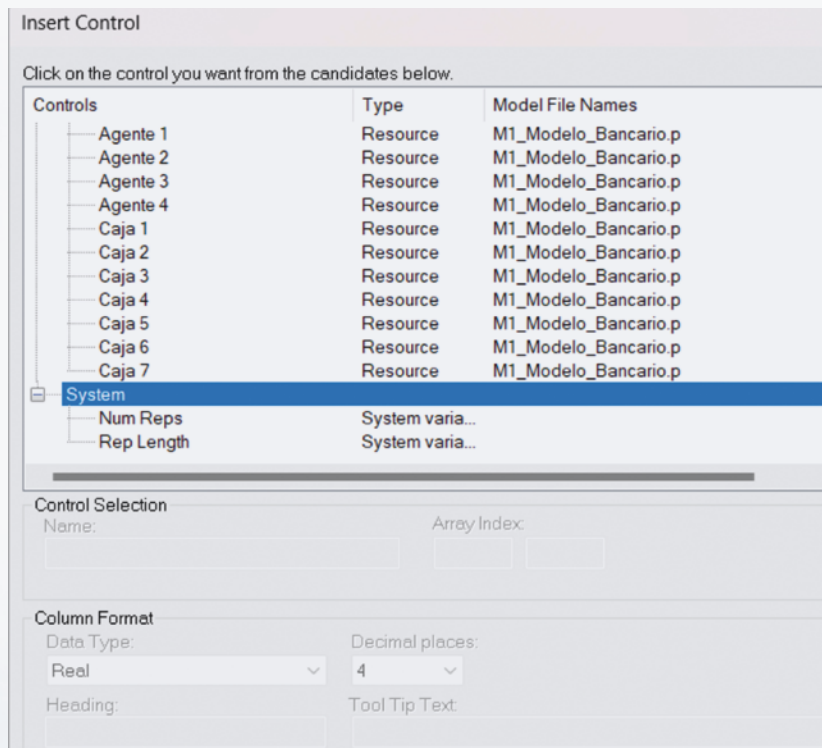


Los ítems que se manejan en el process analyzer son, escenarios, controles (para los escenarios), "Responses" que son las variables observables del modelo y los "charts" o gráficas.

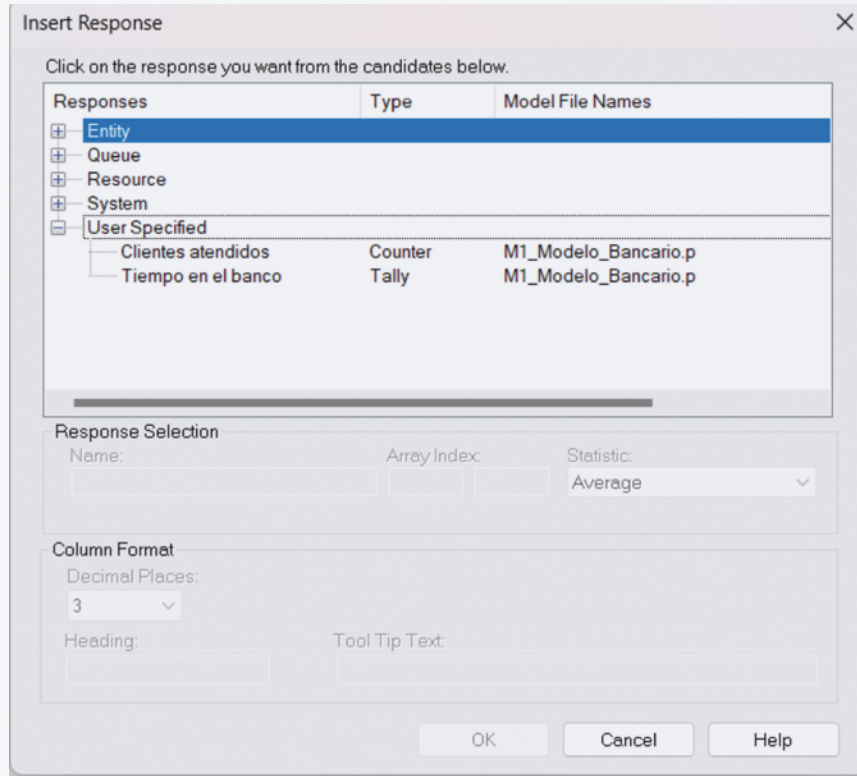
Al agregar los escenarios y hacer clic sobre el "header" o cabecera podremos agregar las variables y controles.



En los controles que se tienen se pueden insertar recursos, para controlar cuantos recursos va a tener cada servidor, para poder manejar los diferentes escenarios, además, están los controles del sistema los cuales son la longitud de las réplicas, para controlar los tiempos de trabajo y la cantidad de repeticiones.



En cuanto a las variables tenemos todas las variables disponibles en el software arena, tanto para las entidades, recursos o servidores, las colas, el sistema en general y las especificadas por el usuario, o sea variables que se introdujeron al modelo.



Podemos ver un ejemplo con diferentes variables y controles para un modelo de atención bancaria.

Scenario Properties				Control			
S	Name	Program File	Reps	Num Reps	Cientes atendidos	Cola de atencion.Queue.Wait	Cola Unica 1.Queue.WaitingTim
1	Scenario 1	31 : M1_Model	10	10	720	2.947	1.158
2	Scenario 2	31 : M1_Model	50	50	718	10.816	1.224
3	Scenario 3	31 : M1_Model	100	100	715	10.121	1.172
4	Scenario 4	31 : M1_Model	1000	1000	717	9.996	1.104

Responses						
	Cola Unica 2.Queue.Waiti	Fila Jubilados.Que	Cliente_Jubilado.NumberOut	Cliente_atención.NumberOut	Cliente_tipo_1.NumberOut	Cliente_tipo_2.NumberOut
1	7.432	8.656	112.000	171.400	323.600	112.800
2	4.715	7.058	110.100	171.900	327.280	109.160
3	4.703	6.953	109.390	170.910	326.630	108.070
4	5.231	6.394	108.294	170.418	329.086	108.814

Podemos analizar cómo se tienen diferentes números de repeticiones y en base a eso se generan las diferentes medias de las variables a analizar, como se sabe, entre más repeticiones, más fiables los resultados según el modelo planteado.

Cuando realizamos la simulación de las repeticiones, en la pestaña "Run", podremos insertar gráficas al seleccionar las variables e ir a la pestaña "Insert".

Scenario...		Control		Responses									
Control...	Response...	Program File	Reps	Num Reps	Cientes atendidos	Cola de atención Queue	Cola Unica 1 Queue Wait	Cola Unica 2 Queue Wait	Fila Jubilados Que	Ciente_atención NumberOut	Ciente_Jubilado NumberOut	Ciente_tipo_1 NumberOut	Ciente_tipo_2 NumberOut
Scen...	4. M1_Modelo	1	1	706	0.000	1.018	4.201	2.655	154.000	107.000	335.000	110.000	
Scen...	4. M1_Modelo	10	10	720	2.947	1.158	7.432	8.656	171.400	112.000	323.600	112.800	
Scen...	4. M1_Modelo	100	100	715	10.121	1.172	4.703	6.953	170.910	109.390	326.630	108.070	
Scen...	4. M1_Modelo	200	200	717	10.166	1.148	5.343	6.551	171.365	108.375	328.450	108.515	

Se puede ver como existen diversos tipos de Gráficas las cuales funcionaran mejor o peor dependiendo de la variable que se esté analizando. Donde también podremos elegir si el análisis es para todos los escenarios según las medias o para comparar las réplicas de un escenario.

**Chart Wizard: Step 1 of 4 - Chart Type**

**Chart Objective:**

Compare the average values of a response across scenarios

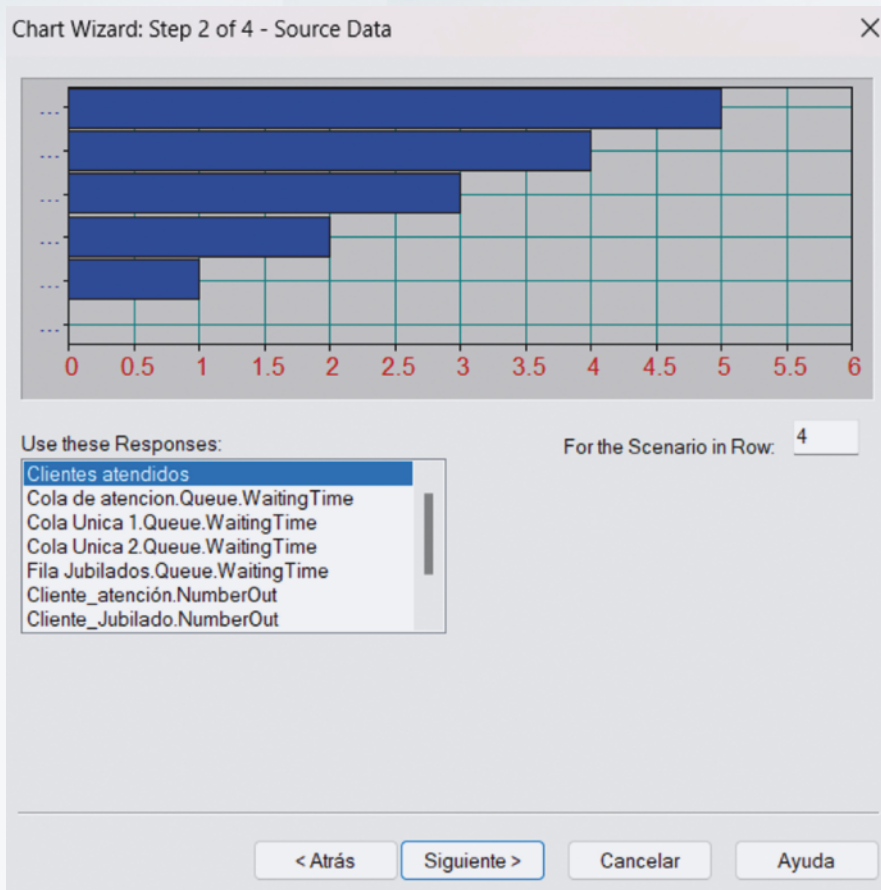
Compare the replication values of a response for a single scenario

**Chart Type:**

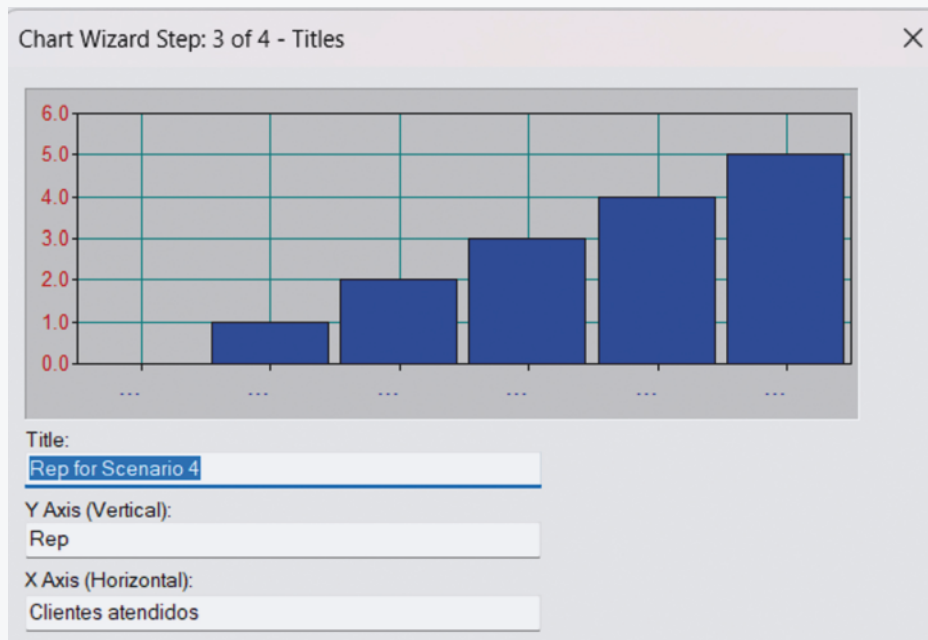
- Column
- Bar
- Line
- 3D Column
- 3D Bar
- 3D Line
- Hi Lo
- Box and Whisker

**Sample:**

Display single or multiple response values against a scenario name or control value.

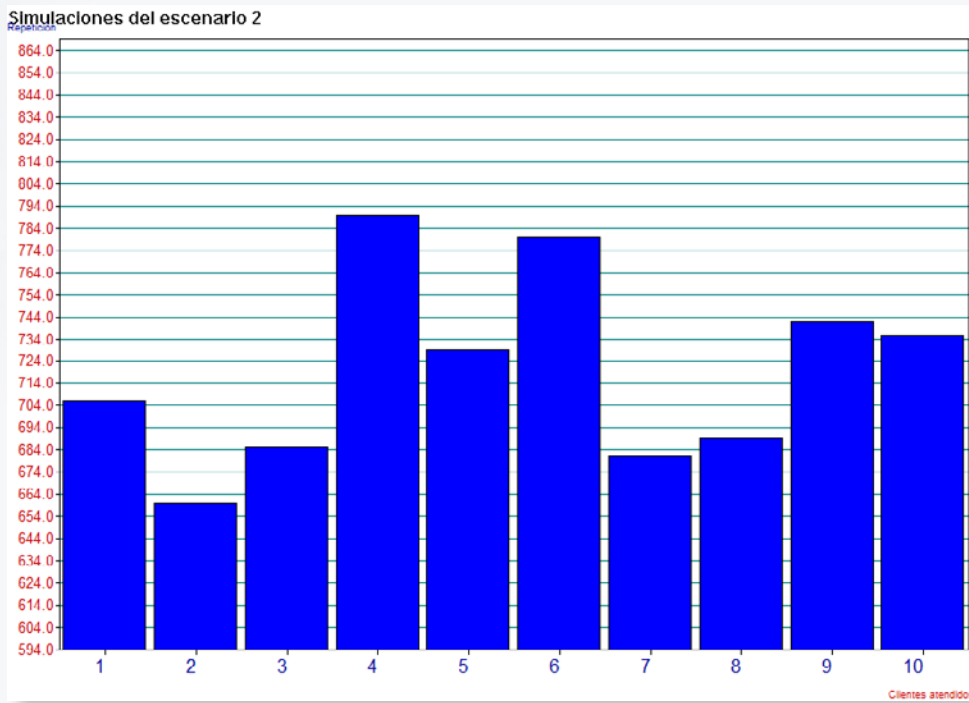


Luego se prosigue a agregar las etiquetas para mejorar el aspecto de la gráfica

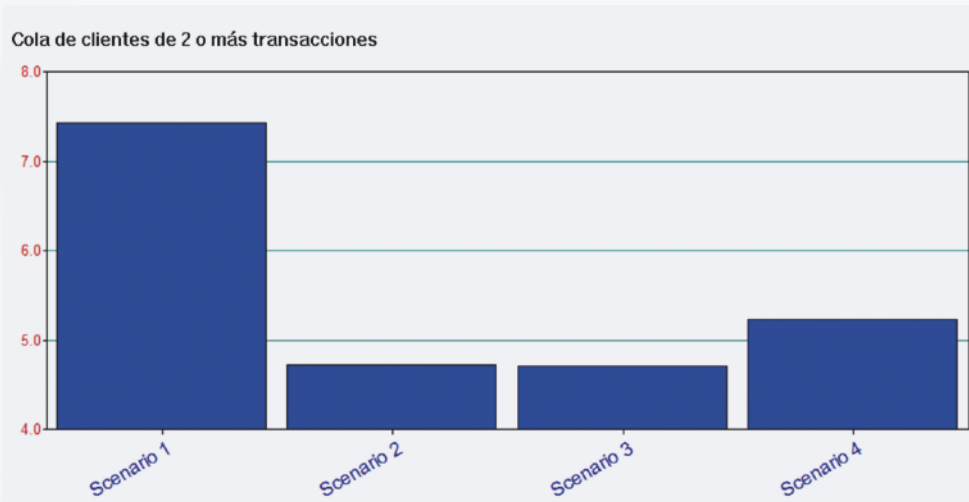


Luego de esto aparecerá un recuento y daremos finalizar

Se nos mostrará la gráfica generada, en este caso se comparan los clientes atendidos en las 10 replicas del escenario 2.



Ahora mostramos la comparación de la longitud de colas en el caso clientes dos, a modo de demostración de la comparación entre las medias de los escenarios.



# OUTPUT ANALYZER

**E**l Output Analyzer es una útil herramienta de Arena que nos permitirá analizar data generada a partir de la ejecución de nuestros modelos, el cual proporciona una expresión que puede ser usada directamente en el modelo, suministrando estimados numéricos de los parámetros apropiados o puedo ajustar a los datos el número de el número de seleccionar el más apropiado.

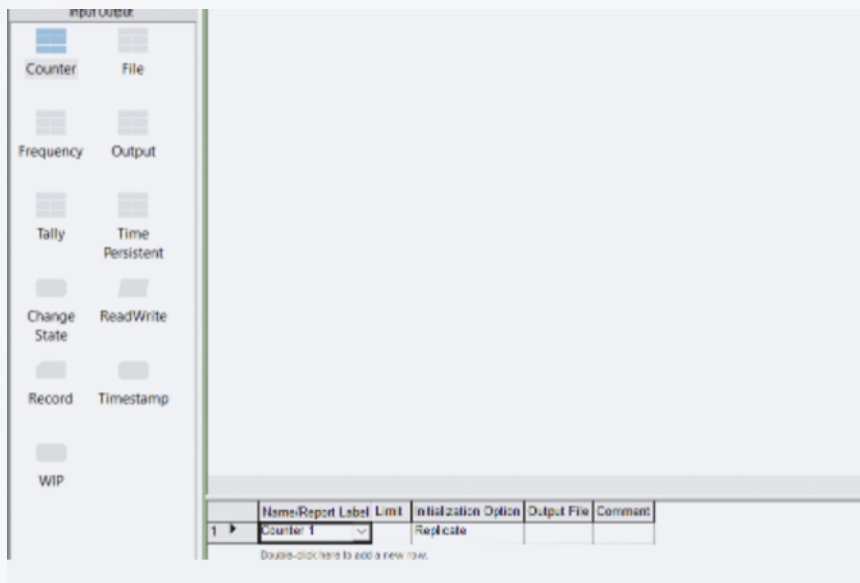
El hecho por el cual cobra importancia el output analyzer se debe a que las variables de salida se comportan de formas aleatorias y se debe hacer su respectivo análisis para comprender las diferentes tendencias de estas variables.

Algunas de las funciones clave de Output Analyzer incluyen:

- ▶ **Informes Predefinidos:** Proporciona informes preconfigurados que resumen estadísticas importantes de la simulación, como tiempos de espera en colas, utilización de recursos y otros indicadores clave.
- ▶ **Gráficos Personalizados:** Permite crear gráficos personalizados para visualizar y analizar aspectos específicos del comportamiento del sistema. Puedes seleccionar variables de interés y generar gráficos para entender cómo evolucionan a lo largo del tiempo de simulación.
- ▶ **Gráficos XY:** Facilita la creación de gráficos XY para explorar relaciones entre dos variables y entender cómo están correlacionadas.
- ▶ **Análisis Estadístico:** Proporciona herramientas para realizar análisis estadísticos detallados, como la exploración de distribuciones de probabilidad, la generación de intervalos de confianza y la realización de pruebas de hipótesis.
- ▶ **Análisis de Ejecuciones en Lote:** Si has realizado múltiples ejecuciones en lote con diferentes configuraciones, Output Analyzer te ayuda a comparar y analizar los resultados de estas ejecuciones.

## Ejemplo de uso

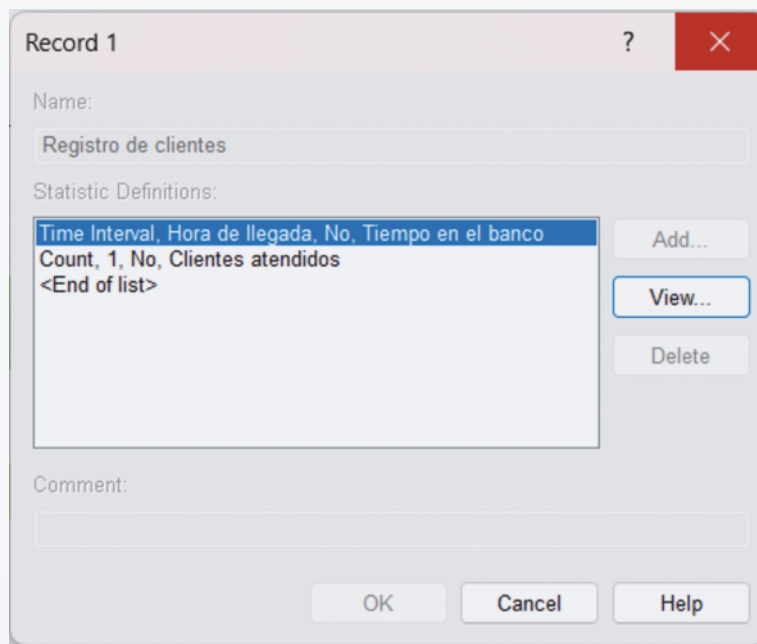
Para la utilización del Output analyzer es necesario un archivo con un formato especial y que tengan la extensión .dat, estos se deben generar dentro del software arena con los módulos ubicados en la sección "Input Output". En este segmento se encuentran diversas opciones o módulos que nos permiten, generar puntos de almacenamiento de datos o bien generar los archivos .dat.



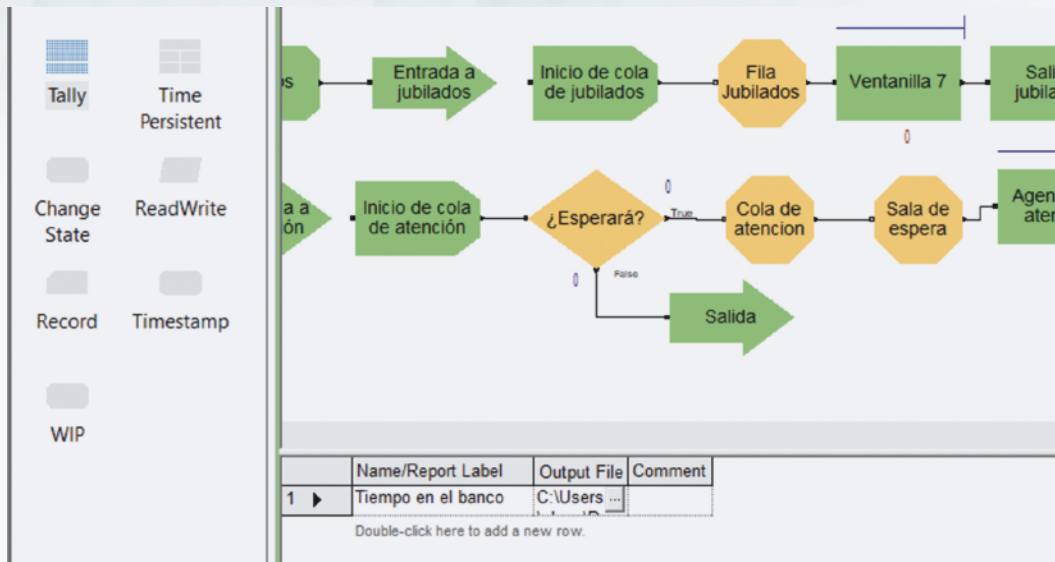
Podemos ver como en este módulo, de tipo "counter", tenemos los parámetros para la generación del archivo. El punto importante es que ya debe existir una variable "counter" o contadora en el modelo la cual será la que se registrará en este caso concreto. Además, el nombre colocar un nombre distintivo en el campo "Output File".

#### **Veamos un ejemplo:**

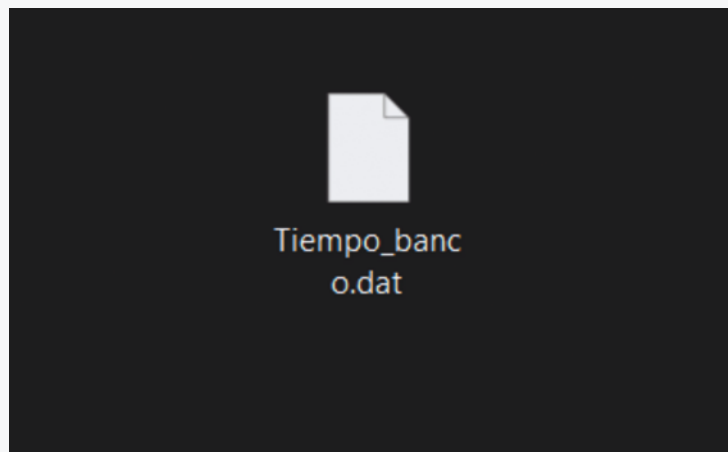
Tenemos un modelo del proceso de atención en un banco donde se tiene un módulo "record" donde se almacena una variable de tipo "tally" u observable llamada Tiempo en el banco.



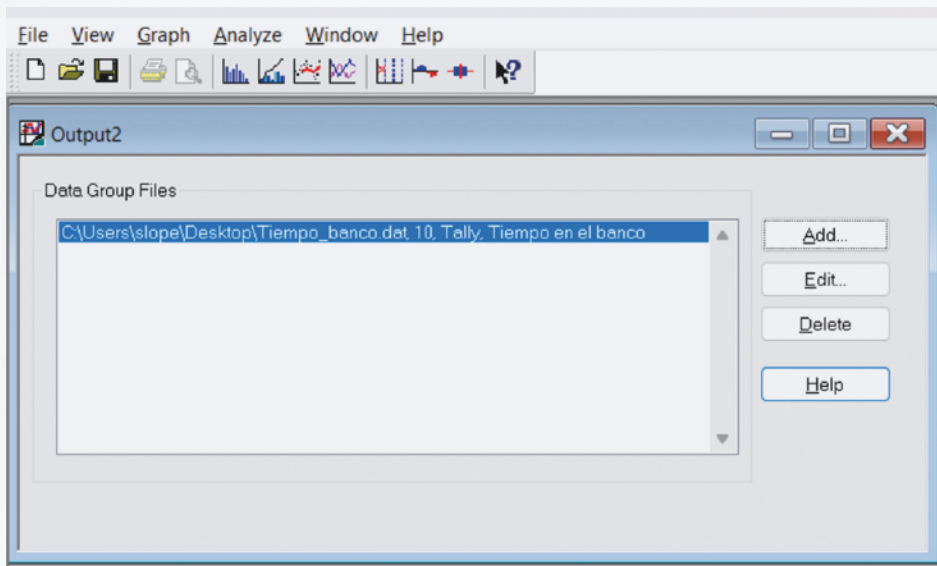
Ahora nos dirigimos al módulo "Input Output" en el "Project Bar" y nos vamos a la sección "Tally".



Podemos ver cómo podemos generar el reporte de la variable existente en el modelo, en "Name/Report Label" seleccionaremos la variable ya agregada que queremos analizar y en "Output File" la ruta con el nombre del archivo que deseamos generar. Luego de realizar la simulación veremos el archivo en la ruta elegida.



Luego procedemos al output analyzer y creamos un nuevo archivo. Luego de esto en insertar o "Add" agregamos el archivo .dat generado en arena.

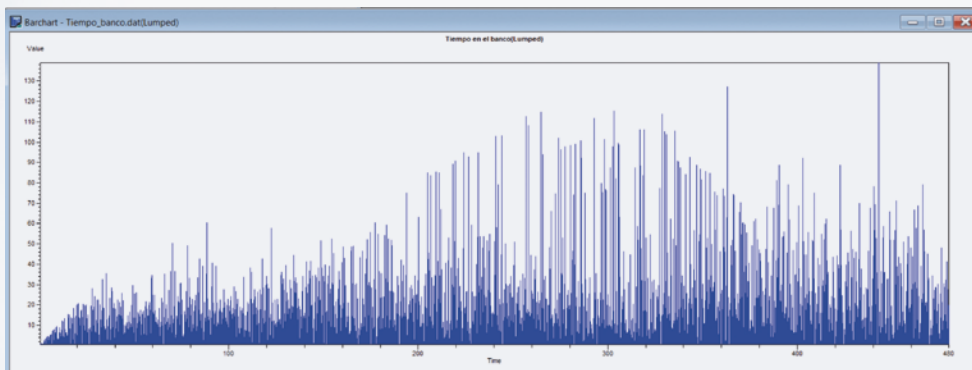


Ya podremos utilizarlo para analizar la variable de salida en el archivo para generar las gráficas, tanto de todas las simulaciones como de cada replica.

## Gráficos disponibles en el Output Analyzer

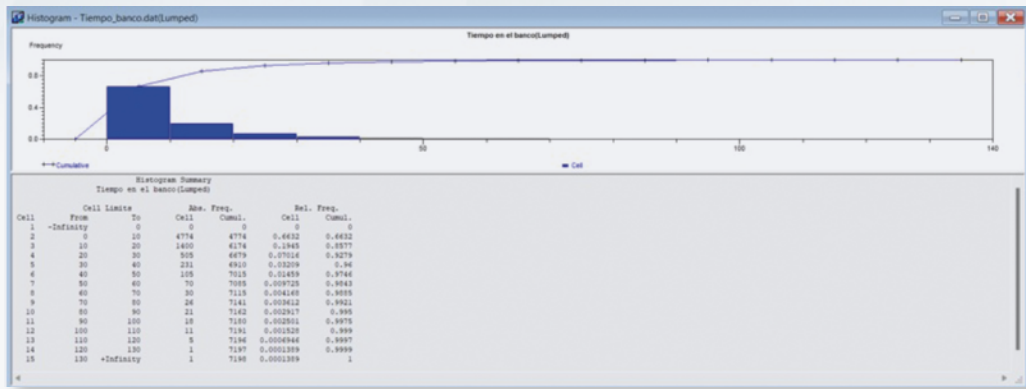
### Bar Chart (Gráfico de Barras):

El gráfico de barras es una representación visual que muestra la frecuencia o la cantidad de eventos en categorías discretas. En el contexto de la simulación, esto podría ser utilizado para visualizar la frecuencia de ciertos eventos o resultados en diferentes condiciones.



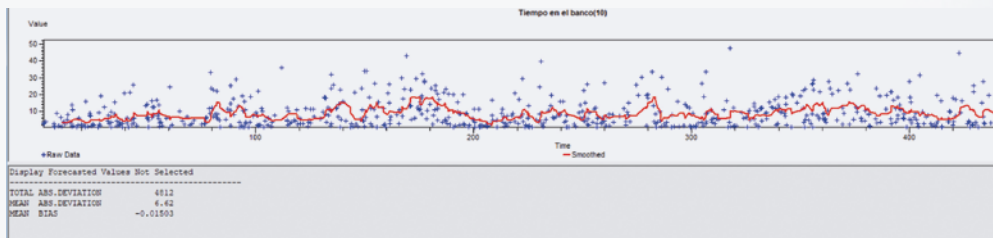
### Histogram (Histograma):

Un histograma es una representación gráfica de la distribución de un conjunto de datos. En simulación, un histograma podría utilizarse para mostrar la distribución de tiempos de espera, tiempos de procesamiento u otras métricas relevantes en el modelo.



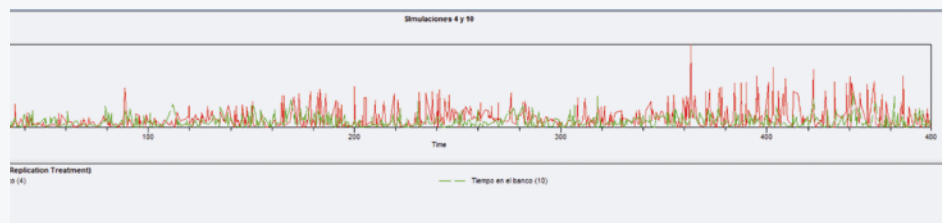
### ► Moving Range (Rango Móvil):

El rango móvil es una medida estadística que se utiliza para analizar la variabilidad de una serie de datos a lo largo del tiempo. En el contexto de la simulación, esto podría ser útil para entender cómo cambian ciertas métricas a medida que progresa la simulación.



### ► Plot (Gráfico):

La opción de "Plot" generalmente se refiere a la capacidad de crear gráficos que representan el comportamiento de ciertas variables a lo largo del tiempo de simulación. Puedes seleccionar las variables de interés y generar gráficos para visualizar su evolución.

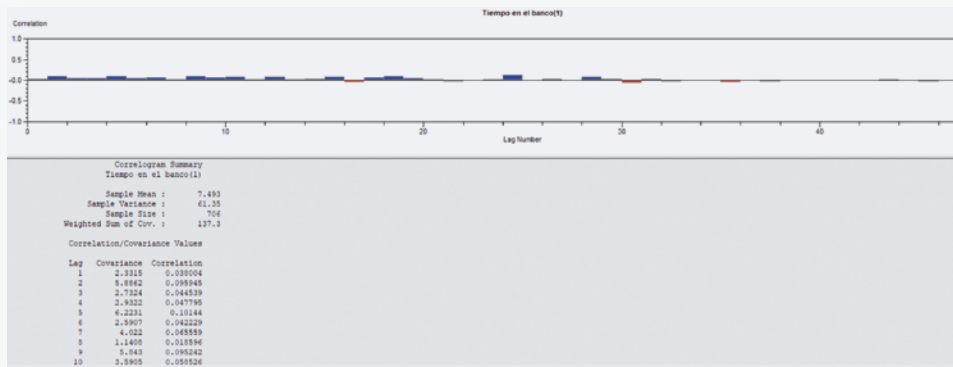


▼ **Batch/Truncate (Lote/Truncar):**

Esta opción podría estar relacionada con el análisis de ejecuciones en lotes. Permite comparar y analizar los resultados de múltiples ejecuciones en lotes con diferentes configuraciones o parámetros. "Truncate" podría referirse a la capacidad de truncar o limitar la cantidad de datos mostrados en el análisis.

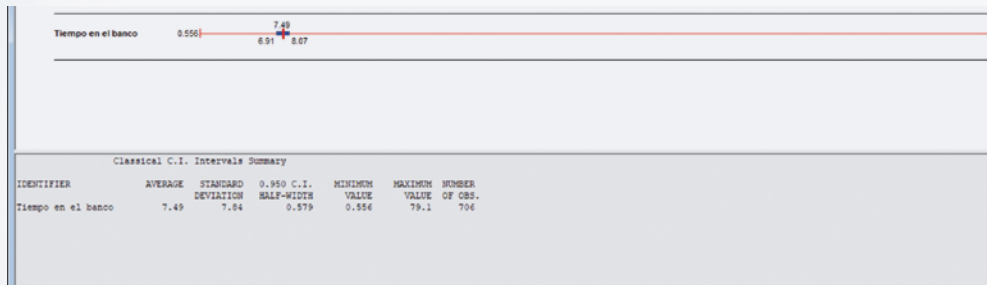
▼ **Correlogram (Correlograma):**

Un correlograma es una herramienta estadística que muestra la autocorrelación de una serie temporal. En el contexto de la simulación, podría ser utilizado para analizar patrones de correlación en las variables del modelo a lo largo del tiempo.



▼ **Conf. Int. (Mean) (Intervalo de Confianza para la Media):**

Esta opción proporciona un intervalo de confianza para la media de una variable. En otras palabras, te permite evaluar con cierta confianza la precisión de la estimación de la media de una métrica específica en tu simulación.



# CREAR VARIABLES Y DEFINIR ATRIBUTOS

En un lenguaje de programación como C, las variables deben ser definidas antes de ser utilizadas en un programa. Por ejemplo, en C, una variable llamada x puede ser definida como tipo float y luego utilizada en declaraciones de asignación, como en **float x; x = x + 2;**

Las variables en lenguajes de programación estándar tienen un ámbito específico asociado con su ejecución. Por ejemplo, las variables definidas dentro de una función están limitadas para su uso dentro de esa función. También se pueden definir variables globales que pueden ser utilizadas en todo el programa.

Este enfoque en la definición y alcance de las variables es común en la programación convencional y es necesario para garantizar el orden y la coherencia en el manejo de datos en el programa. Sin embargo, en el contexto de herramientas de simulación como Arena™, el enfoque es ligeramente diferente ya que todas las variables son globales y accesibles desde cualquier parte del modelo. Esto facilita la interconexión de diferentes partes del sistema simulado y la manipulación de variables en toda la simulación.

En Arena™, todas las variables son globales, lo que significa que pertenecen al sistema que se está modelando. Todas las partes del sistema pueden acceder a estas variables.

Las variables proporcionan un lugar con nombre en la memoria de la computadora que persiste hasta que se modifica durante la ejecución. Las convenciones de nomenclatura para declarar variables en Arena™ son bastante flexibles, lo cual puede ser tanto una ventaja como un inconveniente. Por esta razón, se recomienda adoptar una convención de nomenclatura estándar al definir variables.

En los modelos presentados en este texto, se adopta la práctica de comenzar el nombre de todas las variables con la letra "v". Por ejemplo, en los ejemplos anteriores del módulo CREATE, la variable vLambda se utilizó para representar la tasa de llegada del proceso de Poisson. Esto facilita la distinción de las variables de otros elementos de Arena™ al revisar, depurar y documentar el modelo.

De acuerdo con la convención de nomenclatura recomendada aquí, podrías nombrar la variable que cuenta la cantidad de partes como `vPartCount`, concatenando y capitalizando los componentes individuales del nombre.

Aunque eres libre de asignar nombres a tus variables como desees, asegúrate de que los nombres no entren en conflicto con variables o palabras clave ya existentes en Arena™. Para obtener detalles específicos sobre las variables especializadas disponibles en Arena™, se recomienda consultar el documento "Arena™ Variables Guide" incluido en la instalación de Arena™.

Para declarar variables, se utiliza el módulo VARIABLE que se encuentra en la plantilla de "Data definition". Este módulo, que es un módulo de datos, se puede acceder tanto a través de la vista de hoja de cálculo como a través de una ventana de diálogo.

Dentro de Arena™, las variables pueden ser escalares o definirse como matrices. Las matrices pueden ser unidimensionales o bidimensionales. Al definir matrices unidimensionales, especificas el número de filas o el número de columnas, sin que haya diferencias significativas entre ambas. En el caso de matrices bidimensionales, especificas tanto el número de filas como el de columnas. Los índices de las matrices comienzan en 1 y van hasta el tamaño de la dimensión especificada. Si un índice utilizado para acceder a una matriz está fuera de los límites de las dimensiones de la matriz, se producirá un error en tiempo de ejecución.

Cuando se define una variable o un array de variables en Arena™, se permite especificar el valor inicial. El valor inicial predeterminado para todas las variables es cero. Utilizando la vista de hoja de cálculo dentro de la ventana de Datos, puedes ingresar fácilmente los valores iniciales para variables y arrays. Todas las variables se tratan como números reales dentro de Arena™. Si necesitas representar un número entero, por ejemplo, `vPartCount`, simplemente lo representas dentro de Arena™ como una variable.

Es importante recordar que todas las variables o arrays son globales dentro de Arena™. Las variables se utilizan para compartir información entre todos los módulos dentro del modelo. Debes pensar en las variables como características o propiedades del modelo en su conjunto. Las variables pertenecen a todo el sistema que se está modelando.

Arena™ tiene otro tipo de dato llamado atributo, capaz de contener valores. Un atributo es una propiedad o característica con nombre de una entidad. Por ejemplo, supongamos que el tiempo para producir una pieza depende de las dimensiones o el área asociada con la pieza. Un módulo CREATE se puede utilizar para crear entidades que representan las piezas. Después de crear las piezas, es necesario establecer el área asociada con cada una. Cada pieza creada podría tener valores diferentes para su atributo de área.

- ▼ **Parte 1: área = 5 pulgadas cuadradas**
- ▼ **Parte 2: área = 10 pulgadas cuadradas**

La Parte 1 y la Parte 2 tienen el mismo atributo con nombre, área, pero el valor de este atributo es diferente para cada parte.

Para aquellos lectores familiarizados con la programación orientada a objetos, los atributos en Arena™ son similares en concepto a los atributos asociados con objetos en lenguajes como VB.Net, Java y C++. Si comprendes el uso de atributos en esos lenguajes, entonces tienes una base para comprender cómo se pueden utilizar los atributos dentro de Arena™. Cuando se crea una instancia de una entidad dentro de Arena™, es como crear un objeto en un lenguaje orientado a objetos. La instancia del objeto tiene atributos asociados. Puedes pensar en una entidad como un registro o una fila de datos asociada a esa instancia particular del objeto. Cada fila representa una entidad diferente.

Cuando defines un atributo definido por el usuario en Arena™, estás agregando otra "columna" a la "tabla de entidades". La implicación de esta afirmación es muy importante. Definir un atributo definido por el usuario asocia ese atributo con cada tipo de entidad. Esto difiere significativamente de lo que se observa en lenguajes de programación orientados a objetos, donde puedes asociar atributos específicos con clases específicas de objetos. Dentro de Arena™, una entidad es una entidad. Puedes especificar atributos que te permitan conceptualizarlas como diferentes tipos. Esto es conceptualmente definir el conjunto de atributos para el tipo de entidad que se mencionó anteriormente.

Por ejemplo, podrías crear entidades y pensar en ellas como piezas que fluyen en un sistema de fabricación. Dentro de un sistema de fabricación, también podría haber entidades que representen paletas que ayudan en la manipulación de materiales dentro del sistema. Una pieza puede tener un atributo de tiempo de procesamiento, mientras que una paleta puede tener un atributo de tiempo de movimiento.

# ANIMACIÓN

## 3D

A partir de la versión 14.0 el software de simulación Arena, se incluye la opción de animación 3D construida a partir de un motor de juegos de alta tecnología, gráficos de negocios y capacidades mejorados de gráficos.

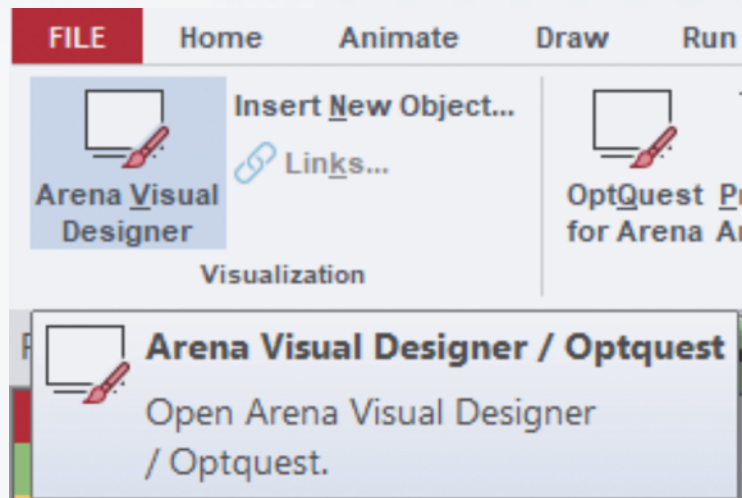
Con esta funcionalidad, los usuarios pueden visualizar mejor los modelos de simulación y comunicar con mayor eficacia el impacto de los cambios de procesos en las operaciones y la gestión empresarial, promoviendo la adopción más rápida de los usuarios, el tiempo de valor y los beneficios totales de la propiedad.

El programa Arena ayuda a las organizaciones a examinar el efecto de las ideas, normas y estrategias empresariales de "lo que pasa si se crea un ámbito simulado con anterioridad a ser desarrollar o llevar a cabo un nuevo proceso o tecnología". Al simular o modelar el proceso en un ámbito virtual, el programa Arena puede proveer una guía adicional a los usuarios que permanecen analizando el mejor enfoque para una situación.

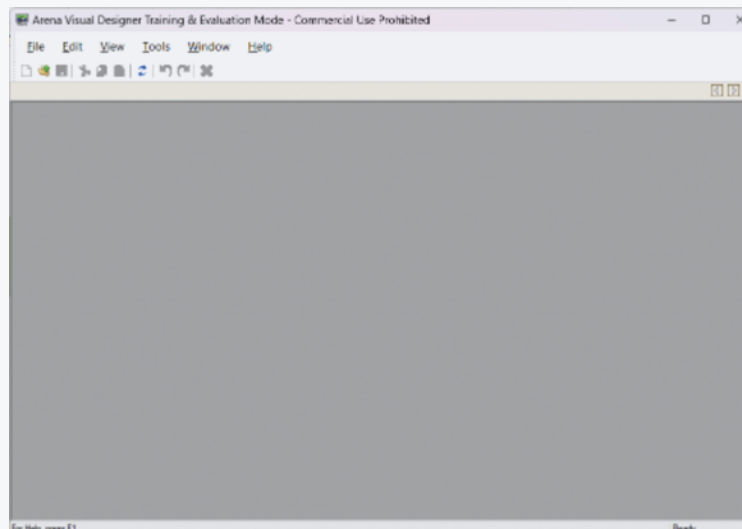
Por ejemplo, un productor de petróleo puede establecer la forma más eficaz de hacer colas de petroleros en un puerto para una carga y envío más veloz, o un productor de alimentos puede establecer cómo generar más bienes envasados sin incrementar el desperdicio. La herramienta Arena Visual Designer da habilidades de animación 3D similares a las usadas en los últimos sistemas de juegos individuales. Ahora los usuarios tienen la posibilidad de producir de manera instantánea y de forma sencilla animaciones 3D realistas en la propia aplicación o importar contenidos de programas de modelado 3D célebres como Google SketchUp, AutoDesk o Blender para mallas animadas.

Además, los usuarios de Arena tienen la posibilidad de utilizar la interfaz de arrastrar y soltar para crear cuadros de mando gráficos personalizados para presentaciones de negocios más impactantes y simples de comprender. Las novedosas herramientas de diseño de Arena se ejecutan dentro de Microsoft .NET para proveer funcionalidad común con las aplicaciones de Windows y un modelo de programación completo y coherente para la creación de aplicaciones. El framework .NET otorga a los usuarios ingreso a gráficos y gráficos accesibles de Microsoft, vivencias de cliente visualmente atractivas y comunicaciones seguras y seguras.

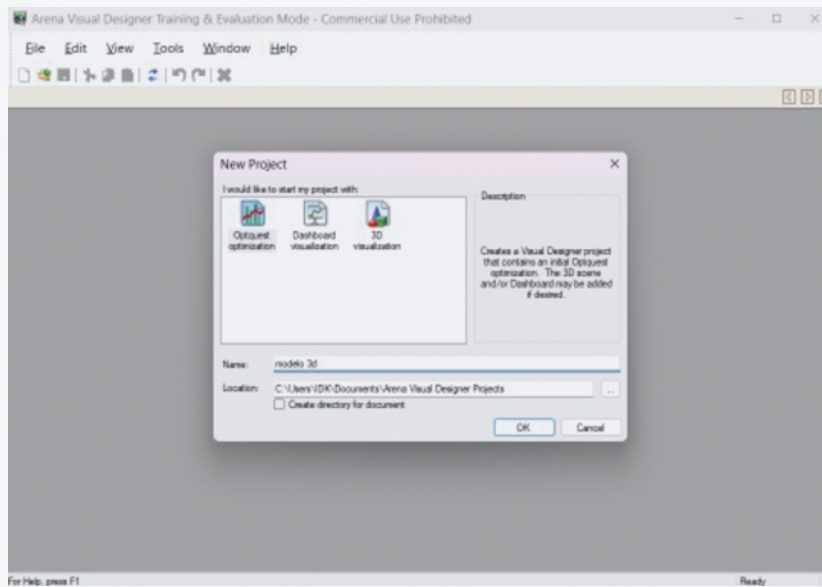
Para acceder a esta interfaz, primero debemos dirigirnos al Menú de "Tools" en la barra de herramientas, y dar clic en la opción "Arena Visual Designer".



Luego, aparecerá la interfaz de Arena Visual Designer. Luego, debemos dar clic en el símbolo de la página, lo que indica que desarrollaremos un nuevo modelo.



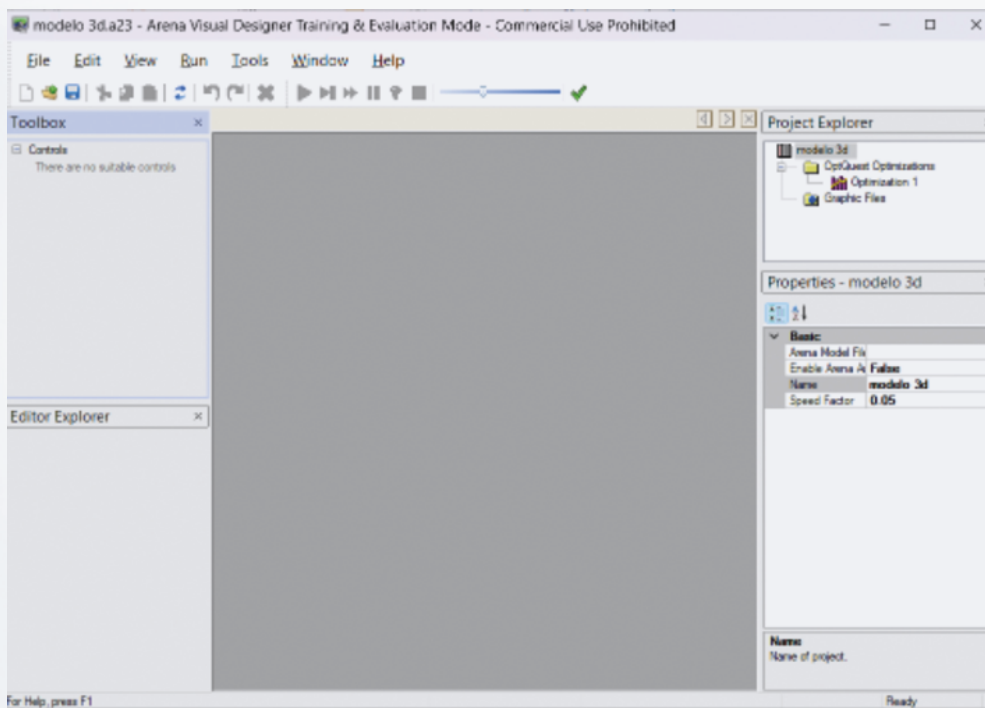
Una vez presionado este icono, nos saldrá una ventana en donde podremos elegir entre 3 opciones, en este caso elegiremos 3D Visualization. También colocaremos un nombre a nuestro modelo, en el campo "Name" escribimos Modelo 3d y luego damos clic en OK.



Una vez cargado el modelo, se abrirá el proyecto mostrando por defecto un modelo 3D de una mujer ejecutiva que reposa sobre un plano.

## Entorno de Simulación 3D

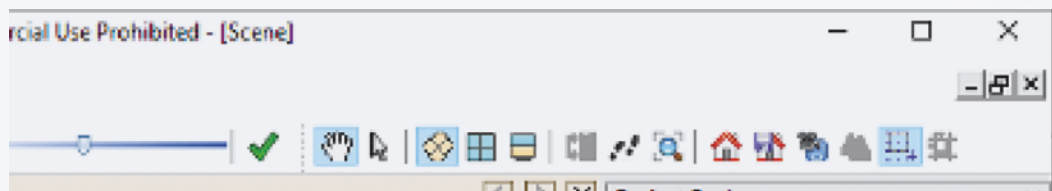
Conozcamos como se compone la ventana de trabajo para el diseño 3D en Arena. El entorno de simulación 3D está compuesto por 5 secciones.



- 1. Toolbox (Caja de Herramientas):** se encuentra a un extremo izquierdo de la pantalla de animación 3D y se utiliza para arrastrar y soltar instancias genéricas de objetos de animación (imágenes de entidad, variables globales, colas y recursos), objetos estáticos (imágenes 2D y 3D), transferir objetos de animación (rutas, estaciones y almacenamientos) a la escena de Edición 3D.
- 2. Editor Explorer:** El Editor Explorer proporcionará una lista jerárquica de los objetos actuales en su modelo Arena. Por ejemplo, si ha definido recursos en su proyecto, seleccione la carpeta Objetos animados y luego expanda la carpeta Recursos. Verá una lista de todos los recursos en su modelo Arena. Si aún no se ha colocado un Recurso en su escena, el icono aparecerá gris.
- 3. Escena 3D:** El entorno 3D se basa en un sistema de arrastrar y soltar. Puede arrastrar los controles desde la Caja de herramientas a la escena y luego definirlos usando las Propiedades. También puede arrastrar objetos del Editor Explorer a la escena y definirlos aún más con las Propiedades.
- 4. Project Explorer:** muestra los elementos de la escena en forma de listas, que se encuentra en la escena de forma jerárquica y permite acceder a ellos al realizar clic izquierdo sobre el nombre del elemento en la lista.
- 5. Properties (Propiedades):** esta sección presenta las propiedades o características de cada elemento de la escena, cada vez que presione sobre la misma. Además, podrá editar sus características por medio de esta sección.
- 6. Barra de Herramientas:** La barra de herramientas en la parte superior de la aplicación le permite cambiar la vista de la aplicación mientras diseña su escena.


## ▼ Perspectivas y Vistas de la Escena 3D

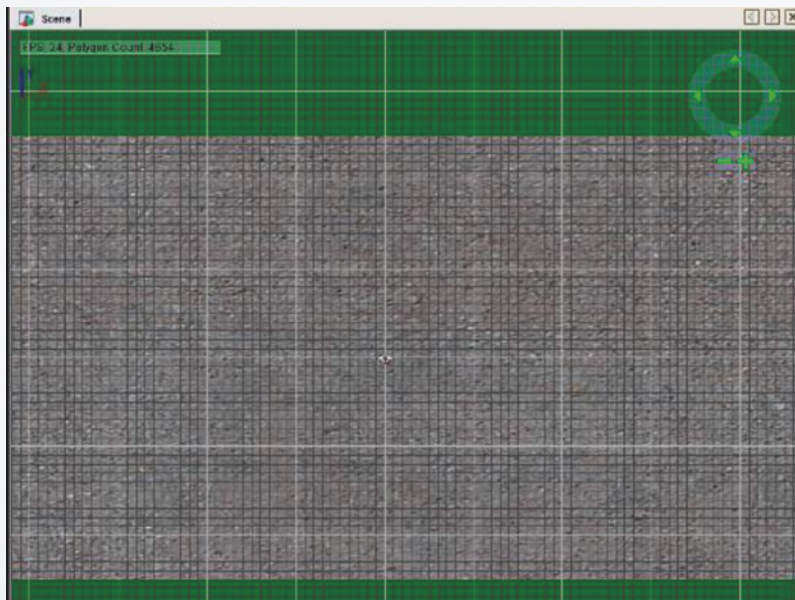
Arena Visual Designer cuenta con 3 vistas distintas, las cuales nos permite ver el modelo de diferentes maneras, estas son: la vista de perspectiva, la vista ortogonal y la vista separada.




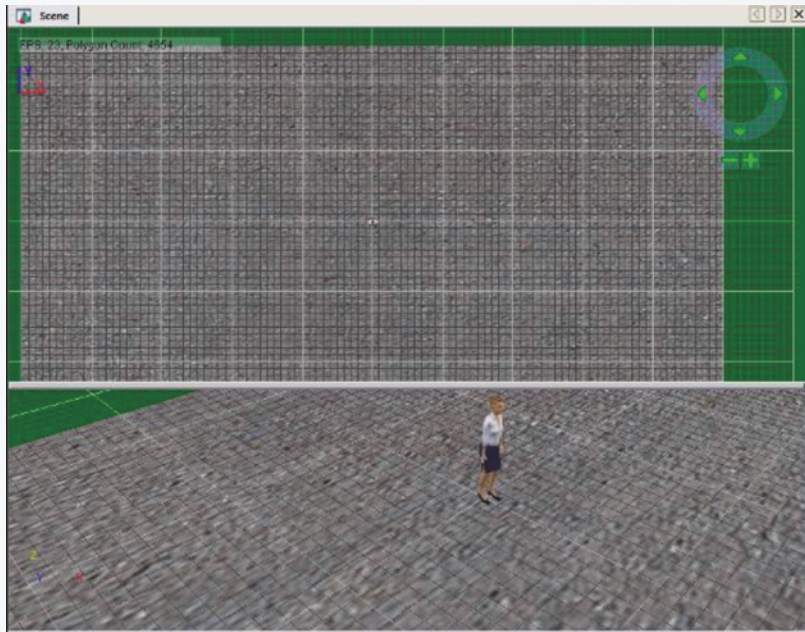
- 1 Perspective View (Vista de Perspectiva):** para acceder a esta vista deberá realizar clic izquierdo en el ícono  de la barra de herramientas.



- 2 Ortho View (Vista Ortogonal):** Al dar clic sobre el ícono  podrá ver la escena desde una perspectiva ortogonal sobre la escena 3D.

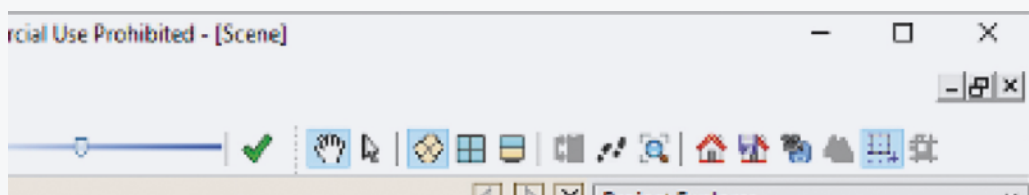


- 3 Split View (Vista Separada):** al presionar sobre el ícono  de la barra de herramientas, podrá observar y navegar en la Vista de Perspectiva y la Vista Ortogonal al mismo tiempo en la escena 3D.



#### ▼ Navegación a través de la Escena 3D

Arena Visual Designer cuenta con herramientas que permiten movilizarse dentro de la escena en la que se está trabajando. Ambos iconos se encontrarán en la barra de herramientas. Estos son el modo cámara y el modo edición.



Otra herramienta muy útil que encontramos es Scene Helper Object, la cual nos ayuda a cambiar de posición la cámara dentro de la Escena 3D.



Expliquemos las diferentes opciones que presenta el Scene Helper Object en la vista perspectiva.

- ⚙️ **Move mode (Modo de Movimiento):** al realizar clic sobre este ícono dentro del Objeto de Ayuda, entrará dentro del Modo de Movimiento y podrá usar las flechas del propio Objeto de Ayuda, para moverse hacia arriba, abajo, izquierda y derecha en la escena.



- ⚙️ **Rotation Mode (Modo de Rotación):** al realizar clic sobre este ícono dentro del Objeto de Ayuda, entrará dentro del Modo de rotación y podrá usar las flechas del propio Objeto de Ayuda, para rotar la cámara de vista hacia arriba, abajo, izquierda y derecha en la escena.



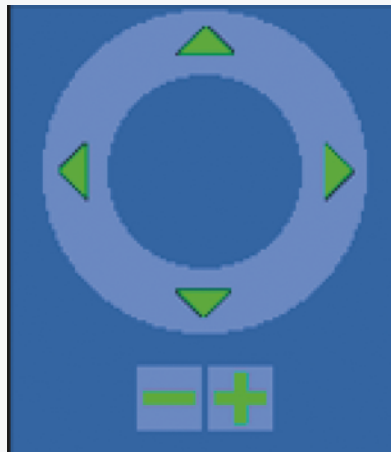
- ⚙️ **Zoom:** podrá hacer acercarse o alejarse de algún punto de la escena mediante este ícono encontrado en el Objeto de Ayuda o bien podrá utilizar la rueda del ratón para realizar estas funciones.



### ⚙️ **Movimientos del Ratón en la Vista de Perspectiva:**

- Al mantener presionado el botón izquierdo del ratón, podrá mover el ratón hacia adelante, hacia atrás, hacia la izquierda y hacia la derecha para moverse en la escena.
- Al sostener la rueda de desplazamiento del ratón, podrá mover el ratón hacia adelante y hacia atrás para girar la escena hacia arriba y hacia abajo. Mueva el ratón hacia la izquierda y hacia la derecha para girar la escena hacia la derecha y hacia la izquierda.
- Podrá acercarse o alejarse de la escena mediante la rueda de desplazamiento con el ratón. Para acercar un objeto específico de la escena, simplemente desplace la mano sobre el objeto y avance la rueda de desplazamiento hacia adelante.

La herramienta Scene Helper Object también tiene disponibles opciones de movimiento en la vista ortogonal y la vista separada, aunque en menor cantidad.



Expliquemos las diferentes opciones que presenta el Scene Helper Object en la vista perspectiva.

- ⚙️ **Flechas del Objeto de Ayuda:** Podrá usar las flechas del propio Objeto de Ayuda, para moverse hacia arriba, abajo, izquierda y derecha en la escena.



- ⚙️ **Zoom:** podrá hacer acercarse o alejarse de algún punto de la escena mediante este ícono encontrado en el Objeto de Ayuda o bien podrá utilizar la rueda del ratón para realizar estas funciones.

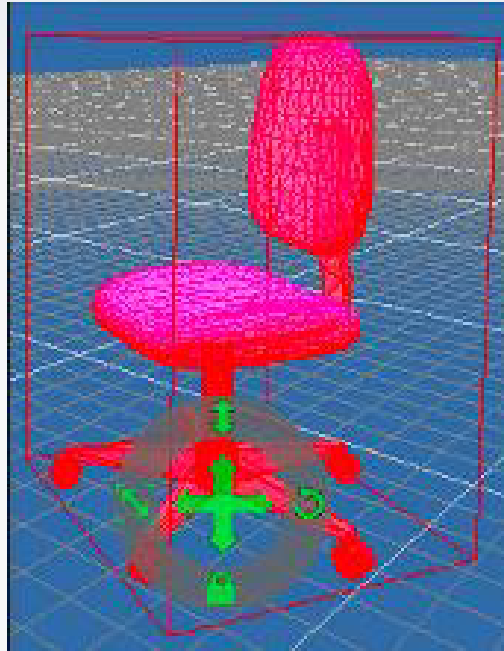


#### ⚙️ **Movimientos del Ratón en la Vista de Perspectiva:**

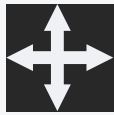
- Al mantener presionado el botón izquierdo, deberá mover el ratón hacia adelante, hacia atrás, hacia la izquierda y hacia la derecha para moverse por la escena.
- Similar a la vista en perspectiva, podrá acercarse y alejarse con el ratón usando la rueda de desplazamiento. Para acercar un objeto específico de la escena, simplemente desplace la mano sobre el objeto y avance la rueda de desplazamiento hacia adelante.

### ▼ **Modo Edición de los elementos de la Escena**

Al seleccionar un objeto se podrá editar sus características libremente o de forma individual. Al seleccionar un objeto, este será sombreado por un color rojizo y le aparecerá un pequeño menú de edición de movimiento en la parte inferior del objeto; el menú de movimiento que estaría definido como un Edit Helper Object.



▼ El modo edit contiene opciones del Objeto de Ayuda de Edición:



Move (Mover): Use este icono para cambiar la ubicación del objeto en la escena.



Lift Up/Down (Levantarse Arriba/Abajo): Le permite ajustar la ubicación del objeto en la coordenada Z.



Orientation (Orientación): Le permite girar el objeto en la escena.



Lock (Bloquear): Bloquea el objeto dentro de la escena.



Unlock (Desbloquear): Desbloquea el objeto dentro de la escena. Como no puede seleccionar el objeto cuando está bloqueado, use el Explorador del Editor para ubicar su objeto y luego seleccione este icono.



Resize (redimensionar): este ícono le permite redimensionar al objeto seleccionado.



Resize all (redimensionar todos): Le permite cambiar el tamaño de todos los estados en la clase de estilo asignada. Este icono se mostrará al editar Recursos, Entidades y Variables Globales.



# EJEMPLOS prácticos

En esta sección, se encontrará una serie de tutoriales diseñados para ayudarte a desarrollar las habilidades en la creación de modelos básicos, intermedios y complejos. Estos tutoriales están pensados especialmente para estudiantes y usuarios nuevos en Arena, pero también ofrecen oportunidades de aprendizaje para aquellos que deseen ampliar su conocimiento y dominio de esta potente herramienta de simulación.

# Modelos Básicos

## Modelo 1:

### Simulación del Proceso de un Banco

1

#### Planteamiento del Problema



En una agencia bancaria, se ha observado que los clientes llegan al banco a intervalos de tiempo que siguen una distribución exponencial con una tasa de llegada de 1.2 minutos por cliente en promedio. El tiempo que cada cliente pasa siendo atendido por un empleado, sigue una distribución exponencial con una tasa de servicio de 2 minutos por cliente en promedio. Además, en esta agencia bancaria, se dispone de un total de 2 cajeros para atender a los clientes. Finalmente, realice una simulación para evaluar la eficiencia operativa con dos cajeros.

2

#### Objetivos



El objetivo general de esta simulación es modelar y analizar el flujo de clientes en una agencia bancaria para evaluar la eficiencia operativa y determinar la capacidad de atención de la institución.

#### Objetivos Específicos:

- ▼ Evaluar si la cantidad actual de cajeros (2 cajeros) es suficiente para atender la demanda de los clientes en la agencia bancaria.
- ▼ Analizar los tiempos de espera promedio de los clientes en la cola y en la agencia en su conjunto para evaluar si son aceptables y cumplen con los estándares de servicio.
- ▼ Determinar el porcentaje de clientes que son atendidos inmediatamente y el porcentaje de clientes que experimentan tiempos de espera excesivos.
- ▼ Identificar si hay períodos de alta demanda en los que la capacidad de atención se ve superada y se forman colas, lo que podría indicar la necesidad de ajustar la cantidad de cajeros o mejorar la eficiencia operativa.

### 3

## Planteamiento del Problema Hipótesis Dinámica



A medida que se aumenta el número de cajeros en la agencia bancaria, se espera que los tiempos de espera de los clientes disminuyan y que la capacidad de atención aumente. Sin embargo, existe un punto de equilibrio en el que agregar más cajeros ya no mejorará significativamente la eficiencia, ya que la velocidad de llegada de los clientes y la tasa de servicio también desempeñan un papel importante en la dinámica del tiempo de espera. La hipótesis dinámica postula que la relación entre el número de cajeros y los tiempos de espera es interdependiente y no lineal, lo que requiere un equilibrio cuidadoso para lograr una atención eficiente en la agencia bancaria.

### 4

## Componentes



- ▼ **Llegada de Clientes:** Este módulo simboliza la llegada de estudiantes al proceso de matrícula. Se registra la llegada de EXPO(1.2) minutos por clientes.
- ▼ **Atención en Ventanilla:** En este módulo, se efectúa la asignación de trabajadores para la atención del cliente. Este proceso es manejado por 2 empleados, cada uno de los cuales puede atender EXPO(2) minutos por clientes.
- ▼ **Salida:** Este módulo representa la conclusión exitosa del proceso de atención del cliente.

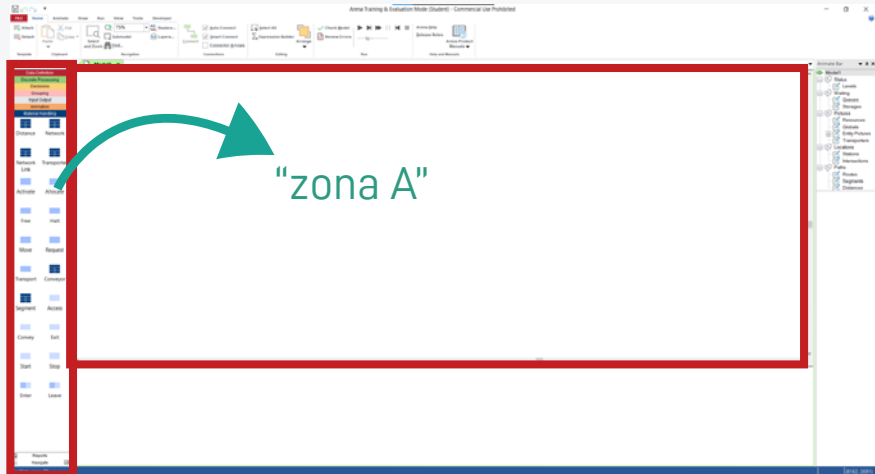
# 5

## Planteamiento del Problema Construcción del Modelo

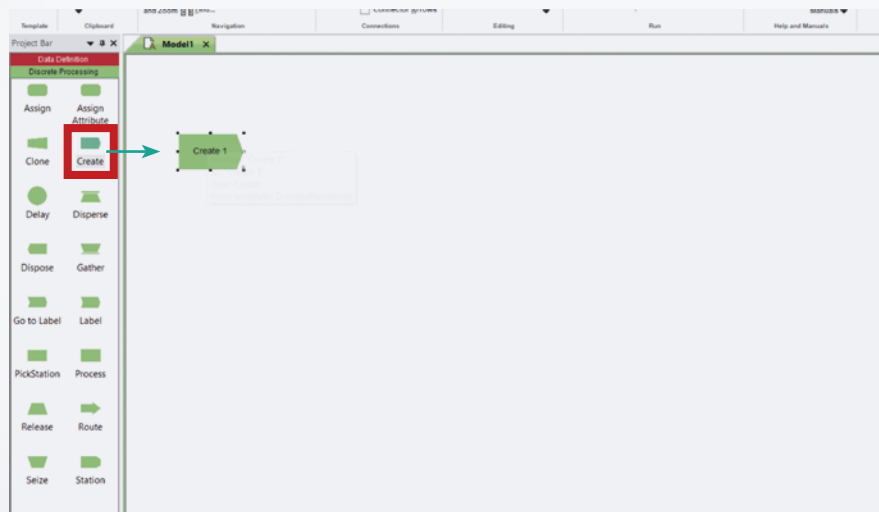


### Paso 1

Empezaremos a desarrollar los modelos, siga los siguientes pasos:



Para simular la entrada de los clientes al proceso, se utilizará el módulo "Create" que está ubicado en la categoría "Discrete Processing" del cintillo vertical izquierdo. Abra esta categoría y haga clic en el módulo "Create". Posteriormente, arrástrelo en la zona de trabajo.



## Paso 2

Para editar algunas configuraciones del propio módulo, haga doble clic sobre el módulo que se desea editar y luego se abrirá una ventana de edición. En este caso, se editará el módulo "Create 1".

Teniendo la ventana de edición abierta, modifique los siguientes atributos y cerciórese de que tengan los mismos valores:

- ▼ **Name:** Llegada de Clientes
- ▼ **Entity Type:** Cliente
- ▼ **Type:** Random (Expo)
- ▼ **Value:** 1.2

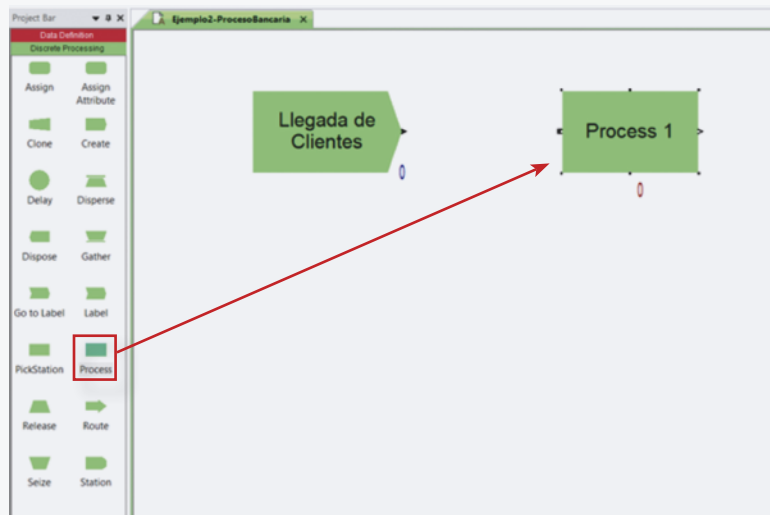
Al culminar la edición de los valores, realice clic sobre el botón "OK" para guardar los cambios y cerrar la ventana emergente.

The screenshot shows a 'Create' dialog box with the following settings:

- Name: Llegada de Clientes
- Entity Type: Cliente
- Time Between Arrivals: Type: Random (Expo), Value: 1.2, Units: Minutes
- Entities per Arrival: 1
- Max Arrivals: Infinite
- First Creation: 0.0
- Buttons: OK, Cancel, Help

## Paso 3

Para asignar el proceso de atención al cliente en la ventanilla, se utilizará el módulo "Process" bajo la categoría "Discrete Processing". Haga clic sobre dicho módulo y arrástrelo hacia la zona de trabajo.



## Paso 4

Para editar algunas configuraciones del propio módulo, haga doble clic sobre el módulo que se desea editar y luego se abrirá una venta de edición. En este caso, se editará el módulo "Process 1".

Teniendo la venta de edición abierta, modifique los siguientes atributos y cerciórese de que tengan los mismos valores:

- ▼ **Name:** Atención en Ventanilla
- ▼ **Action:** Seize Delay Release
- ▼ **Delay Type:** Expression
- ▼ **Units:** Minutes
- ▼ **Expression:** EXPO(2)

The screenshot shows the 'Process' dialog box with the following settings:

- Name:** Atención en Ventanilla
- Type:** Standard
- Logic:**
  - Action:** Seize Delay Release
  - Priority:** Medium(2)
- Resources:** Resource, Empleado, 1
- Delay Type:** Expression
- Units:** Minutes
- Allocation:** Value Added
- Expression:** EXPO(2)
- Report Statistics
- Comment:** (empty)

## Paso 5

Para añadir los recursos, haga clic en el botón "Add". Posteriormente cambie los valores de los siguientes atributos:

- ▼ **Type:** Resource
- ▼ **Set Name:** Empleado.

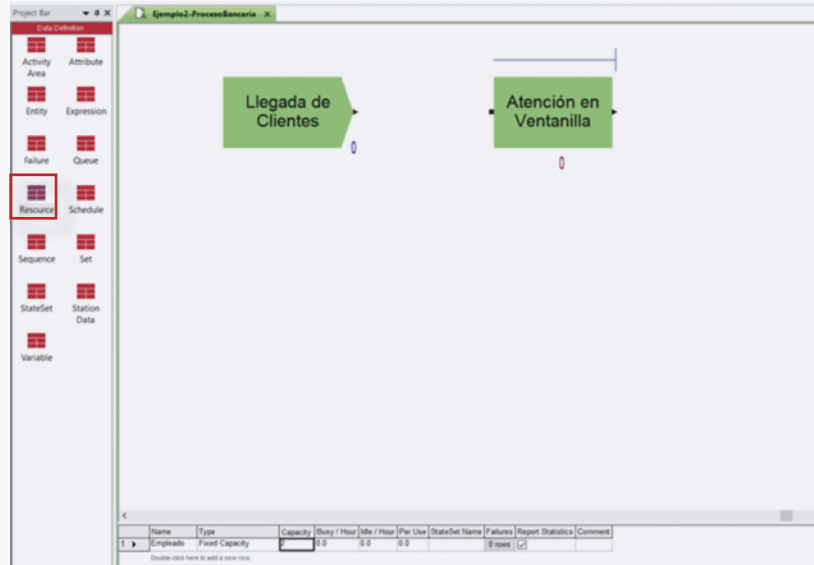
Después haga clic en el botón "OK" para cerrar la ventana de recursos y realice otro clic en el botón "OK" para cerrar la ventana de procesos.

The screenshot shows the 'Process' dialog box with the 'Resources' sub-dialog box open. The 'Resources' dialog box has the following settings:

- Type:** Resource
- Resource Name:** Empleado
- Units to Seize/Release:** 1

## Paso 6

Para crear los dos servidores que brindan atención al cliente, haga clic en la categoría "Data Definition" del cintillo izquierdo y luego haga clic en "Resource" para visualizar las configuraciones de la propia tabla. Posteriormente, en la columna "Capacity", escriba el número 2.



## Paso 7

Para simular la etapa final del proceso atención al cliente, se utilizará el módulo "Dispose". Para ello, se debe ir a la categoría "Discrete Processing". Posteriormente, haga clic sobre dicho módulo y arrástrelo hacia la zona de trabajo.



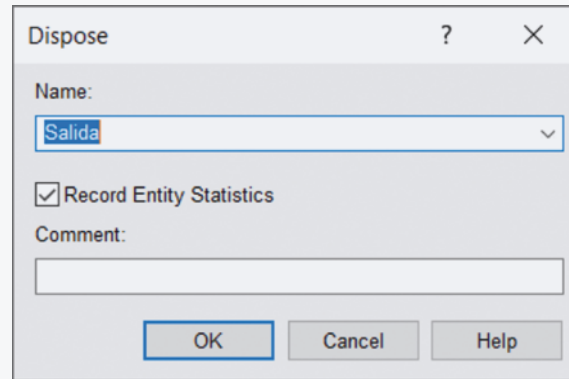
## Paso 8

Para editar algunas configuraciones del propio módulo, haga doble clic sobre el módulo que se desea editar y luego se abrirá una venta de edición. En este caso, se editará el módulo "Dispose 1".

Teniendo la venta de edición abierta, modifique los siguientes atributos y cerciórese de que tengan los mismos valores:

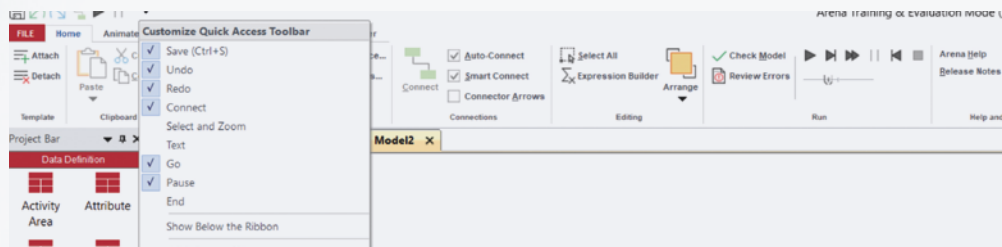
▼ **Name:** Salida

Al terminar, cierre la ventana pulsando el botón OK.

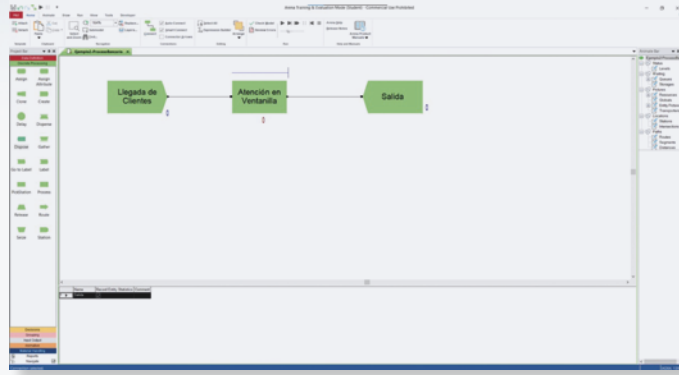


## Paso 9

Arena ofrece una herramienta conocida como "Connect" la cual sirve para unir los distintos módulos y establecer comunicaciones entre ellas. Esta herramienta se encuentra en la barra superior bajo la pestaña "Home". También a comodidad de los usuarios, se puede activar esta opción en la barra de acceso rápido que está situado al borde superior.



Haga doble clic sobre la herramienta "Connect" y sitúe el cursor sobre los puntos negros que aparecen en los extremos de los módulos. De esta manera podrá establecer una conexión a partir de un punto de partida hasta un punto de finalización. Al final, deberá obtener lo siguiente:



# 6

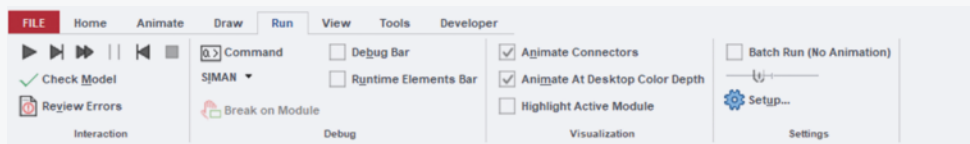
## Ejecución del Modelo



Antes de la simulación, se debe configurar algunos parámetros referentes al propio sistema, como por ejemplo el tiempo de ejecución.

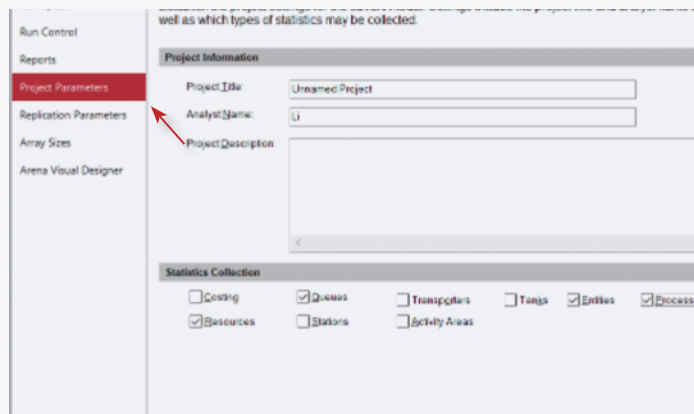
### Paso 1

En la barra horizontal superior, realice clic sobre la pestaña "Run" y luego haga clic sobre la herramienta "Setup".



### Paso 2

Teniendo la ventana de configuración abierta, realice clic en el apartado "Project Parameters" y luego active las casillas que se muestra a continuación:

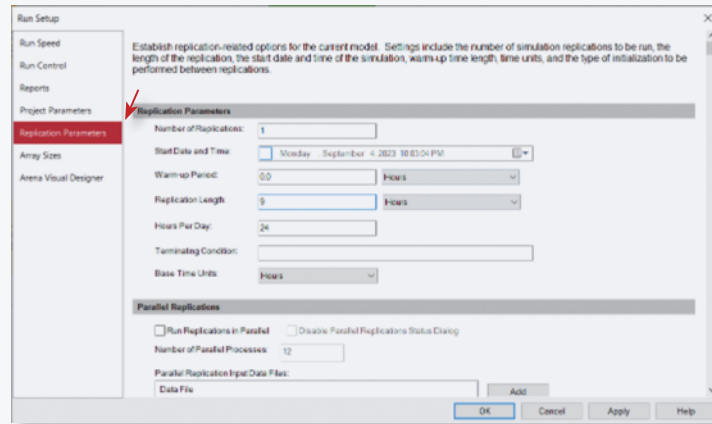


## Paso 3

Luego, realice clic sobre la sección "Replication Parameters" y modifique los siguientes parámetros:

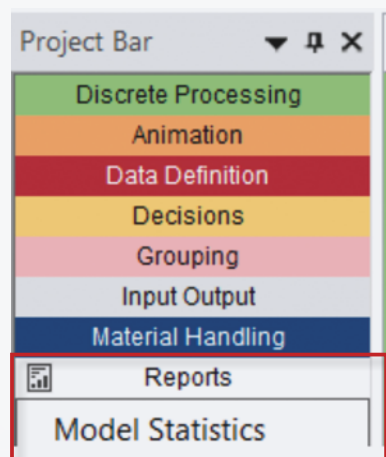
- ▶ Replication Length: 2
- ▶ Unidad de tiempo del Replication Length: Hours

Al finalizar, realice clic sobre el botón "Apply" para guardar los cambios.



## 7

### Estadísticas



Name	Type	Source	Average Of Replication Averages
Atención en Ventanilla	Total Time Per Entity	Process	0.078311248
	VA Time Per Entity	Process	0.037626347
	Wait Time Per Entity	Process	0.040684901
Atención en Ventanilla.Queue	Waiting Time	Queue	0.040820381
Cliente	NVA Time	Entity	0
	Other Time	Entity	0
	Total Time	Entity	0.078311248
	Transfer Time	Entity	0
	VA Time	Entity	0.037626347
	Wait Time	Entity	0.040684901

Name	Type	Source	Average Of Replication Averages
Atención en Ventanilla.Queue	Number Wai Queue		1.861601794
Cliente	WIP	Entity	3.517742887
Empleado	Instantaneo Resource		0.828070546
	Number Bus Resource		1.656141093
	Number Sch Resource		2

Name	Type	Source	Average Across Replications
System.NumberOut	Number Out System		86
Atención en Ventanilla Accum VA Time	Accum VA T	Process	3.235865813
Atención en Ventanilla Accum Wait Time	Accum Wait	Process	3.498901514
Atención en Ventanilla Number In	Number In	Process	91
Atención en Ventanilla Number Out	Number Out	Process	86
Cliente.NumberIn	Number In	Entity	91
Cliente.NumberOut	Number Out	Entity	86
Empleado.NumberSeized	Total Numb	Resource	88
Empleado.ScheduledUtilization	Scheduled L	Resource	0.828070546

## 8

## CONCLUSIONES



El tiempo de espera promedio en la ventanilla de atención se sitúa en 0.04 horas o 2.4 minutos. Esto significa que, en promedio, los clientes pasan alrededor de 2.4 minutos en espera antes de ser atendidos. La duración total del ciclo del proceso, que abarca desde que un cliente entra hasta que completa su atención, es de 0.07 horas o 4.2 minutos en promedio. Estos datos indican que el tiempo de espera en la ventanilla es relativamente bajo, lo que sugiere que la agencia bancaria está logrando brindar una atención eficiente a sus clientes en términos de tiempos de espera.

En la segunda tabla se puede ver que la cantidad promedio de clientes que se encuentran en cola en un momento dado es de aproximadamente 1.86. Esto significa que, en promedio, casi 2 clientes están esperando en fila para ser atendidos en cualquier momento. Este valor indica la demanda continua de los servicios del banco. La utilización del recurso, que refleja cuánto tiempo la ventanilla de atención está ocupada, es del 82%. Esto sugiere que el servidor está siendo utilizado eficientemente, con una alta proporción de tiempo en el que se encuentra ocupado, lo que es positivo desde el punto de vista de la eficiencia operativa.

En la tercera tabla, se registra que, durante el período de dos horas de simulación, ingresaron 91 clientes al sistema. Sin embargo, solo se logró atender a 86 de estos clientes dentro de ese mismo período. Esto implica que 5 clientes, aproximadamente el 5.5% del total, no pudieron ser atendidos o experimentaron tiempos de espera prolongados.

Esta información subraya la importancia de mantener un equilibrio adecuado entre la tasa de llegada de clientes y la capacidad de atención para garantizar que todos los clientes sean atendidos de manera oportuna y eficiente. En resumen, la agencia bancaria está logrando tiempos de espera en la ventanilla relativamente bajos y una alta utilización del recurso. Sin embargo, es esencial abordar el hecho de que algunos clientes no pudieron ser atendidos, lo que podría afectar la satisfacción del cliente y la eficiencia operativa en el futuro. Para abordar estos desafíos, se podrían considerar ajustes en la gestión de colas y recursos adicionales si fuera necesario.

## 9

### RECOMENDACIONES



Basándonos en las estadísticas y los resultados de la simulación de la entidad bancaria, se proponen las siguientes recomendaciones:

- ▼ Establecer un límite de tiempo máximo antes del cierre del horario laboral de la entidad bancaria, de manera que los clientes tengan un período adecuado para completar sus transacciones de manera satisfactoria.
- ▼ Evaluar la asignación de recursos y ajustarla según la demanda, como, por ejemplo: la posibilidad de agregar una segunda ventanilla de atención durante las horas de mayor afluencia de clientes.

## 10

### FUENTE



MUNDO IO ACADEMY - Investigación de Operaciones. Simulación 1 cola-Varios servidores. En arena. (19 de enero de 2021). [Video en línea]. Disponible:

<https://www.youtube.com/watch?v=SevDa4mMyec>

## Modelo 2:

### Simulación del Proceso de Pago en un Supermercado

1

#### Planteamiento del Problema PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



Se plantea la simulación del proceso de pago en un supermercado, donde se ha observado que los clientes llegan a intervalos de tiempo que siguen una distribución exponencial con una tasa de llegada promedio de 3 minutos por cliente. En este escenario, el supermercado dispone de dos cajas registradoras, y el tiempo que cada cliente dedica a ser atendido por un empleado sigue una distribución exponencial con una tasa de servicio promedio de 5 minutos por cliente. Es importante destacar que, al formarse en la cola, los clientes seleccionan la más corta, y en el caso de colas de igual longitud, optan por igual probabilidad. Una vez que un cliente elige una cola, no se le permite cambiar a otra. Finalmente, este supermercado opera 9 horas laborales del día.

2

#### Planteamiento del Problema Objetivos



El objetivo general de esta simulación es evaluar y optimizar el proceso de pago en el supermercado, utilizando dos cajas registradoras, con el propósito de mejorar la eficiencia operativa y reducir los tiempos de espera de los clientes.

#### Objetivos Específicos:

- ▼ Diseñar un modelo que represente adecuadamente la llegada de clientes al supermercado, basado en una distribución exponencial con una tasa de llegada de 3 minutos por cliente en promedio.
- ▼ Desarrollar un modelo que simule el proceso de atención en las dos cajas registradoras, utilizando una distribución exponencial con una tasa de servicio de 5 minutos por cliente en promedio.

### 3

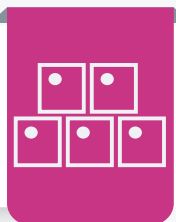
## Planteamiento del Problema Hipótesis Dinámica



A medida que se aumenta el número de cajeros en la agencia bancaria, se espera que los tiempos de espera de los clientes disminuyan y que la capacidad de atención aumente. Sin embargo, existe un punto de equilibrio en el que agregar más cajeros ya no mejorará significativamente la eficiencia, ya que la velocidad de llegada de los clientes y la tasa de servicio también desempeñan un papel importante en la dinámica del tiempo de espera. La hipótesis dinámica postula que la relación entre el número de cajeros y los tiempos de espera es interdependiente y no lineal, lo que requiere un equilibrio cuidadoso para lograr una atención eficiente en la agencia bancaria.

### 4

## Componentes



- ▼ **Llegada de Clientes:** Este módulo simboliza la llegada de estudiantes al proceso de matrícula. Se registra la llegada de EXPO(3) minutos por clientes.
- ▼ **¿Cola 1 menor que cola 2?:** En este módulo permite simular la decisión del cliente en base del tamaño de la cola en el tiempo real.
- ▼ **Elegir cualquier cola:** En este módulo, representa con la misma probabilidad de elección de colas si el tamaño de este mismo es igual.
- ▼ **Caja1 y caja 2:** En este módulo, se efectúa la asignación trabajadores para la atención del cliente. Este proceso es manejado por 2 empleados, cada una de las cuales puede atender EXPO(5) minutos por clientes.
- ▼ **Salida:** Este módulo representa la conclusión exitosa del proceso de pago del cliente.

# 5

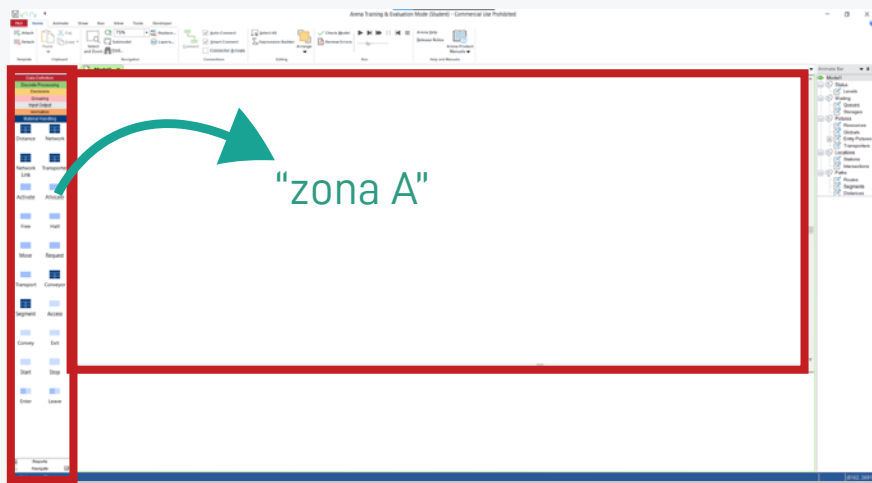
## Planteamiento del Problema Construcción del Modelo



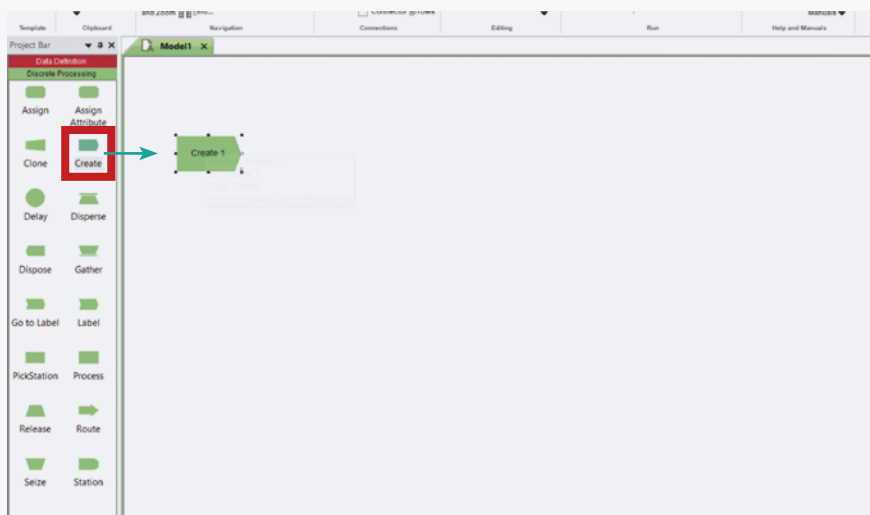
### Paso 1

Dentro del software de simulación Arena, los diversos módulos necesarios para construir este ejemplo están disponibles en la parte izquierda de la interfaz, organizados en un panel vertical. Cada categoría de módulos se distingue por un color único.

Para comenzar a trabajar con estos módulos, simplemente haga clic en el módulo deseado y luego arrástrelo hacia el área de trabajo, conocida como "zona A".



Para simular la entrada de los clientes al proceso, se utilizará el módulo "Create" que está ubicado en la categoría "Discrete Processing" del cintillo vertical izquierdo. Abra esta categoría y haga clic en el módulo "Create". Posteriormente, arrástrelo en la zona de trabajo.



## Paso 2

Para editar algunas configuraciones del propio módulo, haga doble clic sobre el módulo que se desea editar y luego se abrirá una ventana de edición. En este caso, se editará el módulo "Create 1".

Teniendo la ventana de edición abierta, modifique los siguientes atributos y cerciórese de que tengan los mismos valores:

- ▼ **Name:** Llegada de Clientes
- ▼ **Entity Type:** Clientes
- ▼ **Type:** Expression
- ▼ **Expression:** EXPO(3)
- ▼ **Units:** Minutes

The image shows a 'Create' dialog box with the following fields and values:

Name:		Entity Type:	
Llegada de clientes		Clientes	

Time Between Arrivals		
Type:	Expression:	Units:
Expression	EXPO(3)	Minutes

Entities per Arrival:	Max Arrivals:	First Creation:
1	Infinite	0.0

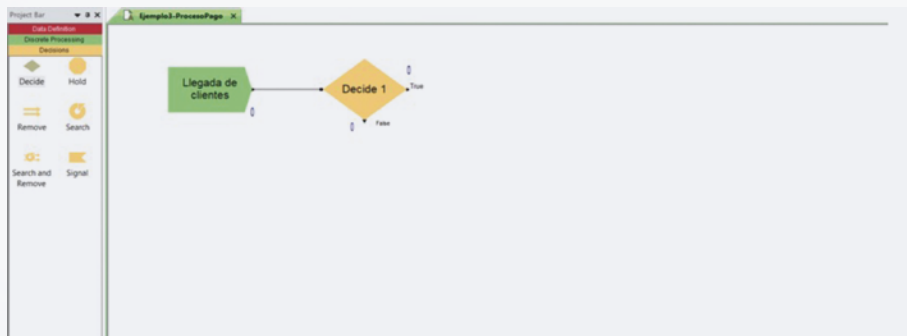
Comment: [Empty text box]

Buttons: OK, Cancel, Help

Al culminar la edición de los valores, realice clic sobre el botón "OK" para guardar los cambios y cerrar la ventana emergente.

## Paso 3

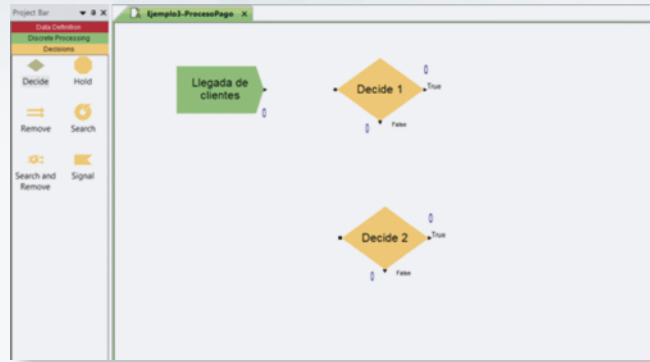
Para simular la elección de la cola de menor tamaño, se utilizará el módulo "Decide". Para ello, se debe ir a la categoría "Decisions". Posteriormente, haga clic sobre dicho módulo y arrástrelo hacia la zona de trabajo.



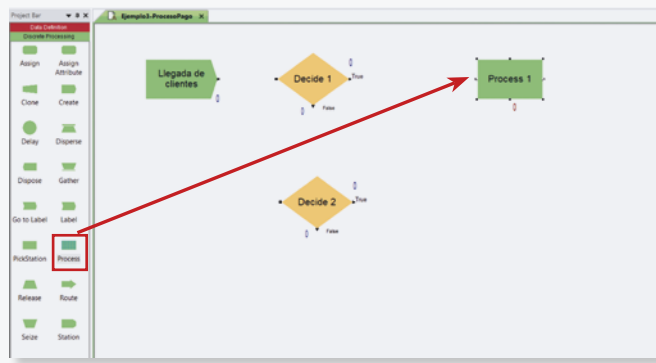
## Paso 4

Repita el paso 3, al final le deberá quedar lo siguiente:

## Paso 5



Para simular el proceso de pago por parte de los clientes, se utilizará el módulo "Process". Para ello, se debe ir a la categoría "Discrete Processing". Posteriormente, haga clic sobre dicho módulo y arrástrelo hacia la zona de trabajo.



## Paso 6

Para editar algunas configuraciones del propio módulo, haga doble clic sobre el módulo que se desea editar y luego se abrirá una venta de edición. En este caso, se editará el módulo "Process 1".

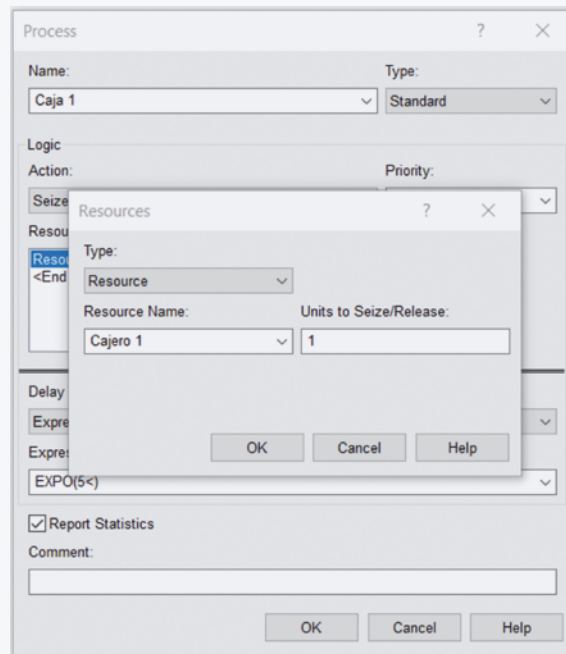
Teniendo la venta de edición abierta, modifique los siguientes atributos y cerciñese de que tengan los mismos valores:

- ▼ **Name:** Caja 1
- ▼ **Action:** Seize Delay Release
- ▼ **Delay Type:** Expression
- ▼ **Expression:** EXPO(5)
- ▼ **Units:** Minutes

## Paso 7

Para añadir los recursos, haga clic en el botón "Add". Posteriormente cambie los valores de los siguientes atributos:

- ▼ **Type:** Resource
- ▼ **Resource Name:** Cajero 1



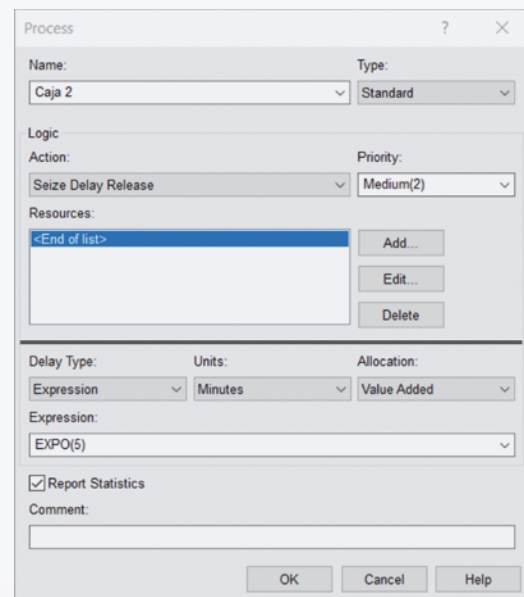
Después haga clic en el botón "OK" para cerrar la ventana de recursos y realice otro clic en el botón "OK" para cerrar la ventana de procesos.

## Paso 8

Repita los pasos 6 – 8 para crear la Caja 2 con los siguientes atributos:

- ▼ Name: Caja 2
- ▼ Action: Seize Delay Release
- ▼ Delay Type: Expression
- ▼ Expression: EXPO(5)
- ▼ Units: Minutes

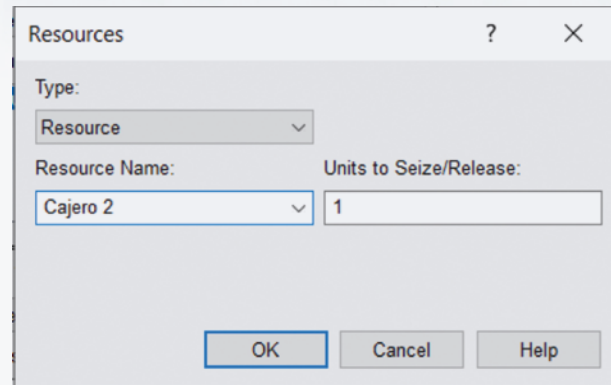
Al final deberá obtener lo siguiente:



## Paso 9

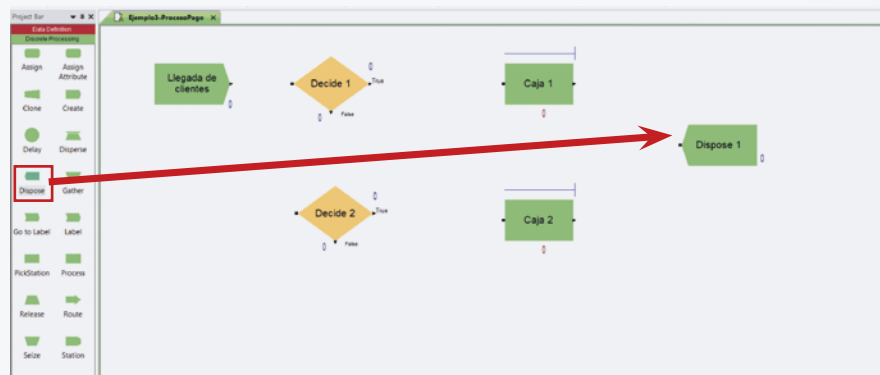
Modifique la ventana de los recursos con los siguientes atributos:

- ▼ **Type:** Resource
- ▼ **Resource Name:** Cajero 2



## Paso 10

Para simular la etapa final de este proceso de pago, se utilizará el módulo "Dispose". Para ello, se debe ir a la categoría "Discrete Processing". Posteriormente, haga clic sobre dicho módulo y arrástrelo hacia la zona de trabajo.



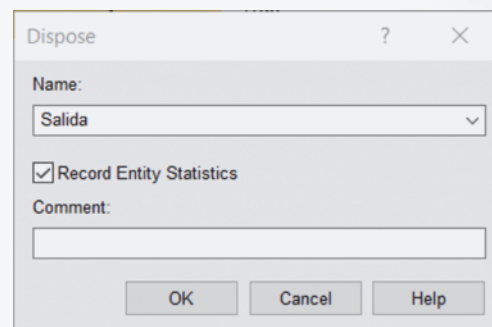
## Paso 11

Para editar algunas configuraciones del propio módulo, haga doble clic sobre el módulo que se desea editar y luego se abrirá una venta de edición. En este caso, se editará el módulo "Dispose 1".

Teniendo la venta de edición abierta, modifique los siguientes atributos y cerciórese de que tengan los mismos valores:

- ▼ **Name:** Salida

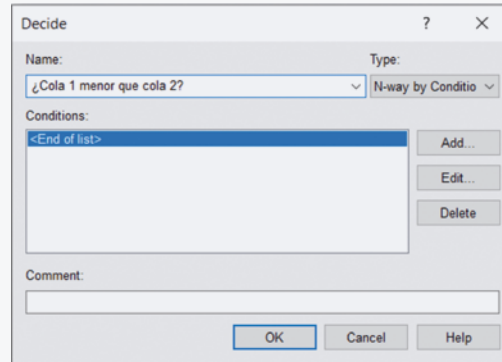
Al terminar, cierre la ventana pulsando el botón OK.



## Paso 12

Haga clic sobre el módulo "Decide 1" y se abrirá una ventana para la configuración de los atributos del propio módulo. Luego, escriba los siguientes atributos:

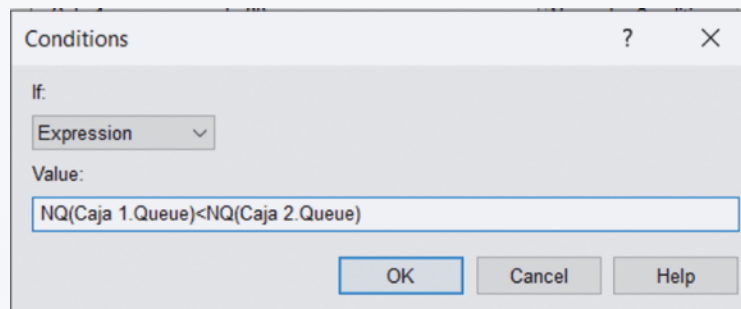
- ▼ **Name:** ¿Cola 1 menor que cola 2?
- ▼ **Type:** N-way by Condition



## Paso 13

Posteriormente, realice clic sobre el botón "Add" del paso anterior para añadir las condiciones que debe evaluar este módulo y cambie los siguientes atributos:

- ▼ **If:** Expression
- ▼ **Value:** NQ(Caja 1.Queue)<NQ(Caja 2.Queue)



## Paso 14

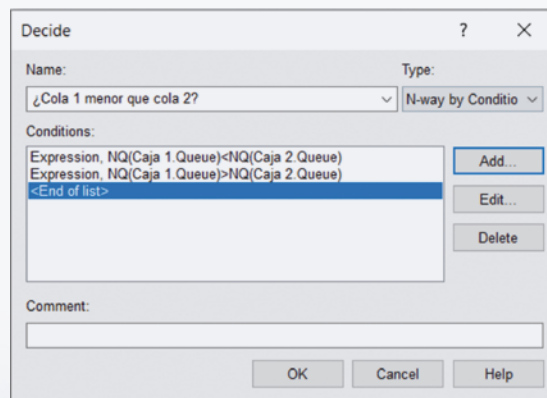
Repita el paso anterior para añadir otra condición. Añade los siguientes atributos:

- ▼ **If:** Expression
- ▼ **Value:** NQ(Caja 1.Queue)>NQ(Caja 2.Queue)

Al final, deberá obtener

lo siguiente:

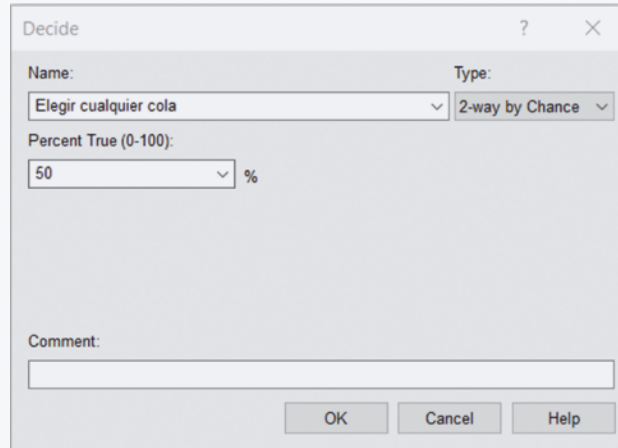
Realice clic en el botón "Ok" para guardar los cambios y cerrar la ventana emergente.



## Paso 15

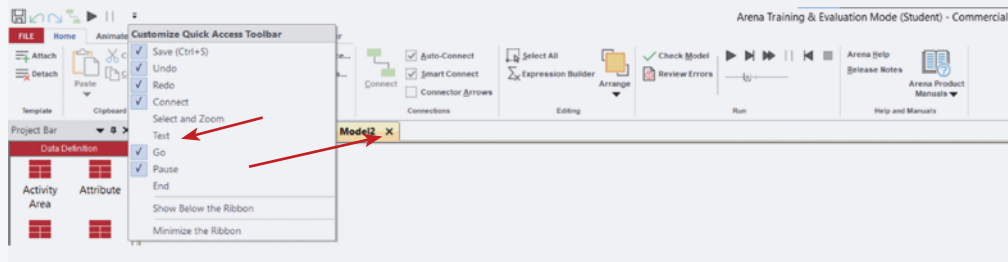
Haga clic sobre el módulo "Decide 2" y se abrirá una ventana para la configuración de los atributos del propio módulo. Luego, escriba los siguientes atributos:

- ▼ **Name:** Elegir cualquier cola
- ▼ **Percent True (0-100):** 50

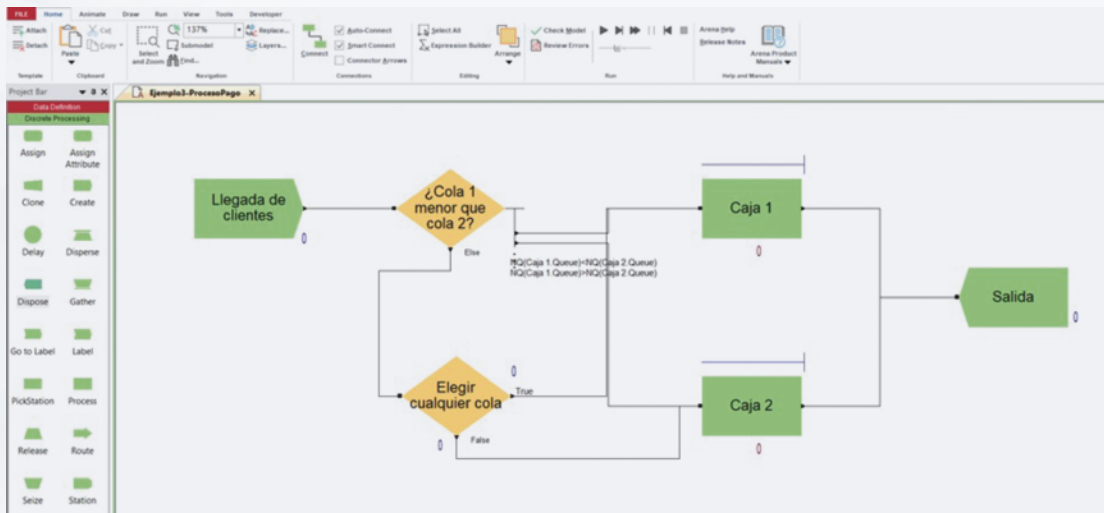


## Paso 16

Arena ofrece una herramienta conocida como "Connect" la cual sirve para unir los distintos módulos y establecer comunicaciones entre ellas. Esta herramienta se encuentra en la barra superior bajo la pestaña "Home". También a comodidad de los usuarios, se puede activar esta opción en la barra de acceso rápido que está situado al borde superior.



Haga doble clic sobre la herramienta "Connect" y sitúe el cursor sobre los puntos negros que aparecen en los extremos de los módulos. De esta manera podrá establecer una conexión a partir de un punto de partida hasta un punto de finalización. Al final, deberá obtener lo siguiente:



## 6

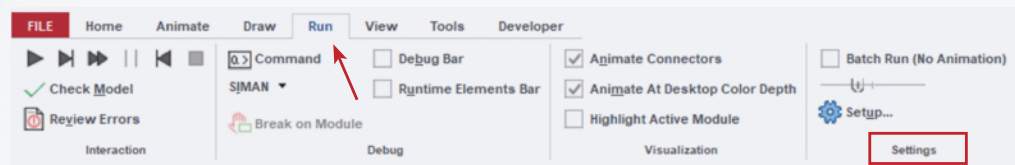
### Ejecución del Modelo



Antes de la simulación, se debe configurar algunos parámetros referentes al propio sistema, como por ejemplo el tiempo de ejecución.

## Paso 1

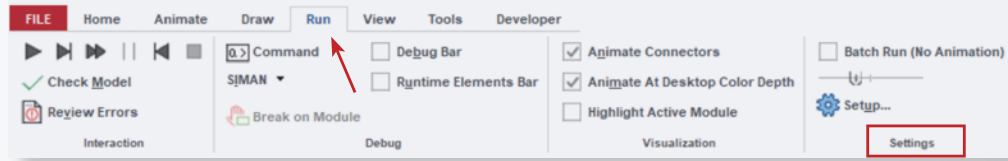
En la barra horizontal superior, realice clic sobre la pestaña "Run" y luego haga clic sobre la herramienta "Setup".



Antes de la simulación, se debe configurar algunos parámetros referentes al propio sistema, como por ejemplo el tiempo de ejecución.

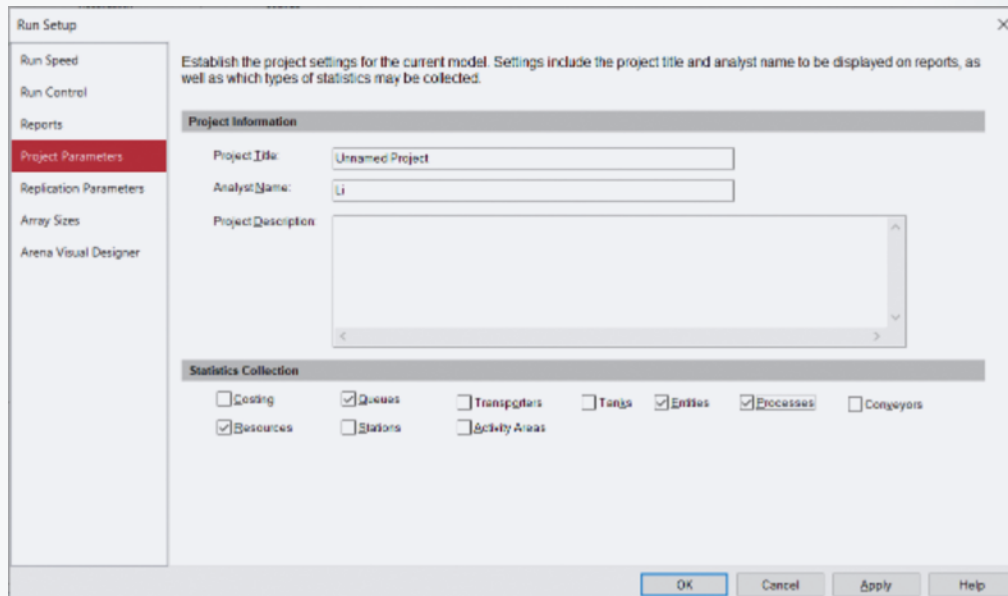
## Paso 2

En la barra horizontal superior, realice clic sobre la pestaña "Run" y luego haga clic sobre la herramienta "Setup".



## Paso 3

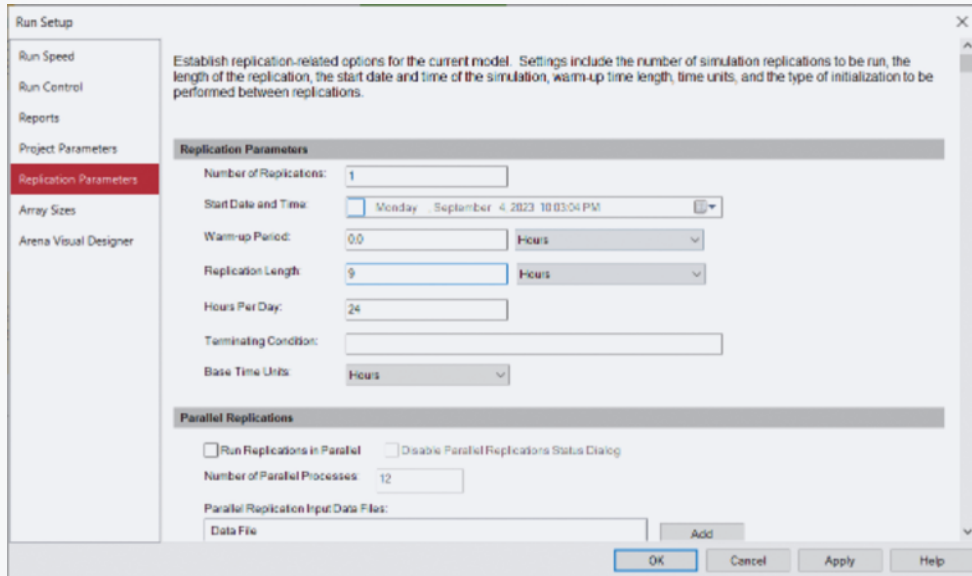
Teniendo la ventana de configuración abierta, realice clic en el apartado "Project Parameters" y luego active las casillas que se muestra a continuación:



Luego, realice clic sobre la sección "Replication Parameters" y modifique los siguientes parámetros:

- ▼ **Replication Length:** 9
- ▼ **Unidad de tiempo del Replication Length:** Hours

Al finalizar, realice clic sobre el botón "Apply" para guardar los cambios.

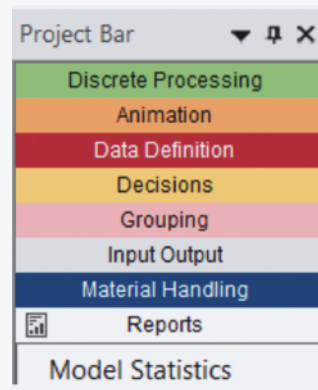


## 7

### Estadísticas



Al terminar de ejecutar la simulación, el simulador Arena arroja una serie de reportes sobre los hallazgos más significativos del modelo. Para visualizar estos resultados, realice clic sobre la sección "Reports" del cintillo izquierdo y luego haga clic en "Model Statistics". Al culminar, se abrirá un archivo de Excel que contiene el reporte de los resultados. Esto tiene una ventaja directamente se está importando los datos con los que puede hacer análisis y gráficas por medio del Excel. Para efecto de análisis, solamente se mostrará los resultados más relevantes.



Name	Type	Source	Average Of Replication Averages
[-] Caja 1	[-] Total Time Per Entity	Process	0.242660032
	[-] VA Time Per Entity	Process	0.078238217
	[-] Wait Time Per Entity	Process	0.164421815
[-] Caja 1.Queue	[-] Waiting Time	Queue	0.162509934
[-] Caja 2	[-] Total Time Per Entity	Process	0.251578829
	[-] VA Time Per Entity	Process	0.089771917
	[-] Wait Time Per Entity	Process	0.161806912
[-] Caja 2.Queue	[-] Waiting Time	Queue	0.159880639
[-] Clientes	[-] NVA Time	Entity	0
	[-] Other Time	Entity	0
	[-] Total Time	Entity	0.247066342
	[-] Transfer Time	Entity	0
	[-] VA Time	Entity	0.083936414
	[-] Wait Time	Entity	0.163129928

Name	Type	Source	Average Of Replication Averages
[-] Caja 1.Queue	[-] Number Waiting	Queue	1.5528727
[-] Caja 2.Queue	[-] Number Waiting	Queue	1.495602129
[-] Cajero 1	[-] Instantaneous Utilization	Resource	0.745694658
	[-] Number Busy	Resource	0.745694658
	[-] Number Scheduled	Resource	1
[-] Cajero 2	[-] Instantaneous Utilization	Resource	0.832293808
	[-] Number Busy	Resource	0.832293808
	[-] Number Scheduled	Resource	1
[-] Clientes	[-] WIP	Entity	4.626463295

Name	Type	Source	Average Across Replications
[-] System.NumberOut	[-] Number Out	System	168
[-] Caja 1 Accum VA Time	[-] Accum VA Time	Process	6.650248413
[-] Caja 1 Accum Wait Time	[-] Accum Wait Time	Process	13.9758543
[-] Caja 1 Number In	[-] Number In	Process	86
[-] Caja 1 Number Out	[-] Number Out	Process	85
[-] Caja 2 Accum VA Time	[-] Accum VA Time	Process	7.451069142
[-] Caja 2 Accum Wait Time	[-] Accum Wait Time	Process	13.42997366
[-] Caja 2 Number In	[-] Number In	Process	85
[-] Caja 2 Number Out	[-] Number Out	Process	83
[-] Cajero 1.NumberSeized	[-] Total Number Seized	Resource	86
[-] Cajero 1.ScheduledUtilization	[-] Scheduled Utilization	Resource	0.745694658
[-] Cajero 2.NumberSeized	[-] Total Number Seized	Resource	84
[-] Cajero 2.ScheduledUtilization	[-] Scheduled Utilization	Resource	0.832293808
[-] Clientes.NumberIn	[-] Number In	Entity	171
[-] Clientes.NumberOut	[-] Number Out	Entity	168

## 8

## CONCLUSIONES



La primera tabla revela que el tiempo de espera promedio en la cola de la caja es de aproximadamente 0.16 horas, equivalente a 9.6 minutos. Esto significa que, en promedio, un cliente espera alrededor de 9.6 minutos antes de ser atendido. Además, la duración total del ciclo del proceso, que abarca desde que un cliente entra al supermercado hasta que completa su atención en la caja, tiene una duración promedio de 0.25 horas, es decir, 15 minutos. Esto implica que, en promedio, un cliente pasa 15 minutos desde que llega al supermercado hasta que completa su compra y pago.

En la segunda tabla ofrece información crucial sobre la dinámica de la cola y la utilización del recurso. En un momento dado, se observa que la cantidad promedio de clientes en espera en la cola es de aproximadamente 1.55. Esto significa que, en promedio, casi 2 clientes se encuentran en fila esperando ser atendidos en cualquier momento. Además, la utilización del recurso, que refleja la proporción de tiempo en la que la caja está ocupada por clientes en relación con el tiempo total, es del 75%. Esto indica que las cajas registradoras están siendo utilizadas de manera eficiente durante el período de simulación.

En la tercera tabla proporciona una visión sobre el flujo de clientes durante el período de simulación de 9 horas. Durante este tiempo, ingresaron un total de 171 clientes al sistema del supermercado. Sin embargo, se logró atender a 84 clientes por cada caja dentro del mismo período. Esto resalta la importancia de la eficiencia en la atención, ya que no todos los clientes que ingresaron pudieron ser atendidos en el mismo intervalo de tiempo.

## 9

### RECOMENDACIONES



Basándonos en las estadísticas y los resultados de la simulación del proceso de pago en el supermercado, se proponen las siguientes recomendaciones:

- ▼ Considerar la posibilidad de ajustar la asignación de personal a las cajas registradoras para aumentar la eficiencia durante las horas pico.
- ▼ Proporcionar entrenamiento al personal de caja para mejorar la velocidad y precisión en el proceso de escaneo y pago de productos.
- ▼ Llevar a cabo evaluaciones del sistema en condiciones que simulen el horario pico de clientes, variando los tiempos de espera en la cola. Esta práctica permitirá identificar de manera precisa cuándo es necesario habilitar una caja adicional con el propósito de reducir significativamente el tiempo de espera de los clientes, mejorando así la eficiencia y la experiencia en el proceso de pago.

## 10

### FUENTE



MUNDO IO ACADEMY - Investigación de Operaciones. *Colas en un supermercado - Simulación de Sistemas con Arena*. (1 de enero de 2018). [Video en línea]. Disponible: <https://www.youtube.com/watch?v=e6FtA57raaM>

# Modelo 3:

## Control de Pasajeros de un Aeropuerto



### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



Se desea analizar el servicio de check-in prestado en el mostrador de una aerolínea en el aeropuerto. En él se forman dos colas de pasajeros que esperan por el check-in, una es para pasajeros de primera clase y la otra es para pasajeros de segunda clase. Para este análisis tomaremos en cuenta que el número de pasajeros de primera clase por atender es 25, el número de pasajeros de segunda clase por atender es 40, los de primera clase hacen una cola para ser atendidos por un agente en el mostrador para primera clase, los de segunda clase hacen una cola para ser atendidos por un agente en el mostrador para segunda clase, los pasajeros de primera clase llegan con una distribución exponencial de media 5 minutos, los pasajeros de segunda clase llegan con una distribución exponencial de media 2 minutos, la atención en el mostrador para primera clase corresponde a una distribución uniforme entre 2 y 20 minutos y la atención en el mostrador para segunda clase corresponde a una distribución triangular con una moda de 6 minutos, con valores mínimo y máximo de 3 y 12 minutos.



### OBJETIVOS



Analizar el servicio de check-in para pasajeros de primera y segunda clase, considerando factores como el número de pasajeros, la llegada de los pasajeros y la duración de la atención en los mostradores.

#### Objetivos específicos:

- ▼ Modelar el flujo de pasajeros de primera y segunda clase en los mostradores y su comportamiento.
- ▼ Evaluar el tiempo promedio de espera de los pasajeros, el tiempo promedio de atención en los mostradores y su utilización.
- ▼ Identificar áreas de oportunidad para mejorar el servicio de check-in, basándose en los resultados de la simulación.

### 3

## Planteamiento del Problema Hipótesis Dinámica



Dado el escenario de servicio de check-in en el mostrador, se plantea la hipótesis de que la distinción entre pasajeros de primera y segunda clase, junto con las características de llegada y atención, influirá significativamente en la eficiencia del proceso de check-in y en los tiempos de espera de los pasajeros. Se espera que, con colas separadas y tiempos de atención diferentes, haya un impacto en la distribución de los tiempos de espera. Los pasajeros de primera clase, que llegan con una distribución exponencial de media de 5 minutos, podrían experimentar tiempos de espera más largos si el número de agentes asignados al mostrador de primera clase no es adecuado. Mientras que el mostrador para primera clase tiene una atención que sigue una distribución uniforme entre 2 y 20 minutos, el mostrador para segunda clase tiene una distribución triangular con una moda de 6 minutos. Se espera que esta variabilidad en los tiempos de atención influya en la distribución de los tiempos de espera y en la capacidad del sistema para gestionar la demanda de manera eficaz.

### 4

## Componentes



### Entidades

- ▼ Bloque Create – Primera clase
- ▼ Bloque Create – Segunda clase
- ▼ Bloque Process – Counter Primera clase
- ▼ Bloque Process – Counter Segunda clase
- ▼ Bloque Dispose – Salida

### Evento

- ▼ Llegada de los pasajeros al mostrador.

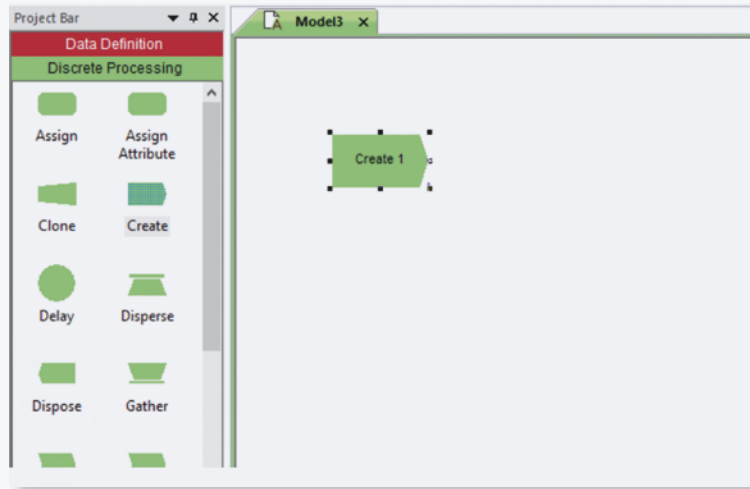
# 5

## Planteamiento del Problema Construcción del Modelo



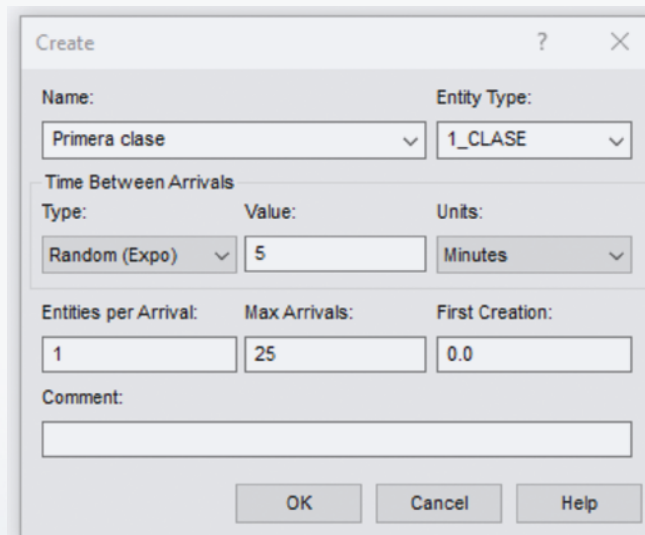
### Paso 1

Creamos un archivo en el Simulador Arena e insertamos un Create, ubicado en la pestaña **Discrete Processing**.



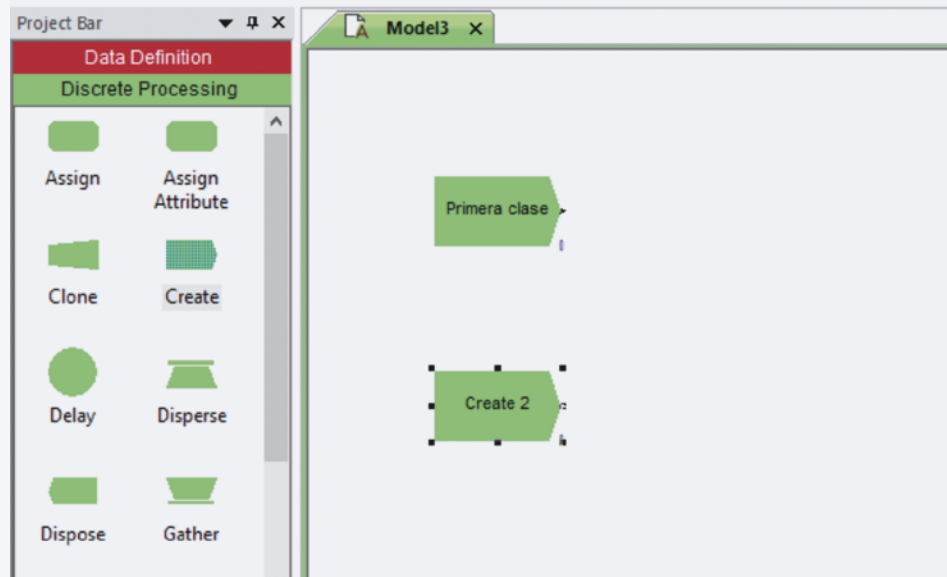
### Paso 2

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Primera clase, en la casilla para el tipo de entidad ponemos 1\_CLASE, en la casilla para el valor colocamos 5, en la casilla de unidades ponemos minutos y en la casilla para el máximo de llegadas ponemos 25. Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



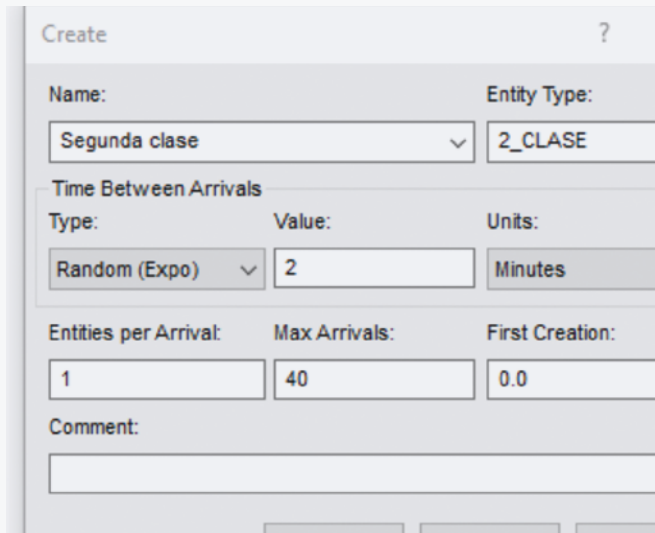
## Paso 3

Agregamos un Create, ubicado en la pestaña **Discrete Processing**, debajo de Primera clase.



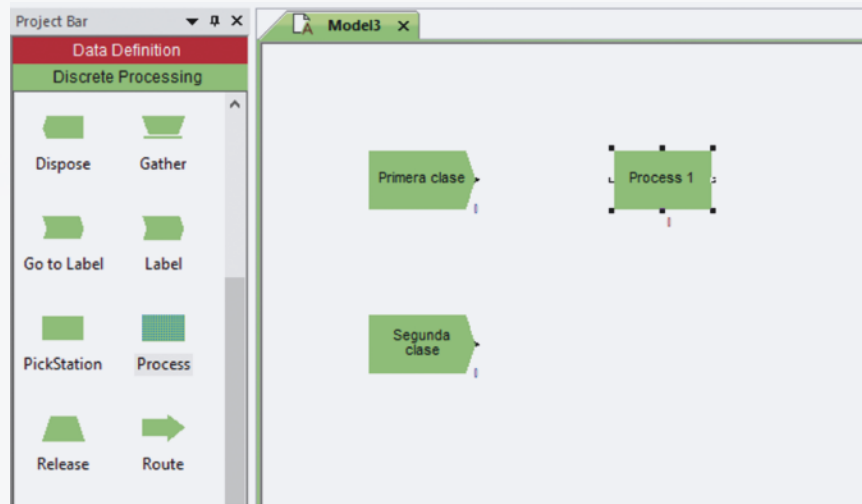
## Paso 4

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Segunda clase, en la casilla para el tipo de entidad ponemos 2\_CLASE, en la casilla para el valor colocamos 2, en la casilla de unidades ponemos minutos y en la casilla para el máximo de llegadas ponemos 40. Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



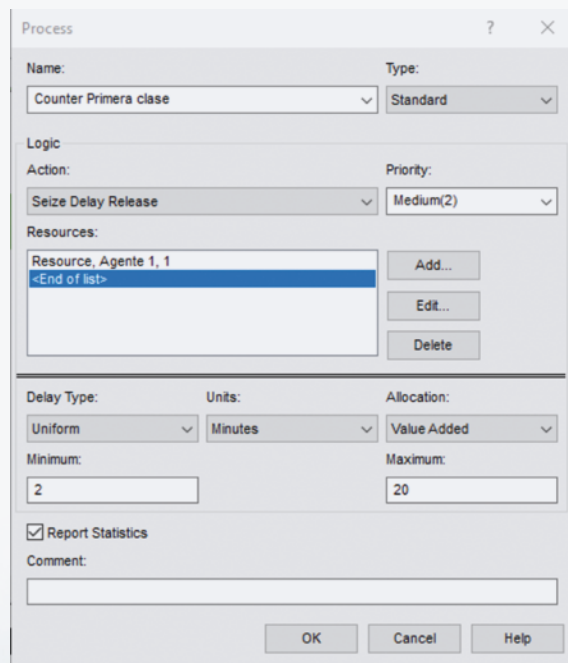
## Paso 5

Agregamos un Process, ubicado en la pestaña **Discrete Processing**, al lado derecho de Primera clase.



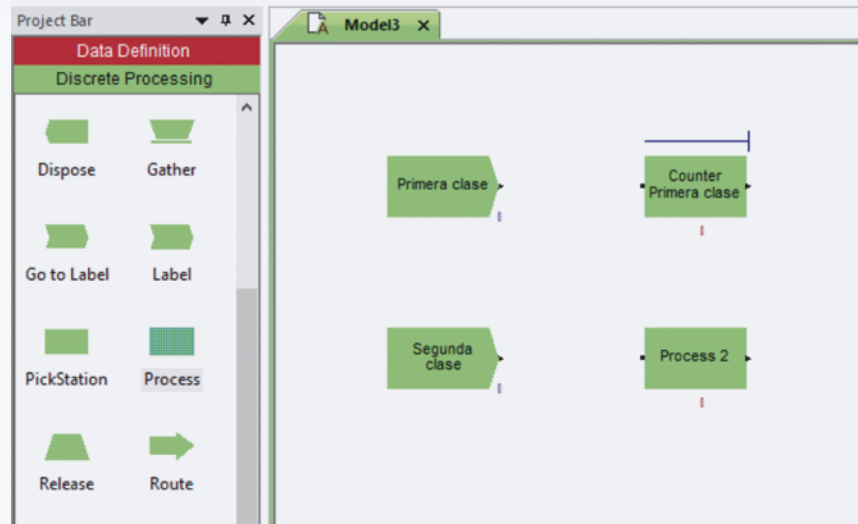
## Paso 6

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Counter Primera clase, en la casilla para la acción seleccionamos Seize Delay Release, pulsamos Add... para añadir un recurso (esto abrirá otra ventana, en la casilla para el nombre del recurso ponemos Agente 1 y pulsamos Ok), en la casilla para el tipo de retraso escogemos Uniforme, en la casilla de unidades ponemos minutos, en la casilla para el mínimo colocamos 2 y en la casilla para el máximo colocamos 20. Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



## Paso 7

Agregamos un **Process**, ubicado en la pestaña **Discrete Processing**, al lado derecho de Segunda clase.



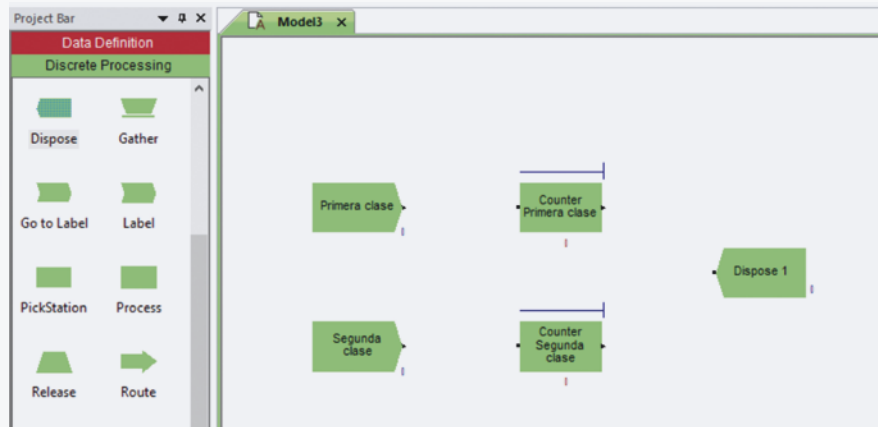
## Paso 8

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Counter Segunda clase, en la casilla para la acción seleccionamos Seize Delay Release, pulsamos Add... para añadir un recurso (esto abrirá otra ventana, en la casilla para el nombre del recurso ponemos Agente 2 y pulsamos Ok), en la casilla de unidades ponemos minutos, en la casilla para el mínimo ponemos 3, en la casilla para el valor más probable ponemos 6 y en la casilla para el máximo ponemos 12. Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

The screenshot shows the 'Process' dialog box. The 'Name' field is set to 'Counter Segunda clase' and the 'Type' is 'Standard'. The 'Logic' section shows the 'Action' as 'Seize Delay Release' and the 'Priority' as 'Medium(2)'. The 'Resources' list contains 'Resource, Agente 2, 1' and '<End of list>'. The 'Delay Type' is 'Triangular', 'Units' is 'Minutes', and 'Allocation' is 'Value Added'. The 'Minimum' is 3, 'Value:(Most Likely):' is 6, and 'Maximum' is 12. The 'Report Statistics' checkbox is checked. The 'Comment' field is empty. The 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons are at the bottom.

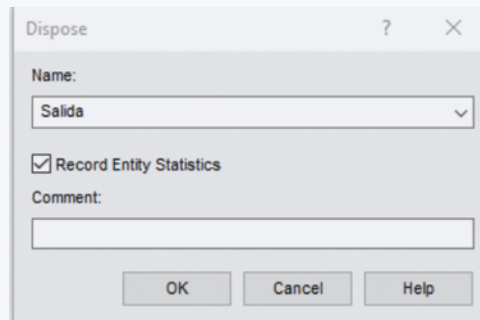
## Paso 9

Agregamos un Dispose, ubicado en la pestaña **Discrete Processing**, a la derecha de Counter Primera clase y Counter Segunda clase.



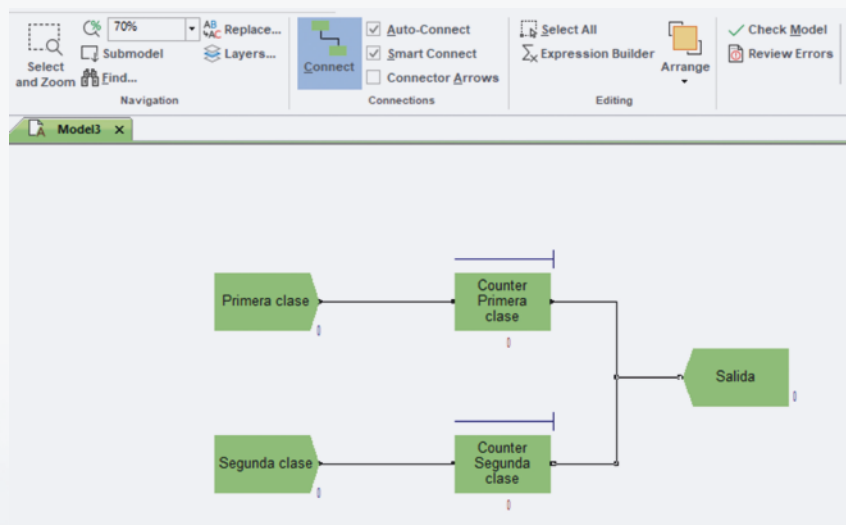
## Paso 10

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Salida y pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



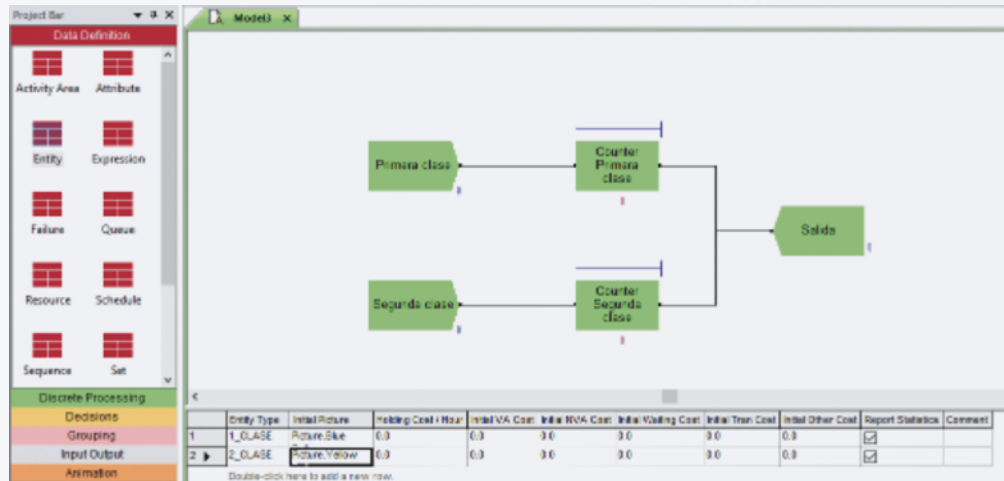
## Paso 11

Hacemos doble clic en el botón Connect y enlazamos los elementos como se muestra a continuación.



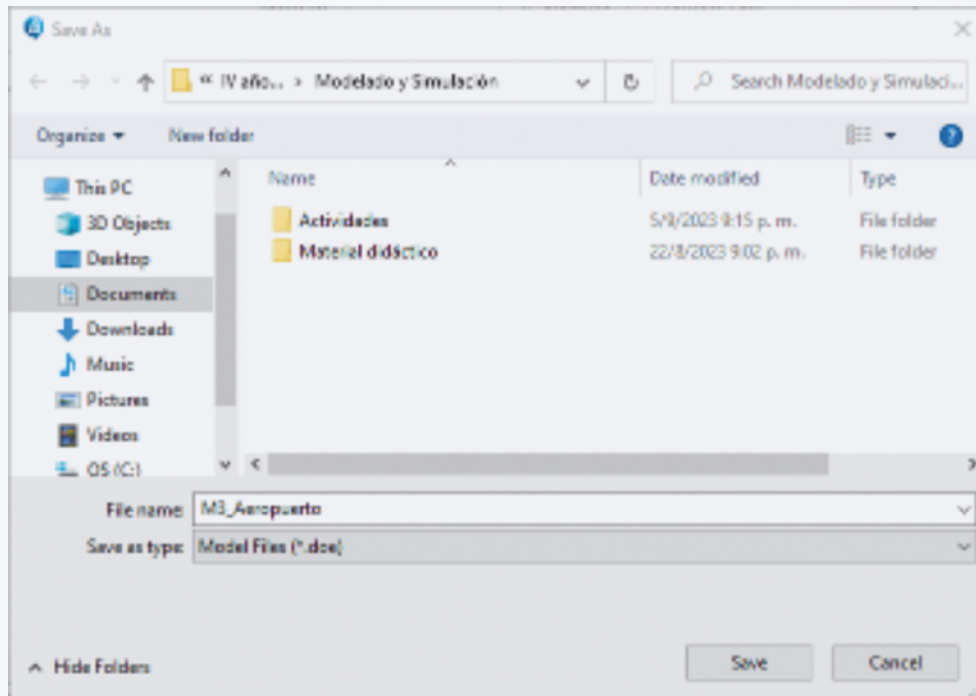
## Paso 12

Hacemos doble clic en el botón Connect y enlazamos los elementos como se muestra a continuación.



## Paso 13

Para guardar nuestro modelo pulsamos File, luego Save As, escogemos el lugar para guardar el modelo, le ponemos el nombre de M3\_Aeropuerto y pulsamos Save.



# 6

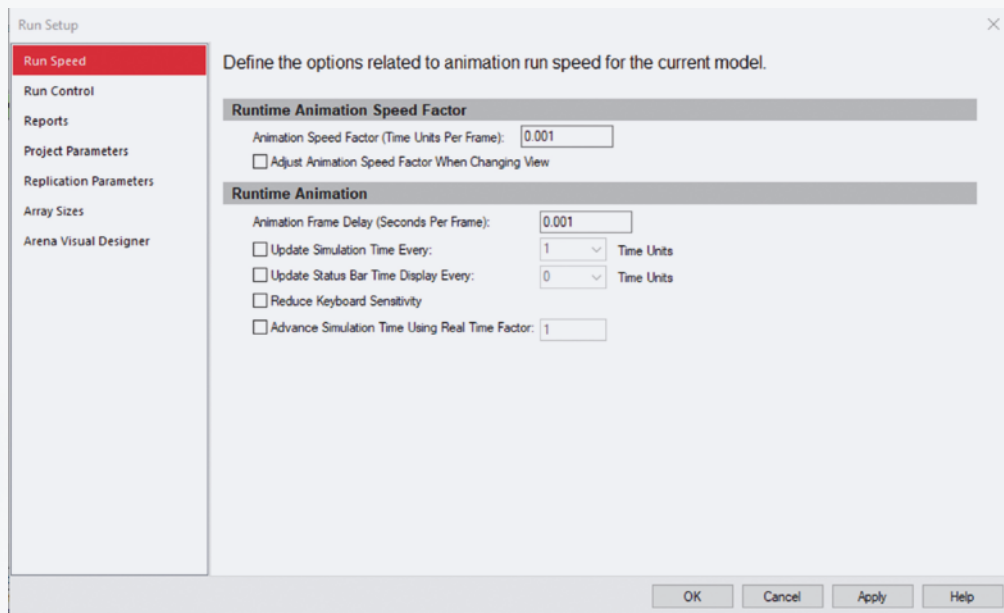
## Ejecución del Modelo



Antes de la simulación, se debe configurar algunos parámetros referentes al propio sistema, como por ejemplo el tiempo de ejecución.

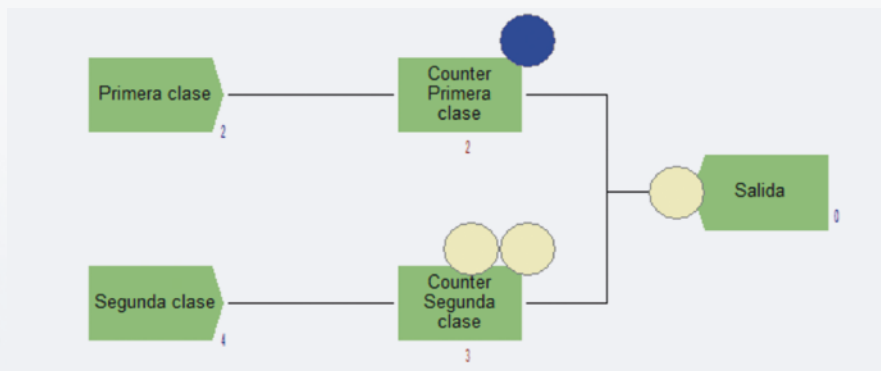
### Paso 1

Pulsamos **Setup...**, ubicado en la pestaña **Run**, y en las casillas **Animation Speed Factor** y **Animation Frame Delay** ponemos 0.001. Pulsamos el botón **Apply** y luego **OK** para regresar al área de trabajo.



### Paso 2

Ahora, pulsamos Go para iniciar la simulación del modelo. Para pausar la simulación pulsamos Pause y para detenerla pulsamos End.



Ahora, pulsamos Go para iniciar la simulación del modelo. Para pausar la simulación pulsamos Pause y para detenerla pulsamos End.

## 7

### Estadísticas



ARENA Simulation Results  
valenmarquesh@outlook.com - License: STUDENT

Summary for Replication 1 of 1

Project: Unnamed Project Run execution date : 9/ 5/2023  
Analyst: valenmarquesh@outlook.com Model revision date: 9/ 5/2023

Replication ended at time : 305.63014 Minutes  
Base Time Units: Minutes

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
1_CLASE.VATime	10.104	(Insuf)	2.1816	19.236	25
1_CLASE.IVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	25
1_CLASE.WaitTime	65.081	(Insuf)	.00000	125.88	25
1_CLASE.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	25
1_CLASE.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	25
1_CLASE.TotalTime	75.185	(Insuf)	8.4677	134.98	25
2_CLASE.VATime	7.6407	(Insuf)	3.2891	11.730	40
2_CLASE.IVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	40
2_CLASE.WaitTime	101.65	(Insuf)	.00000	201.75	40
2_CLASE.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	40
2_CLASE.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	40
2_CLASE.TotalTime	109.29	(Insuf)	4.2556	210.75	40
Counter Segunda clase.Queue.WaitingTime	101.65	(Insuf)	.00000	201.75	40
Counter Primera clase.Queue.WaitingTime	65.081	(Insuf)	.00000	125.88	25

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
1_CLASE.WIP	6.1500	(Insuf)	.00000	14.000	.00000
2_CLASE.WIP	14.303	(Insuf)	.00000	28.000	.00000
Agente 1.NumberBusy	.82652	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Agente 1.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Agente 1.Utilization	.82652	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Agente 2.NumberBusy	1.0000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Agente 2.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Agente 2.Utilization	1.0000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Counter Segunda clase.Queue.NumberInQueue	13.303	(Insuf)	.00000	27.000	.00000
Counter Primera clase.Queue.NumberInQueue	5.3235	(Insuf)	.00000	13.000	.00000

OUTPUTS

Identifier	Value
1_CLASE.NumberIn	25.000
1_CLASE.NumberOut	25.000
2_CLASE.NumberIn	40.000
2_CLASE.NumberOut	40.000
Agente 1.NumberSeized	25.000
Agente 1.ScheduledUtilization	.82652
Agente 2.NumberSeized	40.000
Agente 2.ScheduledUtilization	1.0000
System.NumberOut	65.000

## 8

### CONCLUSIONES



Como se pudo observar en las estadísticas, el tiempo de espera promedio de los pasajeros en Counter Primera clase fue de 65.081 minutos, el máximo fue 125.88 minutos, se atendieron 25 pasajeros de primera clase y el número máximo de pasajeros de primera clase en cola fue 13. En Counter Segunda clase, el tiempo de espera promedio de los pasajeros fue de 101.65 minutos, el máximo fue 201.75 minutos, se atendieron 40 pasajeros de segunda clase y el número máximo de pasajeros de segunda clase en cola fue 27. En general, los pasajeros de primera clase tardaron en entrar y salir de la cola del mostrador un tiempo promedio de 75.185 minutos, el tiempo máximo fue 134.98 minutos y se atendieron 25 pasajeros de primera clase en 305.63014 minutos. Los pasajeros de segunda clase tardaron en entrar y salir de la cola del mostrador un tiempo promedio de 109.29 minutos, el tiempo máximo fue 210.75 minutos y se atendieron 40 pasajeros de segunda clase en 305.63014 minutos. Se puede concluir que el modelo no es eficiente, el tiempo de espera máximo en cola y, por ende, el tiempo requerido para atender a todos los pasajeros sobrepasan los 180 minutos, lo cual indica que en este modelo no es posible atender a todos los pasajeros (el servicio de check-in solo dura 3 horas). La atención en los mostradores no es lo suficientemente rápida para atender a todos en menos de 3 horas.

## 9

### RECOMENDACIONES



Para obtener datos más apegados a la realidad, se recomienda limitar la simulación por tiempo en lugar de número máximo de pasajeros de primera y segunda clase, así se puede evaluar cuántos pasajeros de cada clase son atendidos durante el tiempo estipulado. Además, se recomienda simular más casos, aumentando y disminuyendo el tiempo promedio de llegada de los pasajeros y el tiempo de atención en los mostradores por parte de los agentes.

10

FUENTE



Portal Estadística Aplicada. (2023, marzo 11). SIMULACIÓN SISTEMAS DE COLAS. [Online]. Disponible en: <https://www.estadistica.net/SIMULACION/Simulacion-Sistemas.pdf>

# Modelo 4:

## Sistema de Control de Peaje



### Planteamiento del Problema PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



Se desea analizar el servicio prestado en cabina de peaje para motos y carros. Para este análisis tomaremos en cuenta que el número de motos por atender es 30, el número de carros por atender es 40, cada uno hace una cola para ser atendidos por un empleado en Peaje 1 o Peaje 2, el vehículo escoge la cabina de peaje donde haya menos vehículos esperando a ser atendidos, los vehículos suelen llegar a la zona de peaje con una frecuencia exponencial con media de 1 minuto, la atención en Peaje 1 corresponde a una uniforme de entre 0.3 y 0.7 minutos y la atención en Peaje 2 corresponde a una uniforme de entre 0.4 y 0.65 minutos.



### Planteamiento del Problema Objetivos



#### Objetivo general

Analizar el servicio de peaje para motos y carros, considerando factores como el número de vehículos, la asignación de los vehículos a las cabinas de peaje, la llegada de los vehículos y la duración de la atención en las cabinas.

#### Objetivos específicos

- ▼ Modelar el flujo de motos y carros en zona de peaje y su comportamiento.
- ▼ Evaluar el tiempo promedio de espera de los vehículos, el tiempo promedio de servicio en las cabinas y su utilización.
- ▼ Simular la asignación de vehículos a las cabinas de peaje según el primer servidor disponible.
- ▼ Identificar áreas de oportunidad para mejorar el servicio de peaje, basándose en los resultados de la simulación.

### 3

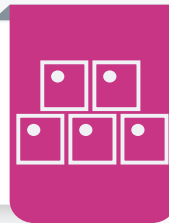
## Planteamiento del Problema Hipótesis Dinámica



Dada la descripción del comportamiento en la cabina de peaje, se plantea la hipótesis de que la elección de la cabina de peaje con menos vehículos esperando por parte de los vehículos, junto con la variabilidad en los tiempos de atención en cada cabina (Peaje 1 y Peaje 2), tendrá un impacto significativo en el tiempo promedio de espera de los vehículos. Se espera que a medida que aumenta la tasa de llegada de vehículos a la zona de peaje (con una frecuencia exponencial de 1 minuto), la cola de espera se vuelva más larga, lo que resultará en tiempos de espera más prolongados. Además, se espera que la variabilidad en los tiempos de atención en Peaje 1 (uniforme de 0.3 a 0.7 minutos) y en Peaje 2 (uniforme de 0.4 a 0.65 minutos) influya en la dispersión de los tiempos de espera de los vehículos. Es probable que esta variabilidad afecte la eficiencia general del proceso de atención en las cabinas de peaje y genere diferencias notables en los tiempos de espera entre las dos cabinas.

### 4

## Componentes



### ENTIDADES

- ▼ Bloque Create - Motos
- ▼ Bloque Create - Carros
- ▼ Bloque Decide - Fila más corta
- ▼ Bloque Process - Peaje 1
- ▼ Bloque Process - Peaje 2
- ▼ Bloque Dispose - Camino 1
- ▼ Bloque Dispose - Camino 2

### EVENTO

- ▼ Llegada de los vehículos a cabina de peaje.

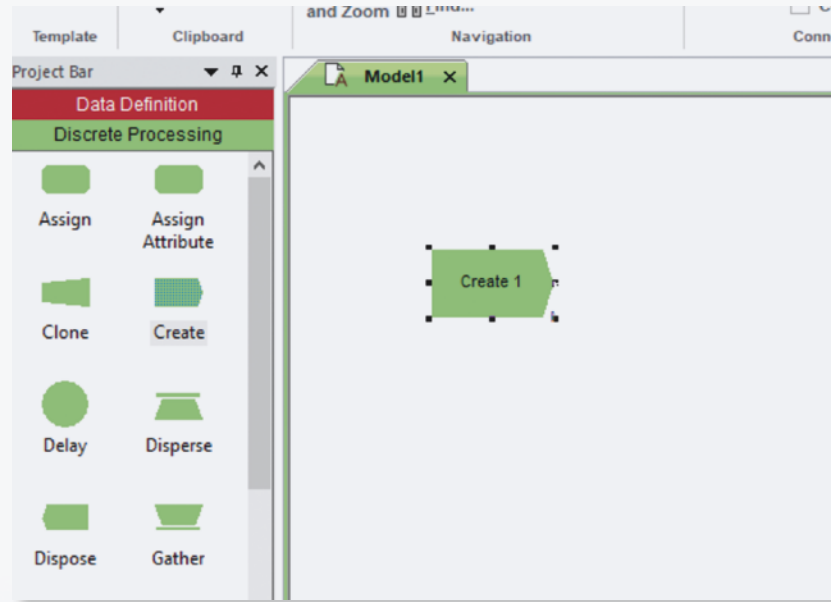
# 5

## Planteamiento del Problema Construcción del Modelo



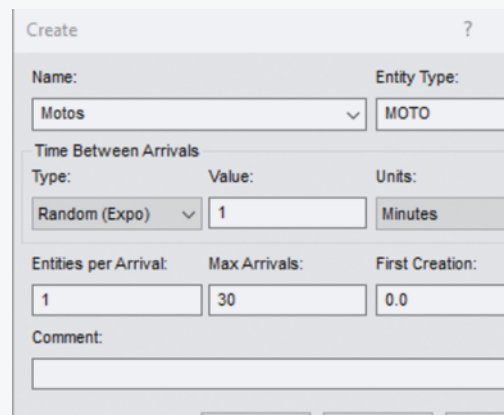
### Paso 1

Creamos un archivo en el Simulador Arena e insertamos un Create, ubicado en la pestaña Discrete Processing.



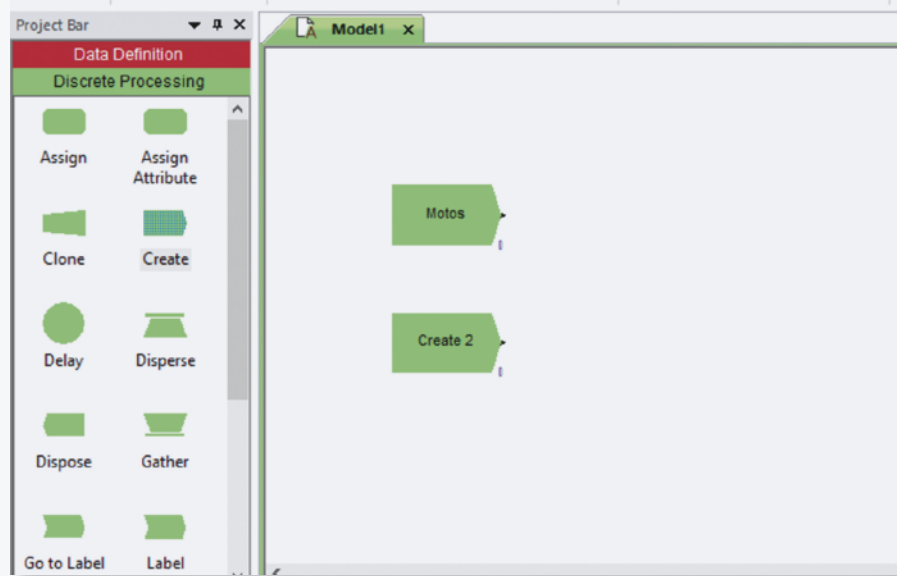
### Paso 2

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Primera clase, en la casilla para el tipo de entidad ponemos 1\_CLASE, en la casilla para el valor colocamos 5, en la casilla de unidades ponemos minutos y en la casilla para el máximo de llegadas ponemos 25. Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



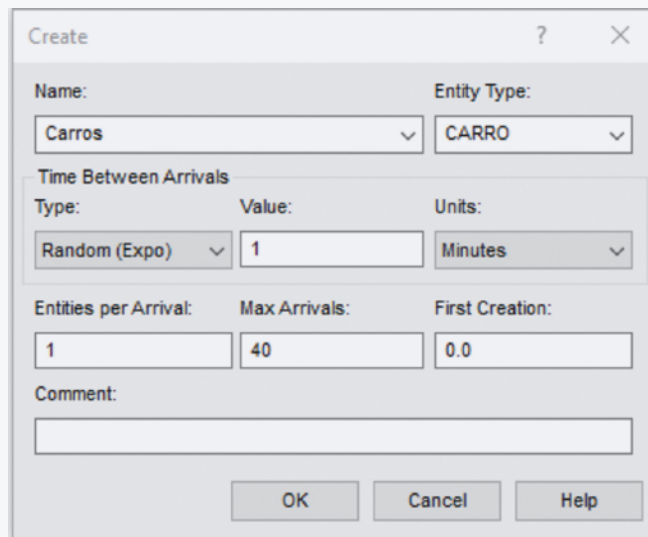
## Paso 3

Agregamos un Create, ubicado en la pestaña Discrete Processing, debajo de Primera clase.



## Paso 4

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Segunda clase, en la casilla para el tipo de entidad ponemos 2\_ CLASE, en la casilla para el valor colocamos 2, en la casilla de unidades ponemos minutos y en la casilla para el máximo de llegadas ponemos 40. Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

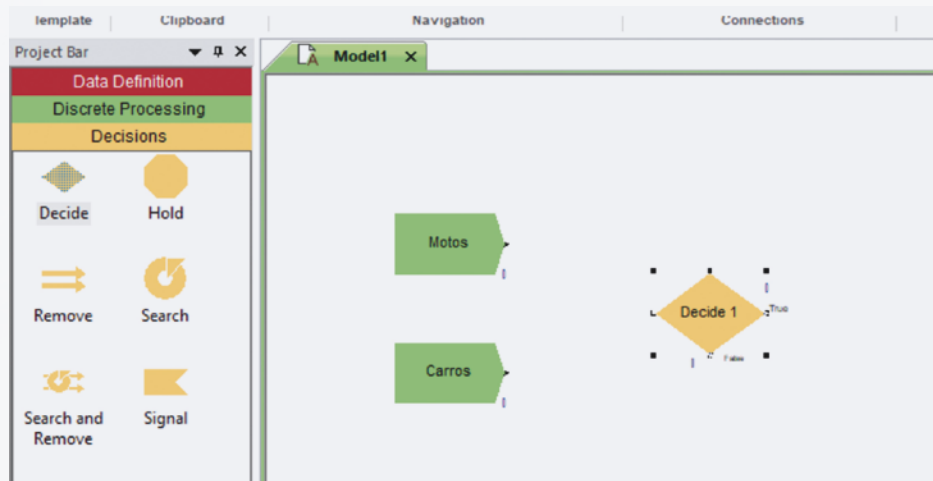
The image shows a 'Create' dialog box with the following fields and values:

- Name: Carros
- Entity Type: CARRO
- Time Between Arrivals:
  - Type: Random (Expo)
  - Value: 1
  - Units: Minutes
- Entities per Arrival: 1
- Max Arrivals: 40
- First Creation: 0.0
- Comment: (empty text box)

Buttons for OK, Cancel, and Help are at the bottom.

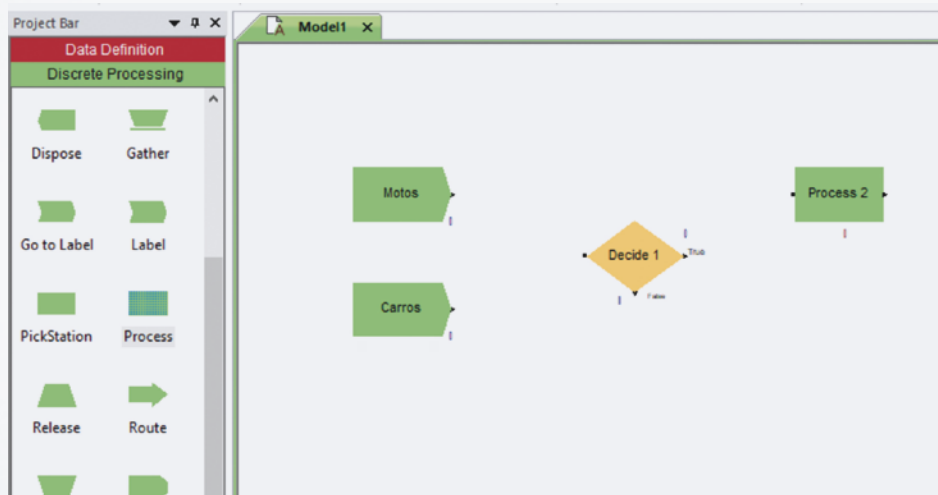
## Paso 5

Agregamos un Process, ubicado en la pestaña Discrete Processing, al lado derecho de Primera clase.



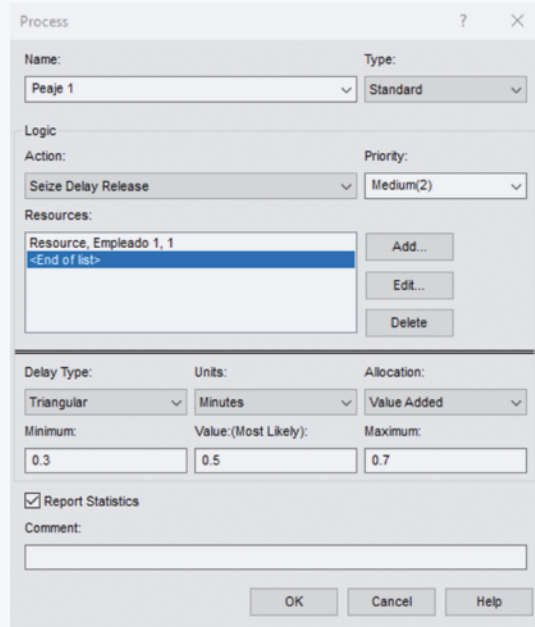
## Paso 6

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Counter Primera clase, en la casilla para la acción seleccionamos Seize Delay Release, pulsamos Add... para añadir un recurso (esto abrirá otra ventana, en la casilla para el nombre del recurso ponemos Agente 1 y pulsamos Ok), en la casilla para el tipo de retraso escogemos Uniforme, en la casilla de unidades ponemos minutos, en la casilla para el mínimo colocamos 2 y en la casilla para el máximo colocamos 20. Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



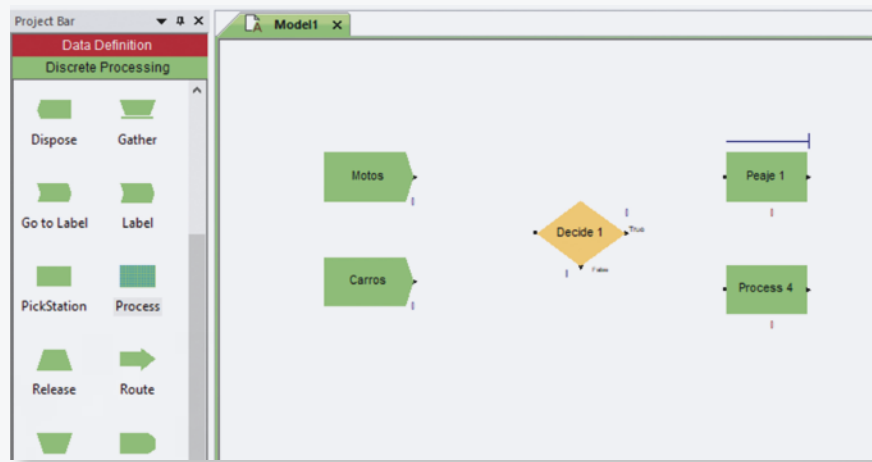
## Paso 7

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Peaje 1, en la casilla para la acción seleccionamos Seize Delay Release, pulsamos Add... para añadir un recurso (esto abrirá otra ventana, en la casilla para el nombre del recurso ponemos Empleado 1 y pulsamos Ok), en la casilla de unidades ponemos minutos, en la casilla para el mínimo ponemos 0.3, en la casilla para el valor más probable ponemos 0.5 y en la casilla para el máximo ponemos 0.7. Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



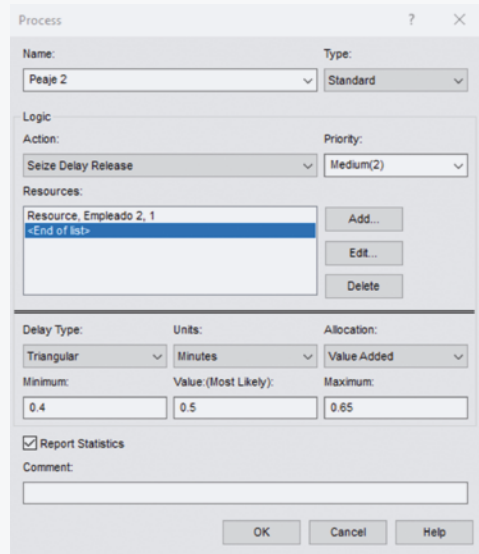
## Paso 8

Agregamos un Process, ubicado en la pestaña Discrete Processing, debajo de Peaje 1.



## Paso 9

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Peaje 2, en la casilla para la acción seleccionamos Seize Delay Release, pulsamos Add... para añadir un recurso (esto abrirá otra ventana, en la casilla para el nombre del recurso ponemos Empleado 2 y pulsamos Ok), en la casilla de unidades ponemos minutos, en la casilla para el mínimo ponemos 0.4, en la casilla para el valor más probable ponemos 0.5 y en la casilla para el máximo ponemos 0.65. Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

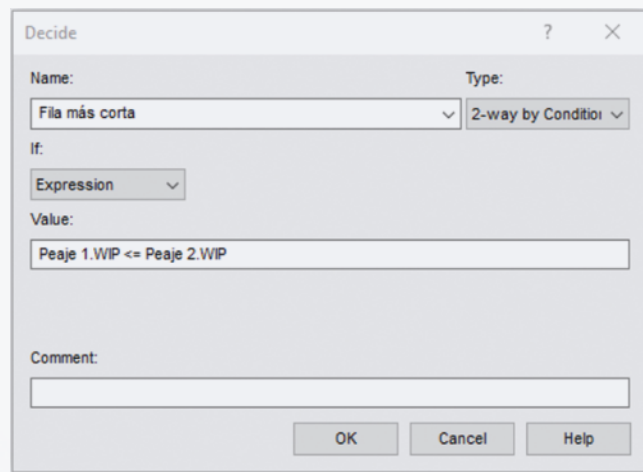


## Paso 10

Hacemos doble clic en Decide 1 para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Fila más corta, en la casilla para el tipo seleccionamos 2-way by Condition, en la casilla If seleccionamos Expression y en la casilla para el valor ponemos:

**Peaje 1.WIP <= Peaje 2.WIP**

Esto hace que el vehículo en cola vaya a Peaje 1 si el número de vehículos en él es menor o igual que el número de vehículos en Peaje 2, en caso contrario el vehículo irá a Peaje 2. Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



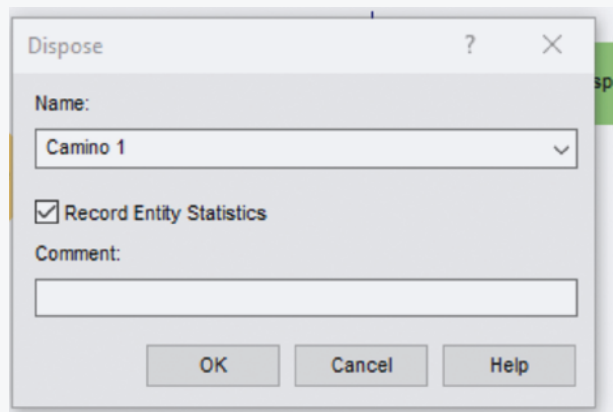
## Paso 11

Agregamos un Dispose, ubicado en la pestaña Discrete Processing, a la derecha de Peaje 1.



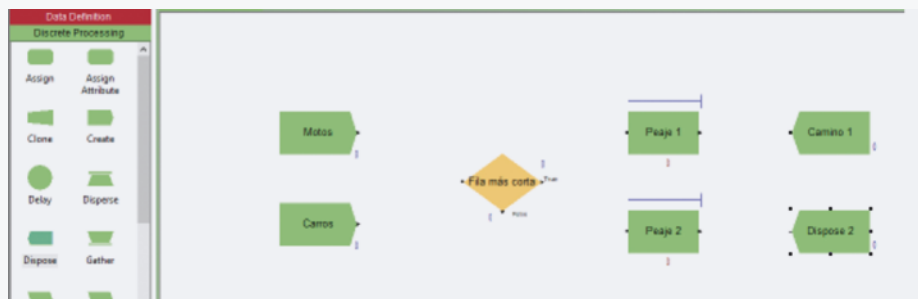
## Paso 12

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Camino 1 y pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



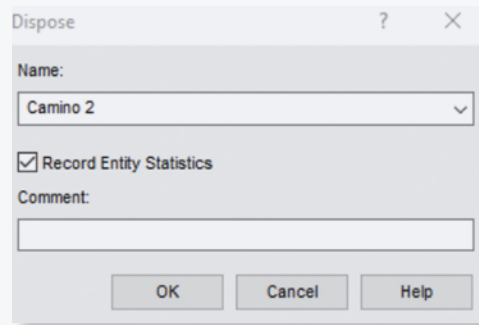
## Paso 13

Agregamos un Dispose, ubicado en la pestaña Discrete Processing, a la derecha de Peaje 2.



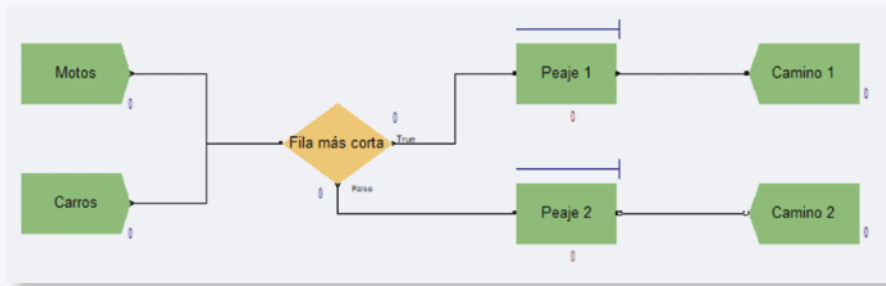
## Paso 14

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Camino 2 y pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



## Paso 15

Hacemos doble clic en el botón **Connect** y enlazamos los elementos como se muestra a continuación.



## Paso 16

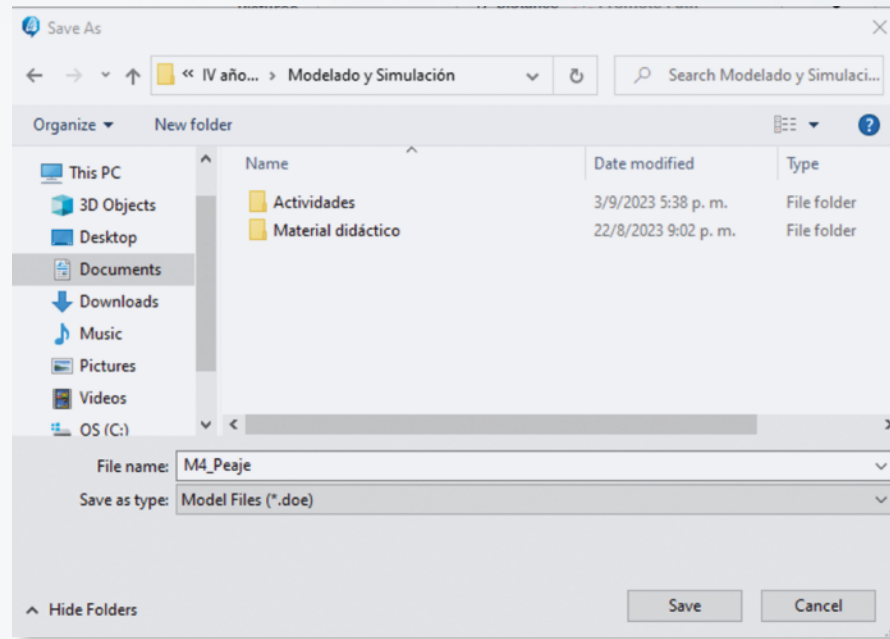
Pulsamos Entity, ubicado en la pestaña Data Definition, y en la casilla Initial Picture de MOTO y CARRO seleccionamos la imagen que queremos usar para representar a las motos y a los carros durante la simulación.

Entity Type	Initial Picture	Holding Cost/Year	Initial VA Cost	Initial VVA Cost	Initial Parking Cost	Initial Train Cost	Initial Other Cost	Report Statistics	Comment	
1	MOTO	Active Sale Sell	3.0	3.0	0.3	0.3	0.3	3.0	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	CARRO	Active Sale Sell	3.0	3.0	0.3	0.3	0.3	3.0	<input checked="" type="checkbox"/>	

Double-click here to add a new item.

## Paso 17

Para guardar nuestro modelo pulsamos File, luego Save As, escogemos el lugar para guardar el modelo, le ponemos el nombre de M4\_Peaje y pulsamos Save.



## 6

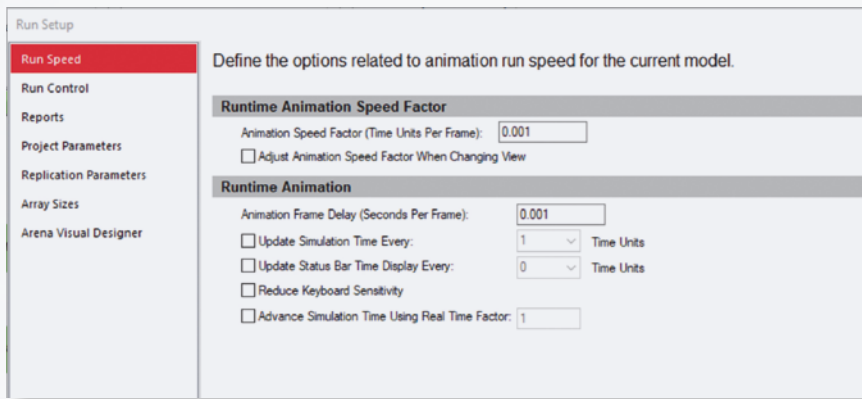
### Ejecución del Modelo



Antes de la simulación, se debe configurar algunos parámetros referentes al propio sistema, como por ejemplo el tiempo de ejecución.

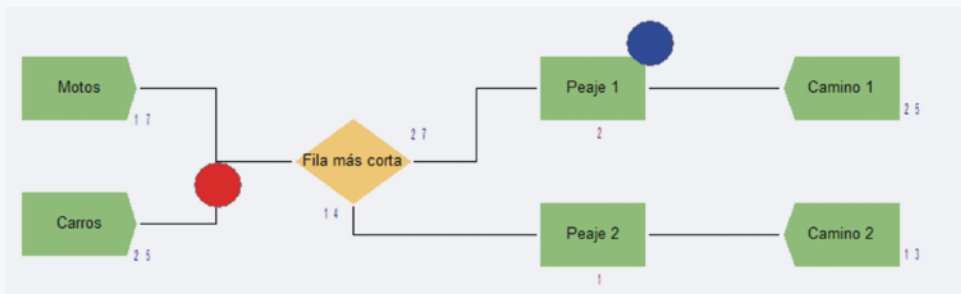
## Paso 1

Pulsamos **Setup...**, ubicado en la pestaña **Run**, y en las casillas Animation Speed Factor y Animation Frame Delay ponemos 0.001. Pulsamos el botón **Apply** y luego **OK** para regresar al área de trabajo.



## Paso 2

Ahora, pulsamos Go para iniciar la simulación del modelo. Para pausar la simulación pulsamos Pause y para detenerla pulsamos End.



# 7

## Estadísticas



ARENA Simulation Results  
valenmarquesh@outlook.com - License: STUDENT

Summary for Replication 1 of 1

Project: Unnamed Project Run execution date : 9/ 4/2023  
Analyst: valenmarquesh@outlook.com Model revision date: 9/ 4/2023

Replication ended at time : 44.805372 Minutes  
Base Time Units: Minutes

### TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
CARRO.VATime	.51624	(Insuf)	.38224	.67844	40
CARRO.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	40
CARRO.WaitTime	.08358	(Insuf)	.00000	.65031	40
CARRO.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	40
CARRO.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	40
CARRO.TotalTime	.59982	(Insuf)	.38224	1.2304	40
MOTO.VATime	.52771	(Insuf)	.39552	.64037	30
MOTO.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	30
MOTO.WaitTime	.08995	(Insuf)	.00000	.59715	30
MOTO.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	30
MOTO.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	30
MOTO.TotalTime	.61766	(Insuf)	.39552	1.0373	30
Peaje 1.Queue.WaitingTime	.09136	(Insuf)	.00000	.65031	45
Peaje 2.Queue.WaitingTime	.07723	(Insuf)	.00000	.50950	25

### DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
CARRO.WIP	.53549	(Insuf)	.00000	4.0000	.00000
MOTO.WIP	.41356	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Empleado 2.NumberBusy	.28059	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Empleado 2.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Empleado 2.Utilization	.28059	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Empleado 1.NumberBusy	.53362	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Empleado 1.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Empleado 1.Utilization	.53362	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Peaje 1.Queue.NumberInQueue	.09175	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Peaje 2.Queue.NumberInQueue	.04309	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000

### OUTPUTS

Identifier	Value
CARRO.NumberIn	40.000
CARRO.NumberOut	40.000
MOTO.NumberIn	30.000
MOTO.NumberOut	30.000
Empleado 2.NumberSeized	25.000
Empleado 2.ScheduledUtilization	.28059
Empleado 1.NumberSeized	45.000
Empleado 1.ScheduledUtilization	.53362
System.NumberOut	70.000

Simulation run time: 5.03 minutes.  
Simulation run complete.

## 8

### CONCLUSIONES



Como se pudo observar en las estadísticas, el tiempo de espera promedio de los vehículos en Peaje 1 fue de 0.09136 minutos, el máximo fue 0.65031 minutos, se atendieron 45 vehículos y el número máximo de vehículos en cola fue 2. En Peaje 2, el tiempo de espera promedio de los vehículos fue de 0.07723 minutos, el máximo fue 0.5095 minutos, se atendieron 25 vehículos y el número máximo de vehículos en cola fue 1. En general, las motos tardaron en entrar y salir de la cola del peaje un tiempo promedio de 0.61766 minutos, el tiempo máximo fue 1.0373 minutos y se atendieron 30 motos en 44.805372 minutos. Los carros tardaron en entrar y salir de la cola del peaje un tiempo promedio de 0.59982 minutos, el tiempo máximo fue 1.2304 minutos y se atendieron 40 carros en 44.805372 minutos. Se puede concluir que el modelo es eficiente, el tiempo de espera fue menor a 1 minuto.

## 9

### RECOMENDACIONES



Para obtener datos más apegados a la realidad, se recomienda limitar la simulación por tiempo en lugar de número máximo de vehículos, así se puede evaluar cuántos vehículos son atendidos durante el tiempo estipulado. Además, se recomienda simular más casos, aumentando y disminuyendo el tiempo promedio de llegada de los vehículos y el tiempo de atención en cabina de peaje por parte de los empleados.

## 10

### FUENTE



Sergio Jiménez Dulanto. TUTORIAL SOFTWARE ARENA 16- DECIDE POR TIPO DE ENTIDAD. (20 de septiembre de 2021). [Video en línea]. Disponible: <https://www.youtube.com/watch?v=ILHTeo3g1wM>

# Modelo 5:

## Sistema de Solicitudes de Hipotecas

### Planteamiento del Problema

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



En una sucursal bancaria se desea estudiar y analizar el funcionamiento de un servicio determinado relativo a las solicitudes de Préstamos Hipotecarios. Para este análisis tomaremos en cuenta que el número de solicitudes por revisar es 30, primero hacen una cola para ir a Escáner y luego otra para ir a Revisión, las solicitudes llegan a la sucursal bancaria de una manera aleatoria siguiendo una distribución exponencial de media 2 horas entre llegadas de solicitudes, la atención en Revisión corresponde a una distribución triangular, en la que el tiempo mínimo es 0.9 horas, el tiempo más probable es de 1.575 horas y tiempo máximo es de 2.7 horas, la atención en Escáner corresponde a una distribución triangular, en la que el tiempo mínimo es 15 minutos, el tiempo más probable es de 25 minutos y tiempo máximo es de 45 minutos, una vez la solicitud ha sido revisada se decide si es aceptada o rechazada y hay un 94% de aceptación.

### 2

### Objetivos



#### Objetivo general

- ▼ Analizar el servicio de revisión de solicitudes de hipoteca en un banco, considerando factores como el número de solicitudes, el porcentaje de rechazo o aceptación de las solicitudes, la llegada de las solicitudes y la duración de la atención en Escáner y Revisión.

### Objetivos específicos

- ▼ Modelar el flujo de solicitudes en Escáner y Revisión y su comportamiento.
- ▼ Evaluar el tiempo promedio de espera de las solicitudes, el tiempo promedio de atención en Escáner y Revisión y su utilización.
- ▼ Simular la aceptación o rechazo de las solicitudes.
- ▼ Identificar áreas de oportunidad para mejorar el servicio de atención, basándose en los resultados de la simulación.



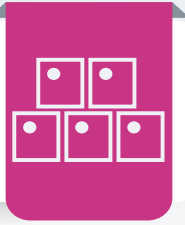
### Planteamiento del Problema Hipótesis Dinámica



Dado el escenario de estudio de las solicitudes de hipoteca, se plantea la hipótesis de que la distribución de llegada aleatoria de solicitudes, junto con las distribuciones de tiempo de atención en Escáner y Revisión, tendrá un impacto significativo en el tiempo promedio de procesamiento de las solicitudes y en la probabilidad de aceptación. Se espera que la distribución exponencial de llegada de solicitudes genere variación en el flujo de solicitudes que podría influir en la longitud de las colas en Escáner y Revisión. Además, las distribuciones triangulares de tiempo de atención en Escáner y Revisión, con diferentes valores mínimos, más probables y máximos, tendrán un efecto en la duración de la revisión de cada solicitud. También se espera que la tasa de aceptación, la cual es alta, tenga un impacto en la cantidad de solicitudes aceptadas y rechazadas.

# 4

## Componentes



### Entidades

- ▼ Bloque Create – Solicitud de hipoteca
- ▼ Bloque Process – Escáner
- ▼ Bloque Process – Revisión
- ▼ Bloque Decide – Aceptación o rechazo
- ▼ Bloque Dispose – Solicitud aceptada
- ▼ Bloque Dispose – Solicitud rechazada

### Evento

- ▼ Llegada de las solicitudes a Escáner y Revisión.

# 5

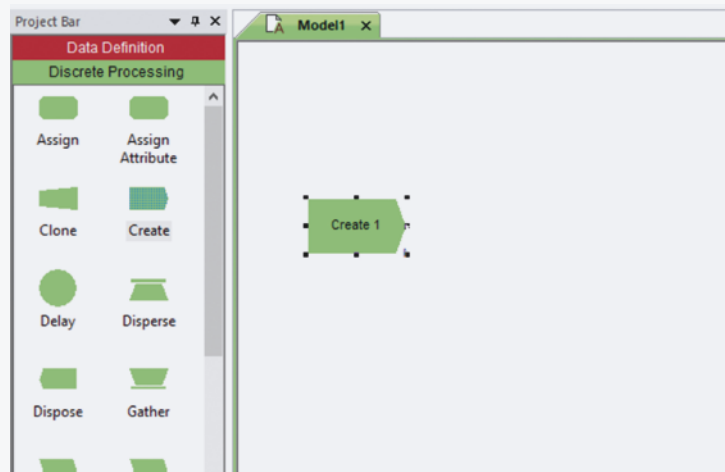
## Construcción del Modelo

Planteamiento del Problema



## Paso 1

Creamos un archivo en el Simulador Arena e insertamos un Create, ubicado en la pestaña Discrete Processing.



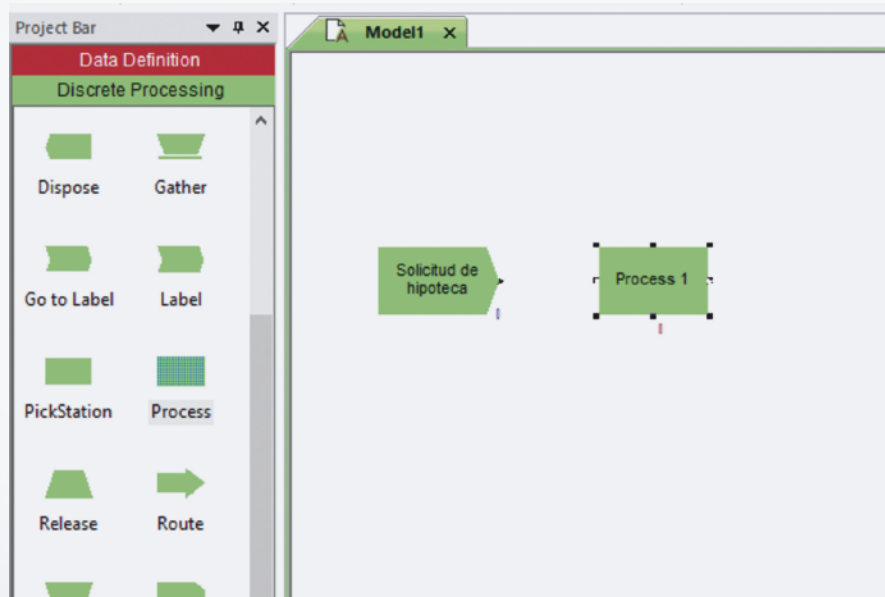
## Paso 2

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Solicitud de hipoteca, en la casilla para el tipo de entidad ponemos SOLICITUD, en la casilla para el valor colocamos 2 y en la casilla para el máximo de llegadas ponemos 30. Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

Name:	Entity Type:	
<input type="text" value="Solicitud de hipoteca"/>	<input type="text" value="SOLICITUD"/>	
Time Between Arrivals		
Type:	Value:	Units:
<input type="text" value="Random (Expo)"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="Hours"/>
Entities per Arrival:	Max Arrivals:	First Creation:
<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="0.0"/>
Comment:		
<input type="text"/>		

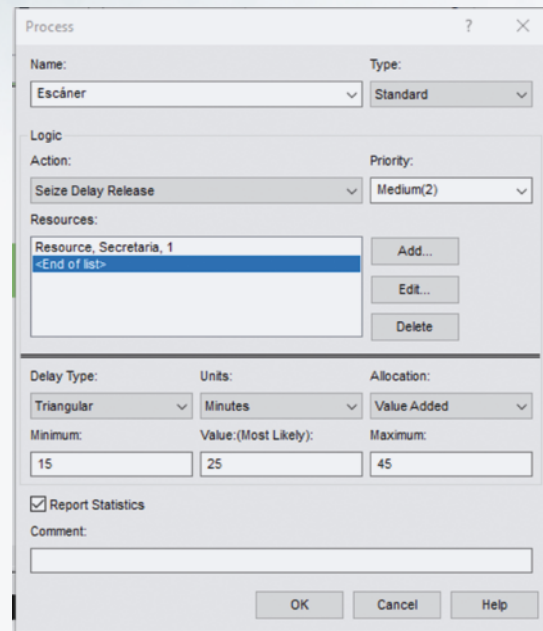
Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Solicitud de hipoteca, en la casilla para el tipo de entidad ponemos SOLICITUD, en la casilla para el valor colocamos 2 y en la casilla para el máximo de llegadas ponemos 30. Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

## Paso 3



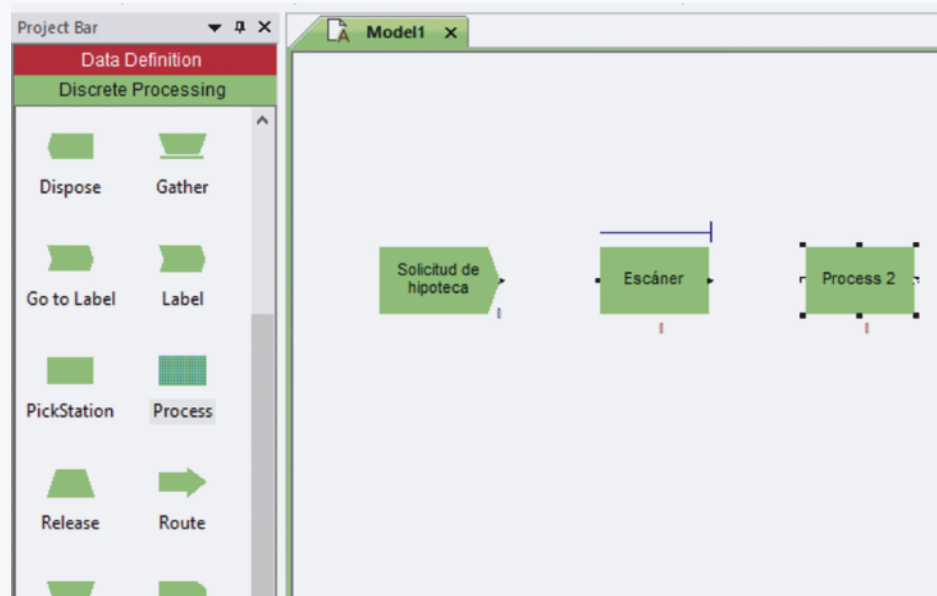
## Paso 4

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Escáner, en la casilla para la acción seleccionamos Seize Delay Release, pulsamos Add... para añadir un recurso (esto abrirá otra ventana, en la casilla para el nombre del recurso ponemos secretaria y pulsamos Ok), en la casilla de unidades ponemos minutos, en la casilla para el mínimo ponemos 15, en la casilla para el valor más probable ponemos 25 y en la casilla para el máximo ponemos 45. Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



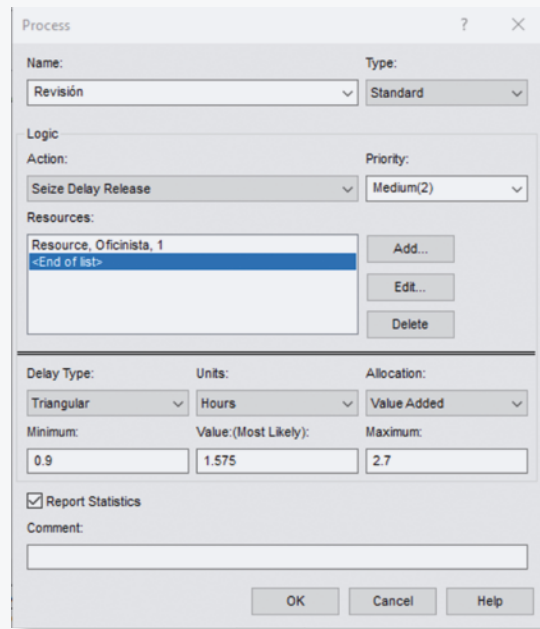
## Paso 5

Agregamos un Process, ubicado en la pestaña Discrete Processing, al lado derecho de Escáner.



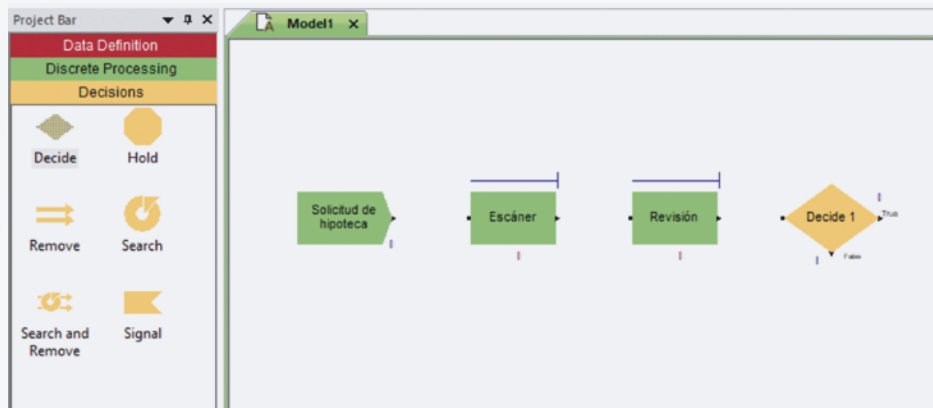
## Paso 6

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Revisión, en la casilla para la acción seleccionamos Seize Delay Release, pulsamos Add... para añadir un recurso (esto abrirá otra ventana, en la casilla para el nombre del recurso ponemos Oficinista y pulsamos Ok), en la casilla para el mínimo ponemos 0.9, en la casilla para el valor más probable ponemos 1.575 y en la casilla para el máximo ponemos 2.7. Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



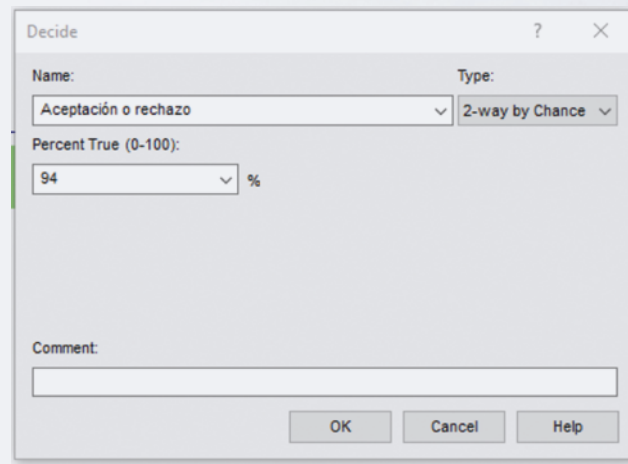
## Paso 7

Agregamos un rombo de decisión, ubicado en la pestaña Decisions, a la derecha de Revisión.



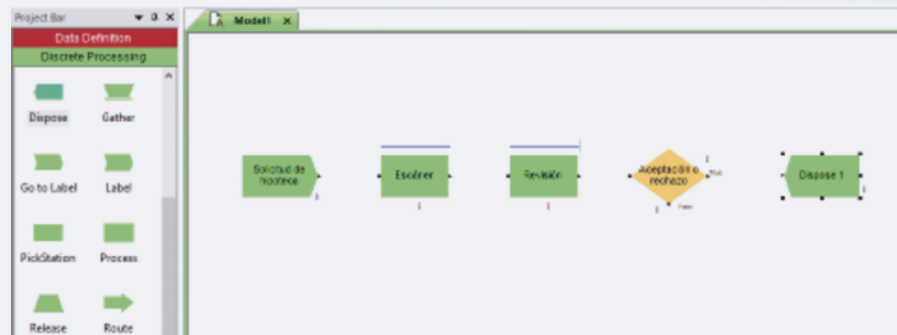
## Paso 8

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Aceptación o rechazo, en la casilla de Percent True colocamos 94 y, por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



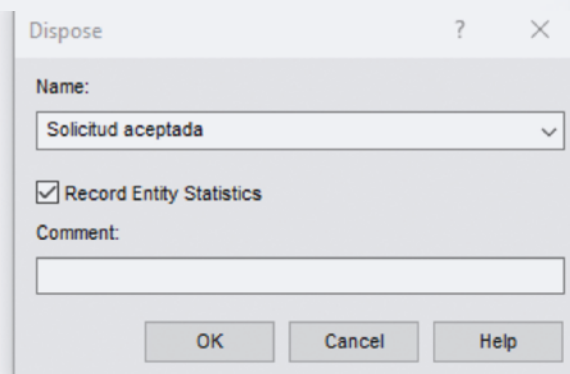
## Paso 9

Agregamos un Dispose, ubicado en la pestaña Discrete Processing, a la derecha del rombo de decisión.



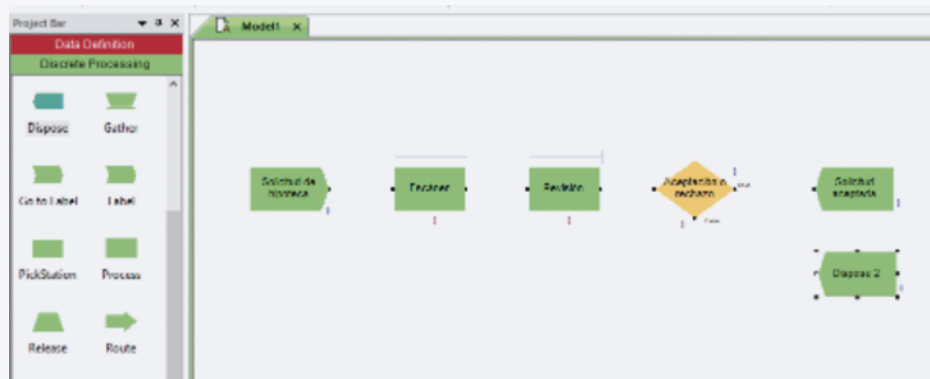
## Paso 10

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Solicitud aceptada y pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



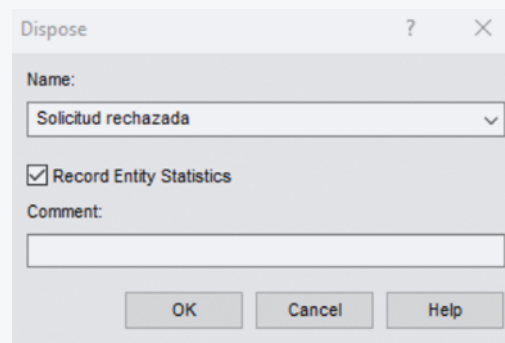
## Paso 11

Agregamos un Dispose, ubicado en la pestaña Discrete Processing, debajo de Solicitud aceptada.



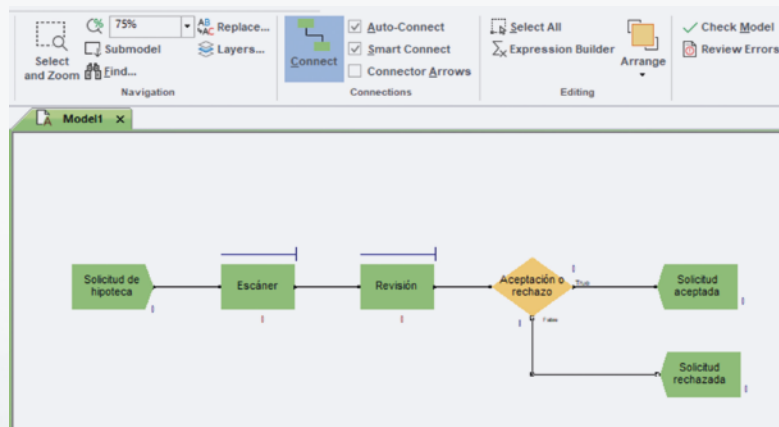
## Paso 12

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Solicitud rechazada y pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



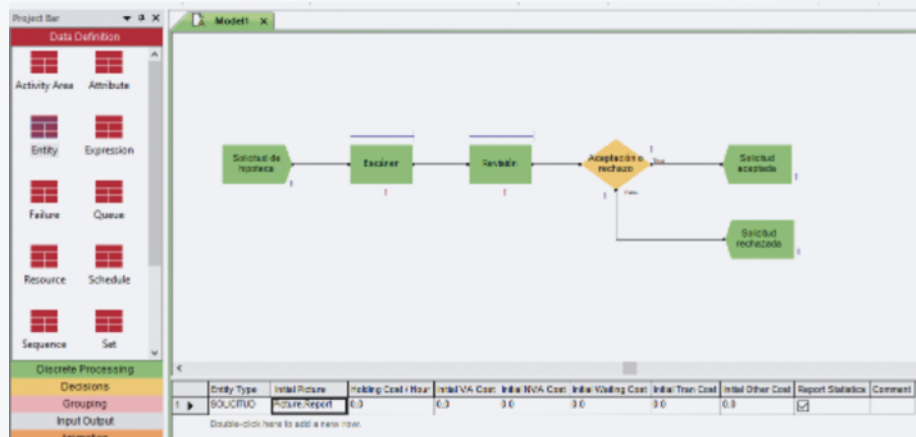
## Paso 13

Hacemos doble clic en el botón Connect y enlazamos los elementos como se muestra a continuación.



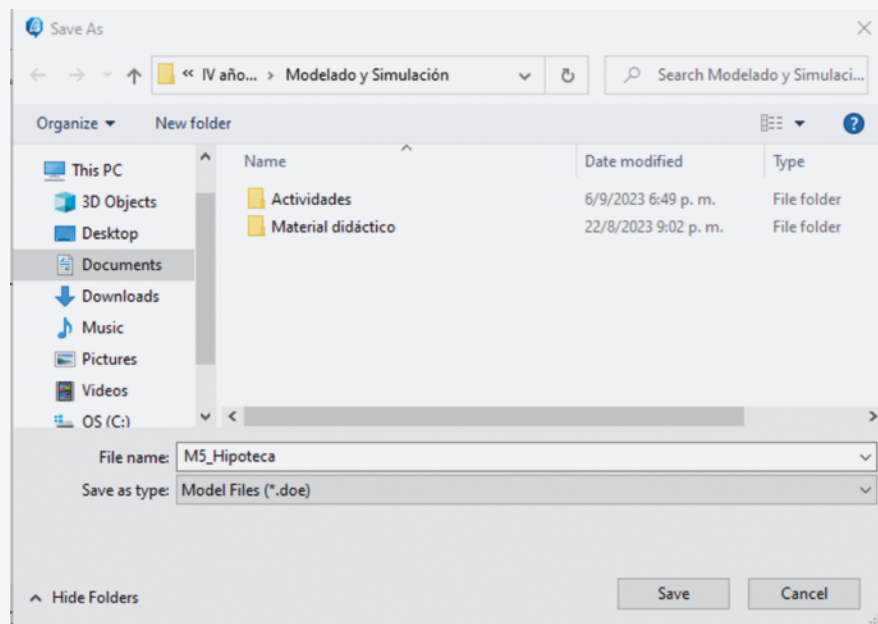
## Paso 14

Pulsamos Entity, ubicado en la pestaña Data Definition, y en la casilla Initial Picture de SOLICITUD seleccionamos la imagen que queremos usar para representar a las solicitudes durante la simulación.



## Paso 15

Para guardar nuestro modelo pulsamos File, luego Save As, escogemos el lugar para guardar el modelo, le ponemos el nombre de M5\_Hipoteca y pulsamos Save.



# 6

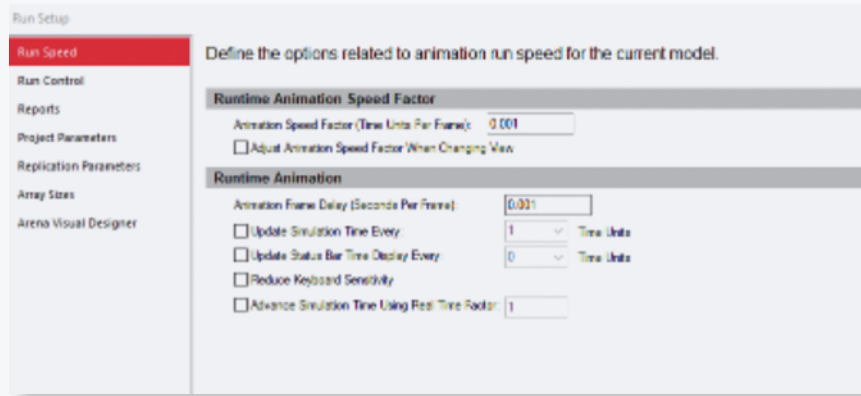
## Ejecución del Modelo



Antes de la simulación, se debe configurar algunos parámetros referentes al propio sistema, como por ejemplo el tiempo de ejecución.

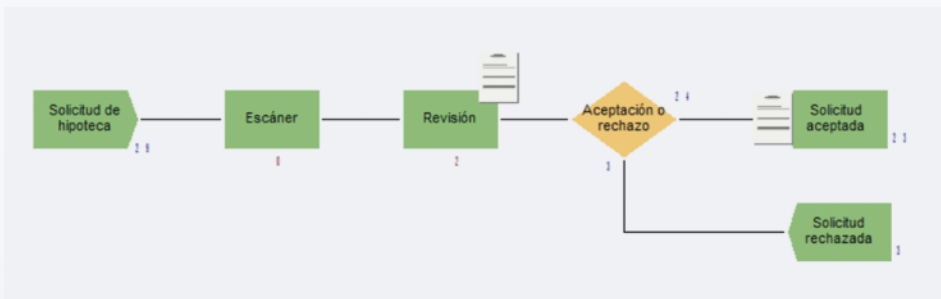
### Paso 1

Pulsamos Setup..., ubicado en la pestaña Run, y en las casillas Animation Speed Factor y Animation Frame Delay ponemos 0.001. Pulsamos el botón Apply y luego OK para regresar al área de trabajo.



### Paso 2

Ahora, pulsamos Go para iniciar la simulación del modelo. Para pausar la simulación pulsamos Pause y para detenerla pulsamos End.



# 7

## Estadísticas



ARENA Simulation Results  
valenmarquesh@outlook.com - License: STUDENT

Summary for Replication 1 of 1

Project: Unnamed Project Run execution date : 9/ 6/2023  
Analyst: valenmarquesh@outlook.com Model revision date: 9/ 6/2023

Replication ended at time : 64.121324 Hours  
Base Time Units: Hours

TALLY VARIABLES

Identifiier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
SOLICITUD.VATime	2.1718	(Insuf)	1.3755	2.9214	30
SOLICITUD.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	30
SOLICITUD.WaitTime	1.2041	(Insuf)	.00000	3.2681	30
SOLICITUD.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	30
SOLICITUD.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	30
SOLICITUD.TotalTime	3.3760	(Insuf)	1.4990	5.8678	30
Revisión.Queue.WaitingTime	1.1558	(Insuf)	.00000	3.2681	30
Escáner.Queue.WaitingTime	.04834	(Insuf)	.00000	.63652	30

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifiier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
SOLICITUD.WIP	1.5795	(Insuf)	.00000	4.0000	.00000
Secretaria.NumberBusy	.23174	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Secretaria.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Secretaria.Utilization	.23174	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Oficinista.NumberBusy	.78439	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Oficinista.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Oficinista.Utilization	.78439	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Revisión.Queue.NumberInQueue	.54076	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Escáner.Queue.NumberInQueue	.02261	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000

OUTPUTS

Identifiier	Value
SOLICITUD.NumberIn	30.000
SOLICITUD.NumberOut	30.000
Secretaria.NumberSeized	30.000
Secretaria.ScheduledUtilization	.23174
Oficinista.NumberSeized	30.000
Oficinista.ScheduledUtilization	.78439
System.NumberOut	30.000

Simulation run time: 1.35 minutes.  
Simulation run complete.

## 8

### CONCLUSIONES



Como se pudo observar en las estadísticas, el tiempo de espera promedio de las solicitudes en Escáner fue de 0.04834 horas, el máximo fue 0.63652 horas, se atendieron 30 solicitudes y el número máximo de solicitudes en cola fue 1. En Revisión, el tiempo de espera promedio de las solicitudes fue de 1.1558 horas, el máximo fue 3.2681 horas, se atendieron 30 solicitudes y el número máximo de solicitudes en cola fue 2. En general, las solicitudes tardaron en ser rechazadas o aceptadas un tiempo promedio de 3.376 horas, el tiempo máximo fue 5.8678 horas y se atendieron 30 solicitudes en 64.121324 horas. Se puede concluir que el modelo es eficiente debido a que el número máximo de solicitudes en cola fue 2, sin embargo, la atención en Revisión pudiera ser mejor, el máximo tiempo de espera fue mayor a 2 horas, lo que se considera alto.

## 9

### RECOMENDACIONES



Para obtener datos más apegados a la realidad, se recomienda limitar la simulación por tiempo en lugar de número máximo de solicitudes, así se puede evaluar cuántas solicitudes son revisadas durante el tiempo estipulado. Además, se recomienda simular más casos, aumentando y disminuyendo el tiempo promedio de llegada de las solicitudes y el tiempo de atención en Escáner y Revisión por parte de los empleados.

## 10

### FUENTE



X. Basogain y M. A. Olabe. (2009, octubre 22). Prácticas de LABORATORIO. [Online]. Disponible en: [https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/40289/mod\\_resource/content/1/model\\_simul/pdf/practicas\\_simulacion\\_msse.pdf](https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/40289/mod_resource/content/1/model_simul/pdf/practicas_simulacion_msse.pdf)

## Modelo 6:

### Atención de un Cliente en la Caja Más Corta

#### Planteamiento del Problema PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



En este ejemplo se tomará como referencia la atención de clientes en donde este podrá escoger a cuál de las dos cajas irá. Esto es conocido como la cola más corta. Se debe tomar en cuenta que para el cliente será un exponencial de 20 minutos y en cada caja habrá un cajero que servirá como servidor.



#### Planteamiento del Problema Objetivos



##### Objetivo General

- Optimizar la eficiencia operativa de una tienda con dos cajas registradoras y clientes que eligen la cola más corta, utilizando un modelo de simulación en Arena.

##### Objetivos específicos:

- Determinar la configuración óptima de operación de las dos cajas registradoras para minimizar el tiempo de espera promedio de los clientes.
- Evaluar el impacto de la elección de la cola más corta en la satisfacción del cliente y la utilización de las cajas registradoras.
- Identificar estrategias para mejorar la eficiencia operativa y reducir el tiempo de espera en momentos de alta demanda.

3

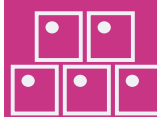
### Planteamiento del Problema Hipótesis Dinámica



Se hipotetiza que permitir a los clientes elegir la cola más corta en una tienda con dos cajas registradoras puede mejorar la eficiencia general del servicio y reducir el tiempo de espera promedio de los clientes. Además, se espera que, en momentos de alta demanda, esta estrategia distribuya de manera más uniforme a los clientes entre las dos cajas, reduciendo así la congestión en una cola específica.

4

### Componentes



- ▼ Entidad: Personas
- ▼ Decisión: Decision
- ▼ Proceso 1: Caja 1
- ▼ Proceso 2: Caja 2

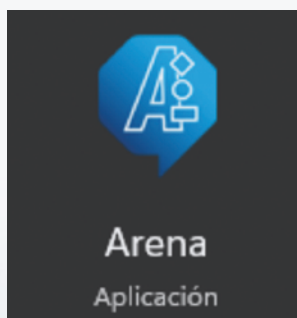
5

### Planteamiento del Problema Construcción del Modelo

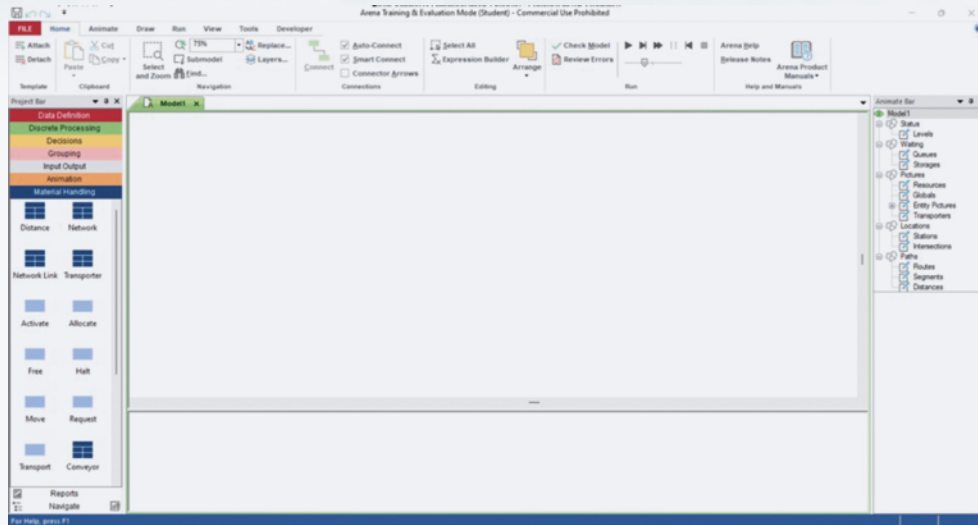


Paso 1

Lo primero que se debe hacer es entrar al software de simulación Arena, previamente instalado.

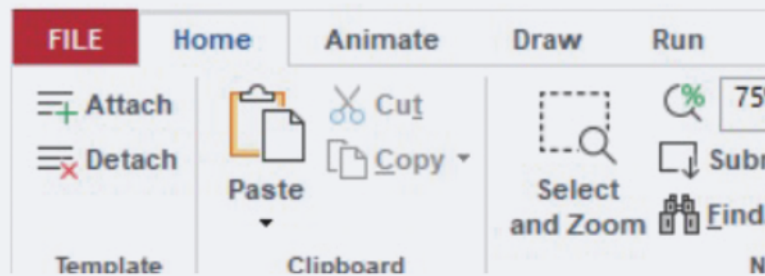


Al hacerlo, se mostrará la siguiente pantalla en la que se trabajará.



## Paso 2

Una vez se tenga el software abierto, procederemos a guardar el archivo en una ubicación determinada. Para ello, dirijase a la parte superior izquierda y haga clic

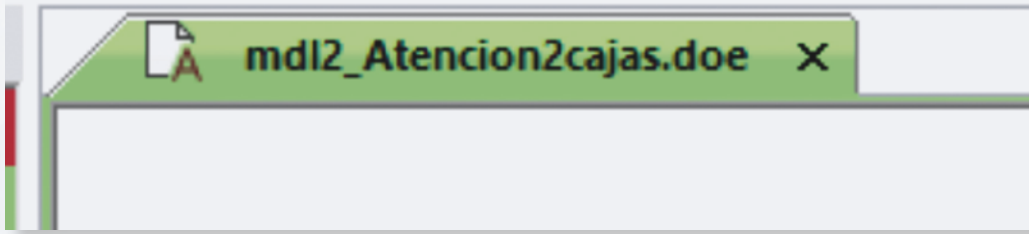


Una vez seleccionada la pestaña anterior, haga clic en la opción "Save As".



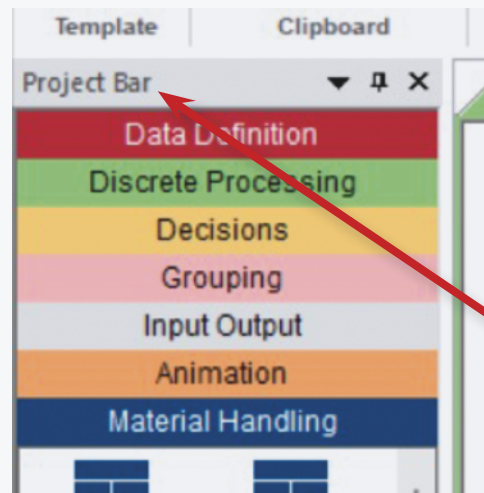
Seleccione la carpeta en la que desea guardar el modelo y coloque el nombre adecuado. Por último, seleccione guardar.

Ahora nuestro modelo de ha guardado, recuerde guardar gradualmente mediante se estén realizando cambios.

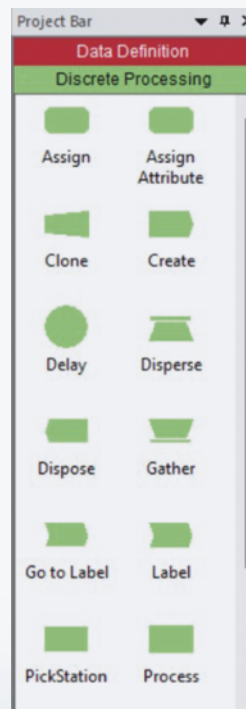


### Paso 3

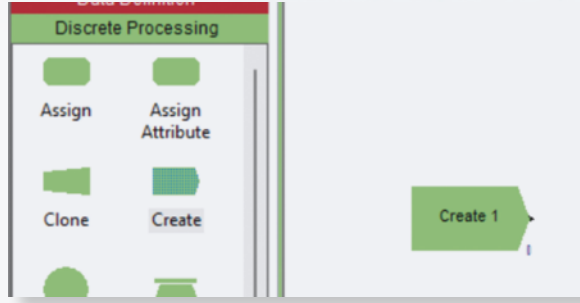
Nos dirigimos a la parte izquierda de la herramienta, nos ubicamos en el espacio correspondiente a **"Project Bar"**.



Seleccione sobre la opción **"Discrete Processing"**. Se desplegará la siguiente lista:

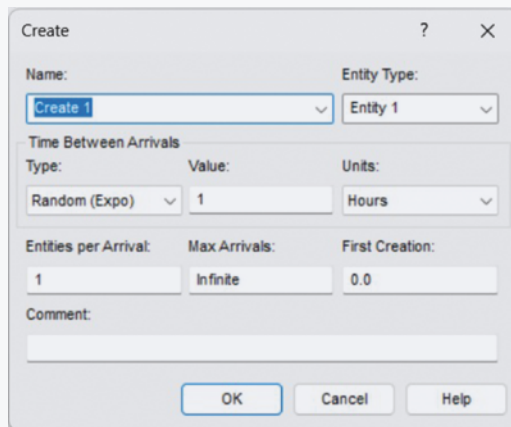


Seleccione el módulo "Create" y arrástrelo hasta la zona de trabajo.

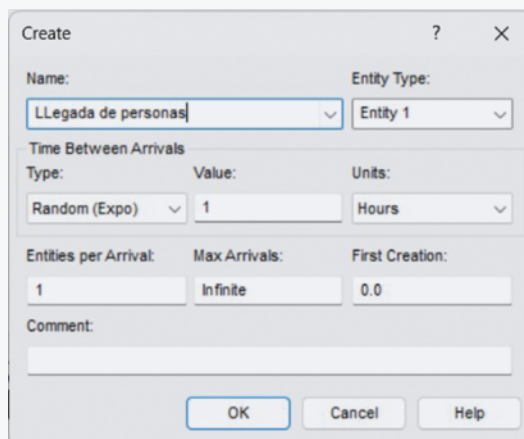


## Paso 4

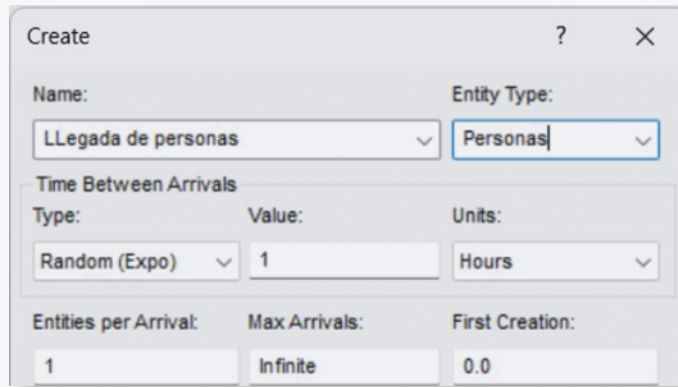
Ahora estaremos renombrando y cambiando las especificaciones del módulo que agregamos al proyecto, para ello haga doble clic sobre "Create 1" .



Una vez se haya abierto la pestaña anterior, colóquese sobre el campo "Name", y cambie el nombre a "Llegada de personas".



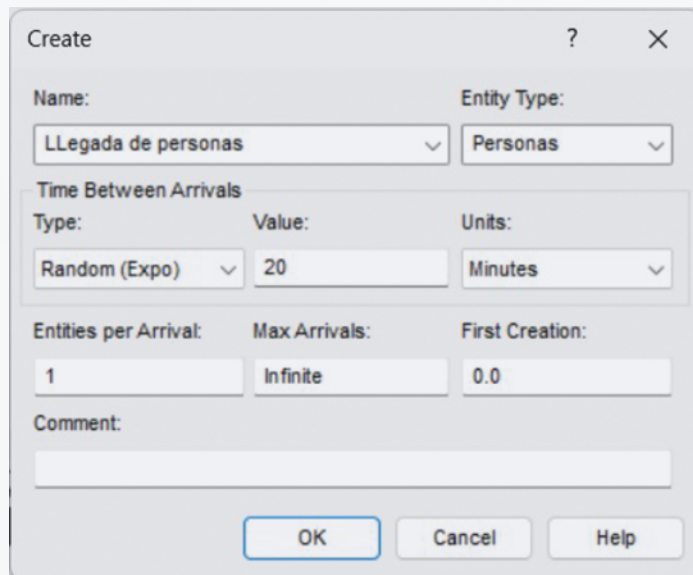
Ahora coloque el cursor sobre el campo "Entity Type" para cambiar el tipo de la entidad. Cambie el que está allí y reemplácelo por "Personas".



The screenshot shows a 'Create' dialog box with the following fields:

- Name: LLegada de personas
- Entity Type: Personas
- Time Between Arrivals: Type: Random (Expo), Value: 1, Units: Hours
- Entities per Arrival: 1
- Max Arrivals: Infinite
- First Creation: 0.0

Como se mencionó en la parte inicial del ejemplo, se necesita que la llegada de clientes sea de tipo exponencial de 20 minutos, por lo cual haremos los siguientes cambios. En el campo "Type" asegúrese que diga "Random (Expo)" pues tendrá comportamiento exponencial. El valor de dicha exponencial deberá cambiarlo a **20** y las unidades a **minutos**. Por último, presione "OK".



The screenshot shows the 'Create' dialog box with the following updated fields:

- Name: LLegada de personas
- Entity Type: Personas
- Time Between Arrivals: Type: Random (Expo), Value: 20, Units: Minutes
- Entities per Arrival: 1
- Max Arrivals: Infinite
- First Creation: 0.0
- Comment: (empty text box)

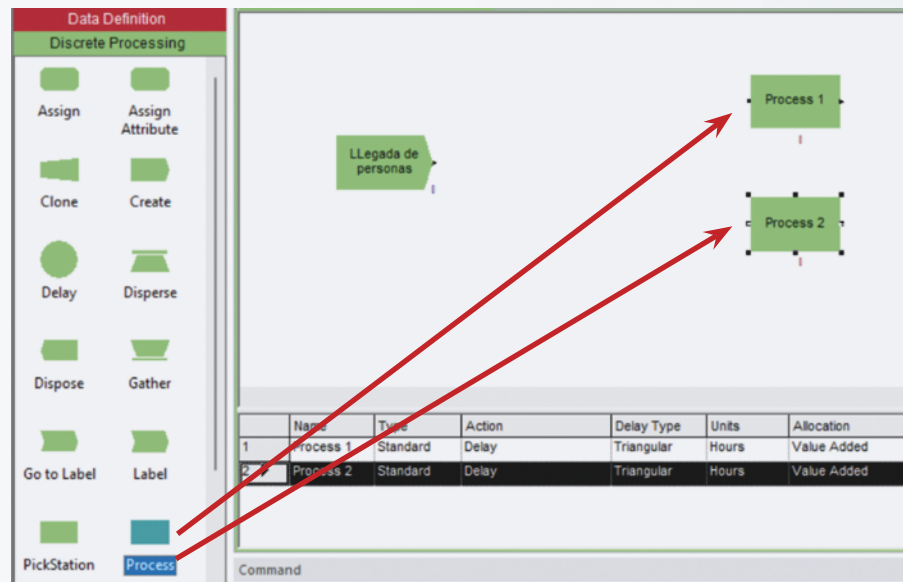
Buttons: OK, Cancel, Help

Se habrá actualizado nuestro módulo de entrada.



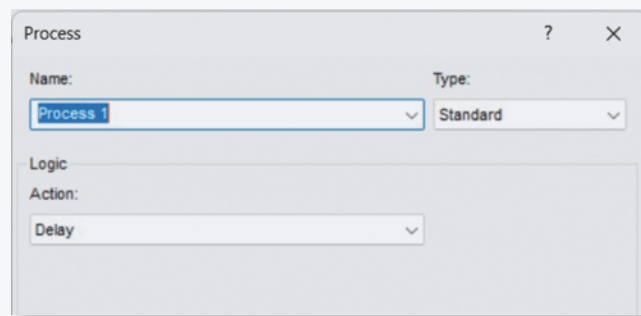
## Paso 5

Ahora necesitamos dos módulos de proceso. Para ello, seleccione sobre el módulo "Process" y arrástrelo a la zona de trabajo dos veces.



## Paso 6

Ahora estaremos renombrando y cambiando las especificaciones del primer módulo que agregamos al proyecto, para ello haga doble clic sobre "Process 1".



Una vez se haya abierto la pestaña anterior, colóquese sobre el campo "Name", y cambie el nombre a "Caja 1".

Process

Name: Caja 1 Type: Standard

Logic

Action: Delay

Delay Type: Triangular Units: Hours Allocation: Value Added

Minimum: .5 Value:(Most Likely): 1 Maximum: 1.5

Report Statistics

Comment:

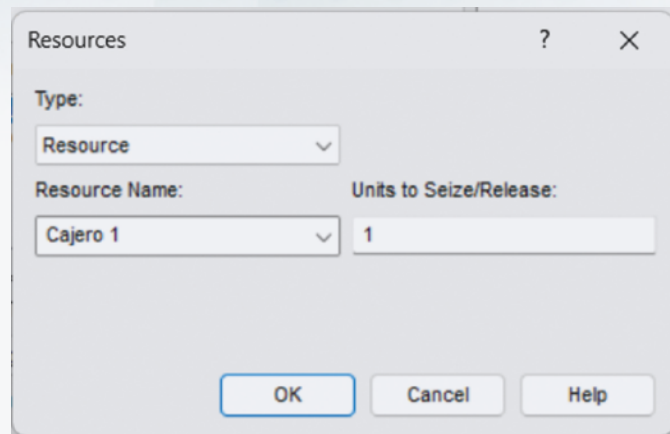
OK Cancel Help

En el campo **"Action"**, cambie la opción a **"Seize Delay Release"**, lo cual significa que tomará el recurso, lo ocupará y luego lo liberará.

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources: <End of list> Add...

Haga doble clic sobre **"End of list"**, y renómbrelo a **"Cajero 1"** en la opción **"Resource Name"**. Por último, presione **"OK"**.

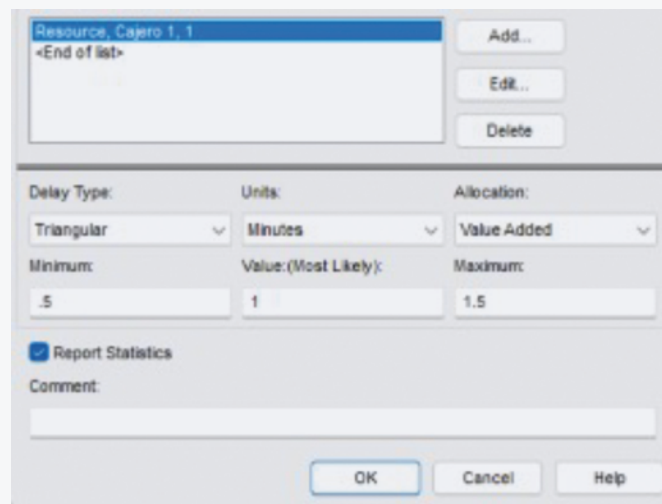


The 'Resources' dialog box is shown with the following settings:

- Type: Resource
- Resource Name: Cajero 1
- Units to Seize/Release: 1

Buttons: OK, Cancel, Help

Por último, cambie las unidades a **"minutes"** y presione **"OK"**.



The resource configuration dialog box is shown with the following settings:

- Resource List: Resource, Cajero 1, 1 (selected)
- Buttons: Add.., Edit.., Delete
- Delay Type: Triangular
- Units: Minutes
- Allocation: Value Added
- Minimum: .5
- Value: (Most Likely): 1
- Maximum: 1.5
- Report Statistics
- Comment: [Empty text box]

Buttons: OK, Cancel, Help

# Paso 7

Repita las indicaciones del paso pasado, pero ahora seleccionando **“Process 2”**. Sustituimos los valores de **“name”** a **“Caja 2”**, **“action”** a **“Seize Delay Release”**. Haga doble clic en **“End of list”**, sustituya el **“resource name”** a Cajero 2. Por último, cambie las unidades de minutos y presione **“OK”**.

Process

Name: Caja 2 Type: Standard

Logic

Action: Seize Delay Release Priority: Medium(2)

Resources:

Resource, Cajero 2, 1  
<End of list>

Add...  
Edit...  
Delete

Delay Type: Triangular Units: Minutes Allocation: Value Added

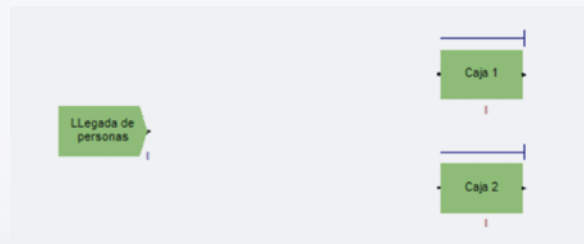
Minimum: .5 Value: (Most Likely): 1 Maximum: 1.5

Report Statistics

Comment:

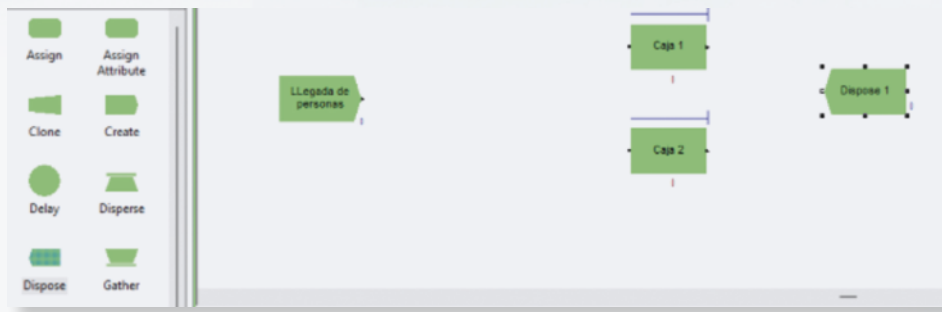
OK Cancel Help

Se tendrá lo siguiente:



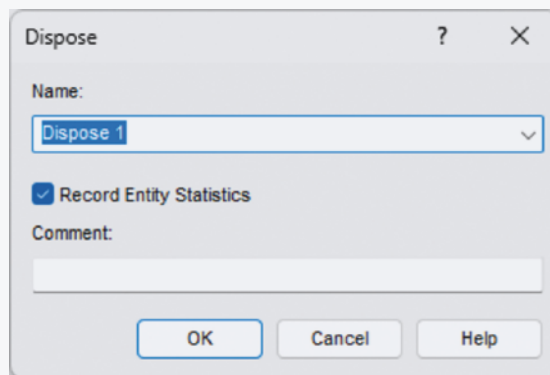
## Paso 8

Ahora necesitamos un módulo que represente la salida, para ello seleccionamos **"Dispose"**, damos doble clic y arrastramos a la zona de trabajo.

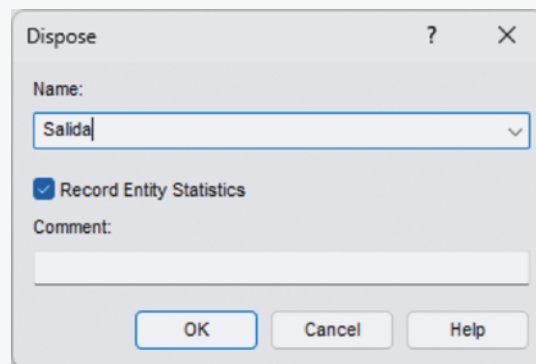


## Paso 9

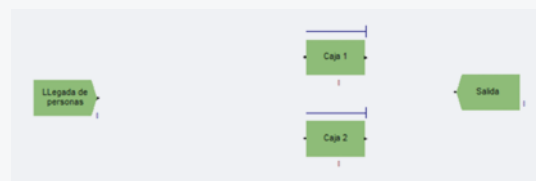
Ahora estaremos renombrando el módulo que agregamos al proyecto, para ello haga doble clic sobre **"Dispose 1"**.



En el campo **"Name"** sustituya la información que ya hay por "Salida". Por último, presione **"OK"**.

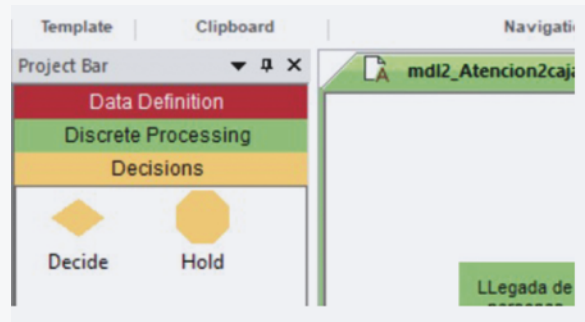


Tendremos lo siguiente:

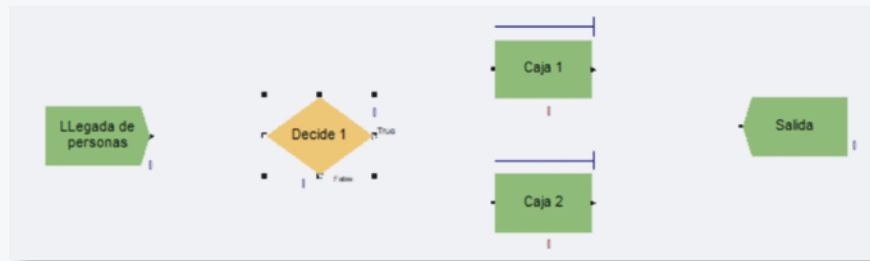


## Paso 10

Recordemos que el enunciado del problema nos dice que se debe escoger una de las dos cajas, para ello haremos uso de un módulo de decisión. Para ello, diríjase a la parte izquierda, en la pestaña **"Project Bar"**, busque la sección llamada **"Decisions"**, y dentro de ella, seleccione el módulo "Decide" y arrástrelo a la zona de trabajo.



Se debe ver de esta manera:

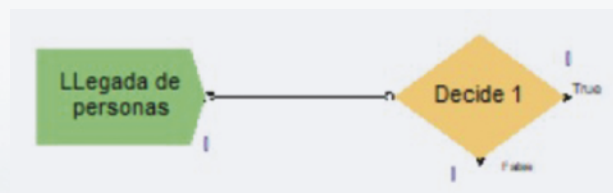


## Paso 11

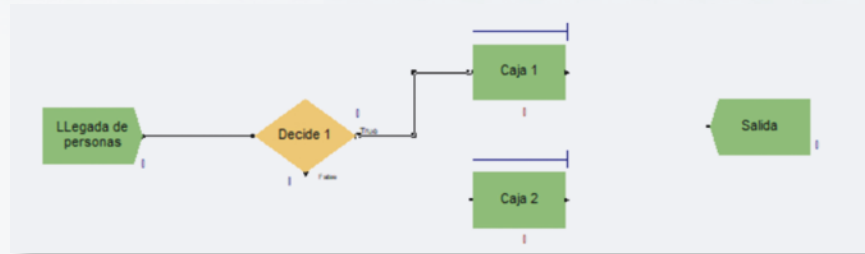
Ahora necesitamos crear las conexiones en los componentes de nuestro proyecto. Para ello, diríjase a la parte superior y seleccione el icono **"Connect"**.



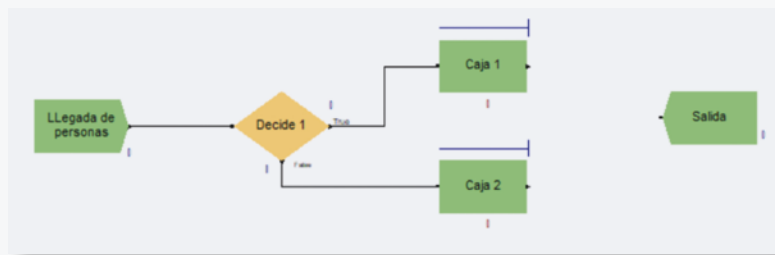
Una vez haya hecho clic sobre el icono, coloque el cursor en la punta que sobresale de la entrada **"Llegada de personas"**, haga clic, y luego en el punto izquierdo de la decisión **"Decide 1"**. Se verá algo así:



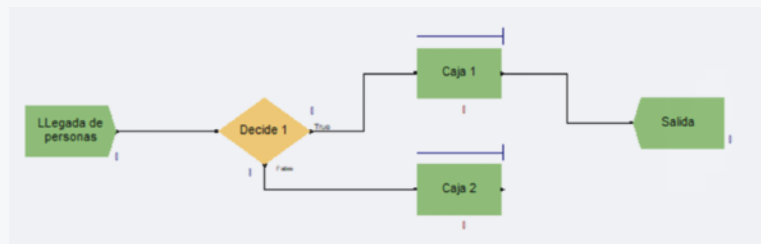
En el mismo comando seleccionado, haga clic en el punto que sobresale de la decisión del lado derecho y luego en el punto izquierdo del proceso **"Caja 1"**.



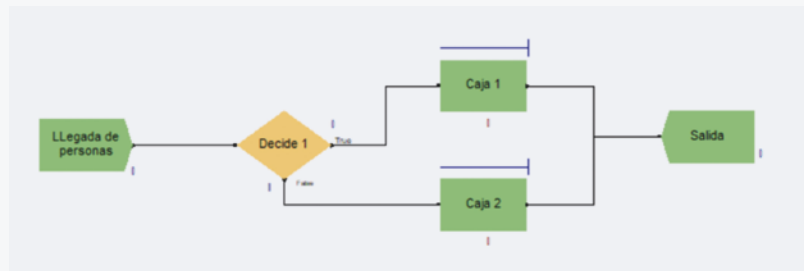
Repita lo mismo, pero ahora haciendo clic en el punto inferior de la decisión, y luego en el punto izquierdo del proceso **"Caja 2"**.



Ahora seleccione el punto derecho del proceso **"Caja 1"** y únalo con el punto izquierdo de la salida.

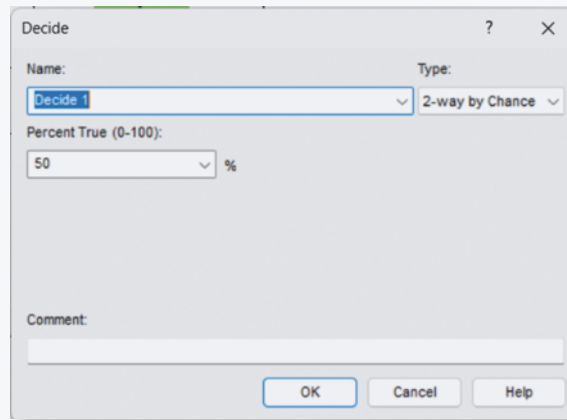


Siga el mismo pero ahora conectando el proceso **"Caja 2"** a la salida".



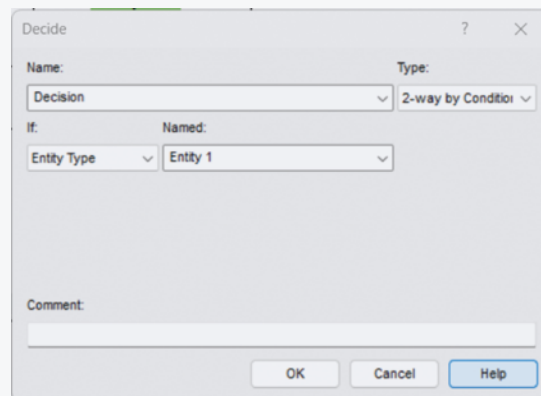
## Paso 12

Si bien, ya agregamos todos los componentes del modelo, ahora necesitamos darle valor a nuestra decisión. Para ello, haga doble clic sobre **"Decide 1"** y ajustaremos la escogencia de la caja con la cola más corta.



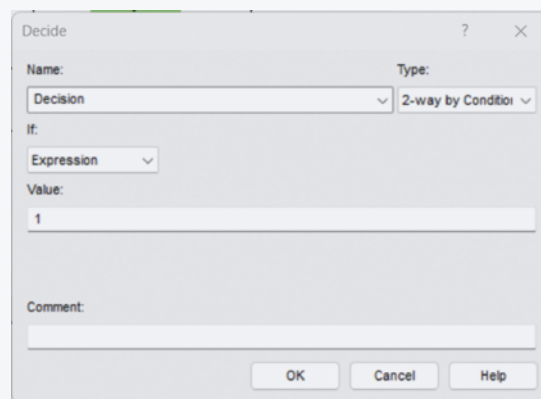
The screenshot shows a dialog box titled "Decide". It has a "Name:" field with a dropdown menu showing "Decide 1". To the right is a "Type:" dropdown menu showing "2-way by Chance". Below these is a "Percent True (0-100):" field with a dropdown menu showing "50" and a "%" symbol. At the bottom, there is a "Comment:" text area and three buttons: "OK", "Cancel", and "Help".

Sustituya el valor existente en el campo **"Name"** por **"Decision"**. Luego el **"Type"** a **"2-way by Condition"**.



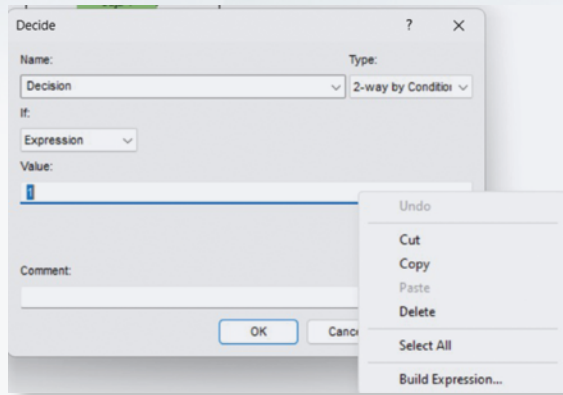
The screenshot shows the "Decide" dialog box with "Name:" set to "Decision" and "Type:" set to "2-way by Condition". Below these, there are two dropdown menus: "If:" set to "Entity Type" and "Named:" set to "Entity 1". At the bottom, there is a "Comment:" text area and three buttons: "OK", "Cancel", and "Help".

Luego, en el campo **"If"** sustituya **"Entity Type"** a **"Expression"**.

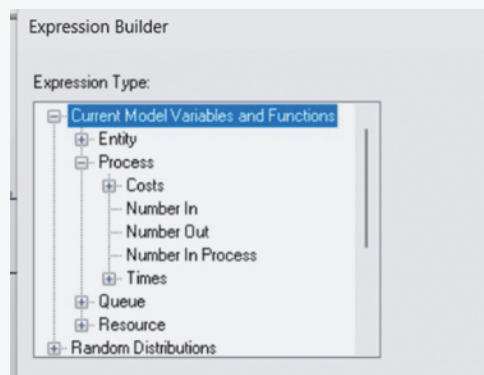


The screenshot shows the "Decide" dialog box with "Name:" set to "Decision" and "Type:" set to "2-way by Condition". Below these, the "If:" dropdown is set to "Expression". Underneath is a "Value:" text field containing the number "1". At the bottom, there is a "Comment:" text area and three buttons: "OK", "Cancel", and "Help".

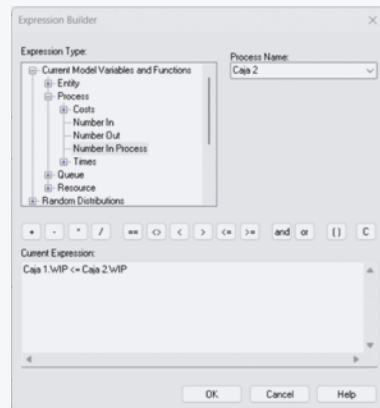
Haga clic derecho sobre el valor 1 y seleccione **"Build expression"**.



Una vez realizado lo anterior, se le desplegará una lista llamada "**Expression Type**". Seleccione la opción "**Process**".



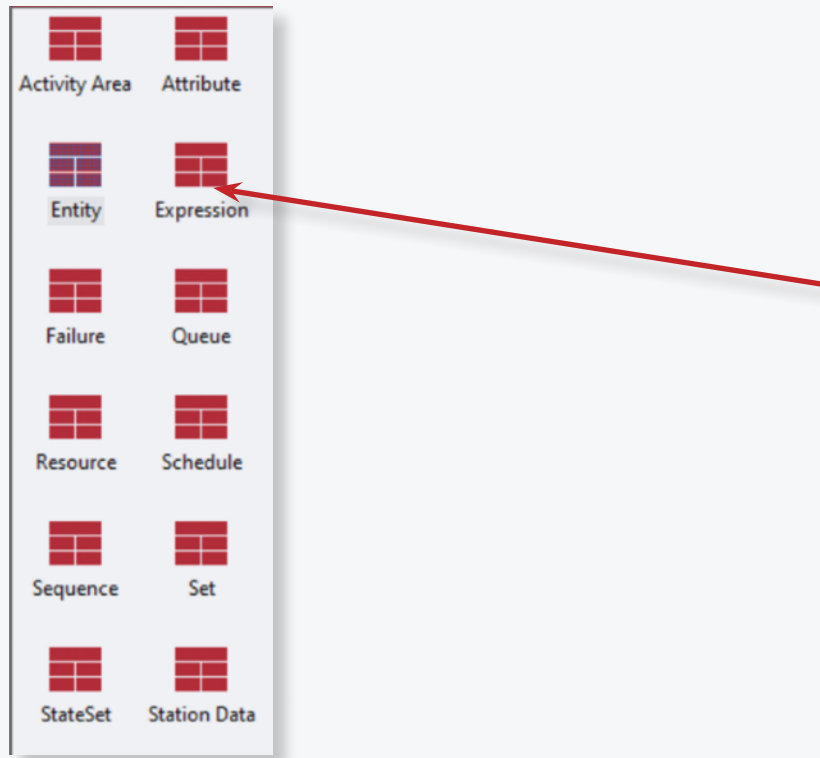
Seleccione "**Number in Process**" para saber la cantidad de personas que hay en dicho proceso. Vera que apareció un argumento relacionado a la **caja 1**, eso quiere decir que allí lleva un conteo de cuantas personas hay en esa caja. Como necesitamos una comparación, seleccione el signo de **<=** y luego en la parte superior, en el campo "**Process Name**" cámbielo a **Caja 2**, para poder comparar la cantidad de personas en cada caja. Tendrá lo siguiente.



Por último, presione "**OK**".

# Paso 13

Por último, estaremos cambiando como lucirá la entidad personas. Para ello, nos dirigimos a la parte izquierda del **"Project bar"**, y seleccionamos **"Data Definition"**, luego **"Entity"**.



Se desplegará una pequeña pantalla en la parte inferior.

	Entity Type	Initial Picture	Holding Cost / Hour	Initial VA Cost	Initial NVA Cost	Initial Waiting Cost	Initial Tran Cost	Initial Other Cost	Report Statistics	Comment
1 ▶	Personas	Picture.Report	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	

Seleccione en el campo **"Initial Picture"**, en el valor **"Picture.Report"** y cámbielo por **"Picture.Person"**. Nuestro modelo está listo para ser simulado.

	Entity Type	Initial Picture	Holding Cost / Hour	Initial VA Cost	Initial NVA Cost	Initial Waiting Cost	Initial Tran Cost	Initial Other Cost	Report Statistics	Comment
1 ▶	Personas	Picture.Perso	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	

Double-click here to add a new row.

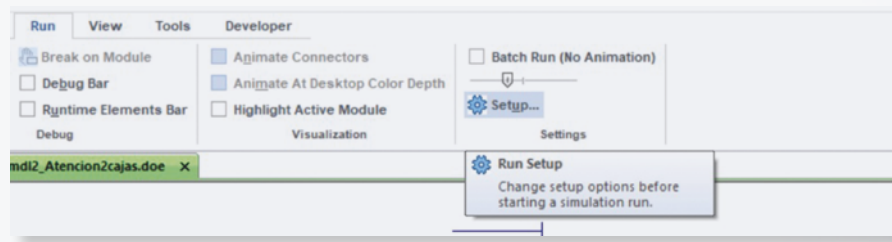
# 6

## Ejecución del Modelo

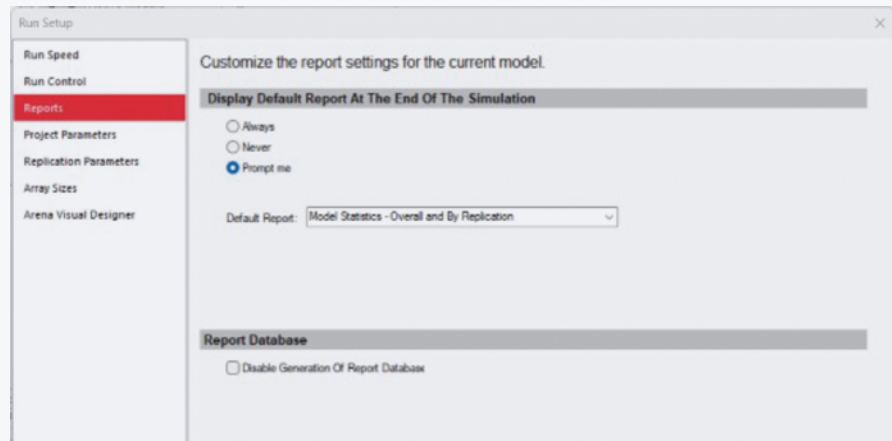


### Paso 1

Nuestro modelo ya está listo para simularse, sin embargo, debemos establecer un límite para que llegue el final de la simulación. Para ello, diríjase a la pestaña de “Run”, en el apartado “Settings”, seleccione “Setup”.



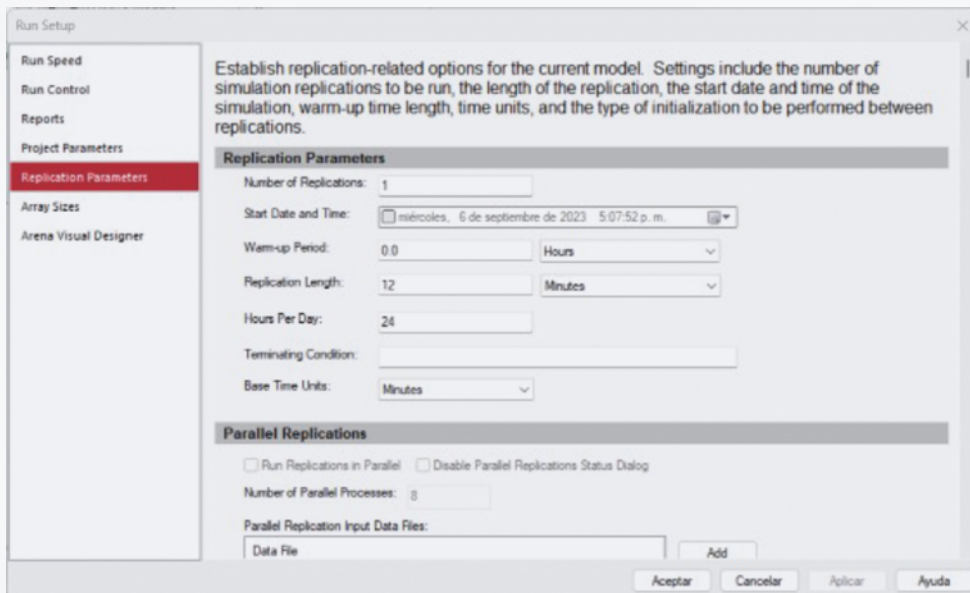
Se mostrará la siguiente pestaña:



En la sección “Reports”, cambie el “Default Report” a “SIMAN Summary Report”.

Default Report: SIMAN Summary Report

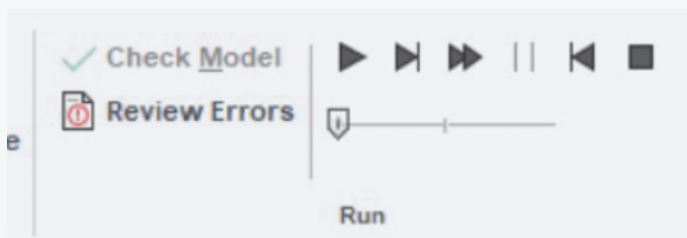
Ahora diríjase a "Recopilation Parameters" para cambiar la duración de la simulación. Cambie el cambio "Recopilation Length" a 12 minutos. Además, cambie el campo "Base Time Units" a "Minutes".



Por último, presione **"Aplicar"** y luego **"Aceptar"**.

## Paso 2

Es el momento de simular nuestro modelo. Para ello, en la pestaña "Home", en la parte derecha en la categoría "Run" se tienen los controles para simular.



Se dará cuenta que la velocidad de la simulación es muy rápida, pero se podrá cambiar moviendo la barra en la parte inferior de los controles previamente mencionados.



# 7

## Estadísticas



Replication ended at time : 20.0 Minutes  
Base Time Units: Minutes

TALLY VARIABLES					
Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Personas.VATime	.91994	(Insuf)	.74229	1.2291	6
Personas.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	6
Personas.WaitTime	.32917	(Insuf)	.00000	.92386	6
Personas.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	6
Personas.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	6
Personas.TotalTime	1.2491	(Insuf)	.75615	1.7679	6
Caja 2.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	1
Caja 1.Queue.WaitingTime	.39501	(Insuf)	.00000	.92386	5

DISCRETE-CHANGE VARIABLES					
Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Personas.WIP	.37473	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Cajero 2.NumberBusy	.05120	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Cajero 2.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Cajero 2.Utilization	.05120	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Cajero 1.NumberBusy	.22478	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Cajero 1.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Cajero 1.Utilization	.22478	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Caja 2.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Caja 1.Queue.NumberInQueue	.09875	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000

OUTPUTS	
Identifier	Value
Personas.NumberIn	6.0000
Personas.NumberOut	6.0000
Cajero 2.NumberSeized	1.0000
Cajero 2.ScheduledUtilization	.05120
Cajero 1.NumberSeized	5.0000
Cajero 1.ScheduledUtilization	.22478
System.NumberOut	6.0000

Simulation run time: 0.12 minutes.  
Simulation run complete.

## 8

### CONCLUSIONES



Se observó que el tiempo promedio de atención al cliente (Personas.VATime) fue de aproximadamente 0.92 minutos, lo que indica una atención eficiente en ambas cajas registradoras. El tiempo de espera promedio en la cola de la Caja 1 fue de aproximadamente 0.40 minutos, mientras que la Caja 2 no tenía clientes en espera durante la simulación. Esto sugiere que la elección de la cola más corta por parte de los clientes permitió una distribución equitativa de clientes entre las cajas, minimizando el tiempo de espera.

La utilización de los cajeros se mantuvo baja, con la Caja 1 ocupada alrededor del 22.48% del tiempo y la Caja 2 ocupada solo alrededor del 5.12% del tiempo. Esto indica una subutilización de recursos y oportunidades para mejorar la asignación de tareas.

## 9

### RECOMENDACIONES



Se recomienda realizar una variedad de simulaciones ajustando diferentes parámetros, como la tasa de llegada de clientes y las distribuciones de tiempo de servicio en las cajas registradoras, para encontrar la configuración óptima que minimice el tiempo de espera y maximice la utilización de recursos.

## 10

### FUENTE



Sergio Jiménez Dulanto. TUTORIAL SOFTWARE ARENA 16 LA COLA MAS CORTA 2 OPCIONES. (16 de septiembre de 2021). Disponible: <https://www.youtube.com/watch?v=ACv4fqu9Kt4>

# Modelo 7:

## Despacho de Gasolina

1

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



Una gasolinera recibe los pedidos de clientes de acuerdo con el servicio que estos necesiten. Se tienen 3 despachadores, en donde cada uno está a cargo de un tipo de gasolina (Magna, Premium, Diésel). El despachador de Magna tiene un tiempo promedio de 44 segundos, el de premium tiene un tiempo promedio de 58 segundos, y el de diésel toma 45 segundos. Por último, la llegada de los clientes es de 58 segundos. En este caso se simulará 12 horas de trabajo.

2

### Objetivos



#### Objetivo general

Optimizar la eficiencia operativa de una gasolinera que ofrece tres tipos de gasolina (Magna, Premium, Diésel) mediante la asignación adecuada de despachadores y la gestión de tiempos de servicio, con el fin de minimizar los tiempos de espera de los clientes y garantizar una atención óptima.

#### Objetivos específicos

- ▼ Evaluar el tiempo promedio de espera de los clientes en cada tipo de servicio de gasolina (Magna, Premium, Diésel) para identificar posibles cuellos de botella y áreas de mejora en la asignación de despachadores.
- ▼ Analizar la utilización de los despachadores de gasolina para asegurarse de que se están aprovechando eficientemente los recursos disponibles.

- ▼ Estudiar la calidad del servicio en términos de tiempos de espera y tiempos de servicio, y determinar si es necesario ajustar la asignación de despachadores para satisfacer la demanda de manera más efectiva.

3

### Planteamiento del Problema Hipótesis Dinámica



Se hipotetiza que la gasolinera puede mejorar su eficiencia operativa al analizar y ajustar la asignación de despachadores y tiempos de servicio según la demanda real de cada tipo de gasolina. Se espera que la simulación proporcione información valiosa sobre cómo asignar de manera efectiva los recursos de despacho para minimizar los tiempos de espera y garantizar una atención eficiente a los clientes.

4

### Componentes



**Entidad:** Clientes

**Decisión:** Decide 1

**Procesos:** Magma, Premium, Diesel

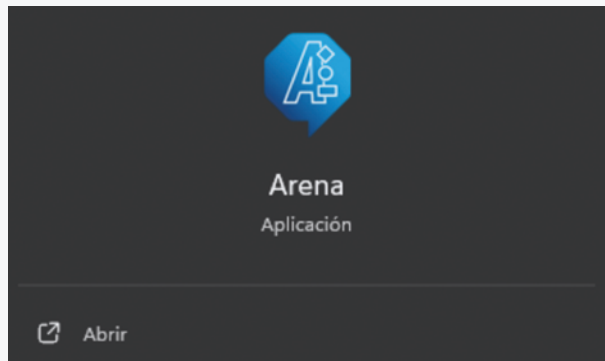
# 5

## Planteamiento del Problema Construcción del Modelo

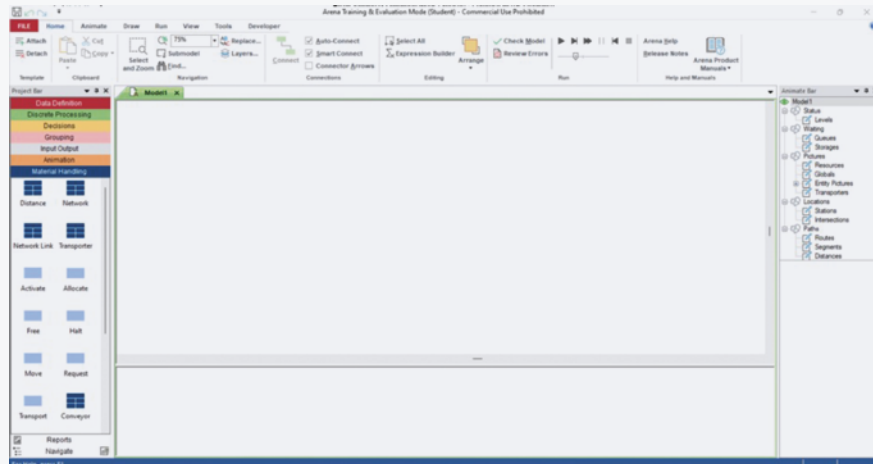


### Paso 1

Lo primero que se debe hacer es entrar al software de simulación Arena, previamente instalado.

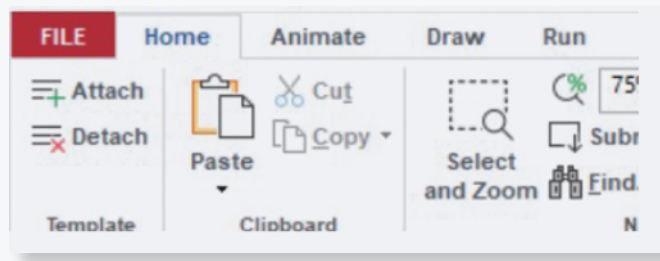


Al hacerlo, se mostrará la siguiente pantalla en la que se trabajará.



## Paso 2

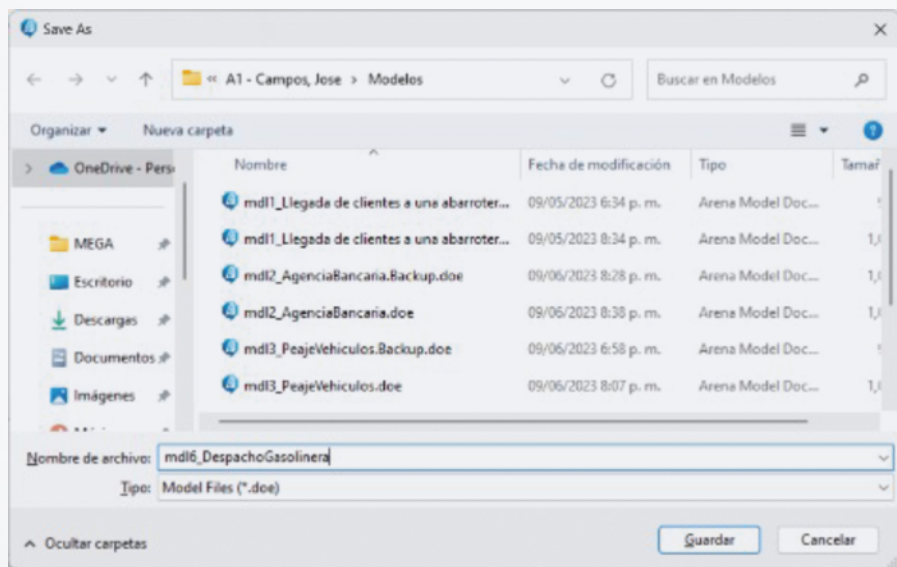
Una vez se tenga el software abierto, procederemos a guardar el archivo en una ubicación determinada. Para ello, diríjase a la parte superior izquierda y haga clic sobre la pestaña "FILE".



Una vez seleccionada la pestaña anterior, haga clic en la opción "Save As".



Seleccione la carpeta en la que desea guardar el modelo y coloque el nombre adecuado. Sugiero el siguiente "mdl6\_DespachoGasolinera". Por último, seleccione guardar.

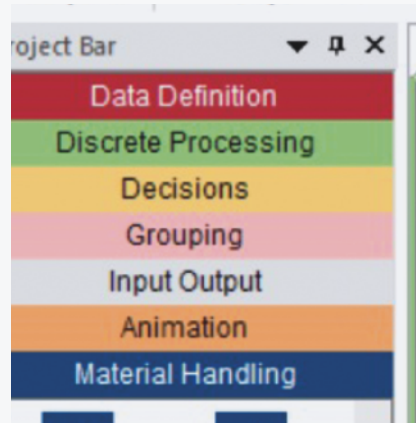


Ahora nuestro modelo de ha guardado, recuerde guardar gradualmente mediante se estén realizando cambios.

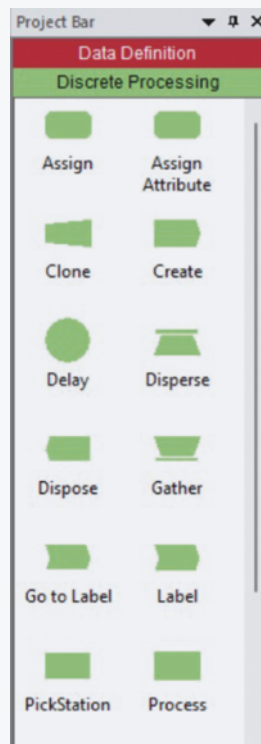
mdl6\_DespachoGasolinera.doe X

### Paso 3

Nos dirigimos a la parte izquierda de la herramienta, nos ubicamos en el espacio correspondiente a "Project Bar".



Seleccione sobre la opción "Discrete Processing". Se desplegará la siguiente lista:

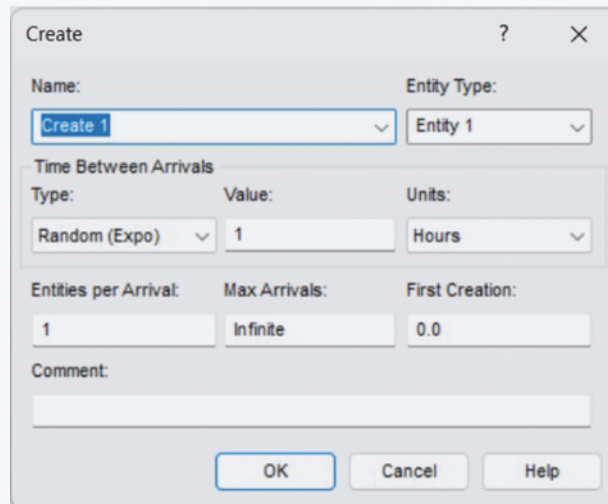


## Paso 4

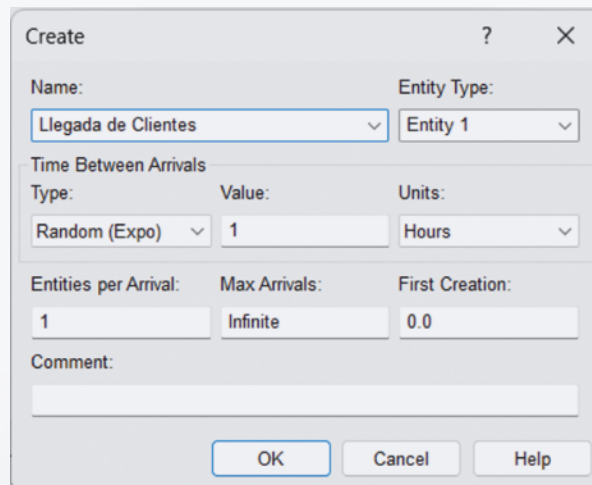
Seleccione el módulo "Create" y arrástrelo hasta la zona de trabajo.



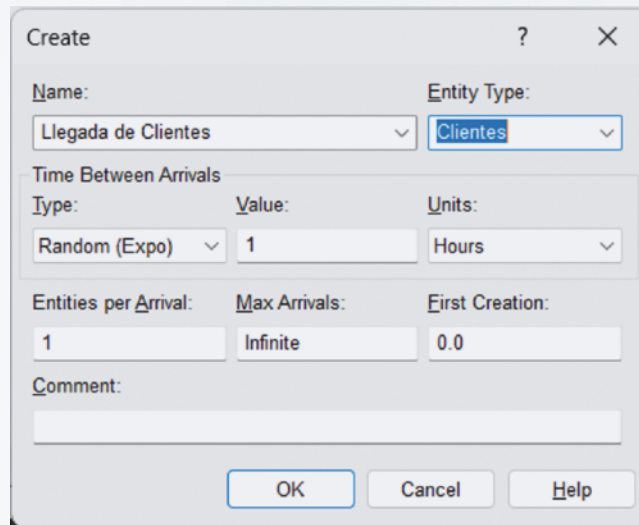
Ahora estaremos renombrando y cambiando las especificaciones del módulo que agregamos al proyecto, para ello haga doble clic sobre "Create 1".



Una vez se haya abierto la pestaña anterior, colóquese sobre el campo "Name", y cambie el nombre a "Llegada de Clientes".



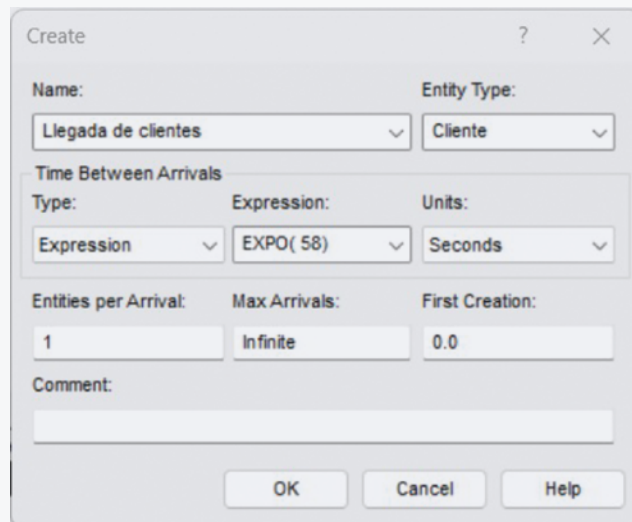
Ahora coloque el cursor sobre el campo "Entity Type" para cambiar el tipo de la entidad. Cambie el que está allí y reemplácelo por "Clientes".



The screenshot shows a 'Create' dialog box with the following fields and values:

- Name: Llegada de Clientes
- Entity Type: Clientes
- Time Between Arrivals:
  - Type: Random (Expo)
  - Value: 1
  - Units: Hours
- Entities per Arrival: 1
- Max Arrivals: Infinite
- First Creation: 0.0
- Comment: (empty)
- Buttons: OK, Cancel, Help

Como se mencionó en la parte inicial del ejemplo, se necesita que la llegada de clientes sea de tipo poisson de 1.5 minutos, por lo cual haremos los siguientes cambios. Cambie el "Type" a "Expression". En el campo "Expression" asegúrese que diga "EXPO(MEAN)". El valor de dicha exponencial deberá cambiarlo a 58 y las unidades a segundos. Por último, presione "OK".



The screenshot shows the 'Create' dialog box with the following updated fields and values:

- Name: Llegada de clientes
- Entity Type: Cliente
- Time Between Arrivals:
  - Type: Expression
  - Expression: EXPO( 58)
  - Units: Seconds
- Entities per Arrival: 1
- Max Arrivals: Infinite
- First Creation: 0.0
- Comment: (empty)
- Buttons: OK, Cancel, Help

Se habrá actualizado nuestro módulo de entrada.

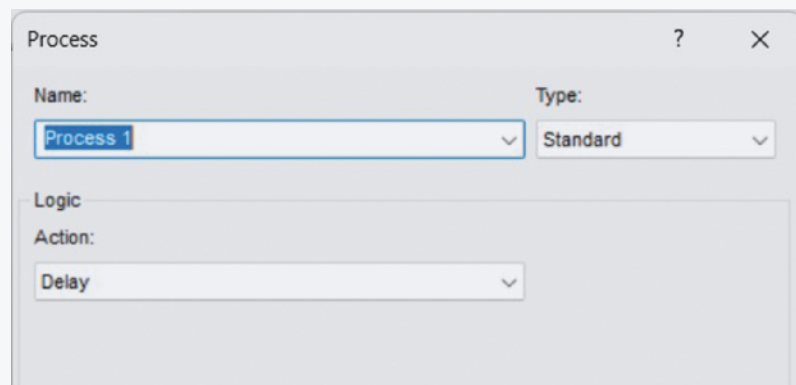
## Paso 5

Ahora necesitamos tres módulos de proceso. Para ello, seleccione sobre el módulo "Process" y arrástrelo a la zona de trabajo tres veces en las siguientes posiciones.



## Paso 6

Ahora estaremos renombrando y cambiando las especificaciones del primer módulo que agregamos al proyecto, para ello haga doble clic sobre "Process 1".

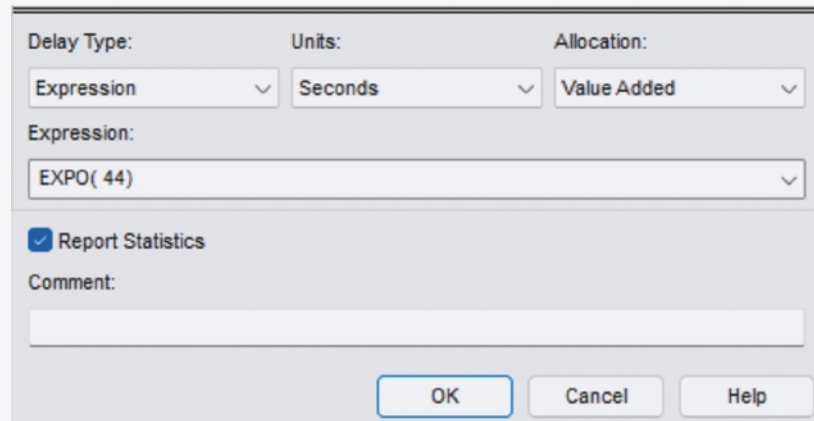


Una vez se haya abierto la pestaña anterior, colóquese sobre el campo "Name", y cambie el nombre a "Magna".

En el campo "Action", cambie la opción a "Seize Delay Release", lo cual significa que tomará el recurso, lo ocupará y luego lo liberará.

Haga doble clic sobre "Add", en la pestaña que se abre, cambie el "Resource Name" a "Despachador 1". Por último, presione "OK".

Cambie el "Delay Type" a "Expression", las "Units" a "Seconds" y "Expression" a "EXPO(44)". Y damos clic en OK.



Delay Type: Expression Units: Seconds Allocation: Value Added

Expression: EXPO( 44)

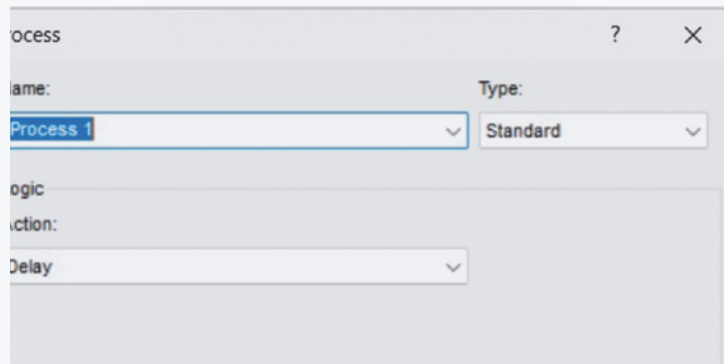
Report Statistics

Comment:

OK Cancel Help

## Paso 7

Ahora estaremos renombrando y cambiando las especificaciones del primer módulo que agregamos al proyecto, para ello haga doble clic sobre "Process 2" .



Process

Name: Process 1 Type: Standard

Logic

Action:

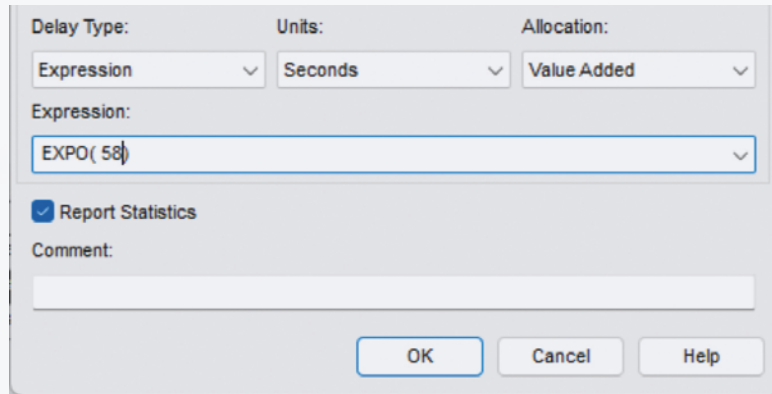
Delay

Una vez se haya abierto la pestaña anterior, colóquese sobre el campo "Name", y cambie el nombre a "Premium".

En el campo "Action", cambie la opción a "Seize Delay Release", lo cual significa que tomará el recurso, lo ocupará y luego lo liberará.

Haga doble clic sobre "Add", en la pestaña que se abre, cambie el "Resource Name" a "Despachador 2". Por último, presione "OK".

Cambie el "Delay Type" a "Expression", las "Units" a "Seconds" y "Expression" a "EXPO(44)". Y damos clic en OK.

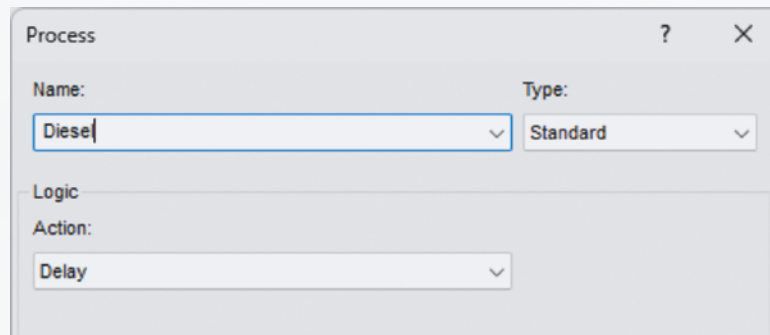


A dialog box with three sections: "Delay Type:", "Units:", and "Allocation:". Each section has a dropdown menu. "Delay Type:" is set to "Expression", "Units:" is set to "Seconds", and "Allocation:" is set to "Value Added". Below these is an "Expression:" field with a dropdown menu containing "EXPO( 58)". There is a checked checkbox for "Report Statistics" and a "Comment:" text area. At the bottom are "OK", "Cancel", and "Help" buttons.

## Paso 8

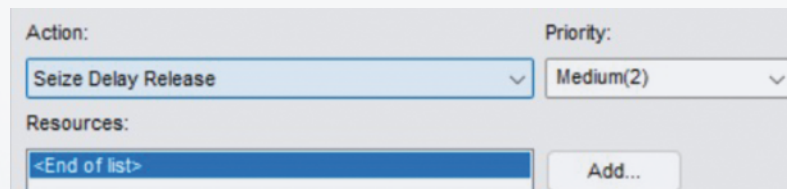
Ahora estaremos renombrando y cambiando las especificaciones del primer módulo que agregamos al proyecto, para ello haga doble clic sobre "Process 2" .

Una vez se haya abierto la pestaña anterior, colóquese sobre el campo "Name", y cambie el nombre a "Diesel".



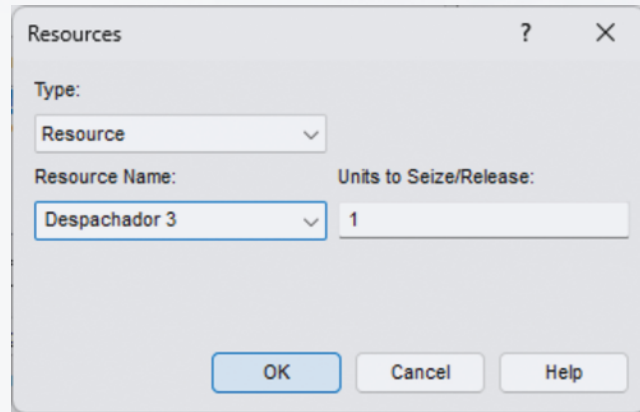
A dialog box titled "Process" with a question mark and close button. It has two sections: "Name:" and "Type:". "Name:" has a dropdown menu with "Diesel" selected. "Type:" has a dropdown menu with "Standard" selected. Below is a "Logic" section with an "Action:" dropdown menu showing "Delay".

En el campo "Action", cambie la opción a "Seize Delay Release", lo cual significa que tomará el recurso, lo ocupará y luego lo liberará.

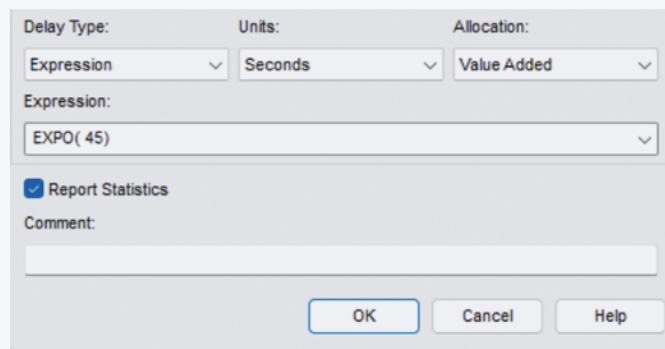


A close-up of the "Action:" and "Resources:" fields. "Action:" has a dropdown menu with "Seize Delay Release" selected. "Priority:" has a dropdown menu with "Medium(2)" selected. "Resources:" has a dropdown menu with "<End of list>" selected and an "Add..." button next to it.

Haga doble clic sobre "Add", en la pestaña que se abre, cambie el "Resource Name" a "Despachador 3". Por último, presione "OK".

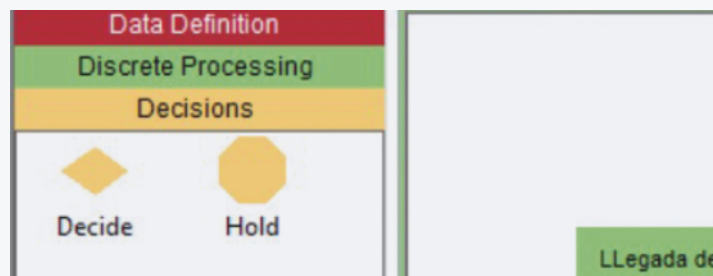


Cambie el "Delay Type" a "Expression", las "Units" a "Seconds" y "Expression" a "EXPO(45)". Y damos clic en OK.

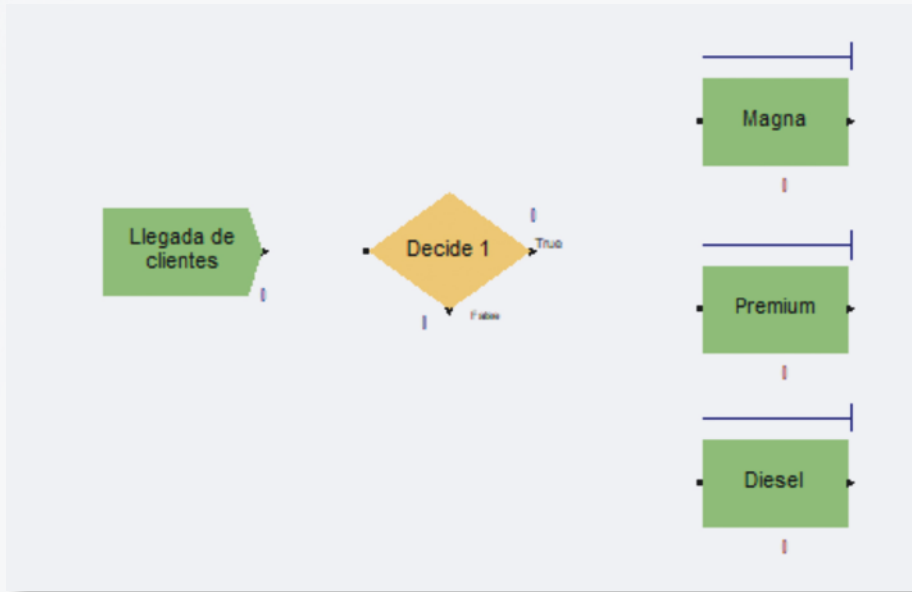


## Paso 9

Recordemos que el enunciado del problema nos dice que se debe escoger uno de los tres procesos, para ello haremos uso de un módulo de decisión. Diríjase a la parte izquierda, en la pestaña "Project Bar", busque la sección llamada "Decisions", y dentro de ella, seleccione el módulo "Decide" y arrástrelo a la zona de trabajo.

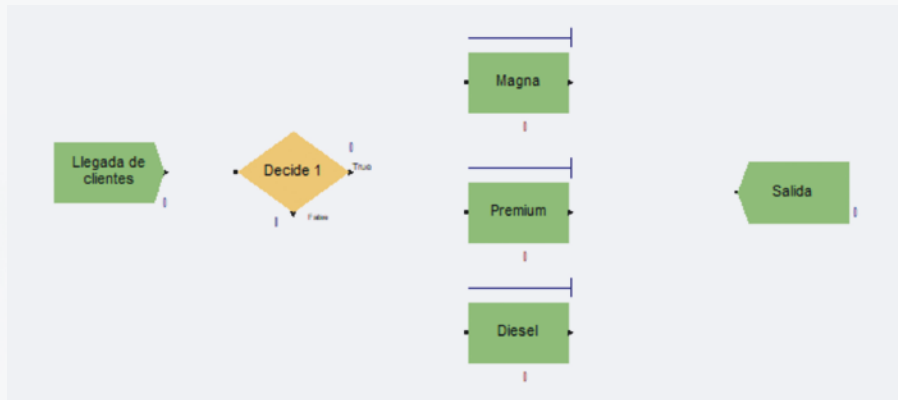


Se debe ver de esta manera:



## Paso 10

Coloque un módulo de salida nombrándola "Salida".



# Paso 11

Ahora haremos los cambios en el bloque "Decide 1". Para ello, haga doble clic sobre dicho modulo, cambie el "Type" a "N-way by Chance". Luego en "Add" y en el campo "Percent True (0-100)" colocar 40, repita esto pero ahora con 20. Por último, oprima "OK".

Decide

Name: Decide 1 Type: N-way by Chance

Percentages:

- <End of list>

Add... Edit... Delete

Comment:

OK Cancel Help

Conditions

Percent True (0-100): 40 %

OK Cancel Help

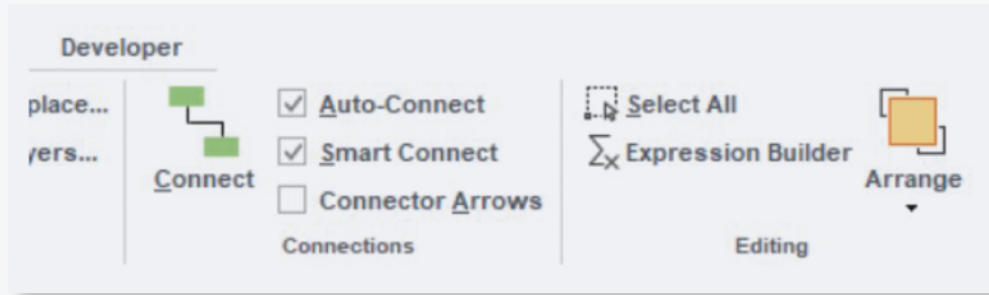
Conditions

Percent True (0-100): 20 %

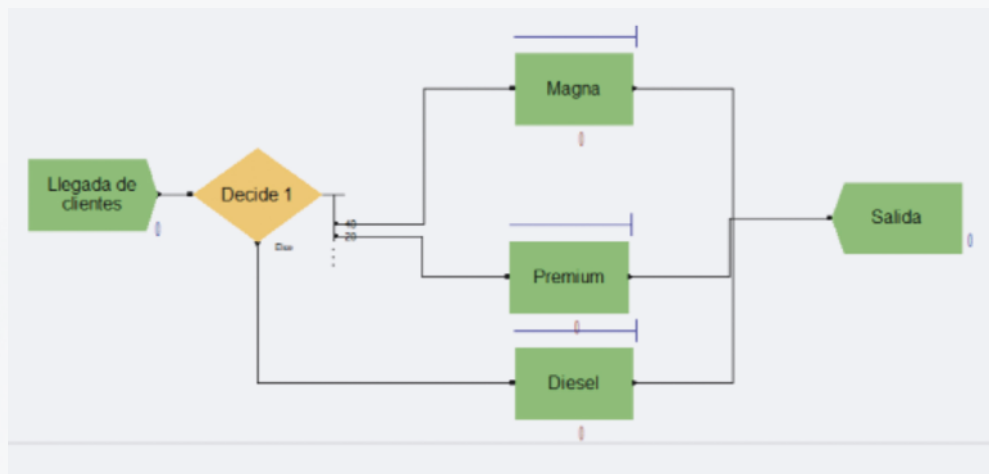
OK Cancel Help

## Paso 12

Ahora necesitamos crear las conexiones en los componentes de nuestro proyecto. Para ello, diríjase a la parte superior y seleccione el icono "Connect".

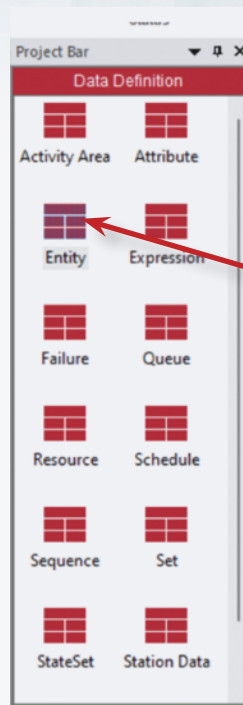


Oprima el punto derecho de "Llegada de Clientes" y conéctelo a la decisión. Luego, conecte los procesos "Magna" y "Premium" a la decisión en "True", el primero en 40, y el segundo en 20. Luego, conecte el proceso "Diésel" a el "False" de la decisión. Por último, conecte todos los procesos a la salida. Deberá quedar de la siguiente manera:



## Paso 13

Por último, estaremos cambiando como lucirá la entidad clientes. Para ello, nos dirigimos a la parte izquierda del "Project bar", y seleccione "Data Definition", luego "Entity".



Se desplegará una pequeña pantalla en la parte inferior.

	Entity Type	Initial Picture	Holding Cost / Hour	Initial VA Cost	Initial NVA Cost	Initial Waiting Cost	Initial Tran Cost	Initial Other Cost	Report Statistics	Comment
1 ▶	Cientes	Picture.Report	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	

Seleccione en el campo "Initial Picture", en el valor "Picture.Report" y cámbielo por "Picture.Person". Nuestro modelo está listo para ser simulado.

	Entity Type	Initial Picture	Holding Cost / Hour	Initial VA Cost	Initial NVA Cost	Initial Waiting Cost	Initial Tran Cost	Initial Other Cost	Report Statistics	Comment
1 ▶	Cientes	Picture.Perso	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	

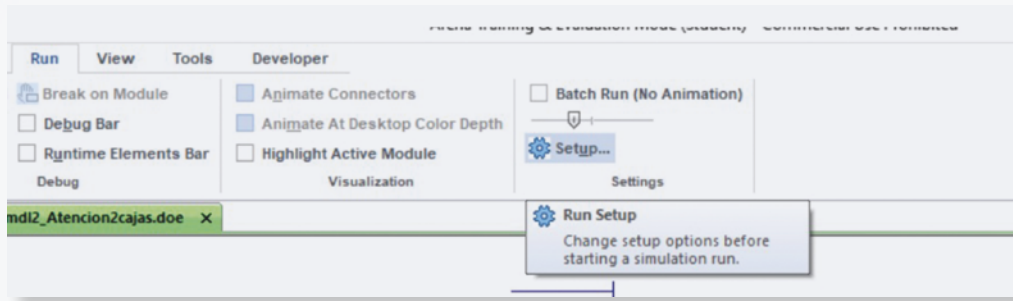
# 6

## Ejecución del Modelo

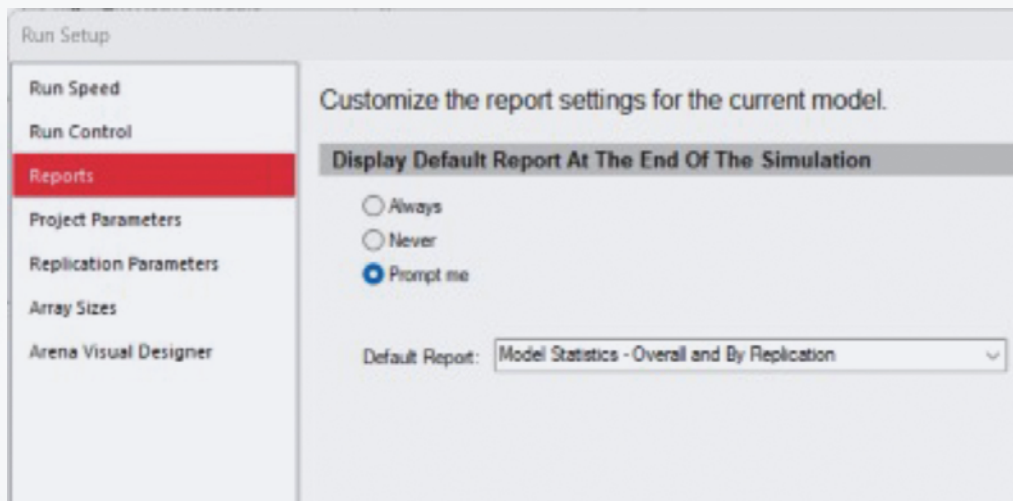


### Paso 1

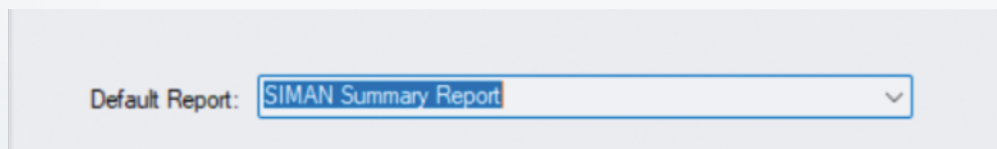
Nuestro modelo ya está listo para simularse, sin embargo, debemos establecer un límite para que llegue el final de la simulación. Para ello, diríjase a la pestaña de "Run", en el apartado "Settings", seleccione "Setup".



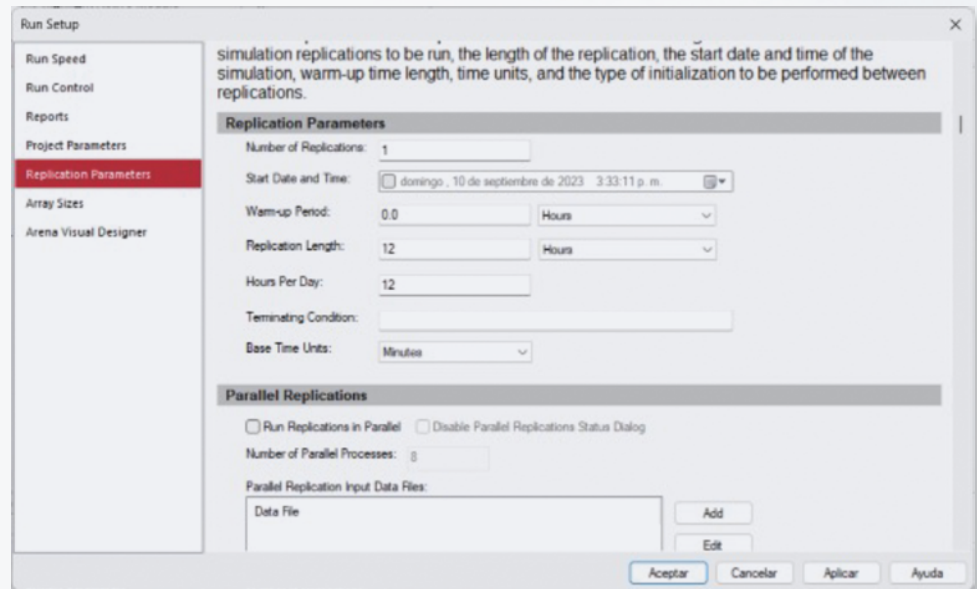
Se mostrará la siguiente pestaña:



En la sección "Reports", cambie el "Default Report" a "SIMAN Summary Report".



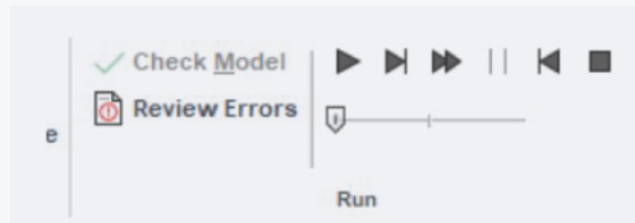
Ahora diríjase a "Recopilation Parameters" para cambiar la duración de la simulación. Cambie el cambio "Recopilation Length" a 12 horas. Además, cambie el campo "Base Time Units" a "Minutes". "Hours Per Day" a 12.



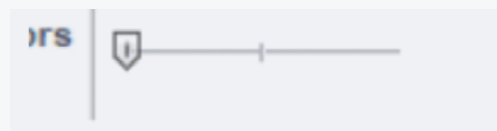
Por último, presione "Aplicar" y luego "Aceptar".

## Paso 2

Es el momento de simular nuestro modelo. Para ello, en la pestaña "Home", en la parte derecha en la categoría "Run" se tienen los controles para simular.



Se dará cuenta que la velocidad de la simulación es muy rápida, pero se podrá cambiar moviendo la barra en la parte inferior de los controles previamente mencionados.



# 7

## Estadísticas



TALLY VARIABLES					
Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
Cliente.VATime	.73747	.06040	.00203	4.8034	723
Cliente.NVATime	.00000	.00000	.00000	.00000	723
Cliente.WaitTime	.31800	.10581	.00000	5.8062	723
Cliente.TranTime	.00000	.00000	.00000	.00000	723
Cliente.OtherTime	.00000	.00000	.00000	.00000	723
Cliente.TotalTime	1.0554	.13825	.00233	6.5782	723
Premium.Queue.WaitingTime	.21988	(Insuf)	.00000	4.0596	166
Magna.Queue.WaitingTime	.26540	(Insuf)	.00000	4.6475	283
A.Queue.WaitingTime	.42864	(Insuf)	.00000	5.8062	276

DISCRETE-CHANGE VARIABLES					
Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
Cliente.WIP	1.0613	.18795	.00000	8.0000	2.0000
Despachador 1.NumberBusy	.26483	.03136	.00000	1.0000	1.0000
Despachador 1.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Despachador 1.Utilization	.26483	.03136	.00000	1.0000	1.0000
Despachador 3.NumberBusy	.26167	.04933	.00000	1.0000	1.0000
Despachador 3.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Despachador 3.Utilization	.26167	.04933	.00000	1.0000	1.0000
Despachador 2.NumberBusy	.21556	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Despachador 2.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Despachador 2.Utilization	.21556	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Premium.Queue.NumberInQueue	.05069	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Magna.Queue.NumberInQueue	.10432	(Insuf)	.00000	4.0000	.00000
A.Queue.NumberInQueue	.16431	(Insuf)	.00000	6.0000	.00000

OUTPUTS	
Identifier	Value
Cliente.NumberIn	725.00
Cliente.NumberOut	723.00
Despachador 1.NumberSeized	283.00
Despachador 1.ScheduledUtilization	.26483
Despachador 3.NumberSeized	276.00
Despachador 3.ScheduledUtilization	.26167
Despachador 2.NumberSeized	166.00
Despachador 2.ScheduledUtilization	.21556
System.NumberOut	723.00

Simulation run time: 1.00 minutes.  
Simulation run complete.

## 8

### CONCLUSIONES



La gasolinera logró mantener una operación eficiente durante el período simulado de 12 horas. Los tiempos de espera promedio para los clientes fueron bajos y dentro de límites aceptables en todas las categorías de servicio de gasolina (Premium, Magna y General). Además, se observó una asignación de recursos adecuada, con una alta utilización de los despachadores de gasolina, lo que indica una gestión eficaz de los recursos disponibles. La gasolinera logró mantener un equilibrio entre la demanda de los clientes y la capacidad de atención, lo que resultó en tiempos de espera mínimos y una satisfacción general de los clientes.

## 9

### RECOMENDACIONES



Asegúrate de que las condiciones iniciales estén configuradas correctamente, como la cantidad de clientes en la cola al comienzo de la simulación. Además, Realiza varias ejecuciones de la simulación con diferentes conjuntos de parámetros o escenarios para comprender cómo afectan las variaciones a la eficiencia operativa.

## 10

### FUENTE



Saulinho Alvarez. Gasolinera simulado en Arena. (3 de diciembre de 2015). Disponible: <https://www.youtube.com/watch?v=5eIZucBEAjc>

# Modelos Intermedios

## Modelo 8:

### Simulación del Proceso de Matrícula

1

Planteamiento del Problema  
**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**



En una institución académica, se debe gestionar la inscripción de los estudiantes para el próximo semestre. Para llevar a cabo este proceso, se cuenta con personal administrativo compuesto por secretarías y operarios. Cada secretaria atiende de forma individual a 30 estudiantes por hora. Cada hora, llegan 50 estudiantes para inscribirse, y su llegada sigue una distribución Poisson. La asignación de cupos está a cargo de 3 secretarías, cuyo ritmo de trabajo sigue una distribución exponencial.

Una vez que se asignan los cupos, es necesario validarlos. Para esta tarea, se tienen otras 3 secretarías cuya eficiencia también sigue una distribución exponencial. La validación busca garantizar que los estudiantes cumplan con todos los requisitos. Sin embargo, el 10% de los estudiantes atendidos presenta errores debido a la falta de créditos, y otros 10% cometen errores por no cumplir con los prerrequisitos. Para corregir estos errores, se han asignado 4 secretarías con un ritmo de trabajo exponencial. Si un estudiante comete un error, debe reiniciar el proceso desde el principio.

Si no se presentan errores durante el proceso de matrícula y validación, una vez finalizada la validación, el estudiante debe esperar a que uno de los 2 operarios de impresión le entregue su comprobante de matrícula. La velocidad de trabajo de los operarios también sigue una distribución exponencial.

Al culminar el proceso de matrícula, cada estudiante debe completar una encuesta de satisfacción y depositarla en una de las 5 urnas dispuestas para ello. El proceso de llenado y depósito de las encuestas también sigue una distribución exponencial. En total, la institución atenderá a los estudiantes para este proceso durante 4 días, con un horario laboral de 7 horas al día.

## 2

### Planteamiento del Problema

#### Objetivos



El objetivo general de esta simulación es simular y analizar el proceso de matrícula de estudiantes en una institución académica, considerando las variables estocásticas que influyen en el flujo de estudiantes y el desempeño del personal administrativo, con el fin de identificar posibles cuellos de botella y evaluar la eficiencia del sistema en términos de tiempos y recursos.

#### Objetivos Específicos:

- ▶ Desarrollar un modelo de simulación que represente fielmente el proceso de matrícula de estudiantes, incluyendo la llegada de estudiantes, asignación de cupos, validación, corrección de errores, entrega de comprobantes y llenado de encuestas de satisfacción.
- ▶ Incorporar distribuciones de probabilidad, como la Poisson para la llegada de estudiantes y la exponencial para el desempeño del personal, en el modelo de simulación para reflejar la variabilidad inherente al proceso.
- ▶ Evaluar el rendimiento del proceso de matrícula mediante la simulación, analizando métricas clave como el tiempo promedio de espera de los estudiantes, la utilización de recursos (secretarías y operarios), y la tasa de error en la asignación de cupos y validación.

## 3

### Planteamiento del Problema

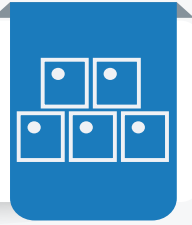
#### Hipótesis Dinámica



En el proceso de matrícula de estudiantes, a medida que aumenta la afluencia de estudiantes en un corto período de tiempo, la eficiencia del proceso disminuirá temporalmente debido a la sobrecarga de trabajo experimentada por el personal administrativo. Sin embargo, a medida que transcurre el tiempo y se supera el pico de llegada de estudiantes, la eficiencia se restablecerá gradualmente, ya que el personal tendrá la oportunidad de ponerse al día con las tareas pendientes y procesar a los estudiantes con mayor rapidez.

# 4

## Componentes



- ▼ **Entrada de Estudiantes:** Este módulo simboliza la llegada de estudiantes al proceso de matrícula. Se registra la llegada de 50 estudiantes por hora.
- ▼ **Asignación:** En este módulo, se efectúa la asignación de cupos a los estudiantes. Este proceso es manejado por 3 secretarías, cada una de las cuales puede atender a 30 estudiantes por hora.
- ▼ **Validación:** En el módulo de validación, se verifica la idoneidad de los cupos asignados a los estudiantes. Un equipo compuesto por 3 secretarías procesa a 30 estudiantes por hora en esta etapa.
- ▼ **Imprimir boleta:** En este proceso, se genera el comprobante de matrícula para cada estudiante. Dos operarios están a cargo de esta tarea y pueden atender a 30 estudiantes por hora.
- ▼ **Llenar y depositar encuesta:** En este módulo, los estudiantes completan y depositan sus encuestas de satisfacción. Se han dispuesto 5 urnas para este propósito, con capacidad para recibir 30 encuestas por hora.
- ▼ **Solución de error:** En esta fase, se abordan y corrigen los errores que puedan surgir en el proceso de matrícula. Un equipo de 3 secretarías se encarga de atender a 30 estudiantes por hora en esta tarea.
- ▼ **Error:** Este módulo determina la probabilidad de que se produzcan errores durante el proceso de matrícula para cada estudiante. Se establece que el 10% de los estudiantes cometen errores debido a la falta de créditos, mientras que otro 10% comete errores por no cumplir con los prerrequisitos.
- ▼ **Finalización:** Este módulo representa la conclusión exitosa del proceso de matrícula para cada estudiante.

# 5

## Planteamiento del Problema Construcción del Modelo

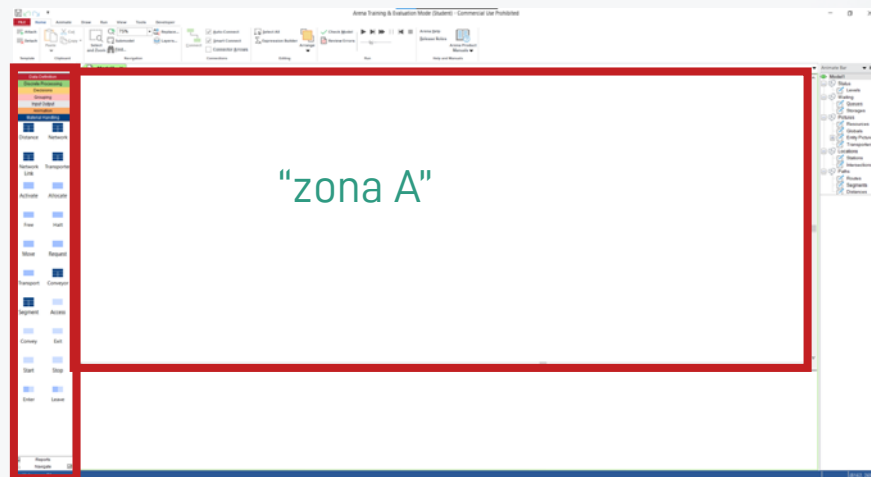


Empezaremos a desarrollar los modelos, siga los siguientes pasos:

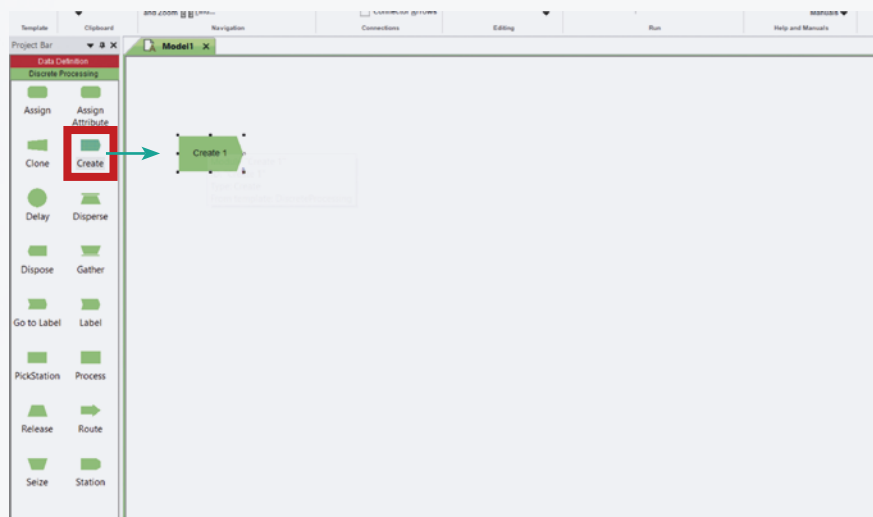
### Paso 1

Dentro del software de simulación Arena, los diversos módulos necesarios para construir este ejemplo están disponibles en la parte izquierda de la interfaz, organizados en un panel vertical. Cada categoría de módulos se distingue por un color único.

Para comenzar a trabajar con estos módulos, simplemente haga clic en el módulo deseado y luego arrástrelo hacia el área de trabajo, conocida como "zona A".



Para simular la entrada de los estudiantes al proceso, se utilizará el módulo "Create" que está ubicado en la categoría "Discrete Processing" del cintillo vertical izquierdo. Abra esta categoría y haga clic en el módulo "Create". Posteriormente, arrástrelo en la zona de trabajo.



## Paso 2

Para editar algunas configuraciones del propio módulo, haga doble clic sobre el módulo que se desea editar y luego se abrirá una ventana de edición. En este caso, se editará el módulo "Create".

Teniendo la ventana de edición abierta, modifique los siguientes atributos y cerciúrese de que tengan los mismos valores:

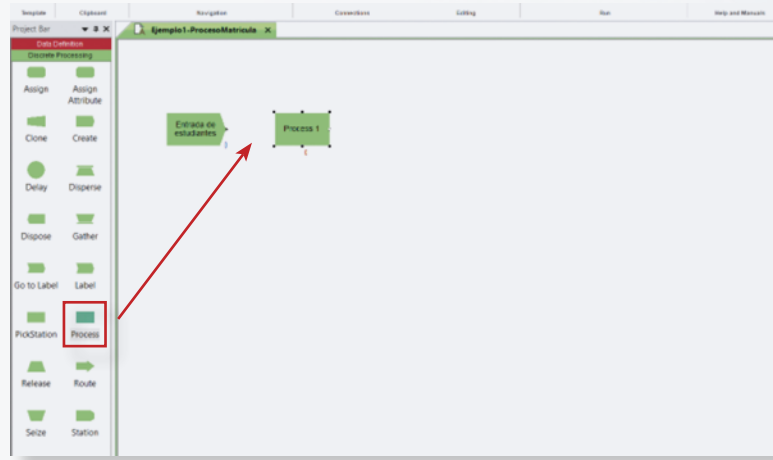
- ▼ **Name:** Entrada de estudiantes
- ▼ **Entity Type:** Estudiantes
- ▼ **Type:** Expression
- ▼ **Expression:** POIS(0.02). Esta función posibilita la asignación de una distribución Poisson al comportamiento del módulo. Para ello, es necesario definir la media de la distribución, la cual es 0.02 (equivalente a 1 hora por cada 50 estudiantes).

Al culminar la edición de los valores, realice clic sobre el botón "OK" para guardar los cambios y cerrar la ventana emergente.

Create		
Name:	Entity Type:	
Entrada de estudiantes	Estudiantes	
Time Between Arrivals		
Type:	Expression:	Units:
Expression	POIS( 0.02 )	Hours
Entities per Arrival:	Max Arrivals:	First Creation:
1	Infinite	0.0
Comment:		
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/> <input type="button" value="Help"/>		

## Paso 3

Para asignar los cupos a los estudiantes, se utilizará el módulo "Process" bajo la categoría "Discrete Processing". Haga clic sobre dicho módulo y arrástrelo hacia la zona de trabajo.

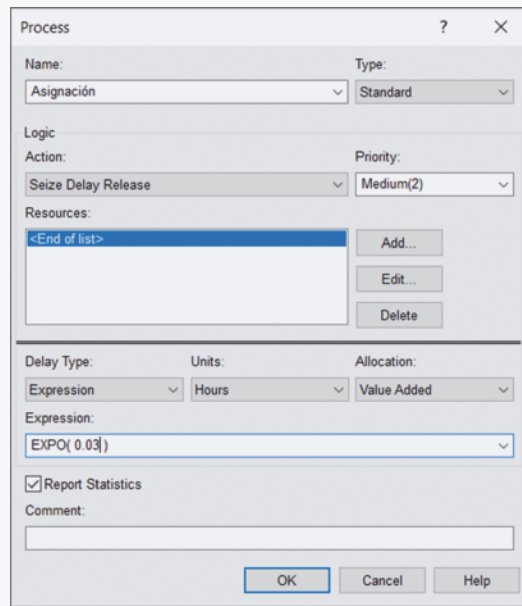


## Paso 4

Para editar algunas configuraciones del propio módulo, haga doble clic sobre el módulo que se desea editar y luego se abrirá una venta de edición. En este caso, se editará el módulo "Process 1".

Teniendo la venta de edición abierta, modifique los siguientes atributos y cerciórese de que tengan los mismos valores:

- ▼ **Name:** Asignación
- ▼ **Action:** Seize Delay Release
- ▼ **Delay Type:** Expression
- ▼ **Expression:** EXPO(0.03). Esta función permite simular la distribución exponencial al funcionamiento del módulo. Para esto se requiere establecer la media de la distribución que, en este caso es 0.03 (equivalente a 1 hora por cada 30 estudiantes).

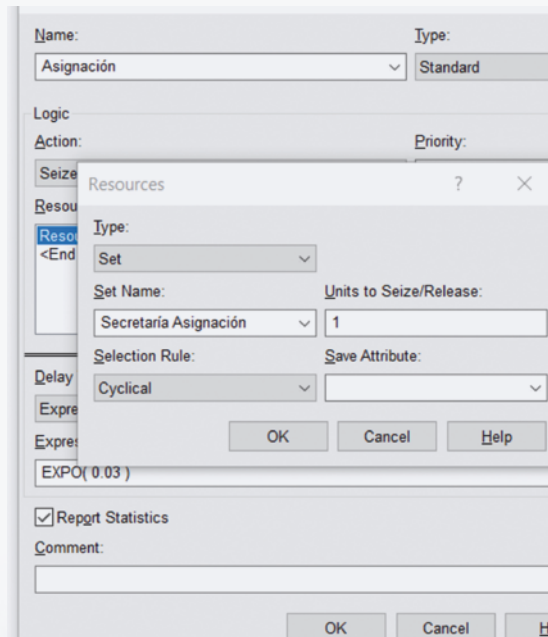


## Paso 5

Para añadir los recursos, haga clic en el botón "Add". Posteriormente cambie los valores de los siguientes atributos:

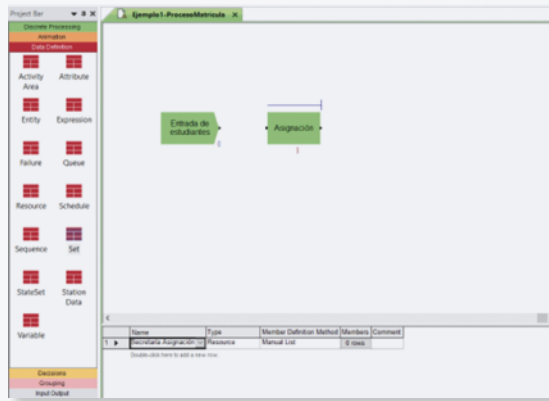
- ▼ Type: Set
- ▼ Set Name: Secretaría Asignación.

Después haga clic en el botón "OK" para cerrar la ventana de recursos y realice otro clic en el botón "OK" para cerrar la ventana de procesos.



## Paso 6

Para crear las tres secretarías que manipulan el proceso de asignación, haga clic en la categoría "Data Definition" del cintillo izquierdo y luego haga clic en "Set" para visualizar las configuraciones de la propia tabla. Posteriormente, en la columna "Members", dé clic en "0 rows" para abrir la ventana de miembros.



## Paso 7

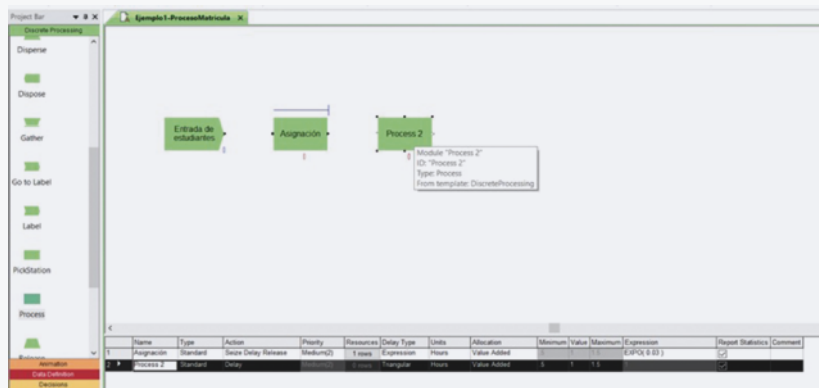
Hacer doble clic en el espacio en blanco de la ventana para crear nuevas filas. Realice lo anterior por tres veces y asigne los nombres "Secretaría A1", "Secretaría A2" y "Secretaría A3" en la columna "Resource Name". Al terminar, cierre la ventana pulsando el ícono "x" que aparece en la esquina superior derecha.

	Member Type	Resource Name
1	Single Element	Secretaría A1
2	Single Element	Secretaría A2
3	Single Element	Secretaría A3

Double-click here to add a new row

## Paso 8

Para simular la validación de los cupos correctamente asignados a los estudiantes, se utilizará el módulo "Process". Para ello, se debe ir a la categoría "Discrete Processing". Posteriormente, haga clic sobre dicho módulo y arrástrelo hacia la zona de trabajo.

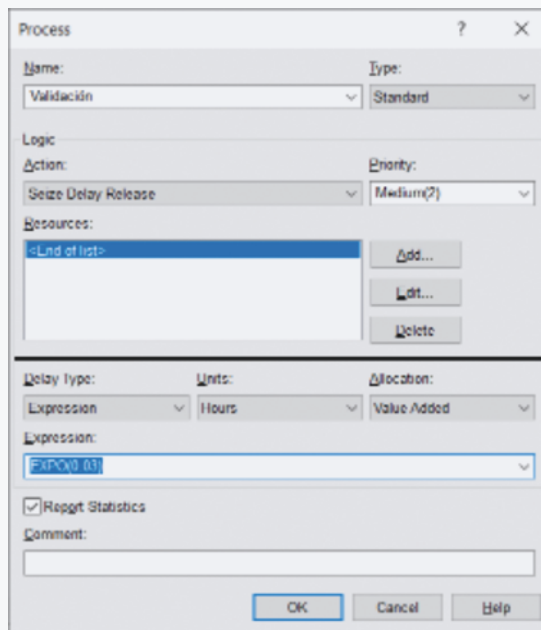


## Paso 9

Módulo que se desea editar y luego se abrirá una ventana de edición. En este caso, se editará el módulo "Process 2".

Teniendo la ventana de edición abierta, modifique los siguientes atributos y cerciórese de que tengan los mismos valores:

- ▼ Name: Validación
- ▼ Action: Seize Delay Release
- ▼ Delay Type: Expression
- ▼ Expression: EXPO(0.03). Esta función permite simular la distribución exponencial al funcionamiento del módulo. Para esto se requiere establecer la media de la distribución que, en este caso es 0.03 (equivalente a 1 hora por cada 30 estudiantes).

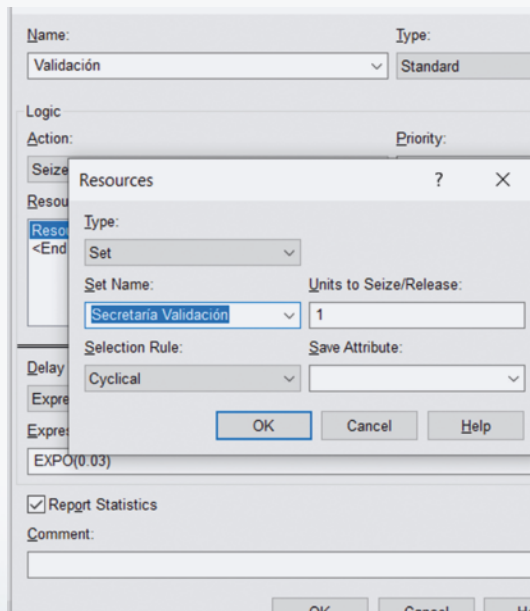


## Paso 10

Para añadir los recursos, haga clic en el botón "Add". Posteriormente cambie los valores de los siguientes atributos:

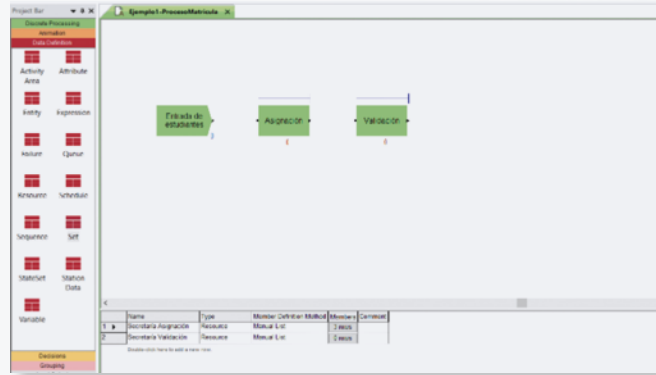
- ▼ Type: Set
- ▼ Set Name: Secretaría Validación.

Después haga clic en el botón "OK" para cerrar la ventana de recursos y realice otro clic en el botón "OK" para cerrar la ventana de procesos.



## Paso 11

En la categoría "Data Definition" del cintillo izquierdo y luego haga clic en "Set" para visualizar las configuraciones de la propia tabla. Posteriormente, en la columna "Members", dé clic en "0 rows" para abrir la ventana de miembros que pertenezca al nombre de "Secretaría Validación".



## Paso 12

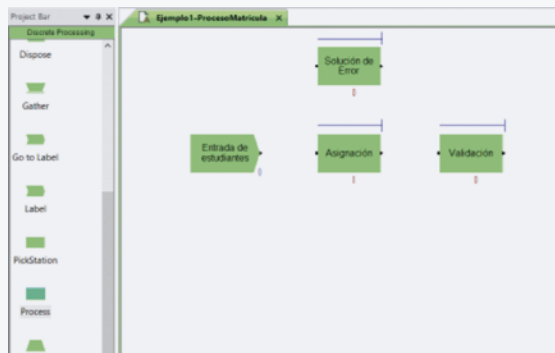
Hacer doble clic en el espacio en blanco de la ventana para crear nuevas filas. Realice lo anterior por tres veces y asigne los nombres "Secretaria V1", "Secretaria V2" y "Secretaria V3" en la columna "Resource Name". Al terminar, cierre la ventana pulsando el ícono "x" que aparece en la esquina superior derecha.

	Member Type	Resource Name
1	Single Element	Secretaria S1
2	Single Element	Secretaria S2
3	Single Element	Secretaria S3

Double-click here to add a new row

## Paso 13

Hacer doble clic en el espacio en blanco de la ventana para crear nuevas filas. Realice lo anterior por tres veces y asigne los nombres "Secretaria V1", "Secretaria V2" y "Secretaria V3" en la columna "Resource Name". Al terminar, cierre la ventana pulsando el ícono "x" que aparece en la esquina superior derecha.



## Paso 14

Para editar algunas configuraciones del propio módulo, haga doble clic sobre el módulo que se desea editar y luego se abrirá una ventana de edición. En este caso, se editará el módulo "Process 3".

Teniendo la ventana de edición abierta, modifique los siguientes atributos y cerciúrese de que tengan los mismos valores:

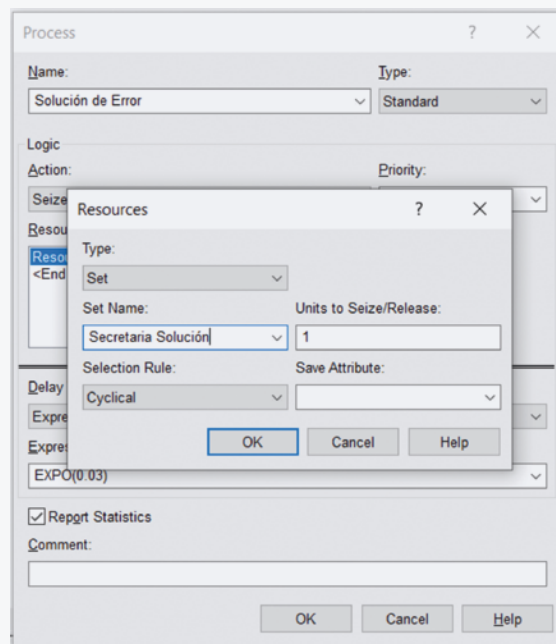
- ▼ Name: Solución de Error
- ▼ Action: Seize Delay Release
- ▼ Delay Type: Expression
- ▼ Expression: EXPO(0.03). Esta función permite simular la distribución exponencial al funcionamiento del módulo. Para esto se requiere establecer la media de la distribución que, en este caso es 0.03 (equivalente a 1 hora por cada 30 estudiantes).

## Paso 15

Para añadir los recursos, haga clic en el botón "Add". Posteriormente cambie los valores de los siguientes atributos:

- ▼ Type: Set
- ▼ Set Name: Secretaria Solución.

Después haga clic en el botón "OK" para cerrar la ventana de



## Paso 16

Para crear las tres secretarías que manipulan la solución de errores, haga clic en la categoría "Data Definition" del cintillo izquierdo y luego haga clic en "Set" para visualizar las configuraciones de la propia tabla. Posteriormente, en la columna "Members", dé clic en "0 rows" para abrir la ventana de miembros que pertenezca al nombre de "Secretaría Solución".

The screenshot shows a software interface with a project bar on the left and a main workspace on the right. The project bar has a 'Data Definition' section with various icons. The main workspace shows a diagram with three green boxes: 'Entrada de estudiantes', 'Asignación', and 'Validación'. Below the diagram is a table with the following data:

Name	Type	Member Definition Method	Members	Comment
1	Secretaría Asignación	Resource	Manual List	3 rows
2	Secretaría Validación	Resource	Manual List	3 rows
3	Secretaría Solución	Resource	Manual List	0 rows

## Paso 17

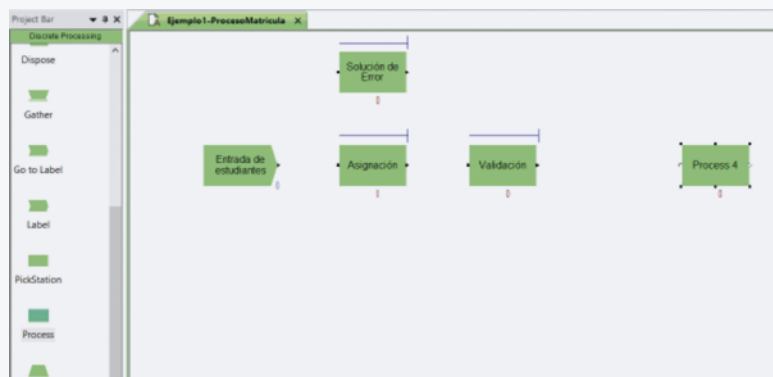
Hacer doble clic en el espacio en blanco de la ventana para crear nuevas filas. Realice lo anterior por tres veces y asigne los nombres "Secretaría S1", "Secretaría S2" y "Secretaría S3" en la columna "Resource Name". Al terminar, cierre la ventana pulsando el ícono "x" que aparece en la esquina superior derecha.

The screenshot shows a 'Members' window with a table containing three rows of data. The table has columns for 'Member Type' and 'Resource Name'. The data is as follows:

Member Type	Resource Name
1	Secretaría S1
2	Secretaría S2
3	Secretaría S3

## Paso 18

Para simular la emisión del comprobante de matrícula, se utilizará el módulo "Process". Para ello, se debe ir a la categoría "Discrete Processing". Posteriormente, haga clic sobre dicho módulo y arrástrelo hacia la zona de trabajo.



## Paso 19

Para editar algunas configuraciones del propio módulo, haga doble clic sobre el módulo que se desea editar y luego se abrirá una ventana de edición. En este caso, se editará el módulo "Process 4".

Teniendo la ventana de edición abierta, modifique los siguientes atributos y cerciórese de que tengan los mismos valores:

- ▼ Name: Imprimir Boleta
- ▼ Action: Seize Delay Release
- ▼ Delay Type: Expression
- ▼ Expression: EXPO(0.03). Esta función permite simular la distribución exponencial al funcionamiento del módulo. Para esto se requiere establecer la media de la distribución que, en este caso es 0.03 (equivalente a 1 hora por cada 30 estudiantes).

## Paso 20

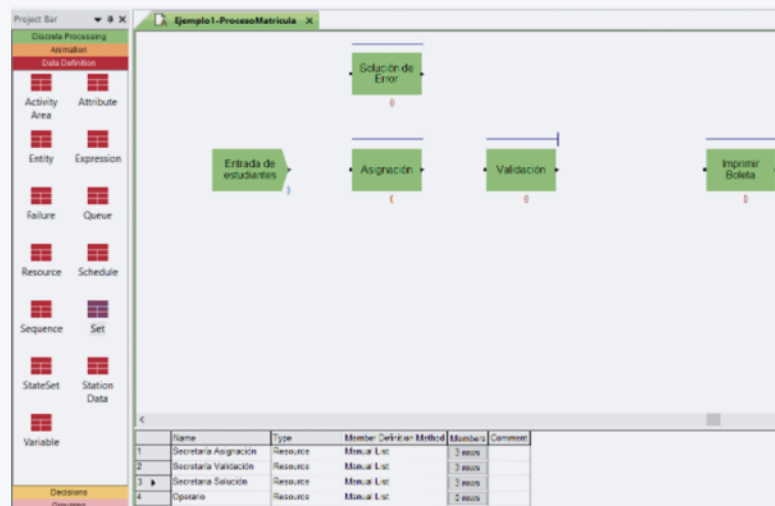
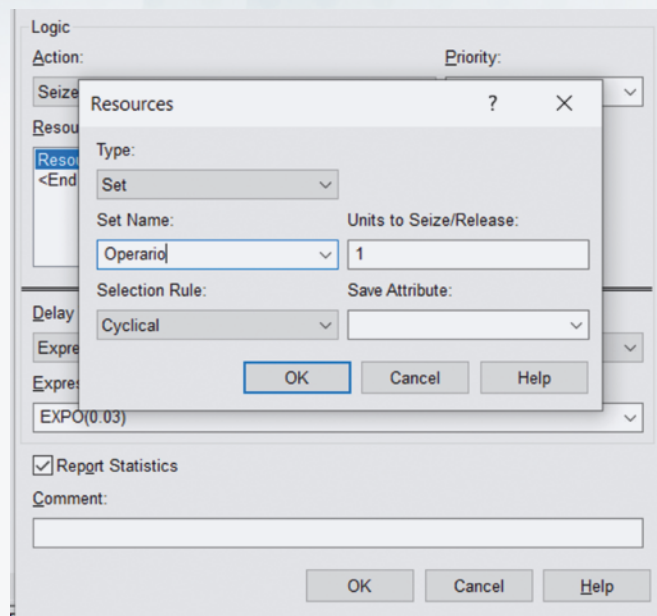
Para añadir los recursos, haga clic en el botón "Add". Posteriormente cambie los valores de los siguientes atributos:

- ▼ Type: Set
- ▼ Set Name: Operario.

Después haga clic en el botón "OK" para cerrar la ventana de recursos y realice otro clic en el botón "OK" para cerrar la ventana de procesos.

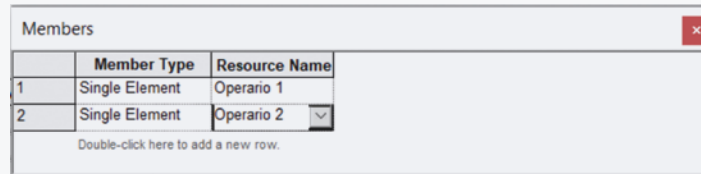
## Paso 21

Para crear las tres secretarías que manipulan la solución de errores, haga clic en la categoría "Data Definition" del cintillo izquierdo y luego haga clic en "Set" para visualizar las configuraciones de la propia tabla. Posteriormente, en la columna "Members", dé clic en "0 rows" para abrir la ventana de miembros que pertenezca al nombre de



## Paso 22

Hacer doble clic en el espacio en blanco de la ventana para crear nuevas filas. Realice lo anterior por tres veces y asigne los nombres "Operario 1" y "Operario 2" en la columna "Resource Name". Al terminar, cierre la ventana pulsando el ícono "x" que aparece en la esquina superior derecha.

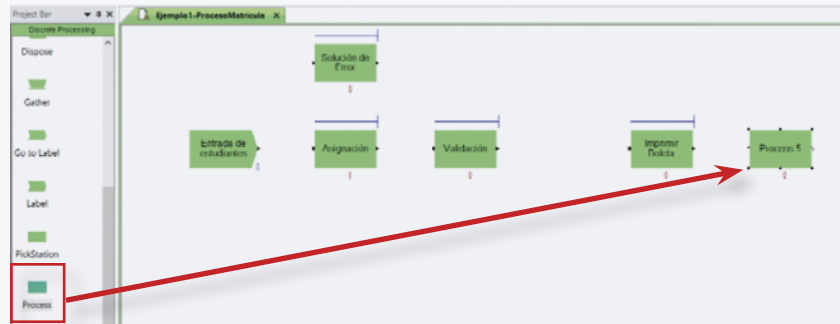


	Member Type	Resource Name
1	Single Element	Operario 1
2	Single Element	Operario 2

Double-click here to add a new row.

## Paso 23

Para simular el proceso llenado y depósito de encuesta realizados por los estudiantes, se utilizará el módulo "Process". Para ello, se debe ir a la categoría "Discrete Processing". Posteriormente, haga clic sobre dicho módulo y arrástrelo hacia la zona de trabajo.



## Paso 24

Para editar algunas configuraciones del propio módulo, haga doble clic sobre el módulo que se desea editar y luego se abrirá una venta de edición. En este caso, se editará el módulo "Process 5".

Teniendo la venta de edición abierta, modifique los siguientes atributos y cerciúrese de que tengan los mismos valores:

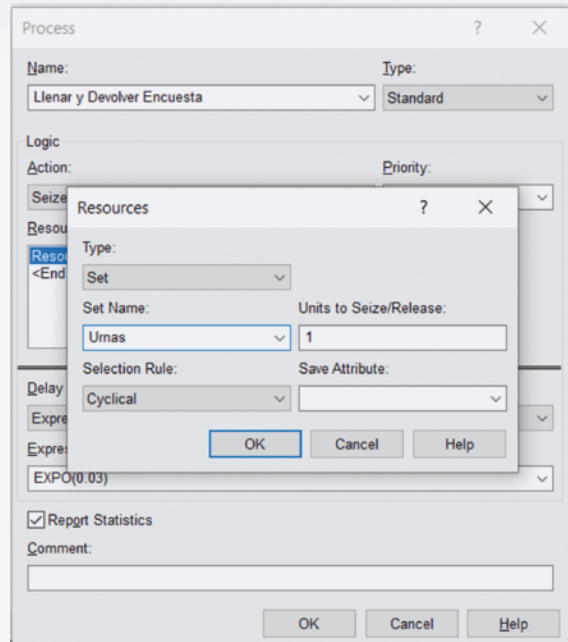
- ▼ Name: Llenar y Devolver Encuesta
- ▼ Action: Seize Delay Release
- ▼ Delay Type: Expression
- ▼ Expression: EXPO(0.03). Esta función permite simular la distribución exponencial al funcionamiento del módulo. Para esto se requiere establecer la media de la distribución que, en este caso es 0.03 (equivalente a 1 hora por cada 30 estudiantes).

## Paso 25

Para añadir los recursos, haga clic en el botón "Add". Posteriormente cambie los valores de los siguientes atributos:

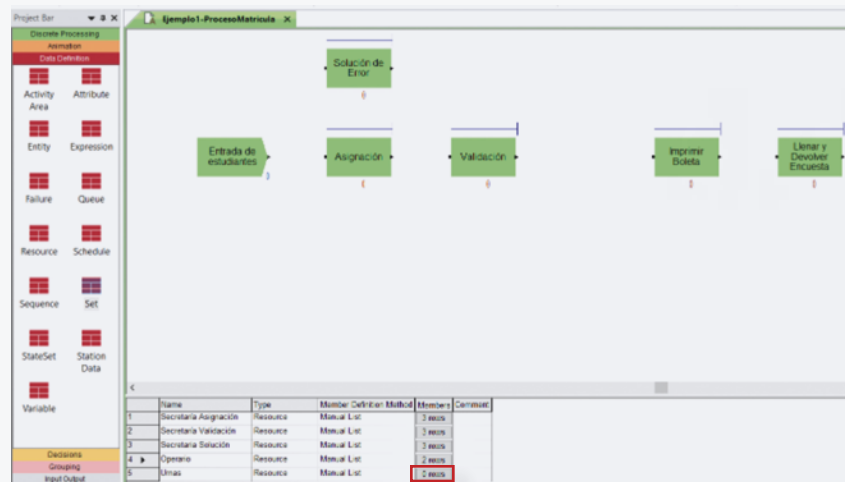
- ▼ Type: Set
- ▼ Set Name: Urnas

Después haga clic en el botón "OK" para cerrar la ventana de recursos y realice otro clic en el botón "OK" para cerrar la ventana



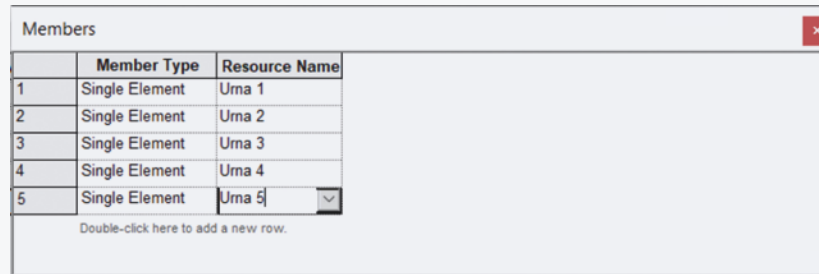
## Paso 26

Para crear las tres secretarías que manipulan la solución de errores, haga clic en la categoría "Data Definition" del cintillo izquierdo y luego haga clic en "Set" para visualizar las configuraciones de la propia tabla. Posteriormente, en la columna "Members", dé clic en "0 rows" para abrir la ventana de miembros que pertenezca al nombre de "Urnas".



## Paso 27

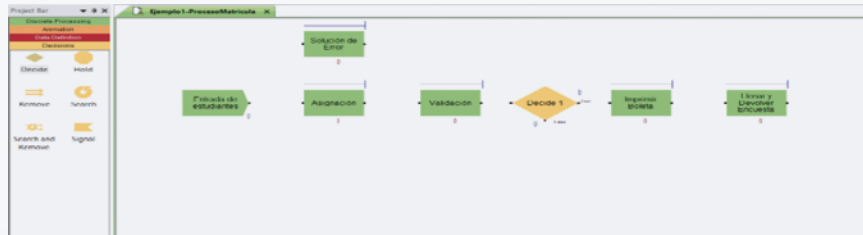
Hacer doble clic en el espacio en blanco de la ventana para crear nuevas filas. Realice lo anterior por tres veces y asigne los nombres "Urna 1", "Urna 2", "Urna 3", "Urna 4" y "Urna 5" en la columna "Resource Name". Al terminar, cierre la ventana pulsando el ícono "x" que aparece en la esquina superior derecha.



	Member Type	Resource Name
1	Single Element	Urna 1
2	Single Element	Urna 2
3	Single Element	Urna 3
4	Single Element	Urna 4
5	Single Element	Urna 5

## Paso 28

Para simular los posibles errores que se pueden dar en el momento de matrícula, se utilizará el módulo "Decide". Para ello, se debe ir a la categoría "Decisions". Posteriormente, haga clic sobre dicho módulo y arrástrelo hacia la zona de trabajo.

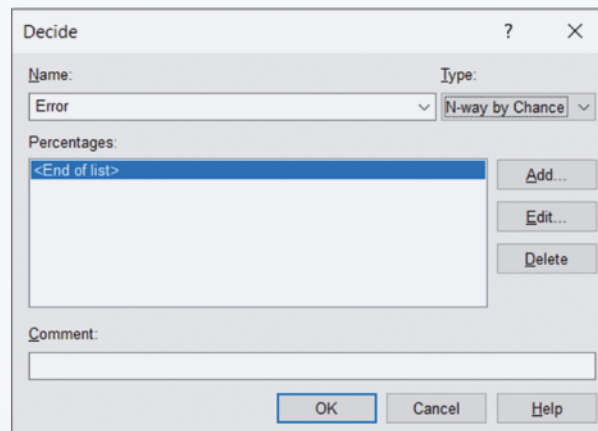


## Paso 29

Para editar algunas configuraciones del propio módulo, haga doble clic sobre el módulo que se desea editar y luego se abrirá una venta de edición. En este caso, se editará el módulo "Decide 1".

Teniendo la venta de edición abierta, modifique los siguientes atributos y cerciórese de que tengan los mismos valores:

- ▼ Name: Error
- ▼ Type: N-way by Chance



Decide

Name: Error Type: N-way by Chance

Percentages:

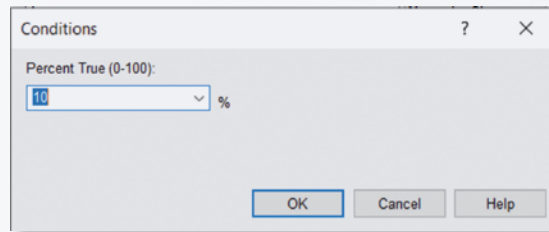
- <End of list>

Comment:

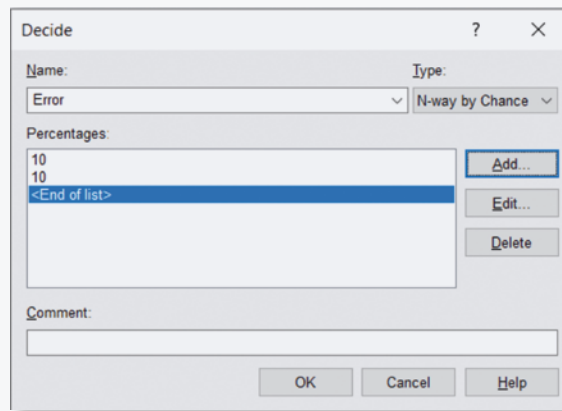
OK Cancel Help

## Paso 30

Para añadir los porcentajes, haga clic en el botón "Add". Posteriormente, escriba "10" en la caja de texto que dice "Percent True (0-100)". Después haga clic en el botón "OK" para cerrar la ventana.

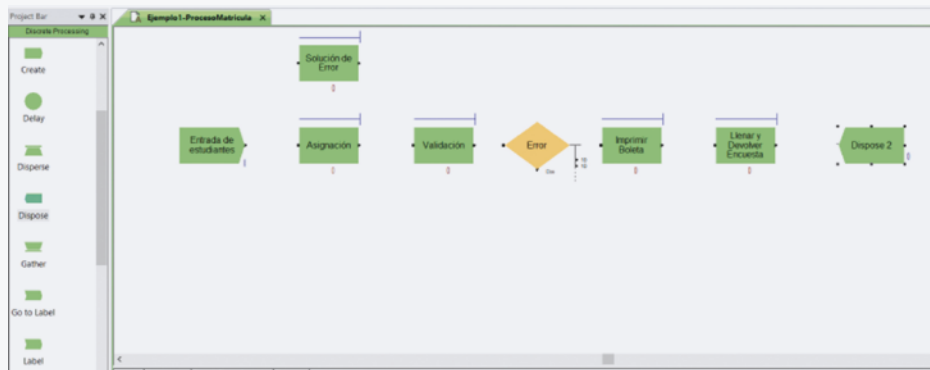


Repita este mismo paso para añadir el otro 10% de errores. Al final deberá obtener lo siguiente:



## Paso 31

Para simular la etapa final del proceso de matrícula, se utilizará el módulo "Dispose". Para ello, se debe ir a la categoría "Discrete Processing". Posteriormente, haga clic sobre dicho módulo y arrástrelo hacia la zona de trabajo.



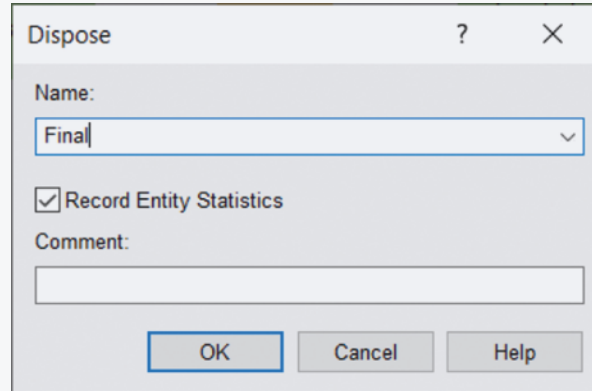
## Paso 32

Para editar algunas configuraciones del propio módulo, haga doble clic sobre el módulo que se desea editar y luego se abrirá una ventana de edición. En este caso, se editará el módulo "Dispose 2".

Teniendo la ventana de edición abierta, modifique los siguientes atributos y cerciórese de que tengan los mismos valores:

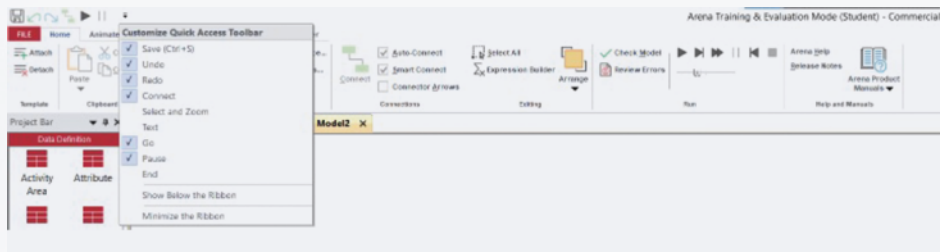
- ▼ Name: Final

Al terminar, cierre la ventana

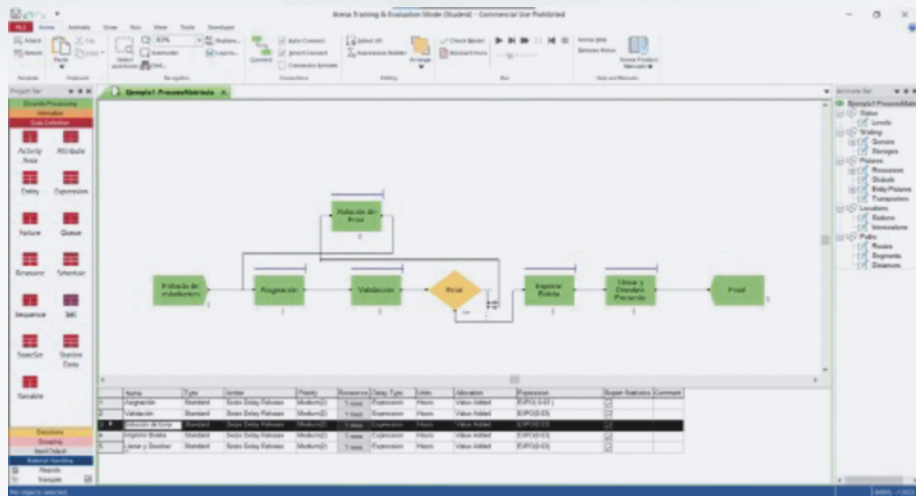


## Paso 33

Arena ofrece una herramienta conocida como "Connect" la cual sirve para unir los distintos módulos y establecer comunicaciones entre ellas. Esta herramienta se encuentra en la barra superior bajo la pestaña "Home". También a comodidad de los usuarios, se puede activar esta opción en la barra de acceso rápido que está situado al borde superior.



Haga doble clic sobre la herramienta "Connect" y sitúe el cursor sobre los puntos negros que aparecen en los extremos de los módulos. De esta manera podrá establecer una conexión a partir de un punto de partida hasta un punto de finalización. Al final, deberá obtener lo siguiente:



# 6

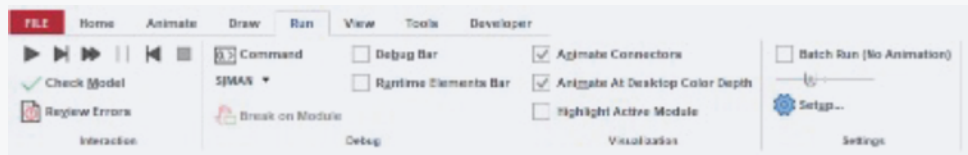
## Ejecución del Modelo



Antes de la simulación, se debe configurar algunos parámetros referentes al propio sistema, como por ejemplo el tiempo de ejecución.

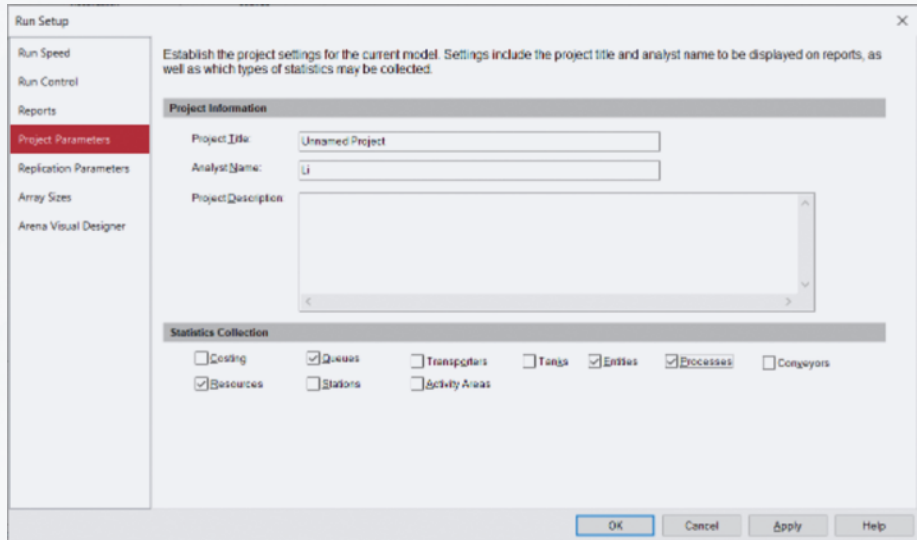
### Paso 1

En la barra horizontal superior, realice clic sobre la pestaña "Run" y luego haga clic sobre la herramienta "Setup".



### Paso 2

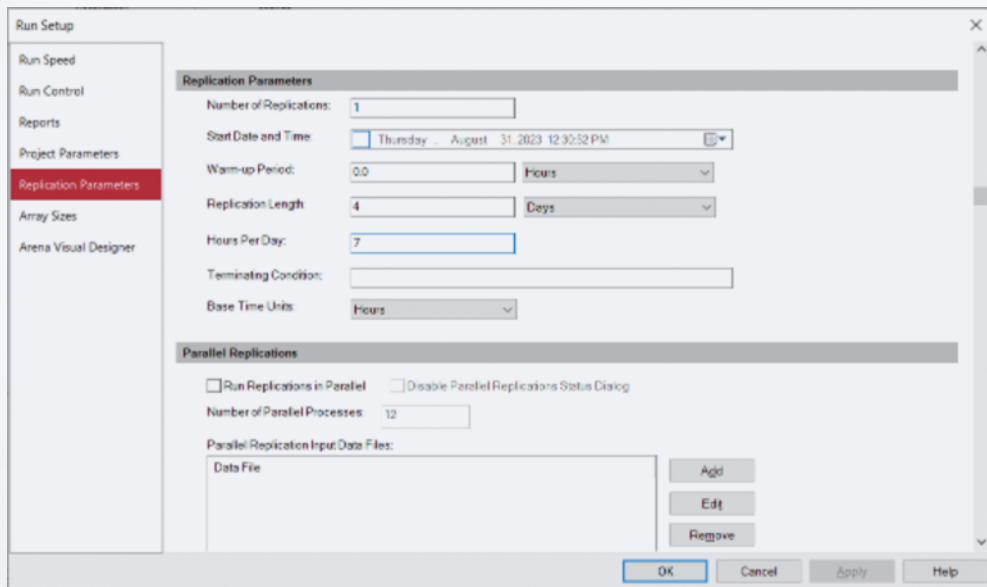
Teniendo la ventana de configuración abierta, realice clic en el apartado "Project Parameters" y luego active las casillas que se muestra a continuación:



**Paso 3** Luego, realice clic sobre la sección "Replication Parameters" y modifique los siguientes parámetros:

- ▶ Replication Length: 4
- ▶ Unidad de tiempo del Replication Length: Days
- ▶ Hours Per Day: 7

Al finalizar, realice clic sobre el botón "Apply" para guardar los cambios.



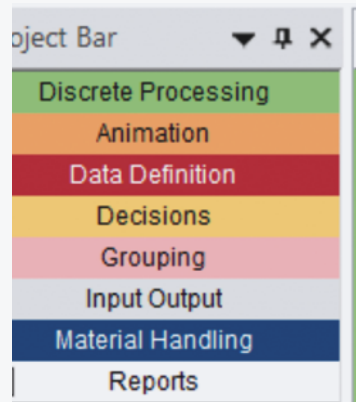
# 7

## Estadísticas



Una vez que la simulación ha concluido, el simulador Arena genera una serie de informes que destacan los hallazgos más significativos del modelo. Para acceder a estos resultados, basta con hacer clic en la sección "Reports" en la barra lateral izquierda y, luego, seleccionar "Model Statistics". Al finalizar este proceso, se abrirá un archivo en formato Excel que contiene el informe de los resultados.

Esta metodología tiene una ventaja significativa, ya que permite la importación directa de los datos a Excel, lo que facilita la realización de análisis y la creación de gráficos con los resultados.



Para el propósito del análisis, se presentarán únicamente los resultados más relevantes.

Nombre	Type	Source	Average Of Replication Averages	Observed/Requested	Half-Width	StDev Of Replication Averages	Minimum Replication Average
Asignación	Total Time P Process		0.265326889	Yes	Correlated	0	0.265326889
	VA Time Per Process		0.029358565	Yes	0.00171605	0	0.029358565
	Wait Time P Process		0.235968324	Yes	Correlated	0	0.235968324
Asignación.Queue	Waiting Time Queue		0.237529401	Yes	Correlated	0	0.237529401
	NVA Time Entity		0	Yes	0	0	0
Estudiantes	Other Time Entity		0	Yes	0	0	0
	Total Time Entity		0.541507516	Yes	Correlated	0	0.541507516
	Transfer Tim Entity		0	Yes	0	0	0
Imprimir Boleta	VA Time Entity		0.137879817	Yes	0.007876773	0	0.137879817
	Wait Time Entity		0.403627699	Yes	Correlated	0	0.403627699
	Total Time P Process		0.109488416	Yes	Correlated	0	0.109488416
Imprimir Boleta.Queue	VA Time Per Process		0.028370395	Yes	0.001632813	0	0.028370395
	Wait Time P Process		0.081118022	Yes	Correlated	0	0.081118022
Llenar y Devolver Encuesta	Waiting Time Queue		0.08111032	Yes	Correlated	0	0.08111032
	Total Time P Process		0.03147274	Yes	0.002185328	0	0.03147274
Llenar y Devolver Encuesta.Queue	VA Time Per Process		0.031190577	Yes	0.002145846	0	0.031190577
	Wait Time P Process		0.000282163	Yes	Correlated	0	0.000282163
Solución de Error	Waiting Time Queue		0.000282163	Yes	0.000263772	0	0.000282163
	Total Time P Process		0.030535263	Yes	Insufficient	0	0.030535263
	VA Time Per Process		0.030464938	Yes	Insufficient	0	0.030464938
Solución de Error.Queue	Wait Time P Process		7.03249E-05	Yes	Insufficient	0	7.03249E-05
	Waiting Time Queue		7.00391E-05	Yes	Insufficient	0	7.00391E-05
Validación	Total Time P Process		0.067853171	Yes	0.014029903	0	0.067853171
	VA Time Per Process		0.029106368	Yes	0.001511228	0	0.029106368
Validación.Queue	Wait Time P Process		0.038746803	Yes	0.013656982	0	0.038746803
	Waiting Time Queue		0.038716027	Yes	0.01375084	0	0.038716027

Name	Type	Source	Average Of Replication Averages
Asignación.Queue	Number Wa Queue		10.92628903
Imprimir Boleta.Queue	Number Wa Queue		2.919942699
Llenar y Devolver Encuesta.Queue	Number Wa Queue		0.010077263
Solución de Error.Queue	Number Wa Queue		0.000615343
Validación.Queue	Number Wa Queue		1.740838515

Name	Type	Source	Average Across Replications
System.NumberOut	Number Ou System		1000
Asignación Number In	Number In Process		1309
Asignación Number Out	Number Ou Process		1259
Estudiantes.NumberIn	Number In Entity		1064
Estudiantes.NumberOut	Number Ou Entity		1000
Imprimir Boleta Number In	Number In Process		1012
Imprimir Boleta Number Out	Number Ou Process		1000
Llenar y Devolver Encuesta Number In	Number In Process		1000
Llenar y Devolver Encuesta Number Out	Number Ou Process		1000
Solución de Error Number In	Number In Process		246
Solución de Error Number Out	Number Ou Process		245
Validación Number In	Number In Process		1259
Validación Number Out	Number Ou Process		1258



## CONCLUSIONES



La primera tabla de resultados nos proporciona información valiosa sobre el tiempo de espera promedio en las distintas colas del proceso de matrícula. Destaca que la cola de "Asignación" tiene el tiempo de espera más prolongado, con una duración de 0.23 horas. Esta cola se convierte en la más extensa debido a que el flujo de estudiantes supera la capacidad de atención de las secretarías. En segundo lugar, encontramos la cola de "Imprimir Boleta" con un tiempo de espera de 0.08 horas, y finalmente, la cola de "Validación" con 0.03 horas de espera. Cabe destacar que la etapa "Asignación" es lo que limita al flujo normal de los estudiantes hacia las otras etapas. Otro aspecto interesante que se evidencia es cómo la disminución en la cantidad de trabajadores por etapa tiene un impacto significativo en el tiempo de espera. Esta relación entre la cantidad de personal y los tiempos de espera es un factor crucial que debe ser considerado para optimizar el proceso y reducir las demoras.

La segunda tabla muestra la cantidad de estudiantes que permanecieron en cola en cada etapa del proceso. Estos números reflejan la acumulación de estudiantes en espera, y coincide con la observación previa de que la cola de "Asignación" alberga la mayor cantidad de estudiantes en espera. Esto subraya la importancia de gestionar

eficazmente esta etapa para minimizar las demoras y proporcionar una experiencia de matrícula más ágil.

La última tabla presenta estadísticas fundamentales sobre el proceso de matrícula a lo largo de los 4 días laborales simulados. Se registraron 1064 estudiantes que ingresaron al proceso de matrícula, mientras que 1000 estudiantes lograron completar todo el proceso. La diferencia de 64 estudiantes entre estos números puede explicarse por el hecho de que, en la simulación, algunos estudiantes pudieron haber sido atendidos fuera del horario laboral establecido; es decir, que aún no han culminado con el proceso de matrícula cuando se acabó el tiempo de la simulación.

Es importante destacar que la etapa de "Asignación" atendió a la mayor cantidad de estudiantes, lo que concuerda con la observación de que esta etapa tiene el tiempo de espera más largo. La diferencia de 300 estudiantes adicionales en comparación con el número de estudiantes que ingresaron se debe a que un estudiante puede cometer uno o varios errores al matricularse, lo que los obliga a repetir el proceso desde el principio.



## RECOMENDACIONES



Basándonos en los resultados y análisis de la simulación del proceso de matrícula, se derivan las siguientes recomendaciones para mejorar la eficiencia y la calidad de la experiencia para los estudiantes:

- ▼ Evaluar la posibilidad de asignar personal adicional durante las horas pico para reducir los tiempos de espera. Esto podría incluir la contratación temporal de personal o la redistribución de tareas entre los trabajadores existentes.
- ▼ Implementar estrategias para agilizar el proceso del cuello de botella, como por ejemplo: mejorar los procedimientos de asignación, la automatización de ciertas tareas o la implementación de sistemas de gestión de colas para distribuir a los estudiantes de manera más equitativa.

- ▼ Ofrecer programas de capacitación para el personal encargado de la solución de errores para acelerar la corrección de problemas y reducir el número de estudiantes que deben repetir el proceso.
- ▼ Considerar la posibilidad de establecer un último tiempo permitido para matricular, especialmente durante los períodos de alta demanda con la

10

## FUENTE



Norberto Amézquita. Simulación de Colas con Arena 14.50. (21 de diciembre de 2013). [Video en línea]. Disponible: <https://www.youtube.com/watch?v=aUHxSMEJYps>

# Modelo 9:

## Atención de Clientes en un Negocio

1

### Planteamiento del Problema PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



Se desea analizar el servicio prestado a los clientes de un establecimiento comercial. Para este análisis tomaremos en cuenta que el número de clientes por atender es 65. El comercio tiene 4 cajas, una para pagos con tarjeta de crédito y tres para pagos en efectivo. Una de las cajas de pago en efectivo es para compras rápidas, se considera una compra rápida cuando el importe es menor de 100 dólares; las otras dos son para ventas mayores o iguales a 100 dólares. Las compras de los clientes están distribuidas uniformemente entre 20 y 300 dólares. Los clientes suelen llegar a la zona de cajas con una frecuencia exponencial con media de 1 minuto. La atención en las cajas corresponde a una uniforme de entre 1 a 3 minutos. Los clientes que pagan con efectivo, y no les corresponde la caja rápida, escogen la caja que tiene menor cola.

2

### Planteamiento del Problema Objetivos



#### Objetivo general

Analizar el servicio de atención al cliente en el comercio, considerando factores como el número de clientes, la asignación de los clientes a las cajas que les corresponde, la llegada de los clientes y la duración de la atención en las cajas.

#### Objetivo específico

- ▼ Modelar el flujo de clientes en zona de cajas y su comportamiento.
- ▼ Evaluar el tiempo promedio de espera de los clientes, el tiempo promedio de servicio en las cajas y su utilización.
- ▼ Simular la asignación de clientes a las cajas según le corresponda.
- ▼ Identificar áreas de oportunidad para mejorar el servicio de atención, basándose en los resultados de la simulación.

### 3

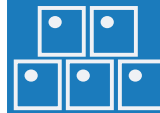
## Planteamiento del Problema Hipótesis Dinámica



Dado el escenario descrito en el establecimiento comercial, se plantea la hipótesis de que la elección de cajas por parte de los clientes, junto con la variabilidad en los tiempos de atención en cada caja, tendrá un impacto significativo en el tiempo promedio de espera de los clientes y en la eficiencia del servicio prestado. Se espera que la distribución uniforme de compras de los clientes (entre 20 y 300 dólares) tenga un efecto en la duración de la atención en las cajas, ya que las compras más grandes podrían requerir más tiempo para procesarse en comparación con las compras más pequeñas. Además, la existencia de una caja rápida para compras menores de 100 dólares podría influir en la distribución de clientes entre las diferentes cajas y afectar el tiempo de espera. La hipótesis también sugiere que, dado que los clientes llegan a la zona de cajas con una frecuencia exponencial (media de 1 minuto), a medida que aumenta la tasa de llegada de clientes, la cola de espera en cada caja se volverá más larga, lo que resultará en tiempos de espera más prolongados.

### 4

## Componentes



### Entidades

- ▼ Bloque Create – Clientes
- ▼ Bloque Assign – Datos
- ▼ Bloque Decide – Fila correspondiente
- ▼ Bloque Process – Caja tarjeta
- ▼ Bloque Process – Caja rápida
- ▼ Bloque Process – Caja 1
- ▼ Bloque Process – Caja 2
- ▼ Bloque Dispose – Salida tarjeta
- ▼ Bloque Dispose – Salida rápida

- ▼ Bloque Dispose – Salida 1
- ▼ Bloque Dispose – Salida 2

### Evento

- ▼ Llegada de los clientes a la zona de cajas.

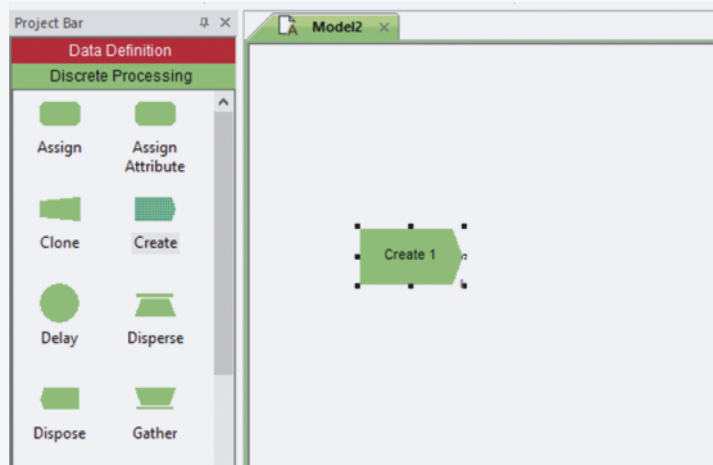
# 5

## Planteamiento del Problema Construcción del Modelo



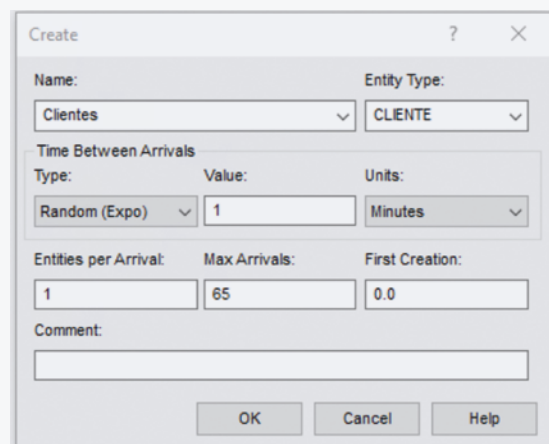
### Paso 1

Creamos un archivo en el Simulador Arena e insertamos un Create, ubicado en la pestaña Discrete Processing.



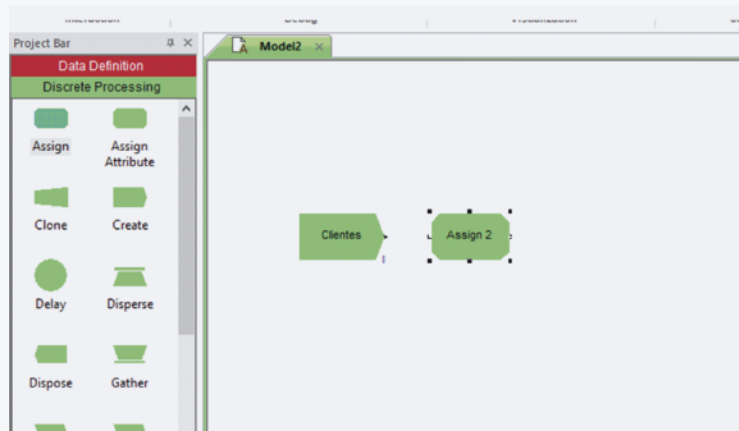
### Paso 2

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Clientes, en la casilla para el tipo de entidad ponemos CLIENTE, en la casilla de unidades ponemos minutos y en la casilla para el máximo de llegadas ponemos 65. Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



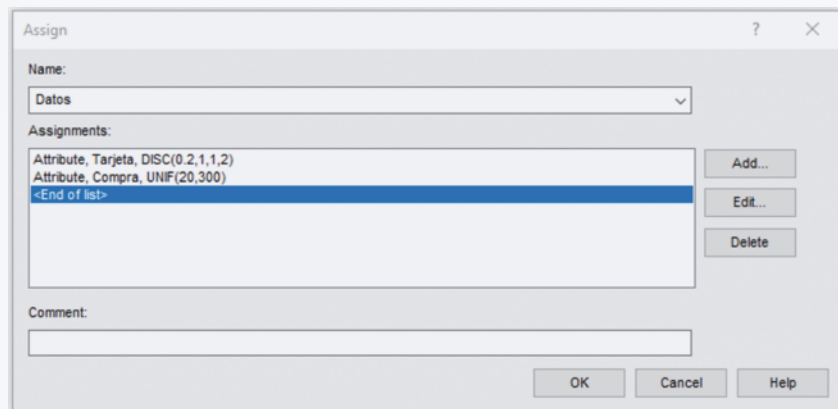
## Paso 3

Agregamos un Assign, ubicado en la pestaña Discrete Processing, a la derecha de Clientes.



## Paso 4

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Datos, pulsamos Add... para añadir una asignación (esto abrirá otra ventana, en la casilla para el tipo escogemos Attribute, en la casilla para el nombre de la asignación colocamos Tarjeta, en la casilla para el nuevo valor colocamos DISC(0.2,1,1,2) y pulsamos Ok), volvemos a pulsar Add... para añadir otra asignación (en la casilla para el tipo escogemos Attribute, en la casilla para el nombre de la asignación colocamos Compra, en la casilla para el nuevo valor colocamos UNIF(20,300) y pulsamos Ok) y, por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



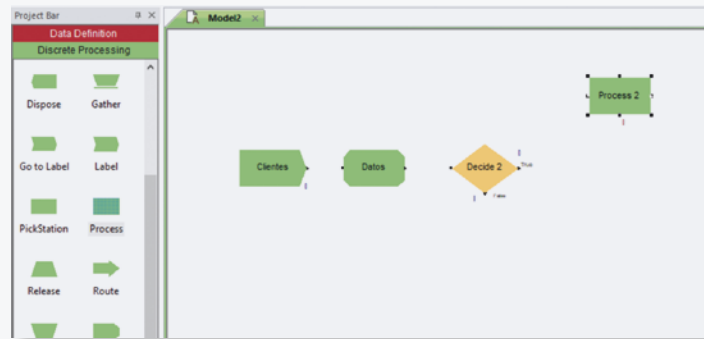
## Paso 5

Agregamos un rombo de decisión, ubicado en la pestaña Decisions, a la derecha de Datos.



## Paso 6

Agregamos un Process, ubicado en la pestaña Discrete Processing, al lado derecho del rombo de decisión.



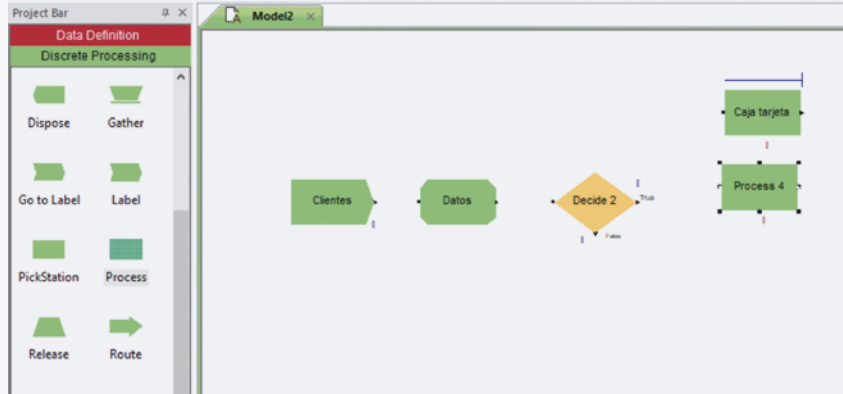
## Paso 7

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Caja tarjeta, en la casilla para la acción seleccionamos Seize Delay Release, pulsamos Add... para añadir un recurso (esto abrirá otra ventana, en la casilla para el nombre del recurso ponemos Cajero tarjeta y pulsamos Ok), en la casilla para el tipo de retraso escogemos Uniforme, en la casilla de unidades ponemos minutos, en la casilla para el mínimo colocamos 1 y en la casilla para el máximo colocamos 3. Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

The screenshot shows the 'Process' configuration dialog box. The 'Name' field is set to 'Caja tarjeta' and the 'Type' is 'Standard'. The 'Logic' section shows 'Action' set to 'Seize Delay Release' and 'Priority' set to 'Medium(2)'. The 'Resources' list contains 'Resource, Cajero tarjeta, 1' and '<End of list>'. The 'Delay Type' is 'Uniform', 'Units' is 'Minutes', and 'Allocation' is 'Value Added'. The 'Minimum' value is 1 and the 'Maximum' value is 3. The 'Report Statistics' checkbox is checked. The 'Comment' field is empty. The 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons are at the bottom.

## Paso 8

Agregamos un Process, ubicado en la pestaña Discrete Processing, debajo de Caja tarjeta.



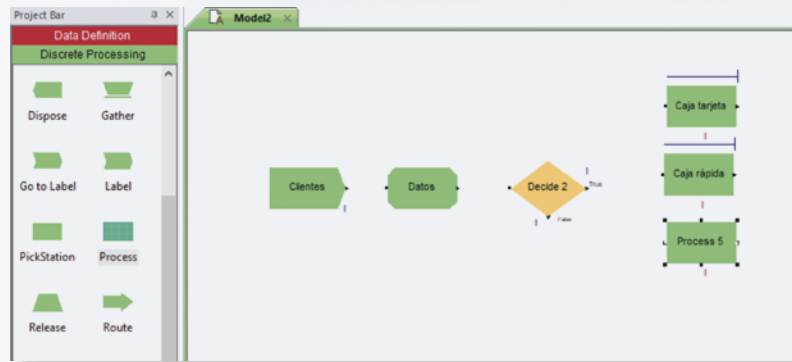
## Paso 9

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Caja rápida, en la casilla para la acción seleccionamos Seize Delay Release, pulsamos Add... para añadir un recurso (esto abrirá otra ventana, en la casilla para el nombre del recurso ponemos Cajero rápida y pulsamos Ok), en la casilla para el tipo de retraso escogemos Uniforme, en la casilla de unidades ponemos minutos, en la casilla para el mínimo colocamos 1 y en la casilla para el máximo colocamos 3. Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

The screenshot shows the 'Process' configuration dialog box. The 'Name' field is set to 'Caja rápida' and the 'Type' is 'Standard'. Under 'Logic', the 'Action' is 'Seize Delay Release' and the 'Priority' is 'Medium(2)'. The 'Resources' section shows a list with 'Resource, Cajero rápida, 1' and '<End of list>'. Below this, the 'Delay Type' is 'Uniform', 'Units' is 'Minutes', and 'Allocation' is 'Value Added'. The 'Minimum' value is 1 and the 'Maximum' value is 3. The 'Report Statistics' checkbox is checked. The 'Comment' field is empty. At the bottom, there are 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons.

## Paso 10

Agregamos un Process, ubicado en la pestaña Discrete Processing, debajo de Caja



## Paso 11

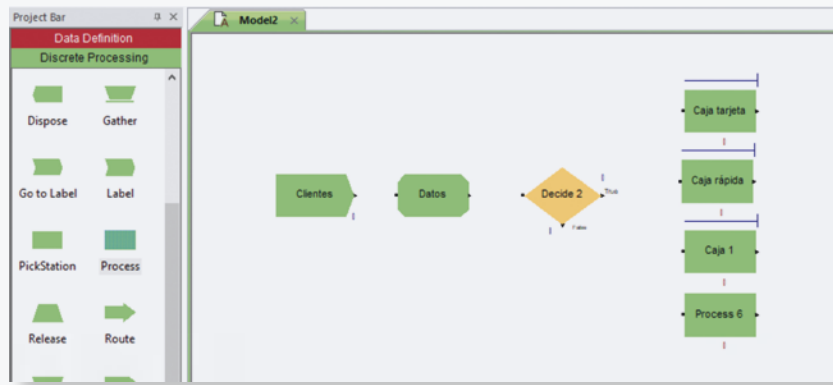
Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Caja 1, en la casilla para la acción seleccionamos Seize Delay Release, pulsamos Add... para añadir un recurso (esto abrirá otra ventana, en la casilla para el nombre del recurso ponemos Cajero 1 y pulsamos Ok), en la casilla para el tipo de retraso escogemos Uniforme, en la casilla de unidades ponemos minutos, en la casilla para el mínimo colocamos 1 y en la casilla para el máximo colocamos 3. Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

The screenshot shows the 'Process' dialog box with the following settings:

- Name: Caja 1
- Type: Standard
- Logic: Action: Seize Delay Release, Priority: Medium(2)
- Resources: Resource, Cajero 1, 1
- Delay Type: Uniform
- Units: Minutes
- Allocation: Value Added
- Minimum: 1
- Maximum: 3
- Report Statistics:
- Comment: (empty)

## Paso 12

Agregamos un Process, ubicado en la pestaña Discrete Processing, debajo de Caja 1.

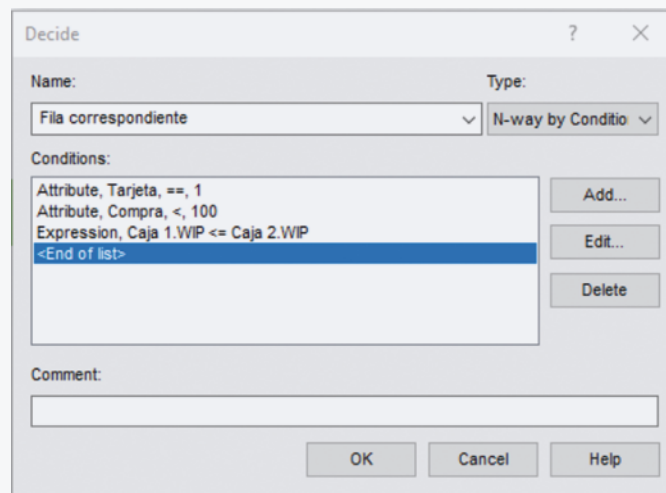


## Paso 13

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Caja 2, en la casilla para la acción seleccionamos Seize Delay Release, pulsamos Add... para añadir un recurso (esto abrirá otra ventana, en la casilla para el nombre del recurso ponemos Cajero 2 y pulsamos Ok), en la casilla para el tipo de retraso escogemos Uniforme, en la casilla de unidades ponemos minutos, en la casilla para el mínimo colocamos 1 y en la casilla para el máximo colocamos 3. Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

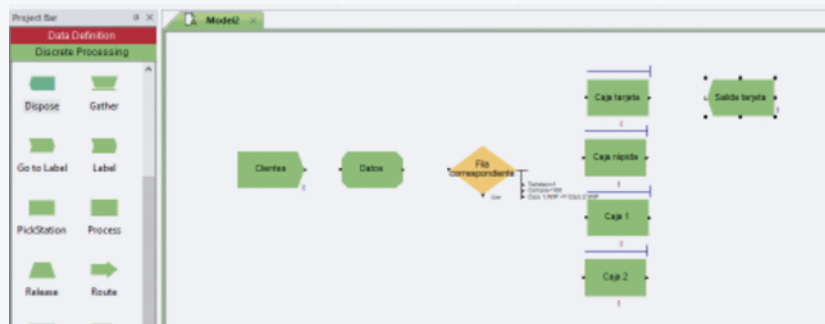
## Paso 14

Hacemos doble clic en Decide 2 para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Fila correspondiente, en la casilla para el tipo seleccionamos N-way by Condition, pulsamos Add... para añadir una condición (esto abrirá otra ventana, en la casilla de If escogemos Attribute, en la casilla del nombre escogemos Tarjeta, en la casilla de Is escogemos == y pulsamos Ok), volvemos a pulsar Add... para añadir otra condición (en la casilla de If escogemos Attribute, en la casilla del nombre escogemos Compra, en la casilla de Is escogemos <, en la casilla para el valor colocamos 100 y pulsamos Ok), volvemos a pulsar Add... para añadir otra condición (en la casilla If seleccionamos Expression, en la casilla para el valor ponemos Caja 1.WIP <= Caja 2.WIP y pulsamos Ok). Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



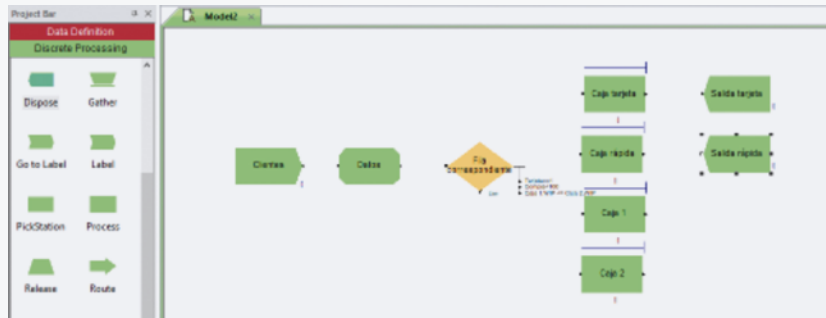
## Paso 15

Agregamos un Dispose, ubicado en la pestaña Discrete Processing, a la derecha de Caja tarjeta. Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Salida tarjeta y pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



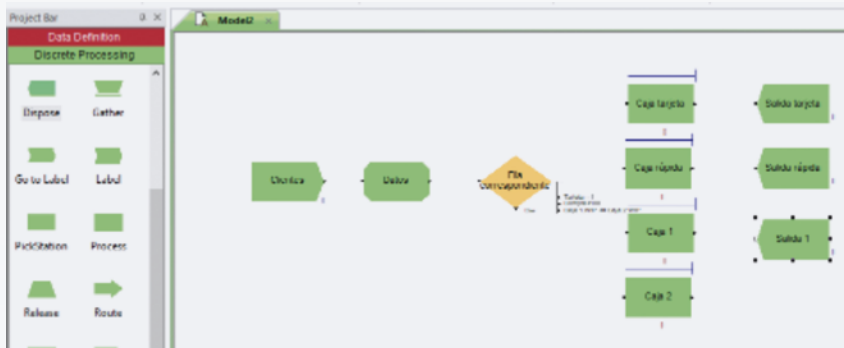
## Paso 16

Agregamos un Dispose, ubicado en la pestaña Discrete Processing, a la derecha de Caja rápida. Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Salida rápida y pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



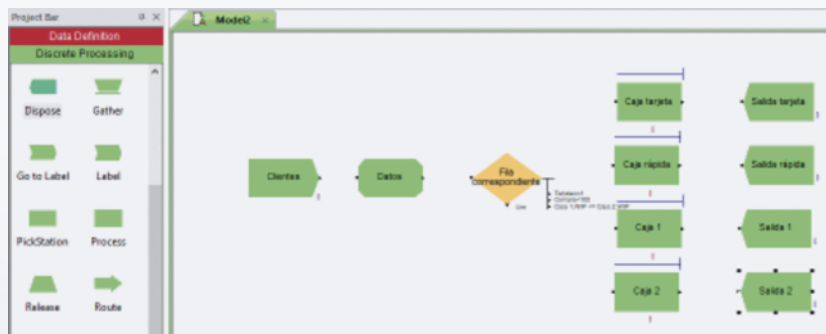
## Paso 17

Agregamos un Dispose, ubicado en la pestaña Discrete Processing, a la derecha de Caja 1. Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Salida 1 y pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



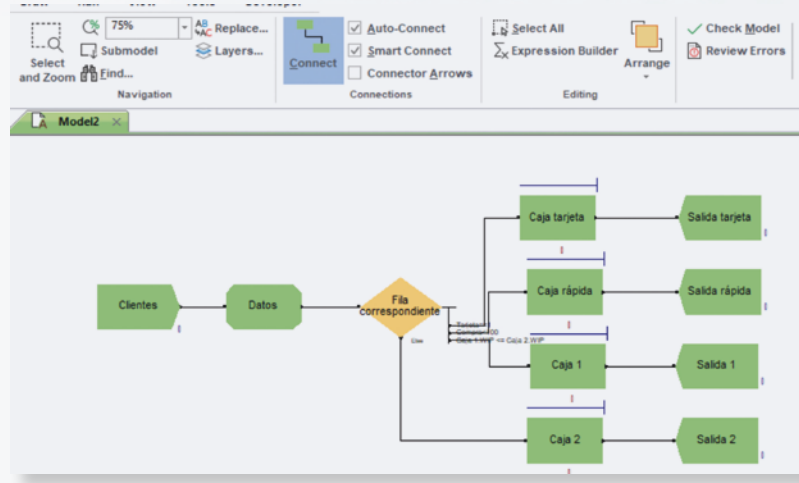
## Paso 18

Agregamos un Dispose, ubicado en la pestaña Discrete Processing, a la derecha de Caja 2. Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Salida 2 y pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



## Paso 19

Hacemos doble clic en el botón Connect y enlazamos los elementos como se muestra a continuación.



## Paso 20

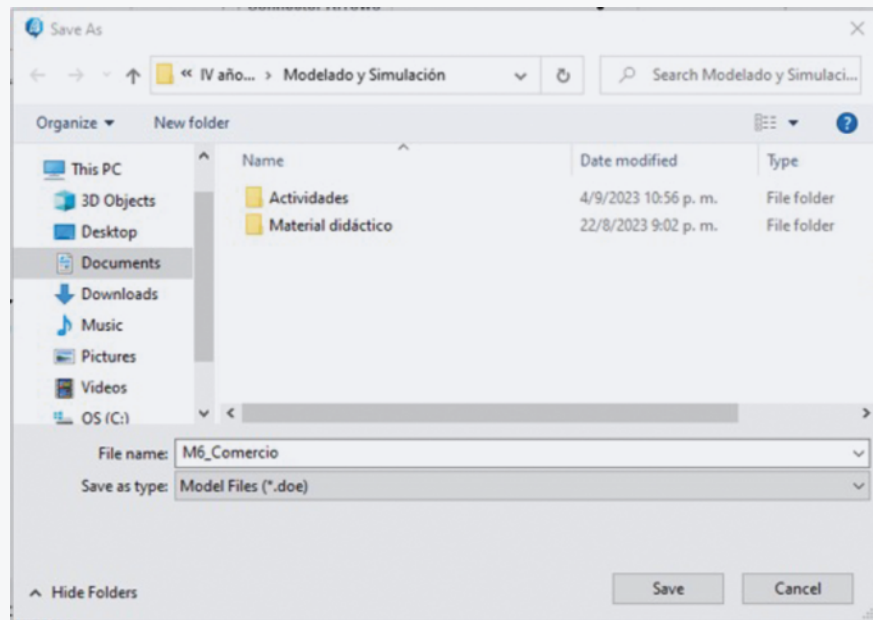
Pulsamos Entity, ubicado en la pestaña Data Definition, y en la casilla Initial Picture de CLIENTE seleccionamos la imagen que queremos usar para representar a los clientes durante la simulación.

The screenshot shows the 'Data Definition' panel on the left, where the 'Entity' section is active. The 'Initial Picture' for the 'CLIENTE' entity is set to 'Picture Cliente'. The main diagram area shows the same process flow as in Step 19. Below the diagram is a table with columns for Entity Type, Initial Picture, Holding Cost / Hour, Initial VA Cost, Initial MVA Cost, Initial Waiting Cost, Initial Tran Cost, Initial Other Cost, Report Statistics, and Comment.

Entity Type	Initial Picture	Holding Cost / Hour	Initial VA Cost	Initial MVA Cost	Initial Waiting Cost	Initial Tran Cost	Initial Other Cost	Report Statistics	Comment
CLIENTE	Picture Cliente	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	

## Paso 21

Para guardar nuestro modelo pulsamos File, luego Save As, escogemos el lugar para guardar el modelo, le ponemos el nombre de M6\_Comercio y pulsamos Save.



# 6

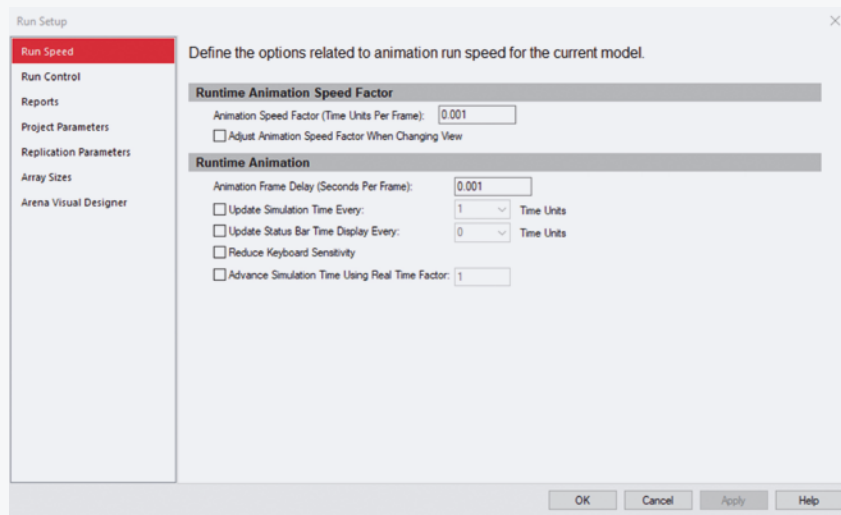
## Ejecución del Modelo



Antes de la simulación, se debe configurar algunos parámetros referentes al propio sistema, como por ejemplo el tiempo de ejecución.

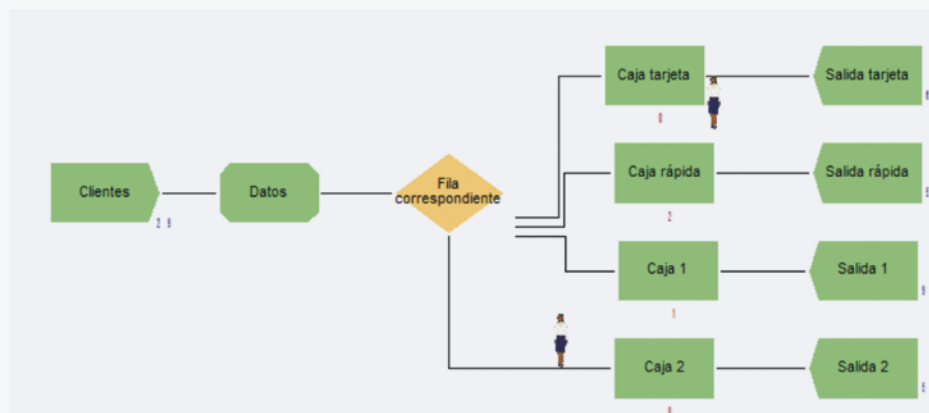
### Paso 1

Pulsamos Setup..., ubicado en la pestaña Run, y en las casillas Animation Speed Factor y Animation Frame Delay ponemos 0.001. Pulsamos el botón Apply y luego OK para regresar al área de trabajo.



### Paso 2

Ahora, pulsamos Go para iniciar la simulación del modelo. Para pausar la simulación pulsamos Pause y para detenerla pulsamos End.



# 7

## Estadísticas



ARENA Simulation Results  
valenmarquesh@outlook.com - License: STUDENT

Summary for Replication 1 of 1

Project: Unnamed Project  
Analyst: valenmarquesh@outlook.com

Run execution date : 9/ 4/2023  
Model revision date: 9/ 4/2023

Replication ended at time : 61.536022 Minutes  
Base Time Units: Minutes

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
CLIENTE.VATime	2.1078	(Insuf)	1.1059	2.9794	65
CLIENTE.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	65
CLIENTE.WaitTime	.98260	(Insuf)	.00000	5.4668	65
CLIENTE.TranTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	65
CLIENTE.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	65
CLIENTE.TotalTime	3.0905	(Insuf)	1.1167	7.8737	65
Caja rápida.Queue.WaitingTime	.71105	(Insuf)	.00000	3.6138	15
Caja 2.Queue.WaitingTime	1.2088	(Insuf)	.00000	4.9370	15
Caja 1.Queue.WaitingTime	1.3779	(Insuf)	.00000	5.4668	20
Caja tarjeta.Queue.WaitingTime	.50079	(Insuf)	.00000	2.0674	15

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
CLIENTE.WIP	3.2644	(Insuf)	.00000	10.000	.00000
Cajero 2.NumberBusy	.51040	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Cajero 2.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Cajero 2.Utilization	.51040	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Cajero 1.NumberBusy	.66655	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Cajero 1.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Cajero 1.Utilization	.66655	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Cajero tarjeta.NumberBusy	.54366	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Cajero tarjeta.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Cajero tarjeta.Utilization	.54366	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Cajero rápida.NumberBusy	.50595	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Cajero rápida.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Cajero rápida.Utilization	.50595	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Caja rápida.Queue.NumberInQueue	.17332	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Caja 2.Queue.NumberInQueue	.29468	(Insuf)	.00000	3.0000	.00000
Caja 1.Queue.NumberInQueue	.44784	(Insuf)	.00000	4.0000	.00000
Caja tarjeta.Queue.NumberInQueue	.12207	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000

OUTPUTS

Identifier	Value
CLIENTE.NumberIn	65.000
CLIENTE.NumberOut	65.000
Cajero 2.NumberSeized	15.000
Cajero 2.ScheduledUtilization	.51040
Cajero 1.NumberSeized	20.000
Cajero 1.ScheduledUtilization	.66655
Cajero tarjeta.NumberSeized	15.000
Cajero tarjeta.ScheduledUtilization	.54366
Cajero rápida.NumberSeized	15.000
Cajero rápida.ScheduledUtilization	.50595
System.NumberOut	65.000

Simulation run time: 1.37 minutes.  
Simulation run complete.

## 8

### CONCLUSIONES



Como se pudo observar en las estadísticas, el tiempo de espera promedio de los clientes en Caja tarjeta fue de 0.50079 minutos, el máximo fue 2.0674 minutos, se atendieron 15 clientes y el número máximo de clientes en cola fue 1. En Caja rápida, el tiempo de espera promedio de los clientes fue de 0.71105 minutos, el máximo fue 3.6138 minutos, se atendieron 15 clientes y el número máximo de clientes en cola fue 2. En Caja 1, el tiempo de espera promedio de los clientes fue de 1.3779 minutos, el máximo fue 5.4668 minutos, se atendieron 20 clientes y el número máximo de clientes en cola fue 4. En Caja 2, el tiempo de espera promedio de los clientes fue de 1.2088 minutos, el máximo fue 4.937 minutos, se atendieron 15 clientes y el número máximo de clientes en cola fue 3. En general, los clientes tardaron en entrar y salir de la zona de cajas un tiempo promedio de 3.0905 minutos, el tiempo máximo fue 7.8737 minutos y se atendieron 65 clientes en 61.536022 minutos. Se puede concluir que el modelo es eficiente, sin embargo, este podría mejorarse para evitar que el tiempo máximo de espera en cualquier caja llegue a más de 4 minutos. Los clientes en Caja tarjeta y Caja rápida fueron atendidos en menos de 1 minutos y no tuvieron que hacer mucha cola, en cambio, los clientes en Caja 1 y Caja 2 tuvieron que hacer un poco más de cola y tardaron más.

## 9

### RECOMENDACIONES



Para obtener datos más apegados a la realidad, se recomienda limitar la simulación por tiempo en lugar de número máximo de clientes, así se puede evaluar cuántos clientes son atendidos durante el tiempo estipulado. Además, se recomienda simular más casos, aumentando y disminuyendo el tiempo promedio de llegada de los clientes y el tiempo de atención en caja por parte de los cajeros.

## 10

### FUENTE



S. Jiménez Dulanto. (2021, septiembre 20). SOFTWARE ARENA 16-MODELO 202. [Online]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=14JFtShU3MQ&list=PLLjJyCf4eaqcwLA-KPtqvNSlrzrmNt&index=9>

# Modelo Avanzado

## Modelo 10:

### Atención de Clientes en un Banco

Este modelo será diseñado como dos casos, siguiendo diferentes parámetros para poner a prueba las herramientas Input Analyzer, Output Analyzer y Process Analyzer.

## Variables

**Llegada de Clientes:** Esta variable representa la tasa de llegada de clientes al banco. Puede medirse en clientes por unidad de tiempo.

**Tipos de Cliente:** Esta variable describe los diferentes tipos de clientes que pueden llegar al banco. Estos son:

- ❁ Cliente de 1 o 2 transacciones: Estos son clientes que tienen la intención de realizar solo una o dos transacciones bancarias, como depósitos o retiros.
- ❁ Más de 2 transacciones: Estos son clientes que necesitan realizar más de dos transacciones bancarias en su visita al banco.
- ❁ Jubilados: Representa a los clientes jubilados que pueden recibir un trato preferencial o tener necesidades bancarias específicas.
- ❁ Otros Servicios: Esto podría incluir a clientes que necesitan servicios bancarios adicionales, como abrir una cuenta, solicitar un préstamo o realizar consultas especiales.

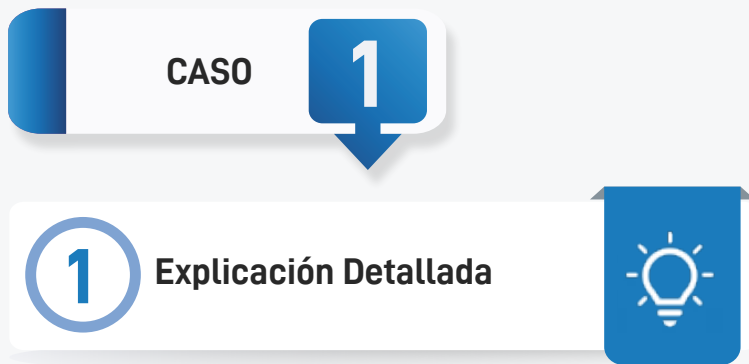
**Servidores:** Son los puntos de atención donde los clientes realizan sus transacciones bancarias o solicitan un servicio. Para este caso específico, hay cuatro servidores según el tipo de cliente:

- ❁ Cajeros 1 a 4: Están reservados para atender los clientes que solo realizarán 1 o 2 transacciones.

- ⚙️ Cajeros 5 a 6: Están reservados para atender a los clientes que realizaran más de 2 transacciones.
- ⚙️ Cajero 7: Está reservado para atender a los clientes jubilados.
- ⚙️ 4 Operadores bancarios: Está reservado para atender a los clientes que requieren servicios especiales o adicionales.

**Colas de espera:** Son los puntos donde los clientes se tendrán que formar según les corresponda para esperar su turno de ser atendidos por un servidor.

**Sala de Espera:** La sala de espera es un espacio designado con cinco sillas donde los clientes esperan ser atendidos por los operadores bancarios que brindan servicios especiales o adicionales.



En este escenario se modelará y simulará por 6 horas la atención de clientes en un banco tomando en cuenta los siguientes datos:

Los clientes llegan aleatoriamente al banco. Si los clientes tienen 1 o 2 transacciones, entonces se colocan en la cola única para los cajeros 1 al 4. Si los clientes tienen más de 2 transacciones, entonces utilizan la cola única para los cajeros 5 y 6. Si los clientes son jubilados, entonces se colocan en la cola 7. Si los clientes vienen a solicitar otro servicio (o sea, no vienen a realizar transacciones sino a solicitar un préstamo, tarjeta de crédito/débito, chequera, etc.), entonces son atendidos por 4 oficiales bancarios. La sala de espera para estos clientes sólo tiene 5 sillas de espera. El 15% de los clientes que solicitan otro servicio se retiran de la cola.

El 35% de los clientes tienen 1 o 2 transacciones, a estos clientes se les denomina Tipo 1. El 20% tiene más de 2 transacciones, a estos clientes se les denomina Tipo 2. El 15% son jubilados, a estos clientes se les denomina Tipo 3. El 30% solicita otro servicio, a estos clientes se les denomina Tipo 4.

Los clientes suelen llegar a una tasa de 2 clientes por minuto y la atención en ventanilla corresponde a la siguiente:

- ⚙ El cajero 1 atiende a una tasa de 1 cliente cada 2 minutos.
- ⚙ El cajero 2 atiende a una tasa de 1 cliente cada 1.5 minutos.
- ⚙ El cajero 3 atiende a una tasa de 1 cliente cada 1.7 minutos.
- ⚙ El cajero 4 atiende a una tasa de 1 cliente cada 1.5 minutos.
- ⚙ El cajero 5 atiende a una tasa de 1 cliente cada 4 minutos.
- ⚙ El cajero 6 atiende a una tasa de 1 cliente cada 3.5 minutos.
- ⚙ El cajero 7 atiende a una tasa de 1 cliente cada 1.5 minutos.
- ⚙ El oficial bancario 1 atiende a una tasa de 1 cliente cada 3.5 minutos.
- ⚙ El oficial bancario 2 atiende a una tasa de 1 cliente cada 4 minutos.
- ⚙ El oficial bancario 3 atiende a una tasa de 1 cliente cada 4 minutos.
- ⚙ El oficial bancario 4 atiende a una tasa de 1 cliente cada 3 minutos.

Se usará Poisson para generar la llegada de los clientes y el tiempo de atención de los servidores será exponencial.

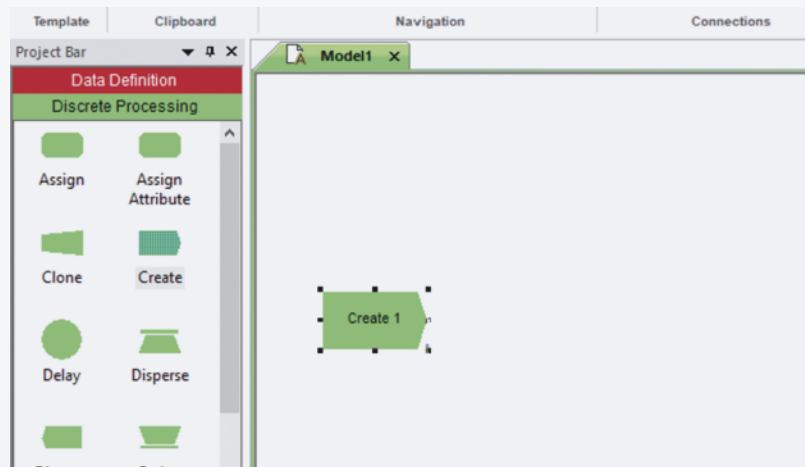
## 2

### Planteamiento del Problema Construcción del Modelo



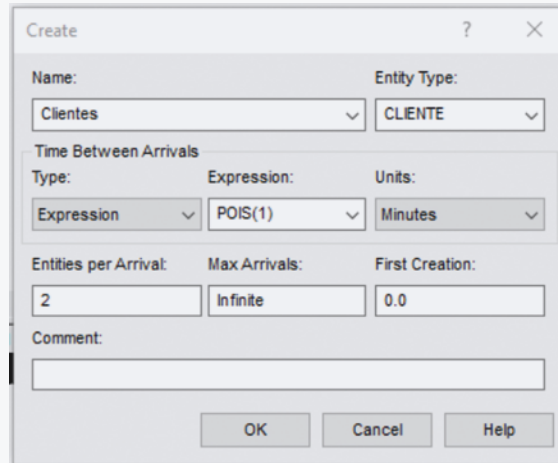
## Paso 1

Creamos un nuevo archivo en el Simulador Arena e insertamos un Create, ubicado en la pestaña Discrete Processing.



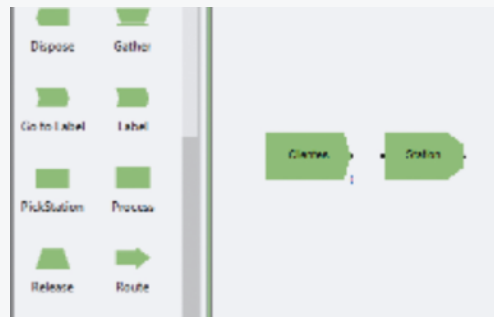
## Paso 2

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Clientes, en la casilla para el tipo de entidad ponemos CLIENTE, en la casilla para el tipo escogemos Expression, en la casilla para la expresión colocamos POIS(1), en la casilla para las unidades seleccionamos minutos y en la casilla Entities per Arrival colocamos 2. Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



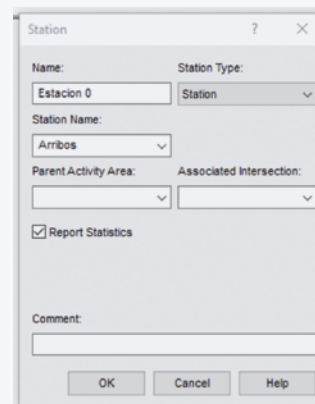
## Paso 3

Agregamos un Station, ubicado en la pestaña Discrete Processing, al lado derecho de Clientes.



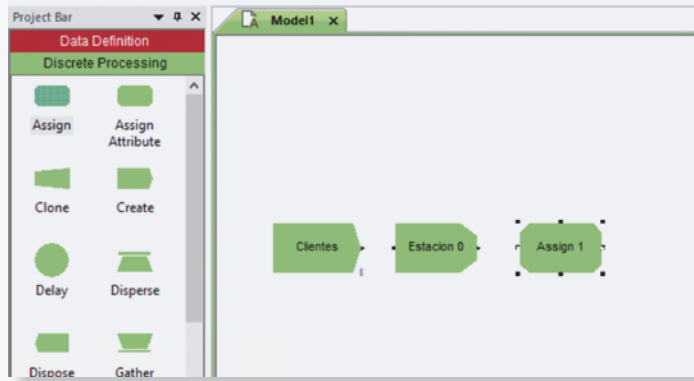
## Paso 4

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Estacion 0, en la casilla para el nombre de la estación ponemos Arribos, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



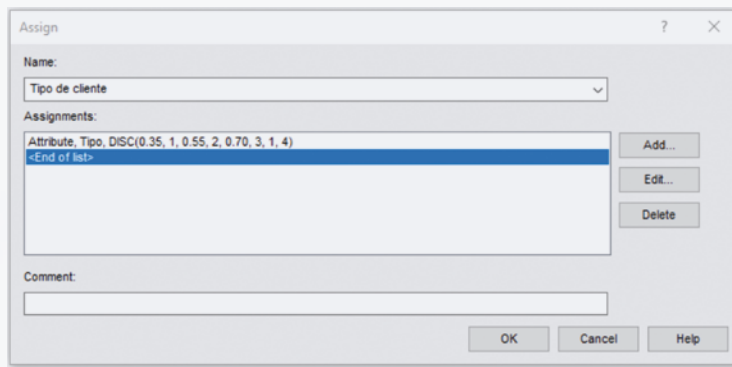
## Paso 5

Agregamos un Assign, ubicado en la pestaña Discrete Processing, a la derecha de Estacion 0.



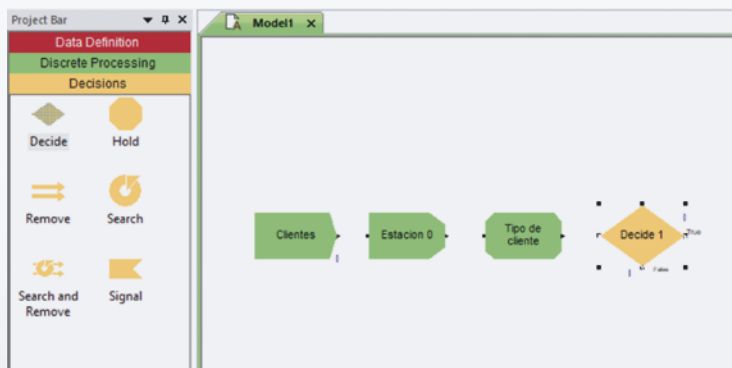
## Paso 6

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Tipo de cliente, pulsamos Add... para añadir una asignación (esto abrirá otra ventana, en la casilla para el tipo escogemos Attribute, en la casilla para el nombre de la asignación colocamos Tipo, en la casilla para el nuevo valor colocamos DISC(0.35, 1, 0.55, 2, 0.70, 3, 1, 4) y pulsamos Ok) y, por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



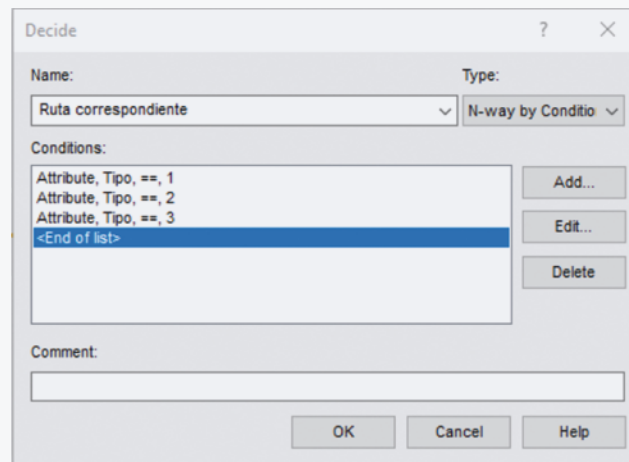
## Paso 7

Agregamos un rombo de decisión, ubicado en la pestaña Decisions, a la derecha de Tipo de cliente.



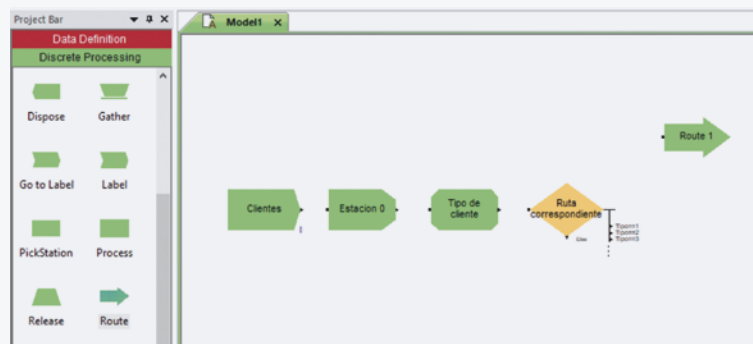
## Paso 8

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Ruta correspondiente, en la casilla para el tipo seleccionamos N-way by Condition, pulsamos Add... para añadir una condición (esto abrirá otra ventana, en la casilla de If escogemos Attribute, en la casilla del nombre escogemos Tipo, en la casilla de Is escogemos == y pulsamos Ok), volvemos a pulsar Add... para añadir otra condición (en la casilla de If escogemos Attribute, en la casilla del nombre escogemos Tipo, en la casilla de Is escogemos ==, en la casilla para el valor colocamos 2 y pulsamos Ok), volvemos a pulsar Add... para añadir otra condición (en la casilla de If escogemos Attribute, en la casilla del nombre escogemos Tipo, en la casilla de Is escogemos ==, en la casilla para el valor colocamos 3 y pulsamos Ok). Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



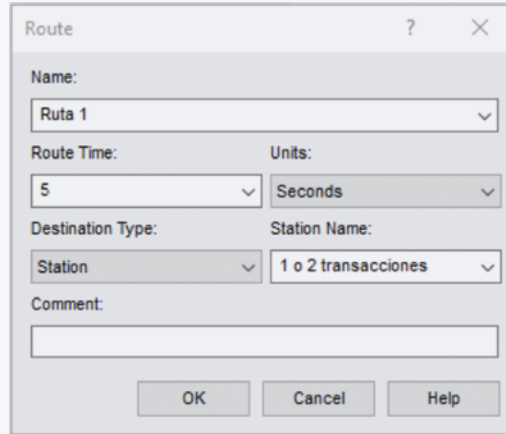
## Paso 9

Agregamos un Route, ubicado en la pestaña Discrete Processing, al lado derecho de Ruta correspondiente.



## Paso 10

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Ruta 1, en la casilla para el tiempo de la ruta ponemos 5, en la casilla para las unidades seleccionamos segundos, en la casilla para el nombre de la estación ponemos 1 o 2 transacciones y, por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



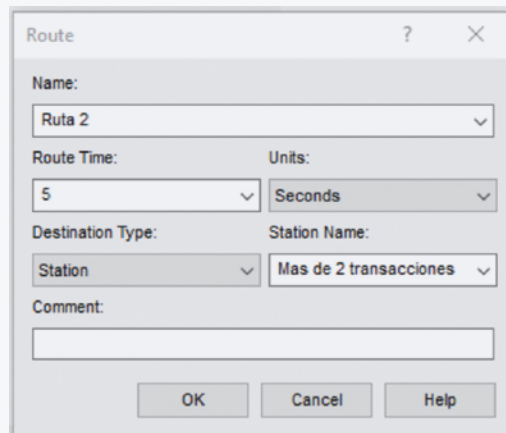
The screenshot shows a 'Route' dialog box with the following fields and values:

- Name: Ruta 1
- Route Time: 5
- Units: Seconds
- Destination Type: Station
- Station Name: 1 o 2 transacciones
- Comment: (empty)

Buttons: OK, Cancel, Help

## Paso 11

Agregamos un Route, ubicado en la pestaña Discrete Processing, debajo de Ruta 1. Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Ruta 2, en la casilla para el tiempo de la ruta ponemos 5, en la casilla para las unidades seleccionamos segundos, en la casilla para el nombre de la estación ponemos Mas de dos transacciones y, por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



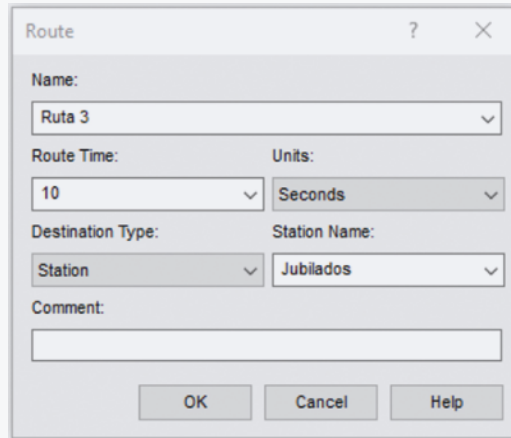
The screenshot shows a 'Route' dialog box with the following fields and values:

- Name: Ruta 2
- Route Time: 5
- Units: Seconds
- Destination Type: Station
- Station Name: Mas de 2 transacciones
- Comment: (empty)

Buttons: OK, Cancel, Help

## Paso 12

Agregamos un Route, ubicado en la pestaña Discrete Processing, debajo de Ruta 2. Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Ruta 3, en la casilla para el tiempo de la ruta ponemos 10, en la casilla para las unidades seleccionamos segundos, en la casilla para el nombre de la estación ponemos Jubilados y, por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



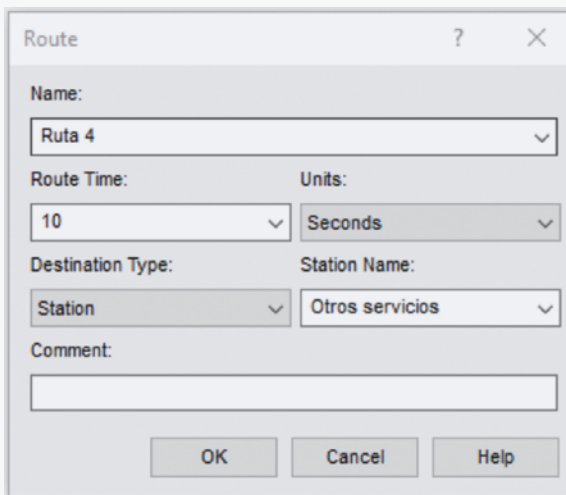
The screenshot shows a 'Route' dialog box with the following fields and values:

- Name: Ruta 3
- Route Time: 10
- Units: Seconds
- Destination Type: Station
- Station Name: Jubilados
- Comment: (empty)

Buttons: OK, Cancel, Help

## Paso 13

Agregamos un Route, ubicado en la pestaña Discrete Processing, debajo de Ruta 3. Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Ruta 4, en la casilla para el tiempo de la ruta ponemos 10, en la casilla para las unidades seleccionamos segundos, en la casilla para el nombre de la estación ponemos Otros servicios y, por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



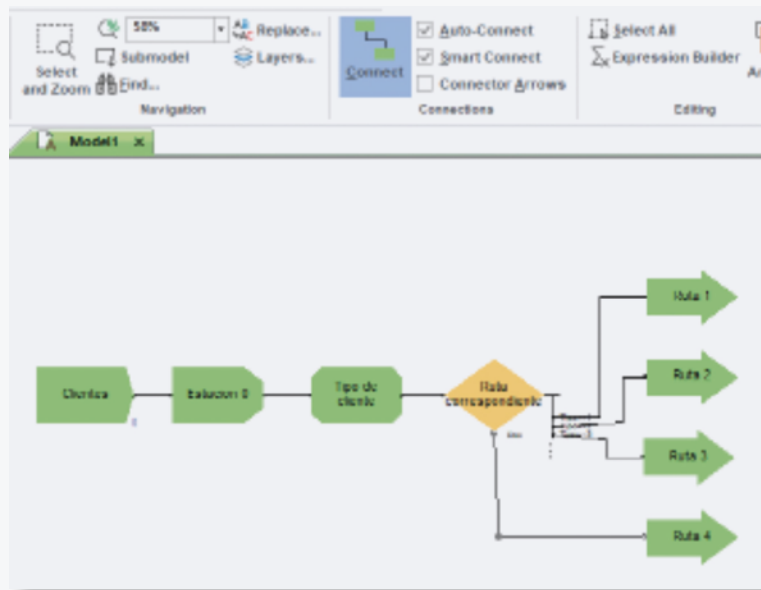
The screenshot shows a 'Route' dialog box with the following fields and values:

- Name: Ruta 4
- Route Time: 10
- Units: Seconds
- Destination Type: Station
- Station Name: Otros servicios
- Comment: (empty)

Buttons: OK, Cancel, Help

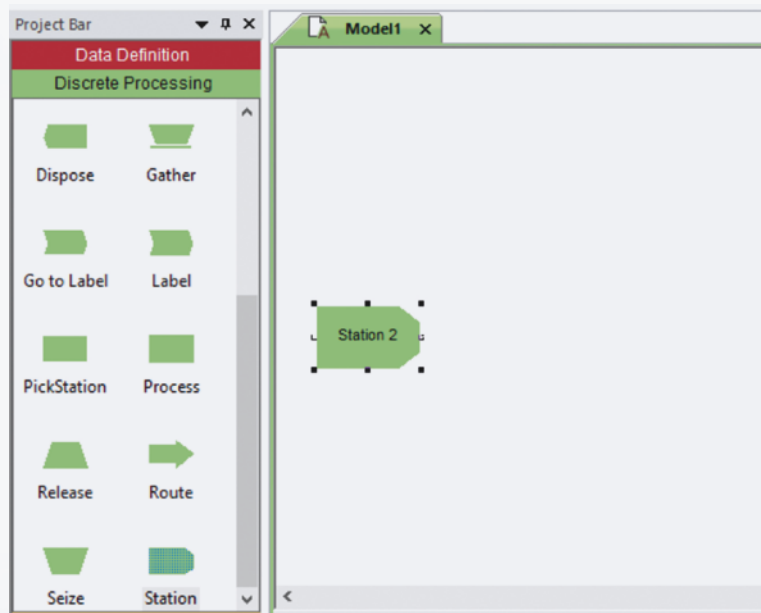
## Paso 14

Hacemos doble clic en el botón Connect y enlazamos los elementos como se muestra a continuación.



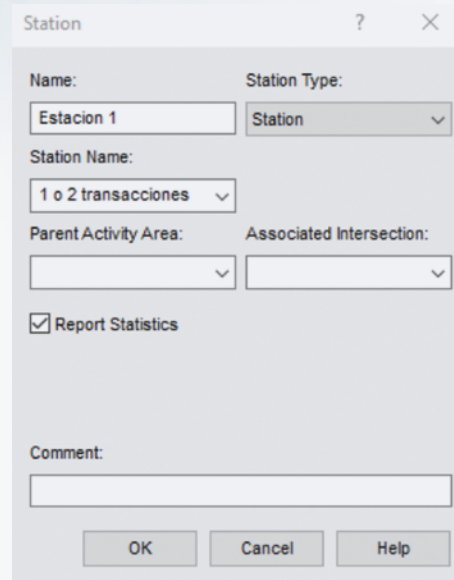
## Paso 15

En otro espacio del lugar de trabajo agregamos un Station, ubicado en la pestaña Discrete Processing.



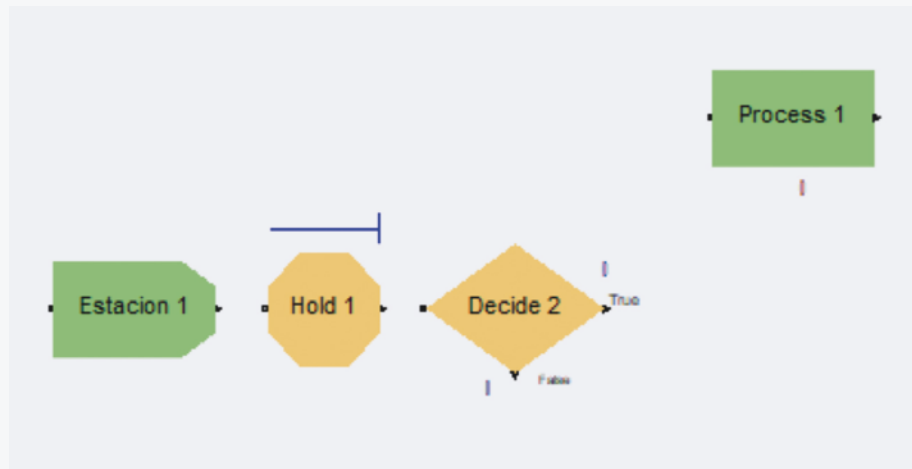
## Paso 16

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Estacion 1, en la casilla para el nombre de la estación ponemos 1 o 2 transacciones, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



## Paso 17

Agregamos un Hold, ubicado en la pestaña Decisions, a la derecha de Estacion 1. Agregamos un rombo de decisión, ubicado en la pestaña Decisions, a la derecha del Hold. Por último, agregamos un Process, ubicado en la pestaña Discrete Processing, a la derecha del rombo de decisión.



## Paso 18

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Cajero 1, en la casilla para la acción seleccionamos Seize Delay Release, pulsamos Add... para añadir un recurso (esto abrirá otra ventana, en la casilla para el nombre del recurso ponemos Empleado 1 y pulsamos Ok), en la casilla para el tipo de retraso escogemos Expression, en la casilla para las unidades seleccionamos minutos y en la casilla para la expresión colocamos EXPO(2). Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

The screenshot shows the 'Process' dialog box with the following settings:

- Name: Cajero 1
- Type: Standard
- Logic: Action: Seize Delay Release, Priority: Medium(2)
- Resources: Resource, Empleado 1, 1 (selected), <End of list>
- Delay Type: Expression
- Units: Minutes
- Allocation: Value Added
- Expression: EXPO(2)
- Report Statistics:
- Comment: (empty)

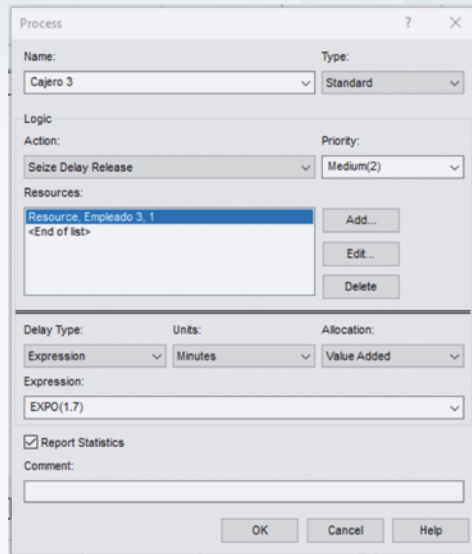
## Paso 19

Agregamos un Process, ubicado en la pestaña Discrete Processing, debajo de Cajero 1. Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Cajero 2, en la casilla para la acción seleccionamos Seize Delay Release, pulsamos Add... para añadir un recurso (esto abrirá otra ventana, en la casilla para el nombre del recurso ponemos Empleado 2 y pulsamos Ok), en la casilla para el tipo de retraso escogemos Expression, en la casilla para las unidades seleccionamos minutos y en la casilla para la expresión colocamos EXPO(1.5). Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

The screenshot shows the 'Process' dialog box with the following settings:

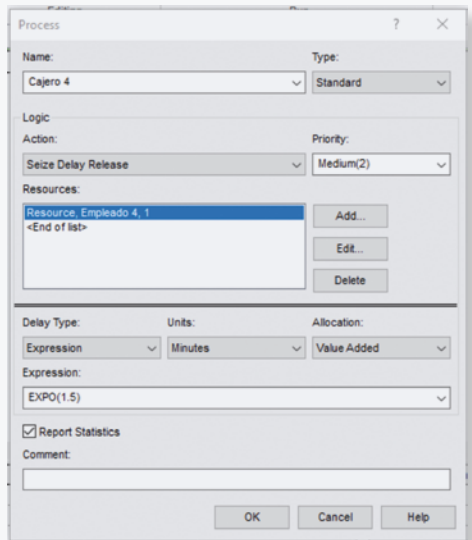
- Name: Cajero 2
- Type: Standard
- Logic: Action: Seize Delay Release, Priority: Medium(2)
- Resources: Resource, Empleado 2, 1 (selected), <End of list>
- Delay Type: Expression
- Units: Minutes
- Allocation: Value Added
- Expression: EXPO(1.5)
- Report Statistics:
- Comment: (empty)

## Paso 20



Agregamos un Process, ubicado en la pestaña Discrete Processing, debajo de Cajero 2. Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Cajero 3, en la casilla para la acción seleccionamos Seize Delay Release, pulsamos Add... para añadir un recurso (esto abrirá otra ventana, en la casilla para el nombre del recurso ponemos Empleado 3 y pulsamos Ok), en la casilla para el tipo de retraso escogemos Expression, en la casilla para las unidades seleccionamos minutos y en la casilla para la expresión colocamos EXPO(1.7). Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

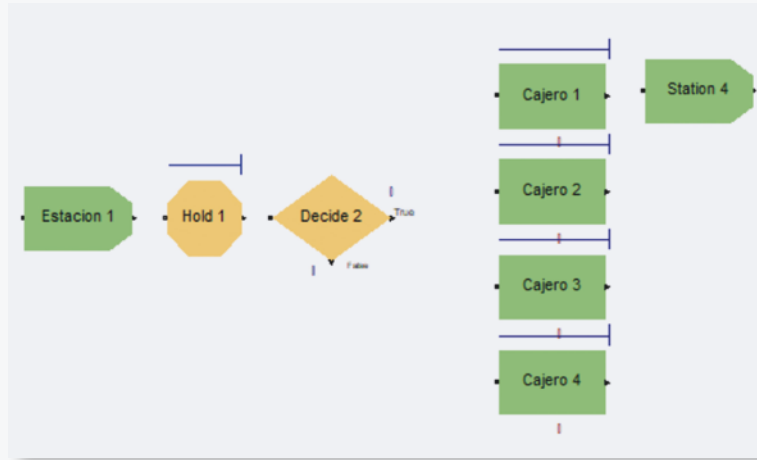
## Paso 21



Agregamos un Process, ubicado en la pestaña Discrete Processing, debajo de Cajero 3. Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Cajero 4, en la casilla para la acción seleccionamos Seize Delay Release, pulsamos Add... para añadir un recurso (esto abrirá otra ventana, en la casilla para el nombre del recurso ponemos Empleado 4 y pulsamos Ok), en la casilla para el tipo de retraso escogemos Expression, en la casilla para las unidades seleccionamos minutos y en la casilla para la expresión colocamos EXPO(1.5). Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

## Paso 22

Agregamos un Station, ubicado en la pestaña Discrete Processing, al lado derecho de Cajero 1.



## Paso 23

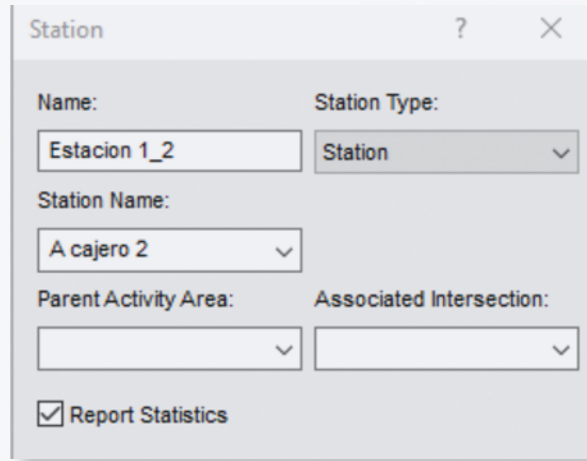
Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Estacion 1\_1, en la casilla para el nombre de la estación ponemos A cajero 1, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

La imagen muestra una ventana de diálogo titulada 'Station'. La ventana contiene los siguientes campos y controles:

- Name:** Estacion 1\_1
- Station Type:** Station (seleccionado en un menú desplegable)
- Station Name:** A cajero 1 (seleccionado en un menú desplegable)
- Parent Activity Area:** (campo vacío con un menú desplegable)
- Associated Intersection:** (campo vacío con un menú desplegable)
- Report Statistics

## Paso 24

Agregamos un Station, ubicado en la pestaña Discrete Processing, debajo de Estacion 1\_1. Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Estacion 1\_2, en la casilla para el nombre de la estación ponemos A cajero 2, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

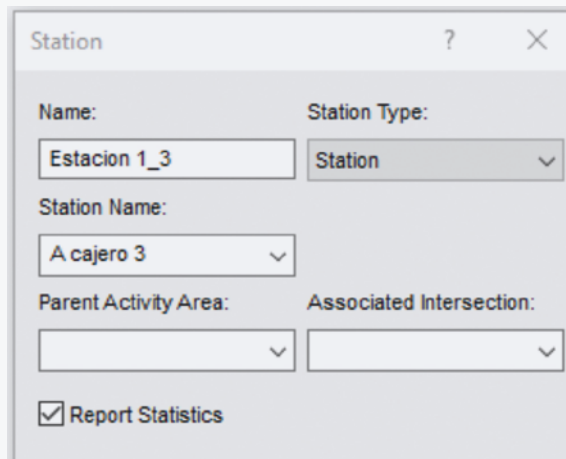


The screenshot shows a dialog box titled "Station" with a question mark icon and a close button. It contains the following fields and options:

- Name:** A text input field containing "Estacion 1\_2".
- Station Type:** A dropdown menu showing "Station".
- Station Name:** A dropdown menu showing "A cajero 2".
- Parent Activity Area:** An empty dropdown menu.
- Associated Intersection:** An empty dropdown menu.
- Report Statistics**

## Paso 25

Agregamos un Station, ubicado en la pestaña Discrete Processing, debajo de Estacion 1\_2. Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Estacion 1\_3, en la casilla para el nombre de la estación ponemos A cajero 3, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

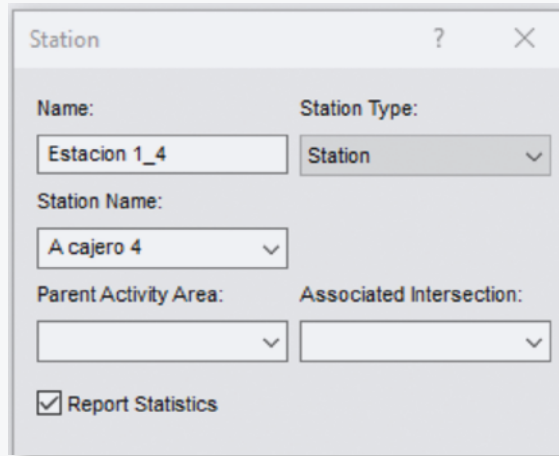


The screenshot shows a dialog box titled "Station" with a question mark icon and a close button. It contains the following fields and options:

- Name:** A text input field containing "Estacion 1\_3".
- Station Type:** A dropdown menu showing "Station".
- Station Name:** A dropdown menu showing "A cajero 3".
- Parent Activity Area:** An empty dropdown menu.
- Associated Intersection:** An empty dropdown menu.
- Report Statistics**

## Paso 26

Agregamos un Station, ubicado en la pestaña Discrete Processing, debajo de Estacion 1\_3. Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Estacion 1\_4, en la casilla para el nombre de la estación ponemos A cajero 4, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

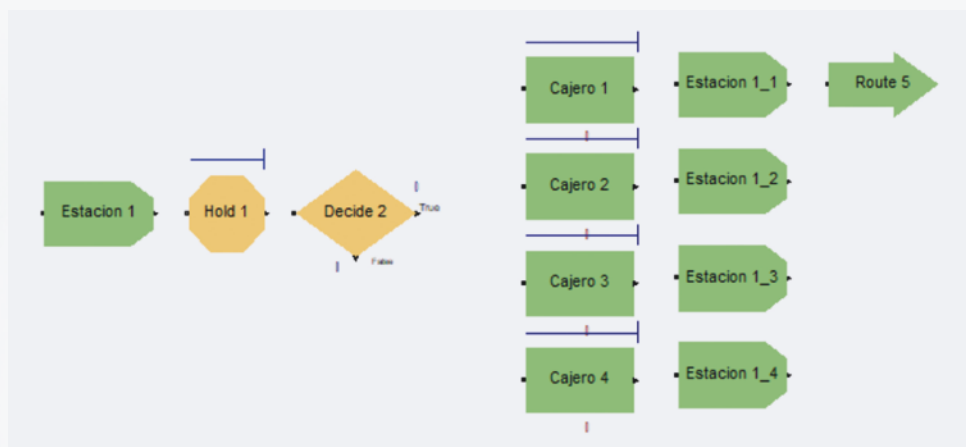


The screenshot shows a dialog box titled "Station" with the following fields and options:

- Name:** Estacion 1\_4
- Station Type:** Station (dropdown menu)
- Station Name:** A cajero 4 (dropdown menu)
- Parent Activity Area:** (empty dropdown menu)
- Associated Intersection:** (empty dropdown menu)
- Report Statistics

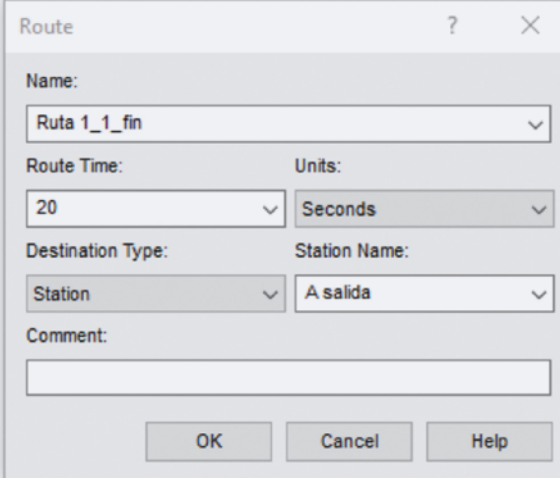
## Paso 27

Agregamos un Route, ubicado en la pestaña Discrete Processing, a la derecha de Estacion 1\_1.



## Paso 28

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Ruta 1\_1\_fin, en la casilla para el tiempo de la ruta ponemos 20, en la casilla para las unidades seleccionamos segundos, en la casilla para el nombre de la estación ponemos A salida y, por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



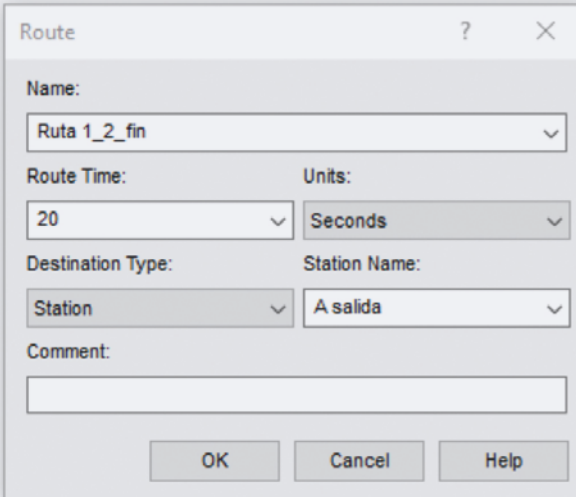
The screenshot shows a 'Route' dialog box with the following fields and values:

- Name: Ruta 1\_1\_fin
- Route Time: 20
- Units: Seconds
- Destination Type: Station
- Station Name: A salida
- Comment: (empty)

Buttons: OK, Cancel, Help

## Paso 29

Agregamos un Route, ubicado en la pestaña Discrete Processing, debajo de Ruta 1\_1\_fin. Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Ruta 1\_2\_fin, en la casilla para el tiempo de la ruta ponemos 20, en la casilla para las unidades seleccionamos segundos, en la casilla para el nombre de la estación ponemos A salida y, por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



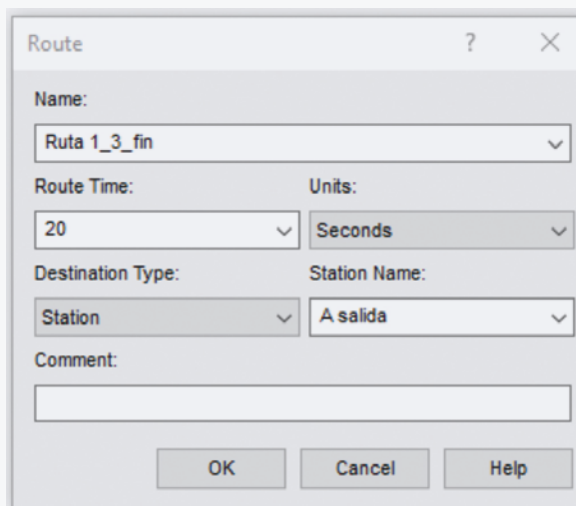
The screenshot shows a 'Route' dialog box with the following fields and values:

- Name: Ruta 1\_2\_fin
- Route Time: 20
- Units: Seconds
- Destination Type: Station
- Station Name: A salida
- Comment: (empty)

Buttons: OK, Cancel, Help

## Paso 30

Agregamos un Route, ubicado en la pestaña Discrete Processing, debajo de Ruta 1\_2\_fin. Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Ruta 1\_3\_fin, en la casilla para el tiempo de la ruta ponemos 20, en la casilla para las unidades seleccionamos segundos, en la casilla para el nombre de la estación ponemos A salida y, por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



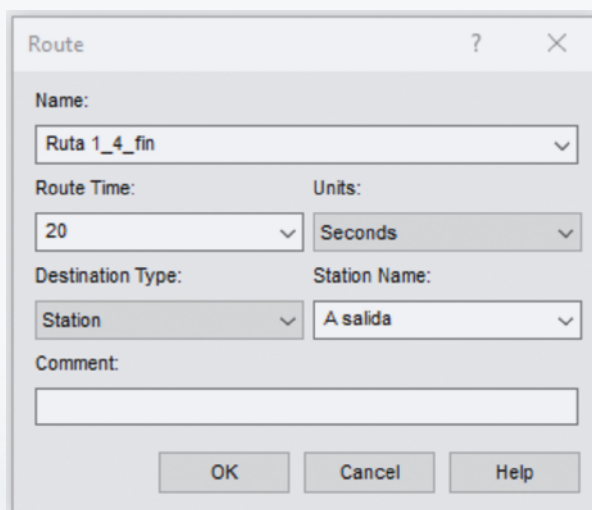
The screenshot shows a 'Route' dialog box with the following fields and values:

- Name: Ruta 1\_3\_fin
- Route Time: 20
- Units: Seconds
- Destination Type: Station
- Station Name: A salida
- Comment: (empty)

Buttons: OK, Cancel, Help

## Paso 31

Agregamos un Route, ubicado en la pestaña Discrete Processing, debajo de Ruta 1\_3\_fin. Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Ruta 1\_4\_fin, en la casilla para el tiempo de la ruta ponemos 20, en la casilla para las unidades seleccionamos segundos, en la casilla para el nombre de la estación ponemos A salida y, por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



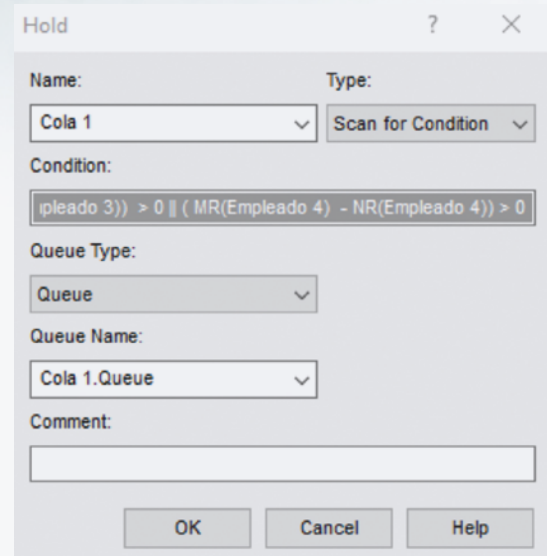
The screenshot shows a 'Route' dialog box with the following fields and values:

- Name: Ruta 1\_4\_fin
- Route Time: 20
- Units: Seconds
- Destination Type: Station
- Station Name: A salida
- Comment: (empty)

Buttons: OK, Cancel, Help

## Paso 32

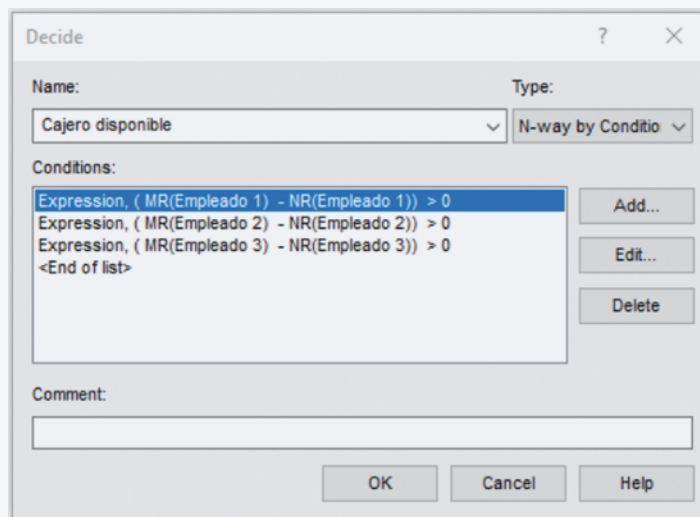
Hacemos doble clic en el Hold para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Cola 1, en la casilla Type seleccionamos Scan for condition y en la casilla para la condición colocamos la siguiente expresión:

$$(MR(\text{Empleado } 1) - NR(\text{Empleado } 1)) > 0 \quad || \quad (MR(\text{Empleado } 2) - NR(\text{Empleado } 2)) > 0 \quad || \quad (MR(\text{Empleado } 3) - NR(\text{Empleado } 3)) > 0 \quad || \quad (MR(\text{Empleado } 4) - NR(\text{Empleado } 4)) > 0$$


Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

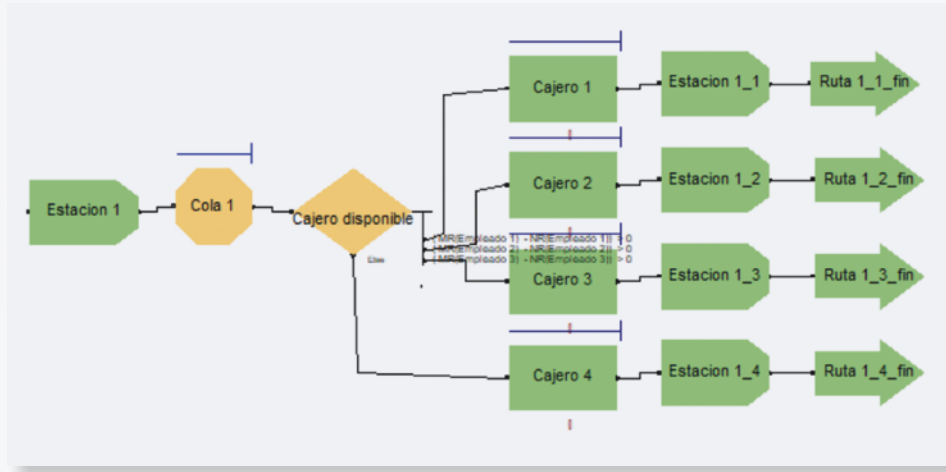
## Paso 33

Hacemos doble clic en el rombo de decisión para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Cajero disponible, en la casilla para el tipo seleccionamos N-way by Condition, pulsamos Add... para añadir una condición (esto abrirá otra ventana, en la casilla de If escogemos Expression, en la casilla del valor colocamos  $(MR(\text{Empleado } 1) - NR(\text{Empleado } 1)) > 0$  y pulsamos Ok), volvemos a pulsar Add... para añadir otra condición (en la casilla de If escogemos Expression, en la casilla del valor colocamos  $(MR(\text{Empleado } 2) - NR(\text{Empleado } 2)) > 0$  y pulsamos Ok), volvemos a pulsar Add... para añadir otra condición (en la casilla de If escogemos Expression, en la casilla del valor colocamos  $(MR(\text{Empleado } 3) - NR(\text{Empleado } 3)) > 0$  y pulsamos Ok). Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



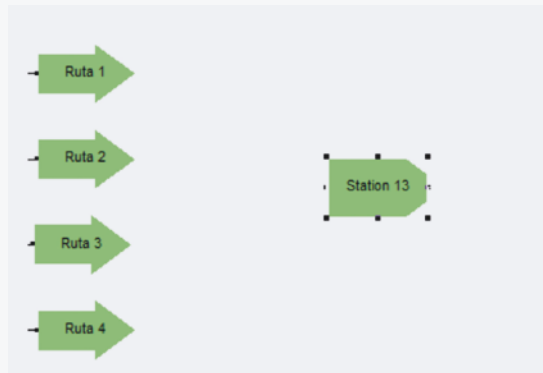
## Paso 34

Hacemos doble clic en el botón Connect y enlazamos los elementos como se muestra a continuación.



## Paso 35

En otro espacio del lugar de trabajo agregamos un Station, ubicado en la pestaña Discrete Processing.



## Paso 36

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Fin, en la casilla para el nombre de la estación ponemos A salida, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

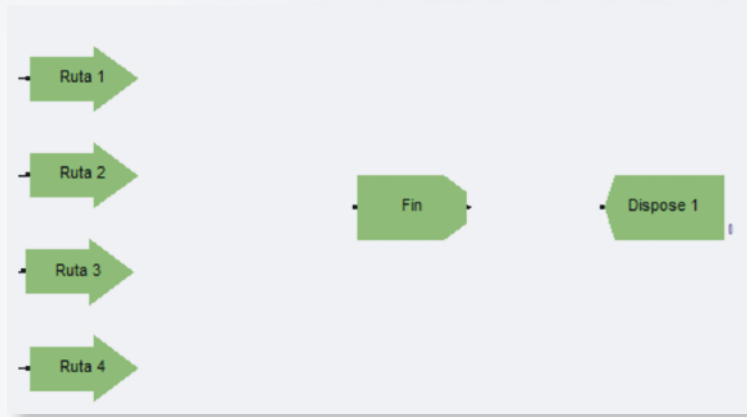
La imagen muestra la ventana de propiedades de una estación. El título de la ventana es 'Station'. Los campos de configuración son:

- Name:** Fin
- Station Type:** Station
- Station Name:** A salida
- Parent Activity Area:** (campo vacío)
- Associated Intersection:** (campo vacío)
- Report Statistics
- Comment:** (campo de texto vacío)

En la parte inferior de la ventana hay tres botones: OK, Cancel y Help.

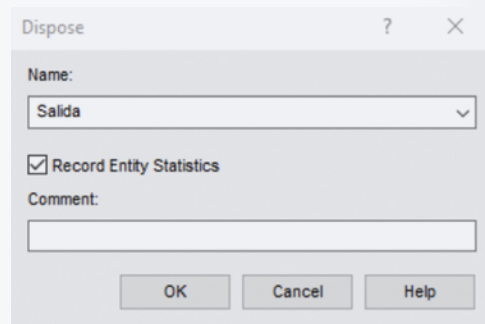
## Paso 37

Agregamos un Dispose, ubicado en la pestaña Discrete Processing, a la derecha de Fin.



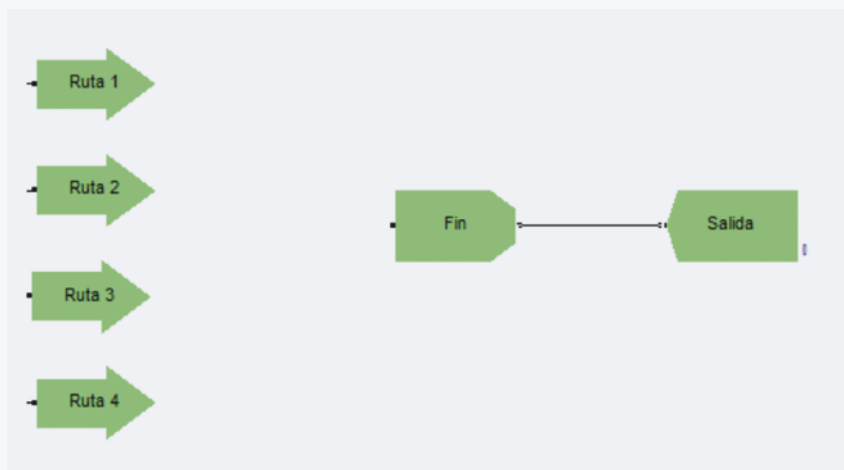
## Paso 38

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Salida y pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



## Paso 39

Hacemos doble clic en el botón Connect y enlazamos los elementos como se muestra a continuación.



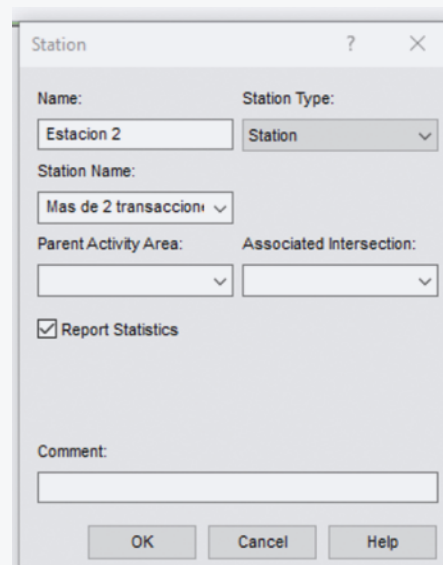
## Paso 40

En otro espacio del lugar de trabajo agregamos un Station, ubicado en la pestaña Discrete Processing.



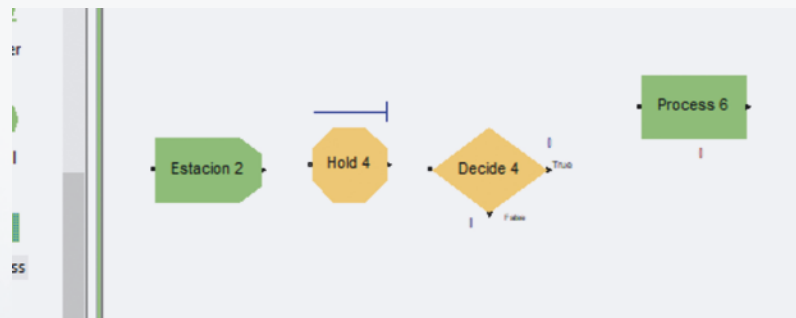
## Paso 41

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Estacion 2, en la casilla para el nombre de la estación ponemos Mas de 2 transacciones, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



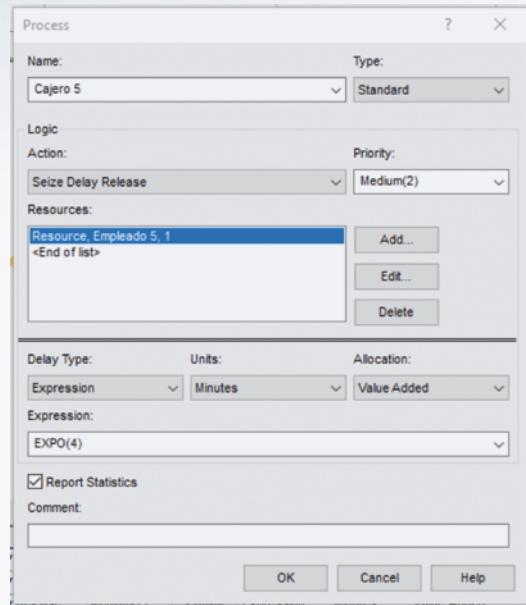
## Paso 42

Agregamos un Hold, ubicado en la pestaña Decisions, a la derecha de Estacion 2. Agregamos un rombo de decisión, ubicado en la pestaña Decisions, a la derecha del Hold. Por último, agregamos un Process, ubicado en la pestaña Discrete Processing, a la derecha del rombo de decisión.



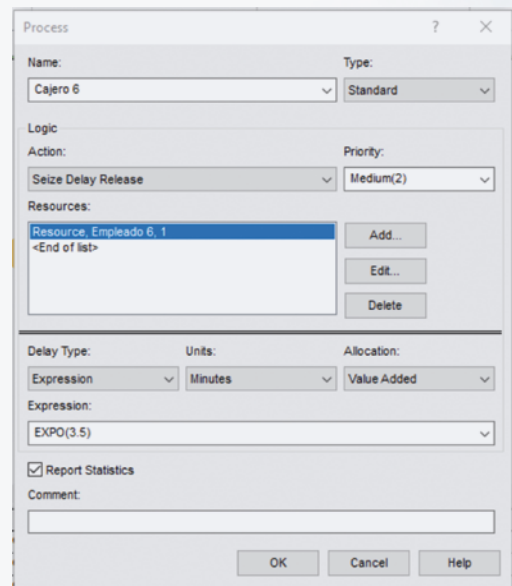
## Paso 43

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Cajero 5, en la casilla para la acción seleccionamos Seize Delay Release, pulsamos Add... para añadir un recurso (esto abrirá otra ventana, en la casilla para el nombre del recurso ponemos Empleado 5 y pulsamos Ok), en la casilla para el tipo de retraso escogemos Expression, en la casilla para las unidades seleccionamos minutos y en la casilla para la expresión colocamos EXPO(4). Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



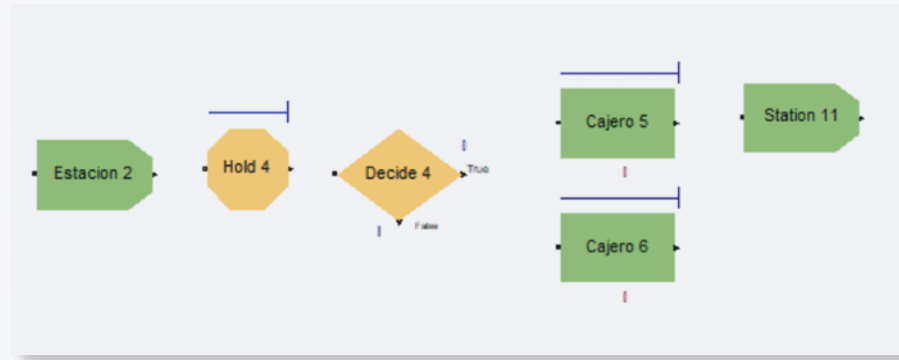
## Paso 44

Agregamos un Process, ubicado en la pestaña Discrete Processing, debajo de Cajero 5. Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Cajero 6, en la casilla para la acción seleccionamos Seize Delay Release, pulsamos Add... para añadir un recurso (esto abrirá otra ventana, en la casilla para el nombre del recurso ponemos Empleado 6 y pulsamos Ok), en la casilla para el tipo de retraso escogemos Expression, en la casilla para las unidades seleccionamos minutos y en la casilla para la expresión colocamos EXPO(3.5). Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



## Paso 45

Agregamos un Station, ubicado en la pestaña Discrete Processing, al lado derecho de Cajero 5.



## Paso 46

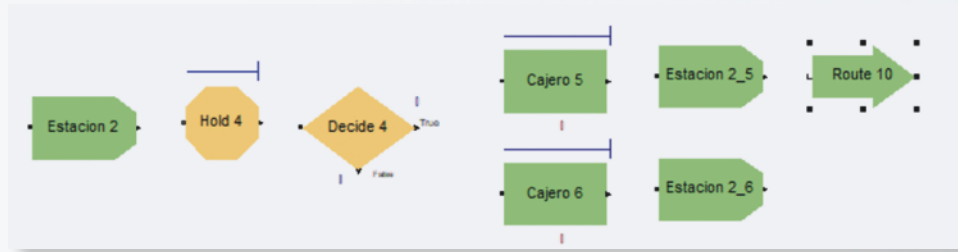
Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Estacion 2\_5, en la casilla para el nombre de la estación ponemos A cajero 5, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

## Paso 47

Agregamos un Station, ubicado en la pestaña Discrete Processing, debajo de Estacion 2\_5. Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Estacion 2\_6, en la casilla para el nombre de la estación ponemos A cajero 6, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

## Paso 48

Agregamos un Route, ubicado en la pestaña Discrete Processing, a la derecha de Estacion 2\_5.



## Paso 49

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Ruta 2\_5\_fin, en la casilla para el tiempo de la ruta ponemos 15, en la casilla para las unidades seleccionamos segundos, en la casilla para el nombre de la estación ponemos A salida y, por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

Name:	Ruta 2_5_fin		
Route Time:	15	Units:	Seconds
Destination Type:	Station	Station Name:	A salida
Comment:			

## Paso 50

Name:	Ruta 2_6_fin		
Route Time:	15	Units:	Seconds
Destination Type:	Station	Station Name:	A salida
Comment:			

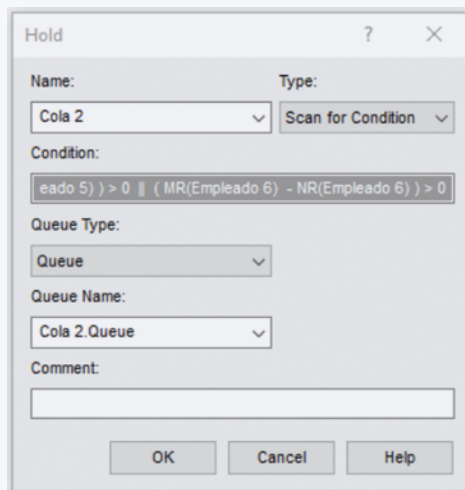
Agregamos un Route, ubicado en la pestaña Discrete Processing, debajo de Ruta 2\_5\_fin. Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Ruta 2\_6\_fin, en la casilla para el tiempo de la ruta ponemos 15, en la casilla para las unidades seleccionamos segundos, en la casilla para el nombre de la estación ponemos A salida y, por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

## Paso 51

Hacemos doble clic en el Hold para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Cola 2, en la casilla Type seleccionamos Scan for condition y en la casilla para la condición colocamos la siguiente expresión:

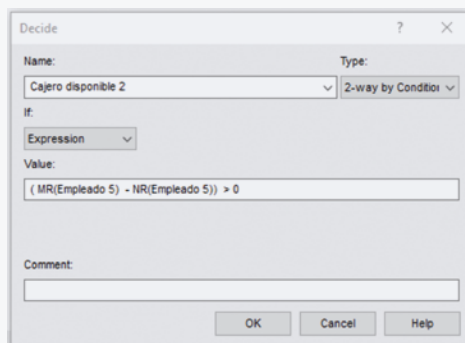
$$(MR(Empleado 5) - NR(Empleado 5)) > 0 \parallel (MR(Empleado 6) - NR(Empleado 6)) > 0$$

Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



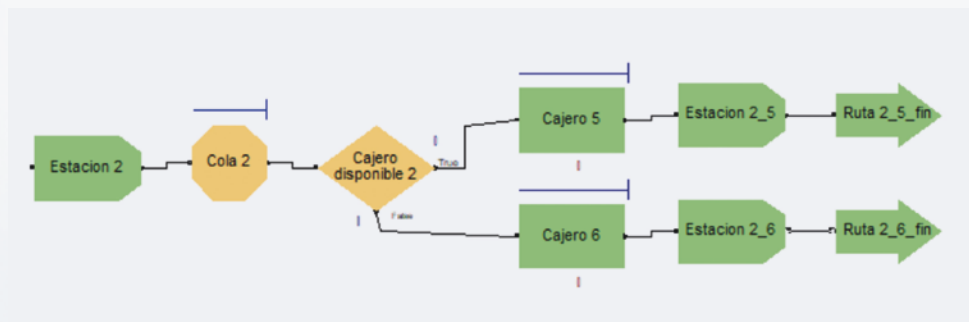
## Paso 52

Hacemos doble clic en el rombo de decisión para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Cajero disponible 2, en la casilla para el tipo seleccionamos 2-way by Condition, en la casilla de If escogemos Expression, en la casilla del valor colocamos  $(MR(Empleado 5) - NR(Empleado 5)) > 0$ . Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



## Paso 53

Hacemos doble clic en el botón Connect y enlazamos los elementos como se muestra a continuación.

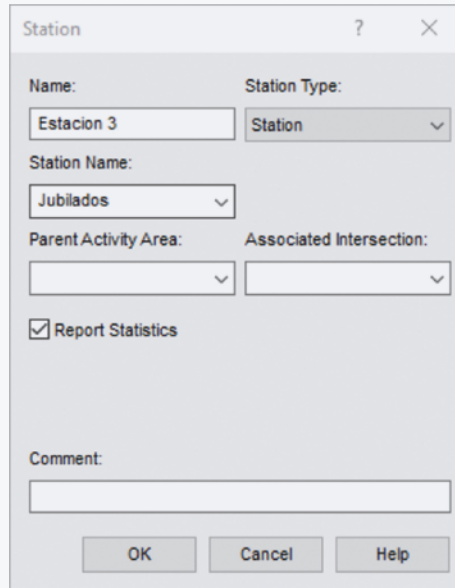


## Paso 54

En otro espacio del lugar de trabajo agregamos un Station, ubicado en la pestaña Discrete Processing.



## Paso 55



Station

Name: Estacion 3 Station Type: Station

Station Name: Jubilados

Parent Activity Area: Associated Intersection:

Report Statistics

Comment:

OK Cancel Help

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Estacion 3, en la casilla para el nombre de la estación ponemos Jubilados, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

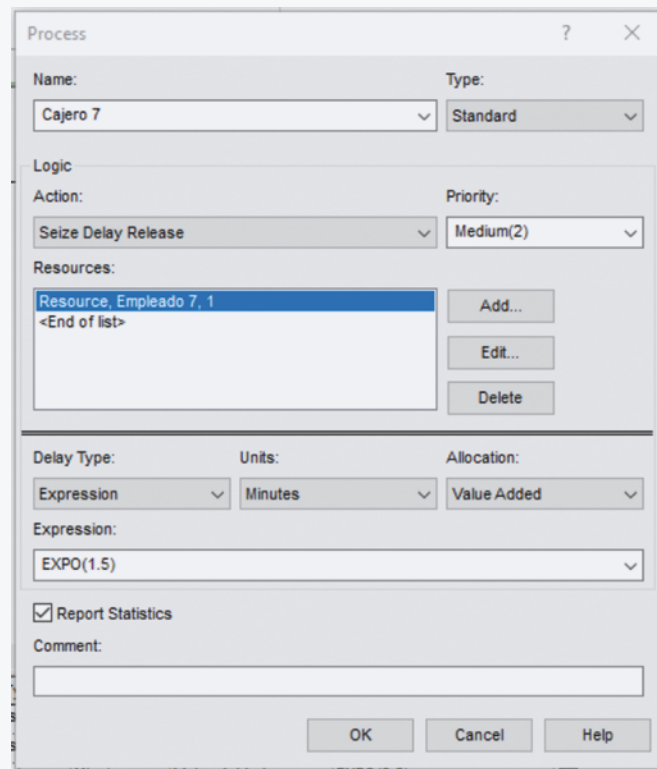
## Paso 56

Agregamos un Hold, ubicado en la pestaña Decisions, a la derecha de Estacion 3. Agregamos un Process, ubicado en la pestaña Discrete Processing, a la derecha del Hold.



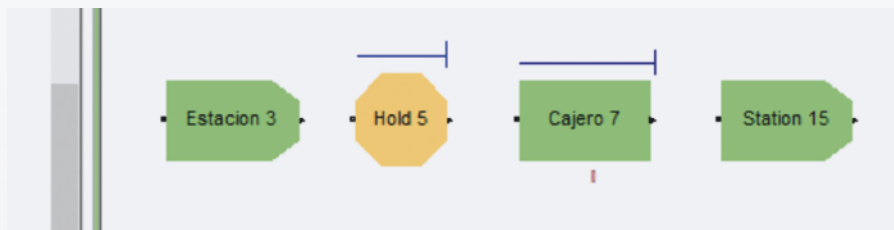
## Paso 57

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Cajero 7, en la casilla para la acción seleccionamos Seize Delay Release, pulsamos Add... para añadir un recurso (esto abrirá otra ventana, en la casilla para el nombre del recurso ponemos Empleado 7 y pulsamos Ok), en la casilla para el tipo de retraso escogemos Expression, en la casilla para las unidades seleccionamos minutos y en la casilla para la expresión colocamos EXPO(1.5). Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



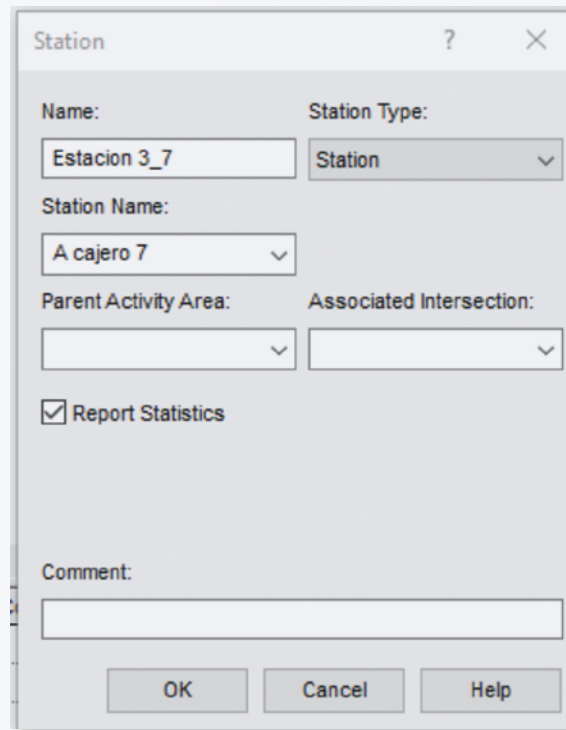
## Paso 58

Agregamos un Station, ubicado en la pestaña Discrete Processing, al lado derecho de Cajero 7.



## Paso 59

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Estacion 3\_7, en la casilla para el nombre de la estación ponemos A cajero 7, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



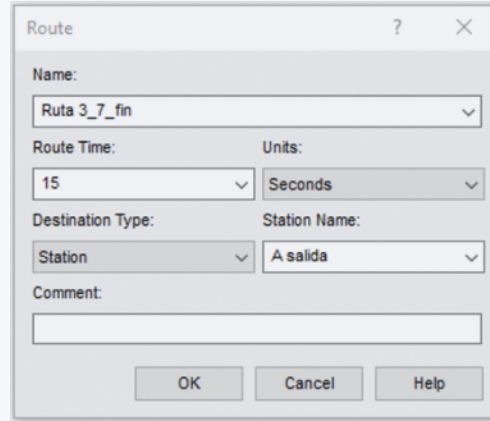
## Paso 60

Agregamos un Route, ubicado en la pestaña Discrete Processing, a la derecha de Estacion 3\_7.



## Paso 61

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Ruta 3\_7\_fin, en la casilla para el tiempo de la ruta ponemos 15, en la casilla para las unidades seleccionamos segundos, en la casilla para el nombre de la estación ponemos A salida y, por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

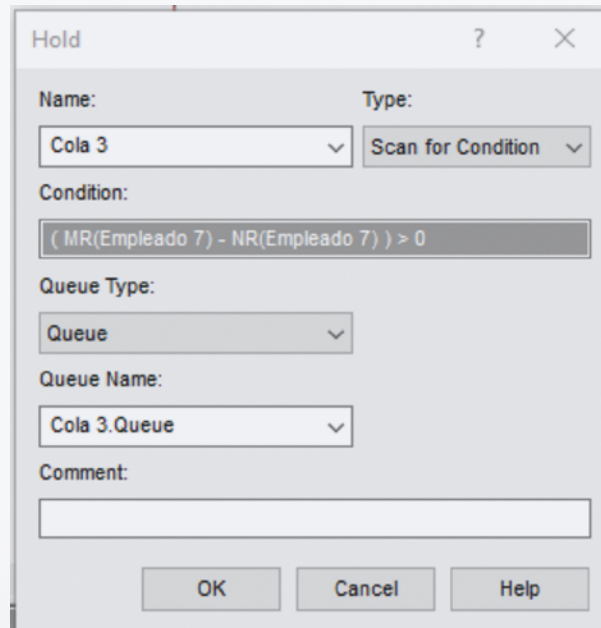


## Paso 62

Hacemos doble clic en el Hold para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Cola 3, en la casilla Type seleccionamos Scan for condition y en la casilla para la condición colocamos la siguiente expresión:

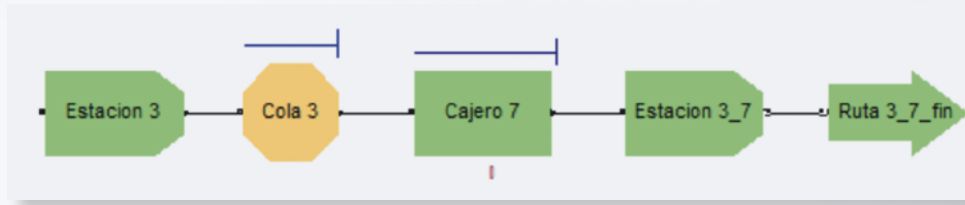
$(MR(\text{Empleado } 7) - NR(\text{Empleado } 7)) > 0$

Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



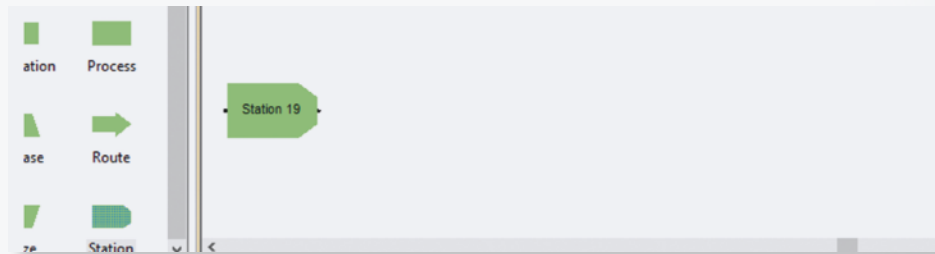
## Paso 63

Hacemos doble clic en el botón Connect y enlazamos los elementos como se muestra a continuación.



## Paso 64

En otro espacio del lugar de trabajo agregamos un Station, ubicado en la pestaña Discrete Processing.



## Paso 65

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Estacion 4, en la casilla para el nombre de la estación ponemos Otros servicios, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

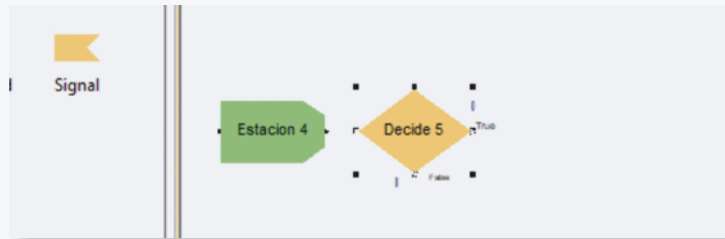
Station

Name:	Estacion 4	Station Type:	Station
Station Name:	Otros servicios	Parent Activity Area:	
Associated Intersection:		Report Statistics:	<input checked="" type="checkbox"/>
Comment:			

OK Cancel Help

## Paso 66

Agregamos un rombo de decisión, ubicado en la pestaña Decisions, a la derecha de Estacion 4.



## Paso 67

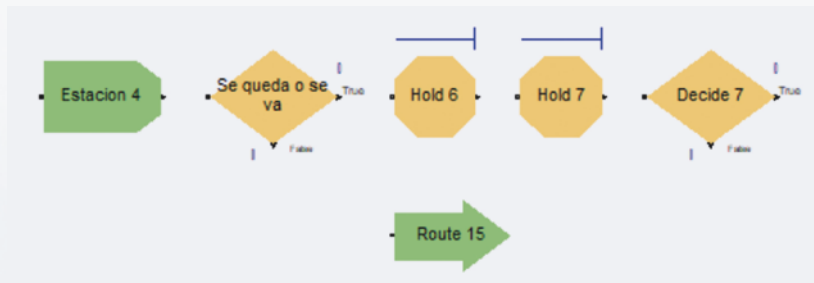
Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Se queda o se va, en la casilla de Percent True colocamos 85 y, por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

The 'Decide' dialog box is shown with the following settings:

- Name: Se queda o se va
- Type: 2-way by Chance
- Percent True (0-100): 85 %
- Comment: (empty text box)
- Buttons: OK, Cancel, Help

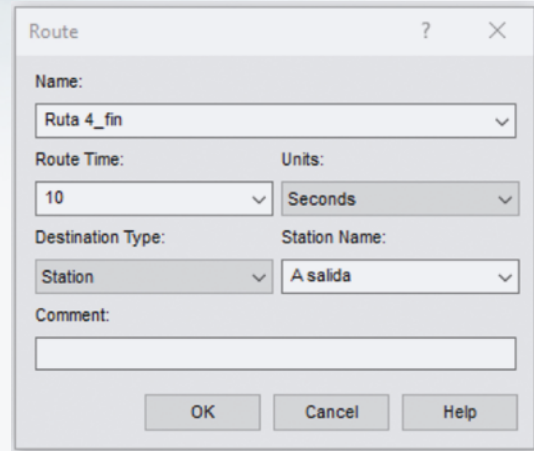
## Paso 68

Agregamos un Hold, ubicado en la pestaña Decisions, a la derecha de Se queda o se va. Agregamos otro Hold a la derecha del primer Hold. Agregamos un rombo de decisión, ubicado en la pestaña Decisions, a la derecha del segundo Hold. Por último, agregamos un Route, ubicado en la pestaña Discrete Processing, debajo del primer Hold.



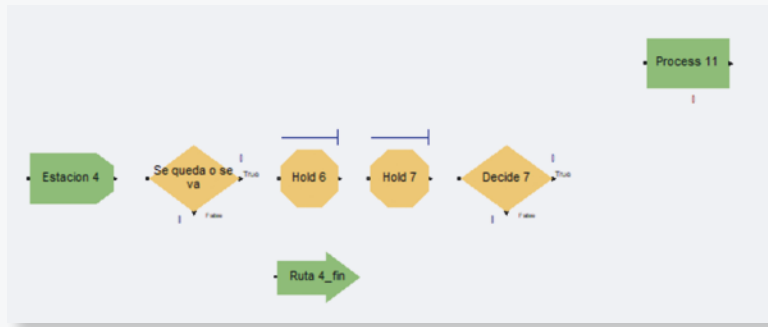
## Paso 69

Hacemos doble clic en el Route para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Ruta 4\_fin, en la casilla para el tiempo de la ruta ponemos 10, en la casilla para las unidades seleccionamos segundos, en la casilla para el nombre de la estación ponemos A salida y, por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



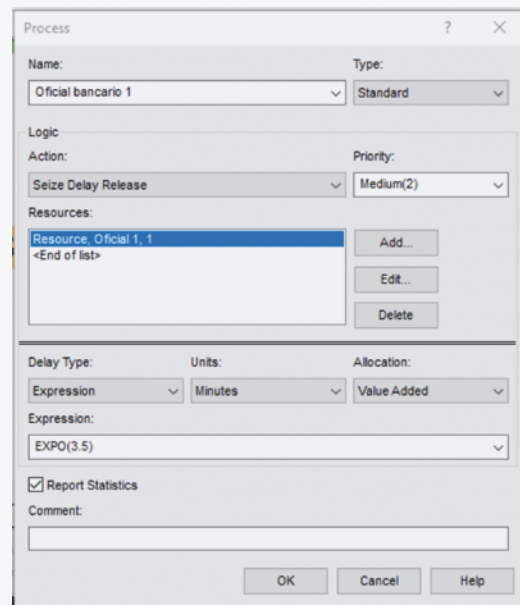
## Paso 70

Agregamos un Process, ubicado en la pestaña Discrete Processing, al lado derecho del rombo de decisión.



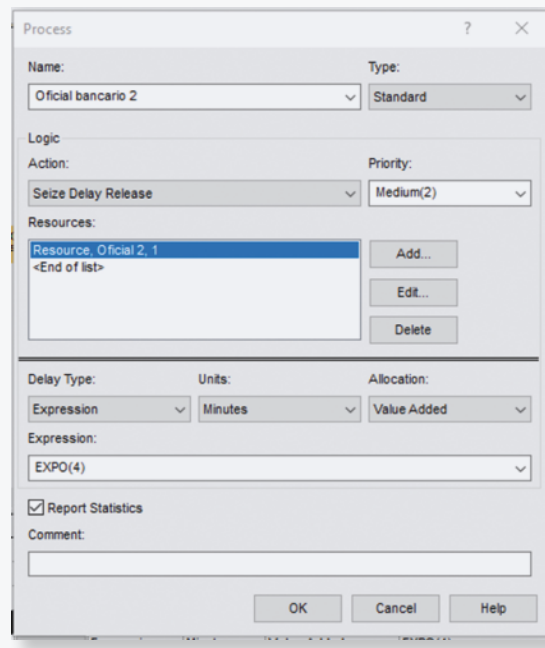
## Paso 71

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Oficial bancario 1, en la casilla para la acción seleccionamos Seize Delay Release, pulsamos Add... para añadir un recurso (esto abrirá otra ventana, en la casilla para el nombre del recurso ponemos Oficial 1 y pulsamos Ok), en la casilla para el tipo de retraso escogemos Expression, en la casilla para las unidades seleccionamos minutos y en la casilla para la expresión colocamos EXPO(3.5). Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

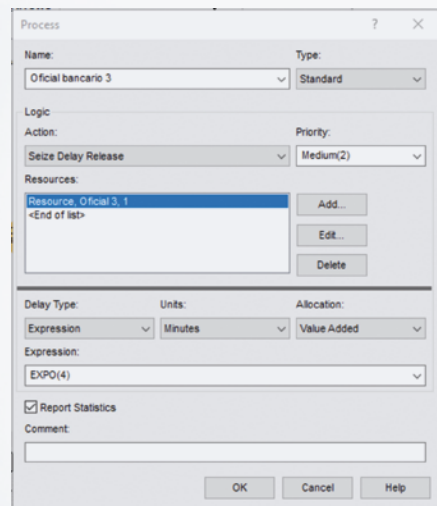


## Paso 72

Agregamos un Process, ubicado en la pestaña Discrete Processing, debajo de Oficial bancario 1. Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Oficial bancario 2, en la casilla para la acción seleccionamos Seize Delay Release, pulsamos Add... para añadir un recurso (esto abrirá otra ventana, en la casilla para el nombre del recurso ponemos Oficial 2 y pulsamos Ok), en la casilla para el tipo de retraso escogemos Expression, en la casilla para las unidades seleccionamos minutos y en la casilla para la expresión colocamos EXPO(4). Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



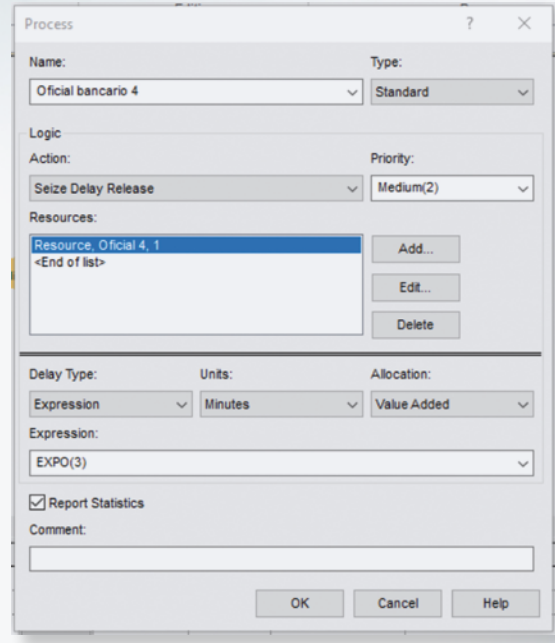
## Paso 73



Agregamos un Process, ubicado en la pestaña Discrete Processing, debajo de Oficial bancario 2. Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Oficial bancario 3, en la casilla para la acción seleccionamos Seize Delay Release, pulsamos Add... para añadir un recurso (esto abrirá otra ventana, en la casilla para el nombre del recurso ponemos Oficial 3 y pulsamos Ok), en la casilla para el tipo de retraso escogemos Expression, en la casilla para las unidades seleccionamos minutos y en la casilla para la expresión colocamos EXPO(4). Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

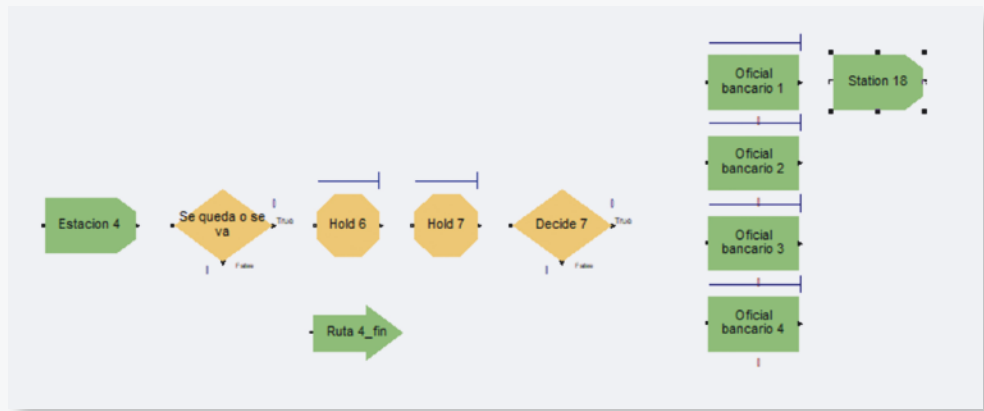
## Paso 74

Agregamos un Process, ubicado en la pestaña Discrete Processing, debajo de Oficial bancario 3. Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Oficial bancario 4, en la casilla para la acción seleccionamos Seize Delay Release, pulsamos Add... para añadir un recurso (esto abrirá otra ventana, en la casilla para el nombre del recurso ponemos Oficial 4 y pulsamos Ok), en la casilla para el tipo de retraso escogemos Expression, en la casilla para las unidades seleccionamos minutos y en la casilla para la expresión colocamos EXPO(3). Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



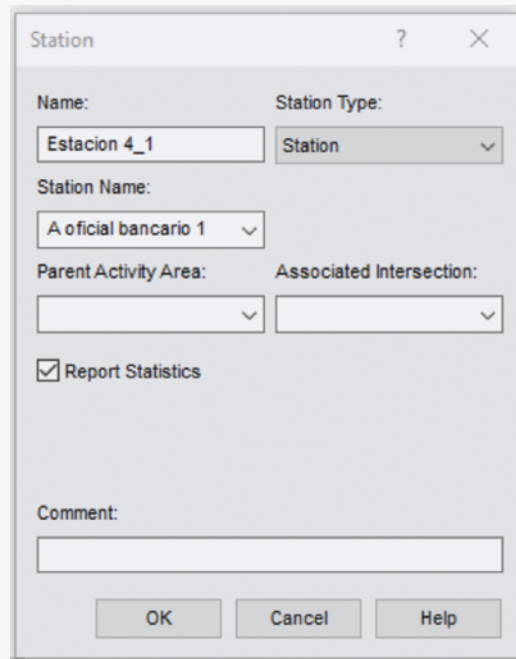
## Paso 75

Agregamos un Station, ubicado en la pestaña Discrete Processing, al lado derecho de Oficial bancario 1.



## Paso 76

Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Estacion 4\_1, en la casilla para el nombre de la estación ponemos A oficial bancario 1, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

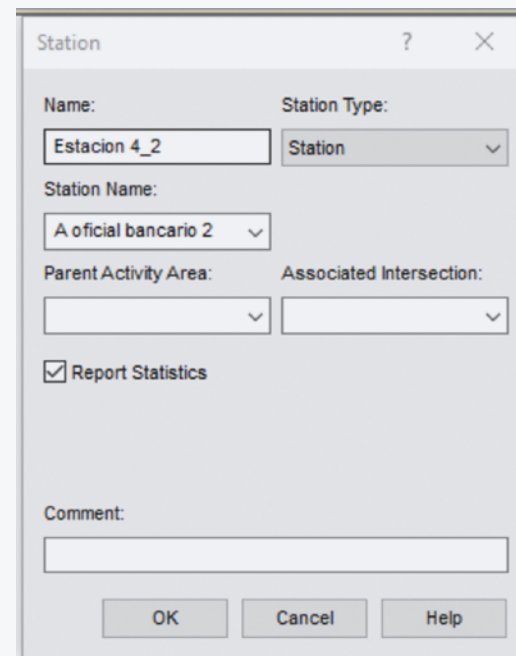


The screenshot shows a dialog box titled "Station" with a question mark icon and a close button. It contains the following fields and controls:

- Name:** A text box containing "Estacion 4\_1".
- Station Type:** A dropdown menu showing "Station".
- Station Name:** A dropdown menu showing "A oficial bancario 1".
- Parent Activity Area:** An empty dropdown menu.
- Associated Intersection:** An empty dropdown menu.
- Report Statistics**
- Comment:** An empty text box.
- Buttons: **OK**, **Cancel**, and **Help**.

## Paso 77

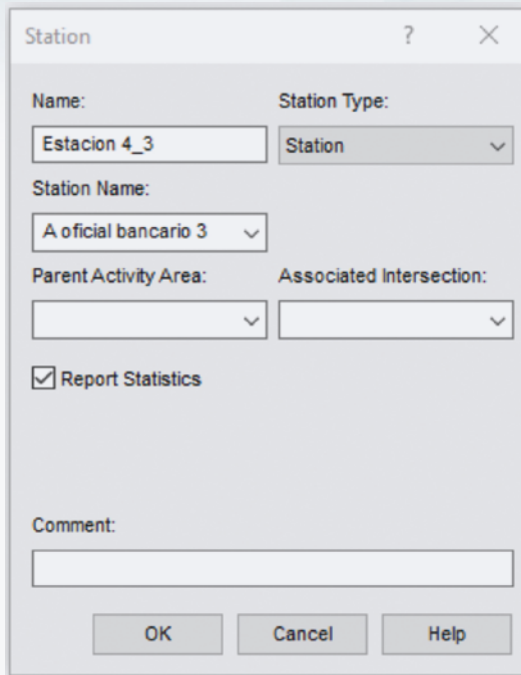
Agregamos un Station, ubicado en la pestaña Discrete Processing, debajo de Estacion 4\_1. Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Estacion 4\_2, en la casilla para el nombre de la estación ponemos A oficial bancario 2, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



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

- Name:** A text box containing "Estacion 4\_2".
- Station Type:** A dropdown menu showing "Station".
- Station Name:** A dropdown menu showing "A oficial bancario 2".
- Parent Activity Area:** An empty dropdown menu.
- Associated Intersection:** An empty dropdown menu.
- Report Statistics**
- Comment:** An empty text box.
- Buttons: **OK**, **Cancel**, and **Help**.

## Paso 78

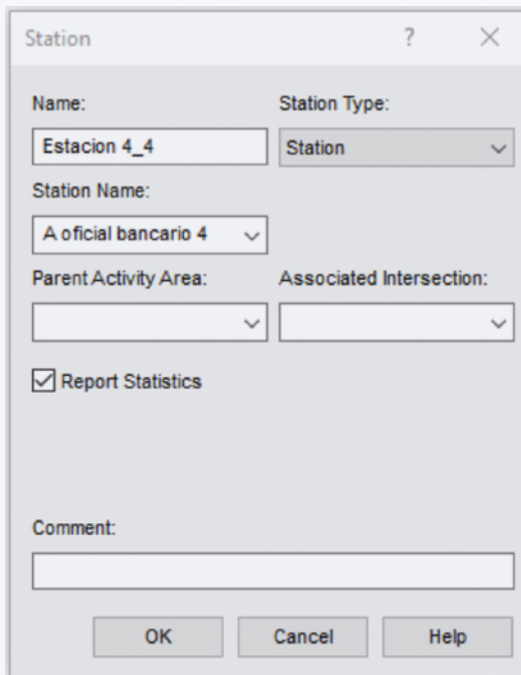


The screenshot shows a dialog box titled "Station" with a question mark icon and a close button. It contains the following fields and controls:

- Name:** A text input field containing "Estacion 4\_3".
- Station Type:** A dropdown menu with "Station" selected.
- Station Name:** A dropdown menu with "A oficial bancario 3" selected.
- Parent Activity Area:** An empty dropdown menu.
- Associated Intersection:** An empty dropdown menu.
- Report Statistics**
- Comment:** An empty text area.
- Buttons: **OK**, **Cancel**, and **Help**.

Agregamos un Station, ubicado en la pestaña Discrete Processing, debajo de Estacion 4\_2. Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Estacion 4\_3, en la casilla para el nombre de la estación ponemos A oficial bancario 3, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

## Paso 79



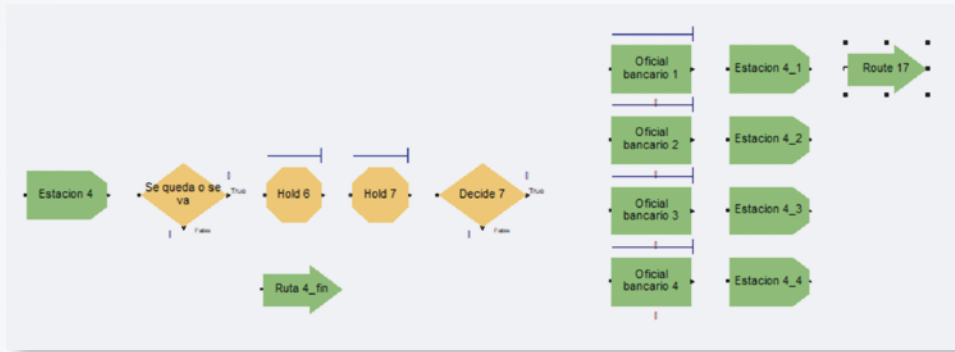
The screenshot shows a dialog box titled "Station" with a question mark icon and a close button. It contains the following fields and controls:

- Name:** A text input field containing "Estacion 4\_4".
- Station Type:** A dropdown menu with "Station" selected.
- Station Name:** A dropdown menu with "A oficial bancario 4" selected.
- Parent Activity Area:** An empty dropdown menu.
- Associated Intersection:** An empty dropdown menu.
- Report Statistics**
- Comment:** An empty text area.
- Buttons: **OK**, **Cancel**, and **Help**.

Agregamos un Station, ubicado en la pestaña Discrete Processing, debajo de Estacion 4\_3. Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Estacion 4\_4, en la casilla para el nombre de la estación ponemos A oficial bancario 4, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

## Paso 80

Agregamos un Route, ubicado en la pestaña Discrete Processing, a la derecha de Estacion 4\_1.



## Paso 81

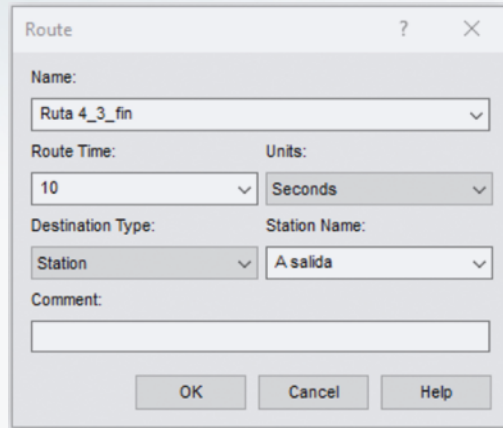
Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Ruta 4\_1\_fin, en la casilla para el tiempo de la ruta ponemos 10, en la casilla para las unidades seleccionamos segundos, en la casilla para el nombre de la estación ponemos A salida y, por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

## Paso 82

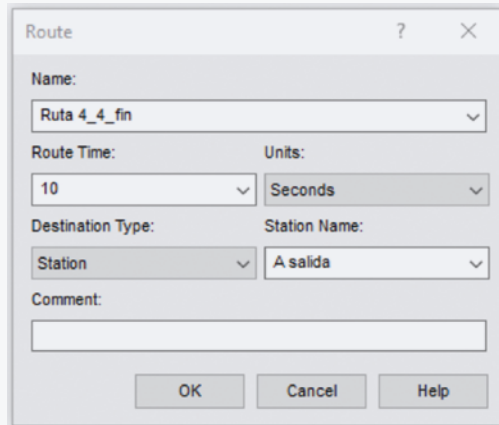
Agregamos un Route, ubicado en la pestaña Discrete Processing, debajo de Ruta 4\_1\_fin. Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Ruta 4\_2\_fin, en la casilla para el tiempo de la ruta ponemos 10, en la casilla para las unidades seleccionamos segundos, en la casilla para el nombre de la estación ponemos A salida y, por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

## Paso 83

Agregamos un Route, ubicado en la pestaña Discrete Processing, debajo de Ruta 4\_2\_fin. Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Ruta 4\_3\_fin, en la casilla para el tiempo de la ruta ponemos 10, en la casilla para las unidades seleccionamos segundos, en la casilla para el nombre de la estación ponemos A salida y, por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



## Paso 84



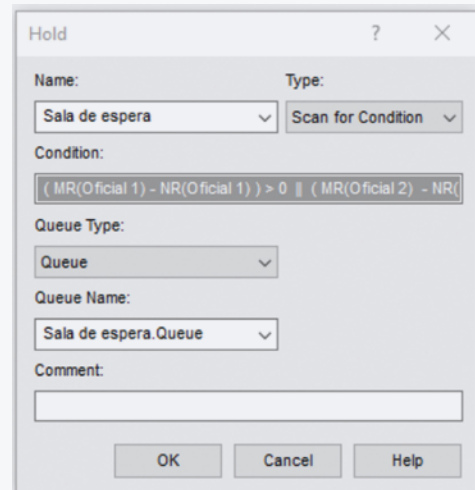
Agregamos un Route, ubicado en la pestaña Discrete Processing, debajo de Ruta 4\_3\_fin. Hacemos doble clic en él para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Ruta 4\_4\_fin, en la casilla para el tiempo de la ruta ponemos 10, en la casilla para las unidades seleccionamos segundos, en la casilla para el nombre de la estación ponemos A salida y, por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

## Paso 85

Hacemos doble clic en Hold 7 para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Sala de espera, en la casilla Type seleccionamos Scan for condition y en la casilla para la condición colocamos la siguiente expresión:

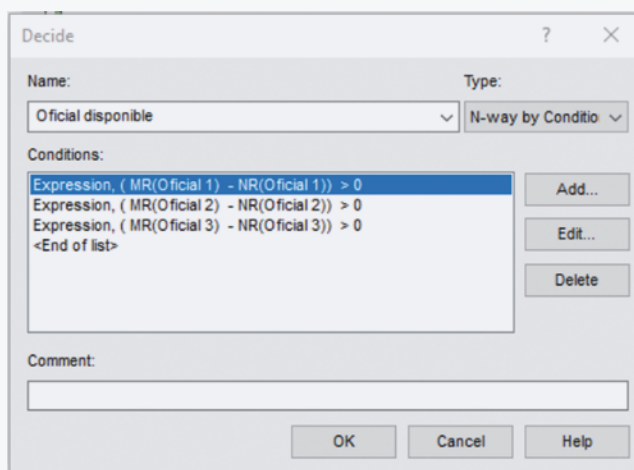
$$(MR(\text{Oficial } 1) - NR(\text{Oficial } 1)) > 0 \parallel (MR(\text{Oficial } 2) - NR(\text{Oficial } 2)) > 0 \parallel (MR(\text{Oficial } 3) - NR(\text{Oficial } 3)) > 0 \parallel (MR(\text{Oficial } 4) - NR(\text{Oficial } 4)) > 0$$

Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

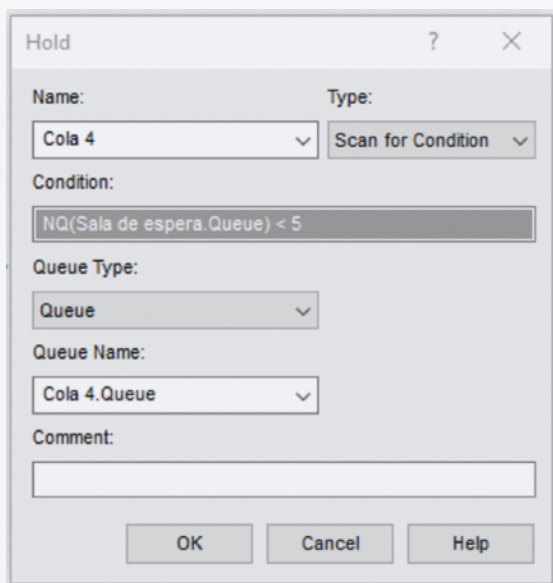


## Paso 86

Hacemos doble clic en Decide 7 para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Oficial disponible, en la casilla para el tipo seleccionamos N-way by Condition, pulsamos Add... para añadir una condición (esto abrirá otra ventana, en la casilla de If escogemos Expression, en la casilla del valor colocamos  $(MR(\text{Oficial } 1) - NR(\text{Oficial } 1)) > 0$  y pulsamos Ok), volvemos a pulsar Add... para añadir otra condición (en la casilla de If escogemos Expression, en la casilla del valor colocamos  $(MR(\text{Oficial } 2) - NR(\text{Oficial } 2)) > 0$  y pulsamos Ok), volvemos a pulsar Add... para añadir otra condición (en la casilla de If escogemos Expression, en la casilla del valor colocamos  $(MR(\text{Oficial } 3) - NR(\text{Oficial } 3)) > 0$  y pulsamos Ok). Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



## Paso 87



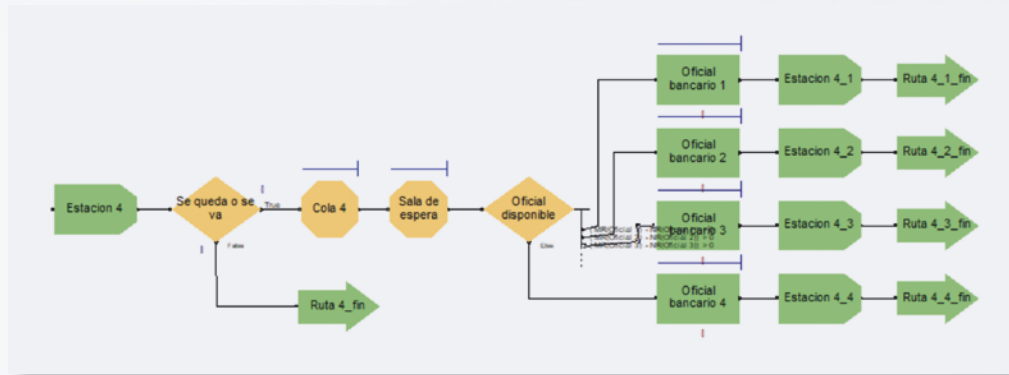
Hacemos doble clic en Hold 6 para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Cola 4, en la casilla Type seleccionamos Scan for condition y en la casilla para la condición colocamos la siguiente expresión:

$NQ(\text{Sala de espera.Queue}) < 5$

Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

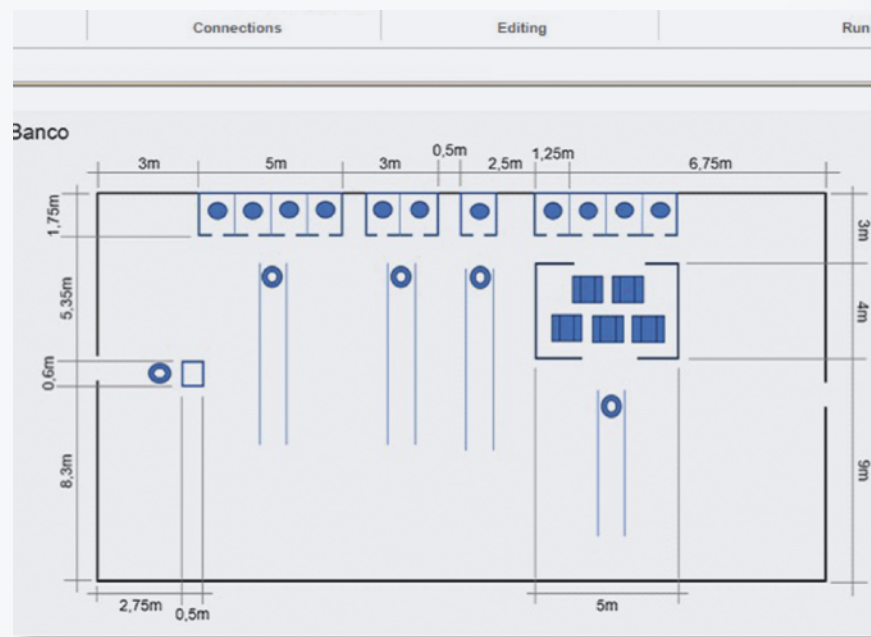
## Paso 88

Hacemos doble clic en el botón Connect y enlazamos los elementos como se muestra a continuación.



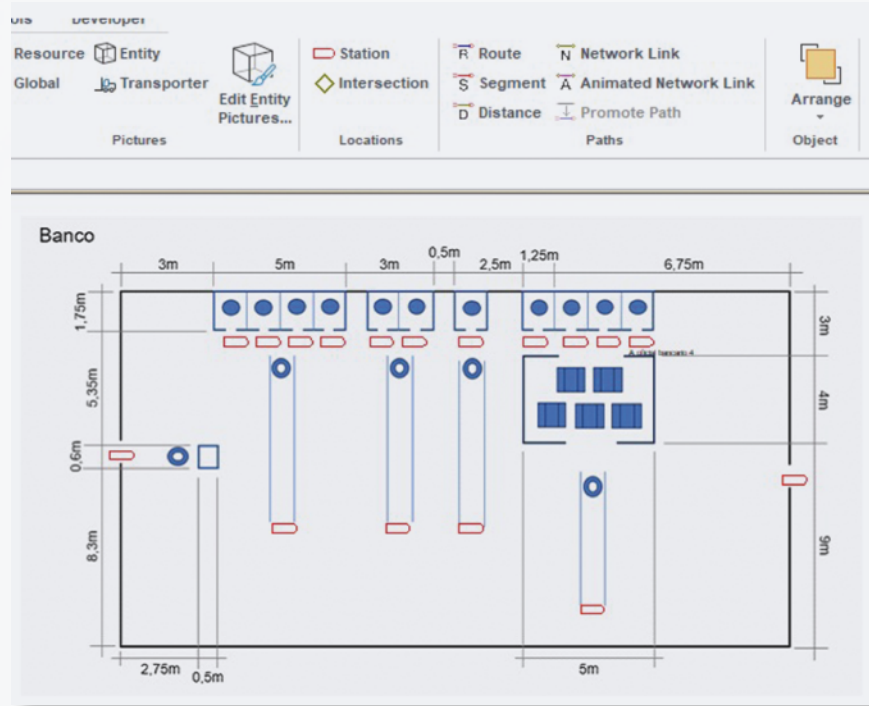
## Paso 89

Ahora procederemos a animar el modelo. Primero copiamos y pegamos la imagen del diseño arquitectónico a usar en otro espacio del lugar de trabajo.



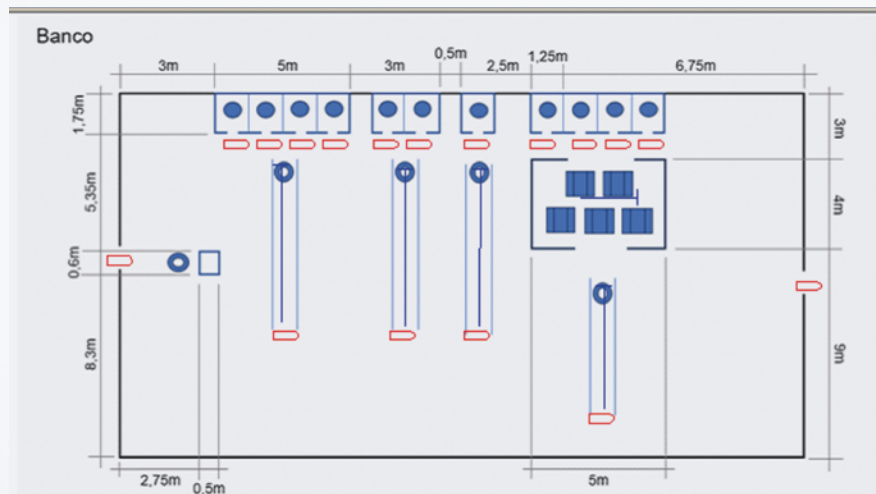
## Paso 90

Agregaremos las estaciones en su lugar correspondiente, para ello nos vamos a la pestaña Animate de la barra de herramientas, seleccionamos Station y escogemos la estación que queremos poner.



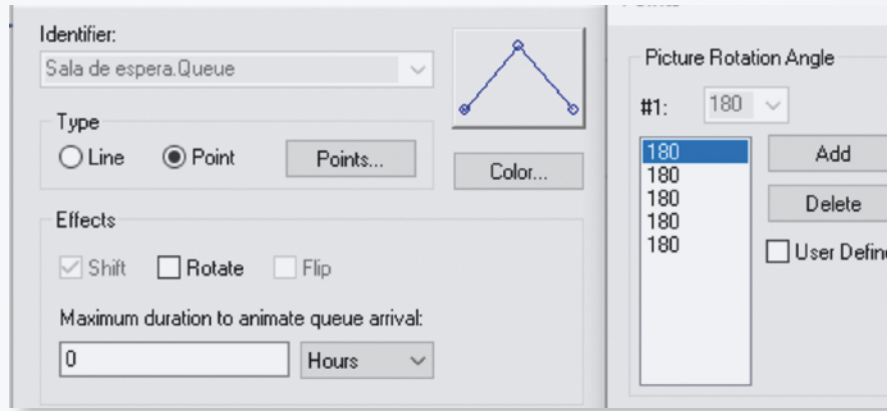
## Paso 91

Agregaremos las colas, para ello arrastramos las líneas encima de Cola 1, Cola 2, Cola 3, Cola 4 y Sala de espera hasta su lugar correspondiente en el diseño.



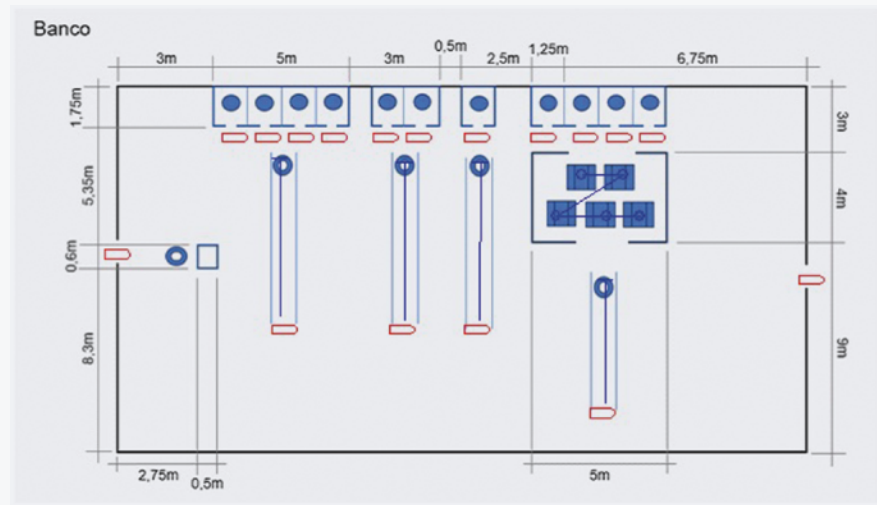
## Paso 92

Hacemos doble clic en la línea de la cola de Sala de espera para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el tipo seleccionamos Point, hacemos clic sobre Points... para seleccionar la cantidad de puntos (esto abrirá otra ventana, hacemos clic sobre Add tres veces para añadir más puntos y pulsamos Ok) y, por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



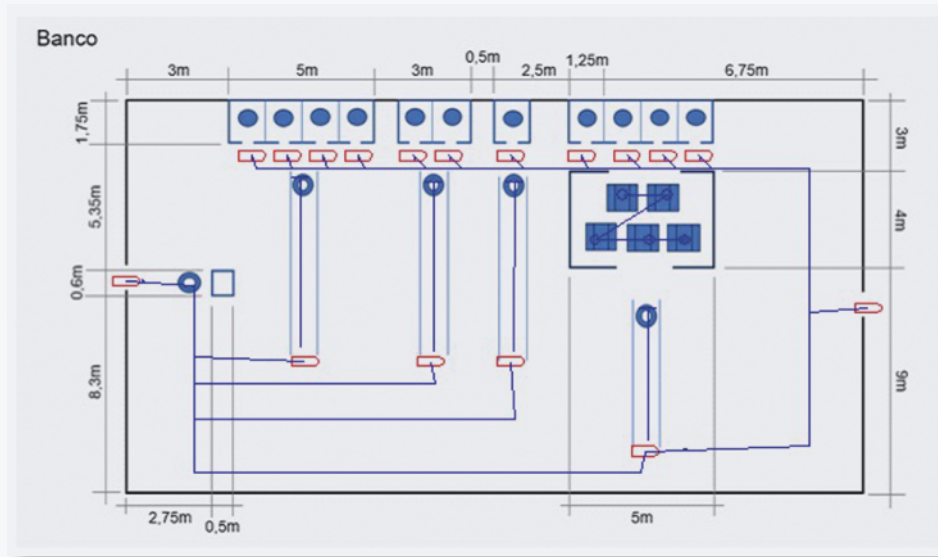
## Paso 93

Colocamos los puntos de modo que cada uno quede en una silla de la sala de espera.



## Paso 94

Agregaremos el camino a seguir de estación a estación, para ello seleccionamos Route y enlazamos las estaciones como se muestra a continuación.



## Paso 95

Pulsamos Entity, ubicado en la pestaña Data Definition, y en la casilla Initial Picture de CLIENTE seleccionamos la imagen que queremos usar para representar a los clientes durante la simulación.

Captura de pantalla del software de simulación. A la izquierda se muestra el menú de entidades (Entity, Expression, Failure, Queue, Resource, Schedule, Sequence, Set) y la pestaña Data Definition. En el centro se muestra el diagrama del banco de trabajo. En la parte inferior se muestra la tabla de configuración de entidades.

Entity Type	Initial Picture	Holding Cost / Hour	Initial VA Cost	Initial NVA Cost	Initial Waiting Cost	Initial Tran Cost	Initial Other Cost	Report Statistics	Comment
1	CLIENTE	Picture Person	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	

Double-click here to add a new row.

# 3

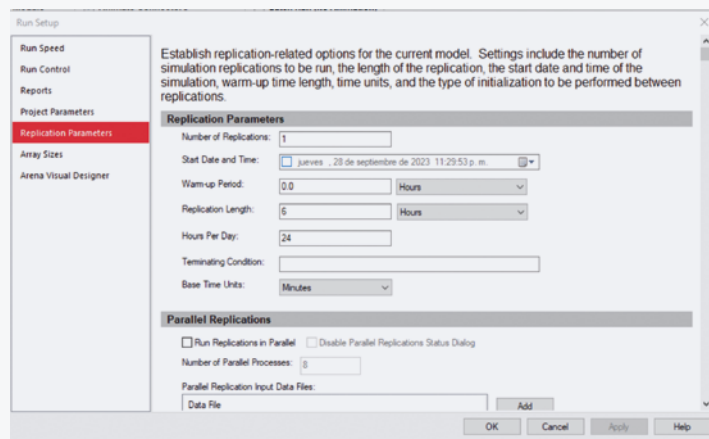
## Ejecución de Modelo



Antes de la simulación, se debe configurar algunos parámetros referentes al propio sistema, como por ejemplo el tiempo de ejecución.

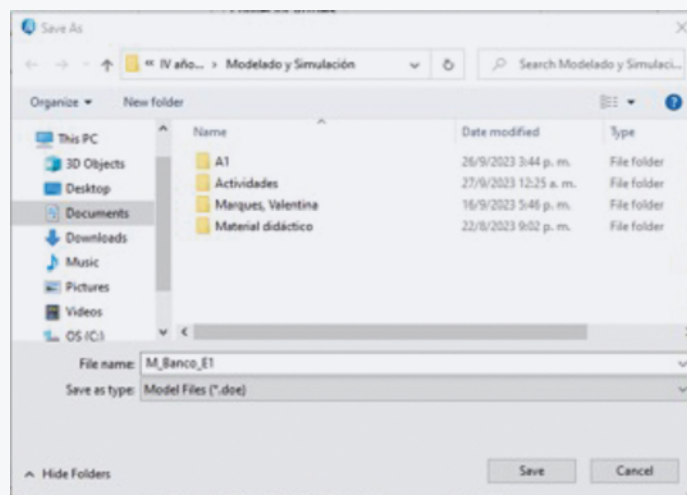
### Paso 1

Pulsamos Setup..., ubicado en la pestaña Run, pulsamos Replication Parameters, en la casilla Replication Length colocamos 6 y en la casilla Base Time Units seleccionamos minutos. Pulsamos el botón Apply y luego OK para regresar al área de trabajo.



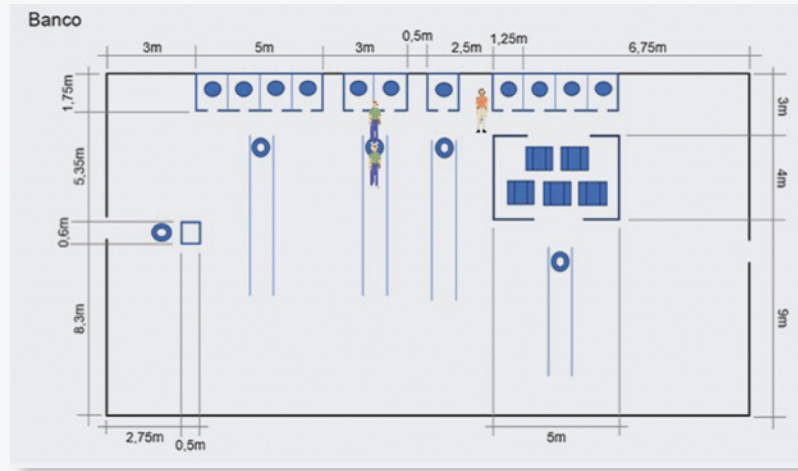
### Paso 2

Para guardar nuestro modelo pulsamos File, luego Save As, escogemos el lugar para guardar el modelo, le ponemos el nombre de M\_Banco\_E1 y pulsamos Save.



# Paso 3

Pulsamos Go para iniciar la simulación del modelo. Para pausar la simulación pulsamos Pause y para detenerla pulsamos End.



## 4

### Análisis de Resultados



Replication ended at time : 360.0 Minutes  
Base Time Units: Minutes

#### TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
CLIENTE.VATime	2.4510	.26214	.00000	19.973	539
CLIENTE.NVATime	.00000	.00000	.00000	.00000	539
CLIENTE.WaitTime	.30933	.20313	.00000	10.538	539
CLIENTE.TranTime	.38559	.00364	.33333	.41667	539
CLIENTE.OtherTime	.00000	.00000	.00000	.00000	539
CLIENTE.TotalTime	3.1459	.35787	.33333	20.306	539
Cajero 7.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	72
Cajero 1 al 4.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	266
Cola 4.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	117
Cola 3.Queue.WaitingTime	.57343	(Insuf)	.00000	6.8252	72
Cola 2.Queue.WaitingTime	1.3756	(Insuf)	.00000	10.538	68
Cola 1.Queue.WaitingTime	.11569	(Insuf)	.00000	2.5156	266
Oficial bancario 1 al 4.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	117
Sala de espera.Queue.WaitingTime	.00962	(Insuf)	.00000	.52102	117
Cajero 5 y 6.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	68

## DISCRETE-CHANGE VARIABLES

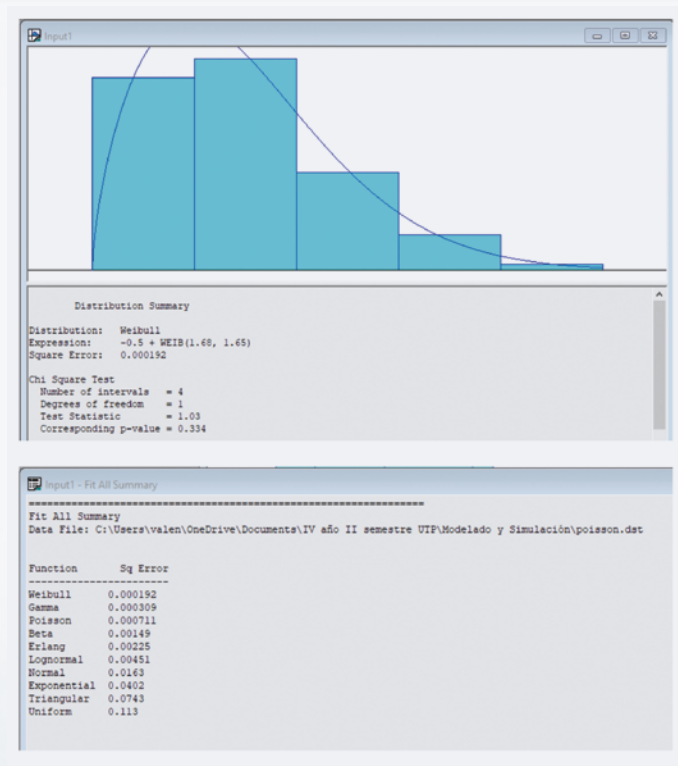
Identifrier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
CLIENTE.WIP	4.7185	.78599	.00000	15.000	1.0000
Oficial 1.NumberBusy	.48036	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Oficial 1.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Oficial 1.Utilization	.48036	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Oficial 2.NumberBusy	.33568	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Oficial 2.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Oficial 2.Utilization	.33568	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Oficial 3.NumberBusy	.16906	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Oficial 3.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Oficial 3.Utilization	.16906	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Oficial 4.NumberBusy	.04722	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Oficial 4.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Oficial 4.Utilization	.04722	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Empleado 7.NumberBusy	.30243	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Empleado 7.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Empleado 7.Utilization	.30243	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Empleado 5.NumberBusy	.48068	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
Empleado 5.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Empleado 5.Utilization	.48068	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
Empleado 6.NumberBusy	.30440	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Empleado 6.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Empleado 6.Utilization	.30440	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Empleado 1.NumberBusy	.48505	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Empleado 1.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Empleado 1.Utilization	.48505	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Empleado 4.NumberBusy	.27436	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Empleado 4.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Empleado 4.Utilization	.27436	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Empleado 3.NumberBusy	.31893	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Empleado 3.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Empleado 3.Utilization	.31893	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Empleado 2.NumberBusy	.47968	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Empleado 2.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Empleado 2.Utilization	.47968	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Cajero 7.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Cajero 1 al 4.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Cola 4.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Cola 3.Queue.NumberInQueue	.11469	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Cola 2.Queue.NumberInQueue	.25984	(Insuf)	.00000	5.0000	.00000
Cola 1.Queue.NumberInQueue	.08548	(Insuf)	.00000	6.0000	.00000
Oficial bancario 1 al 4.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Sala de espera.Queue.NumberInQueue	.00313	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Cajero 5 y 6.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000

## OUTPUTS

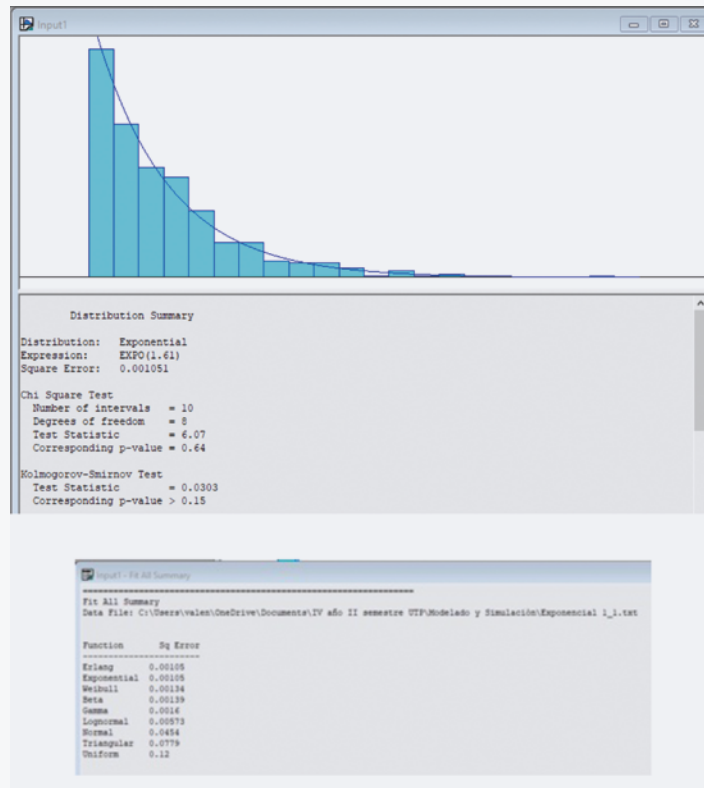
Identifrier	Value
CLIENTE.NumberIn	540.00
CLIENTE.NumberOut	539.00
Oficial 1.NumberSeized	53.000
Oficial 1.ScheduledUtilization	.48036
Oficial 2.NumberSeized	37.000
Oficial 2.ScheduledUtilization	.33568
Oficial 3.NumberSeized	18.000
Oficial 3.ScheduledUtilization	.16906
Oficial 4.NumberSeized	9.0000
Oficial 4.ScheduledUtilization	.04722
Empleado 7.NumberSeized	72.000
Empleado 7.ScheduledUtilization	.30243
Empleado 5.NumberSeized	40.000
Empleado 5.ScheduledUtilization	.48068
Empleado 6.NumberSeized	28.000
Empleado 6.ScheduledUtilization	.30440
Empleado 1.NumberSeized	108.00
Empleado 1.ScheduledUtilization	.48505
Empleado 4.NumberSeized	33.000
Empleado 4.ScheduledUtilization	.27436
Empleado 3.NumberSeized	50.000
Empleado 3.ScheduledUtilization	.31893
Empleado 2.NumberSeized	75.000
Empleado 2.ScheduledUtilization	.47968
System.NumberOut	539.00

Se puede observar que el tiempo de espera promedio de los clientes en Cola 1 para realizar 1 o 2 transacciones fue de 0.13621 minutos, el máximo fue 2.3827 minutos y el número máximo de clientes en cola fue 7. En Cola 2 para realizar más de 2 transacciones, el tiempo de espera promedio de los clientes fue de 3.2715 minutos, el máximo fue 16.897 minutos y el número máximo de clientes en cola fue 8. En Cola 3 para jubilados, el tiempo de espera promedio de los clientes fue de 3.4439 minutos, el máximo fue 15.894 minutos y el número máximo de clientes en cola fue 9. En la sala de espera para los clientes que solicitan otros servicios, el tiempo de espera promedio de los clientes fue de 0.45753 minutos, el máximo fue 8.2075 minutos y el número máximo de clientes en la sala fue 5. En la Cola 4 para los clientes que solicitan otros servicios, el tiempo de espera promedio de los clientes fue de 0.01344 minutos, el máximo fue 1.6892 minutos y el número máximo de clientes en la sala fue 2. En total, los clientes tardaron en entrar y salir del banco un tiempo promedio de 4.3077 minutos, el tiempo máximo fue 29.231 minutos, llegaron 724 clientes al banco, 716 clientes salieron, se atendieron 274 clientes que fueron a realizar 1 o más transacciones, 136 clientes que fueron a realizar más de dos transacciones, 126 clientes jubilados y 163 clientes que fueron a solicitar otros servicios. Hubo 8 clientes que no pudieron ser atendidos durante la simulación. Cola 2 y Cola 3 tuvieron el tiempo de espera promedio más alto, superando el tiempo esperado (3 y 1.5 minutos respectivamente) y llegando a más de 8 minutos máximo. Esto quiere decir que el modelo no es eficiente.

## Input Analyzer

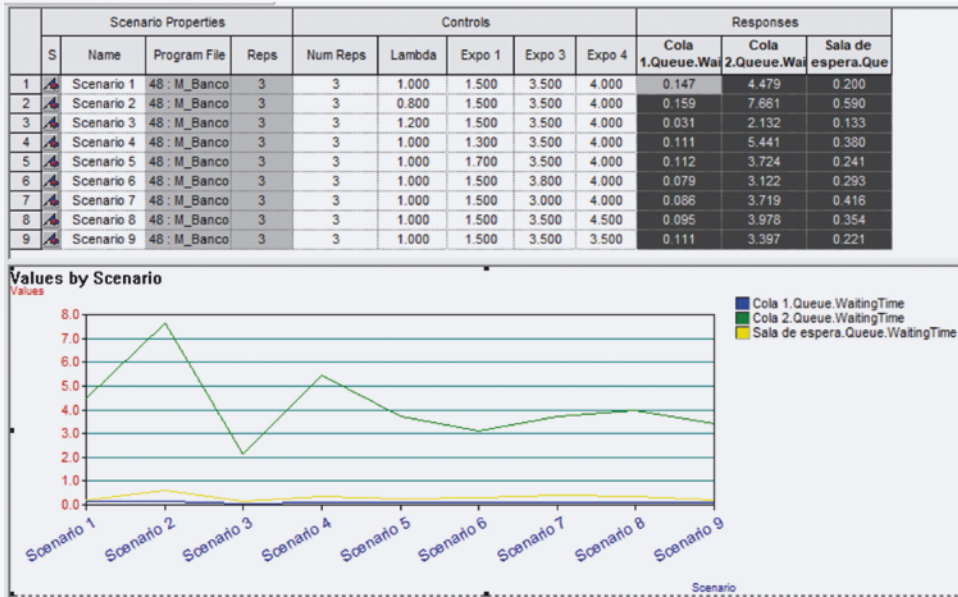


Para este caso se usó un archivo con 1000 datos, simulando los datos de entrada para la llegada de los clientes del modelo. Según el Input Analyzer de Arena, estos datos se ajustan mejor a una distribución Weibull siguiendo la prueba de chi cuadrado, sin embargo, la distribución de Poisson también se ajusta bastante bien a los datos ingresados con un margen de error de 0.000711. Esto significa que la distribución usada en el modelo se ajusta bien a los datos de entrada.



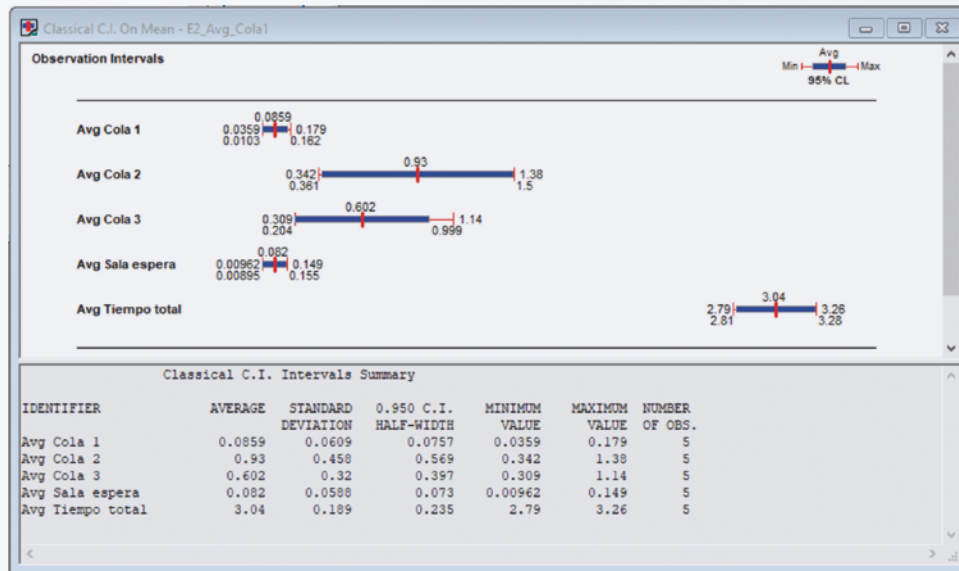
Por último, para este caso se usó otro archivo con 1000 datos, simulando los datos de entrada para la tasa de atención de los clientes en algunos servidores del modelo. Según el Input Analyzer de Arena, estos datos se ajustan mejor a una distribución exponencial con media de 3.84 siguiendo la prueba de chi cuadrado y la prueba Kolmogorov-Smirnov, con un margen de error de 0.00143. Esto significa que la distribución usada en el modelo se ajusta bien a los datos de entrada, con una diferencia en la media de 0.16.

## Process Analyzer



En el modelo se cambiaron algunos valores de los parámetros para la tasa de llegada de clientes y el tiempo de atención en los servidores por las variables llamadas Lambda, Expo 1, Expo 3 y Expo 4. Con el Process Analyzer de Arena, se realizó en base al modelo la simulación de 9 escenarios (con 3 réplicas cada uno) con el fin de ver cómo el cambio de estas variables afectaba los tiempos promedio de espera en Cola 1, Cola 2 y Sala de espera. Primero variamos el valor de Lambda: al restar 0.2 a su valor, los tiempos promedio de espera en las colas aumentaron significativamente, y al sumar 0.2 a su valor, los tiempos promedio de espera en las colas disminuyeron significativamente. Al variar los valores de Expo 1, Expo 3 y Expo 4, se puede ver que los tiempos promedio de espera en cada cola no varían significativamente, por lo cual se puede decir que los tiempos no dependen de esos cambios. Esto significa que, cuando lambda es igual a 1, los tiempos promedio de espera en cada cola no se ven afectados por una diferencia de 0.2 o 0.5 en el tiempo de atención de los clientes, sin embargo, al variar lambda por una diferencia de 0.2, se puede notar cómo los tiempos promedio de espera en las colas se ven afectados por ello.

## Output Analyzer



Con el Output Analyzer, comparamos los resultados obtenidos de simular el modelo 5 veces. La media de los tiempos promedio de espera en Cola 1 fue 0.102 minutos, el mínimo fue 0.0156 minutos y el máximo fue 0.208 minutos, los valores no varían mucho. La media de los tiempos promedio de espera en Cola 2 fue 5.48 minutos, el mínimo fue 2.17 minutos y el máximo fue 10.9 minutos, esto indica que los valores varían bastante aunque procedan del mismo modelo. La media de los tiempos promedio de espera en Cola 3 fue 2.68 minutos, el mínimo fue 1.57 minutos y el máximo fue 3.97 minutos, esto indica que los valores varían bastante aunque procedan del mismo modelo. La media de los tiempos promedio de espera en Sala de espera fue 0.253 minutos, el mínimo fue 0.128 minutos y el máximo fue 0.448 minutos, esto indica que los valores no varían mucho. La media de los tiempos totales promedio del cliente fue 4.53 minutos, el mínimo fue 3.79 minutos y el máximo fue 5.47 minutos, esto indica que los valores varían considerablemente aunque procedan del mismo modelo.

# 4

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



Este modelo podría mejorarse, en Cola 2 y en Cola 3 se podrían poner más cajeros o mejorar la atención de los servidores para disminuir los tiempos de espera en cola, los cuales son altos. Además, los clientes que van a solicitar otros servicios son atendidos dentro de un tiempo aceptable, sin embargo, la sala de espera se llena en algún punto haciendo que otros clientes tengan que hacer cola afuera, se recomienda incluir más sillas en la sala de espera si no es posible mejorar la atención en los servidores o añadir más servidores. Cabe destacar que no todos los clientes pudieron ser atendidos, esto quiere decir que la cantidad de servidores y la atención que ofrecen no es lo suficientemente rápida para la cantidad de clientes que ingresan. Se recomienda simular más escenarios con valores distintos para obtener datos más precisos e identificar la configuración más eficiente.

## CASO

## 2

### 1

### Explicación Detallada



En este escenario se modelará y simulará por 6 horas la atención de clientes en un banco tomando en cuenta los siguientes datos:

Los clientes llegan aleatoriamente al banco. Si los clientes tienen 1 o 2 transacciones, entonces se colocan en la cola única para los cajeros 1 al 4. Si los clientes tienen más de 2 transacciones, entonces utilizan la cola única para los cajeros 5 y 6. Si los clientes son jubilados, entonces se colocan en la cola 7. Si los clientes vienen a solicitar otro servicio (o sea, no vienen a realizar transacciones sino a solicitar un préstamo, tarjeta de crédito/débito, chequera, etc.), entonces son atendidos por 4 oficiales bancarios. La sala de espera para estos clientes sólo tiene 5 sillas de espera. El 15% de los clientes que solicitan otro servicio se retiran de la cola.

El 45% de los clientes tienen 1 o 2 transacciones, a estos clientes se les denomina Tipo 1. El 15% tiene más de 2 transacciones, a estos clientes se les denomina Tipo 2. El 15% son jubilados, a estos clientes se les denomina Tipo 3. El 25% solicita otro servicio, a estos clientes se les denomina Tipo 4.

Los clientes suelen llegar a una tasa de 2 clientes cada 1.3 minutos y la atención en ventanilla corresponde a la siguiente:

- ⚙ Los cajeros 1 al 4 atienden a una tasa de 1 cliente cada 2 minutos.
- ⚙ Los cajeros 5 y 6 atienden a una tasa de 1 cliente cada 4 minutos.
- ⚙ El cajero 7 atiende a una tasa de 1 cliente cada 1.5 minutos.
- ⚙ Los oficiales bancarios 1 al 4 atienden a una tasa de 1 cliente cada 3.5 minutos.

Se usará Poisson para generar la llegada de los clientes y el tiempo de atención de los servidores será exponencial.

## 2

### Planteamiento del Problema Construcción del Modelo

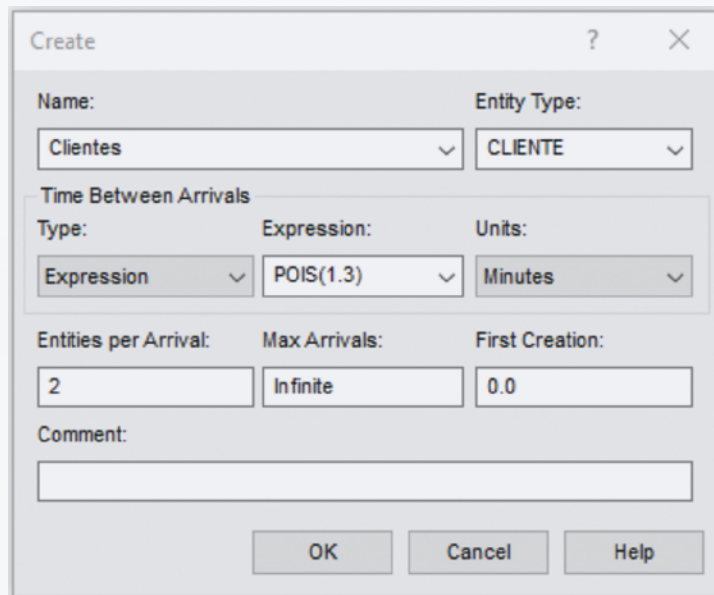


## Paso 1

Copiar el modelo realizado en Caso N°1 y pegarlo en un nuevo archivo de Arena. A este le haremos las modificaciones que se describen a continuación.

## Paso 2

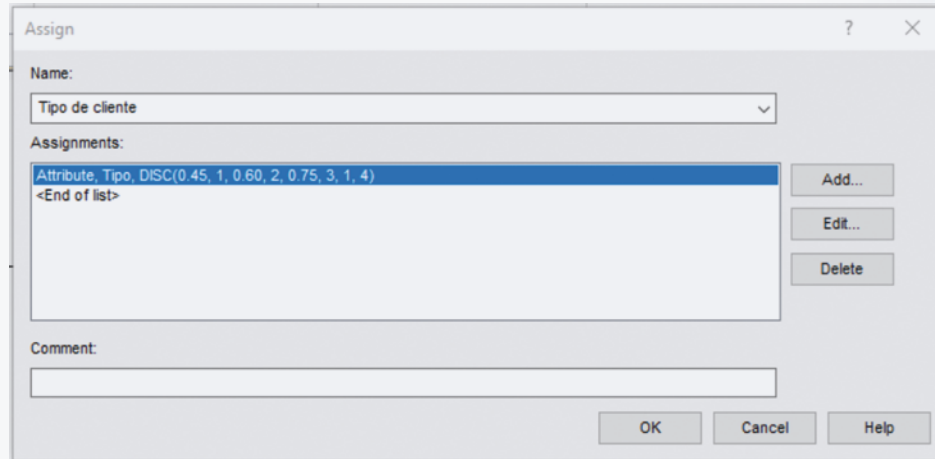
Hacemos doble clic en Clientes para abrir el menú de propiedades. En la casilla para la expresión colocamos POIS(1.3) y pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



Name:		Entity Type:	
Clientes		CLIENTE	
Time Between Arrivals			
Type:	Expression:	Units:	
Expression	POIS(1.3)	Minutes	
Entities per Arrival:	Max Arrivals:	First Creation:	
2	Infinite	0.0	
Comment:			
<input type="text"/>			
OK		Cancel	Help

## Paso 3

Hacemos doble clic en Tipo de cliente para abrir el menú de propiedades. Seleccionamos la asignación ya existente y pulsamos Edit... para editar la asignación (esto abrirá otra ventana, en la casilla para el nuevo valor colocamos DISC(0.45, 1, 0.60, 2, 0.75, 3, 1, 4) y pulsamos Ok). Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



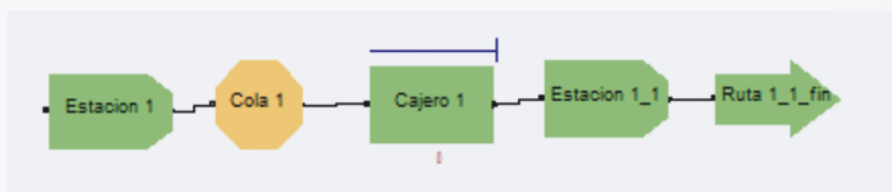
## Paso 4

Eliminamos Cajero 2, Cajero 3 y Cajero 4, Estacion 1\_2, Estacion 1\_3, Estacion 1\_4, Ruta 1\_2\_fin, Ruta 1\_3\_fin, Ruta 1\_4\_fin y Cajero disponible.



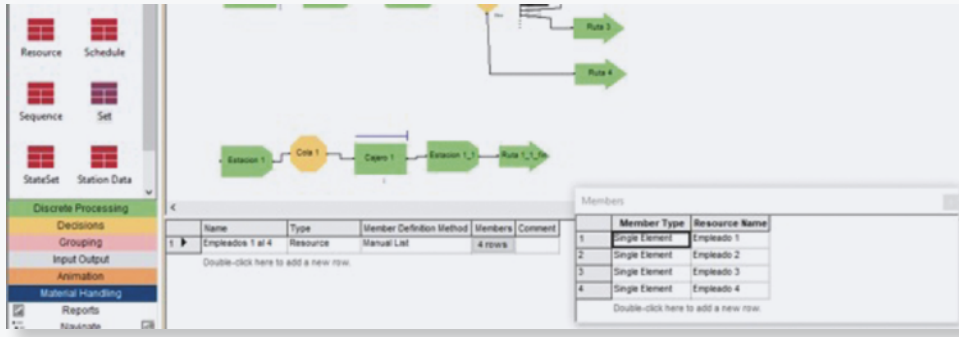
## Paso 5

Hacemos doble clic en el botón Connect y enlazamos los elementos como se muestra a continuación.



## Paso 6

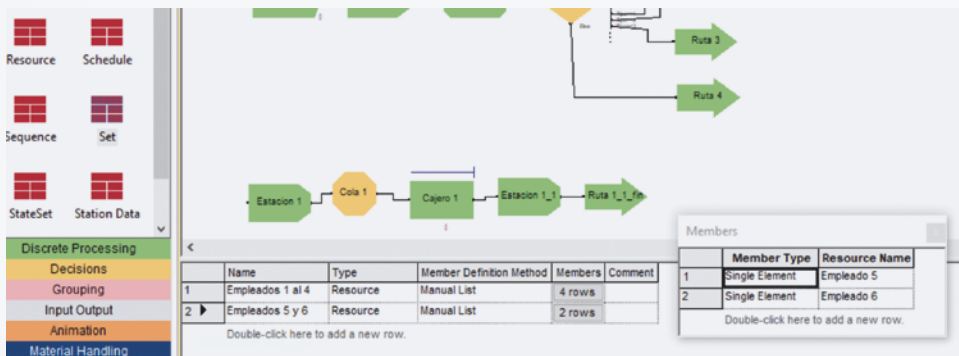
Pulsamos Set, ubicado en la pestaña Data Definition, hacemos doble clic en la lista de sets para añadir un nuevo set, en la casilla para el nombre ponemos Empleados 1 al 4 y hacemos doble clic en la casilla para los miembros (esto abrirá una nueva ventana, hacemos doble clic en ella para añadir un recurso y en la casilla para el nombre ponemos Empleado 1, hacemos lo mismo para añadir Empleado 2, Empleado 3 y Empleado 4 y cerramos la ventana).



Member Type	Resource Name
Single Element	Empleado 1
Single Element	Empleado 2
Single Element	Empleado 3
Single Element	Empleado 4

## Paso 7

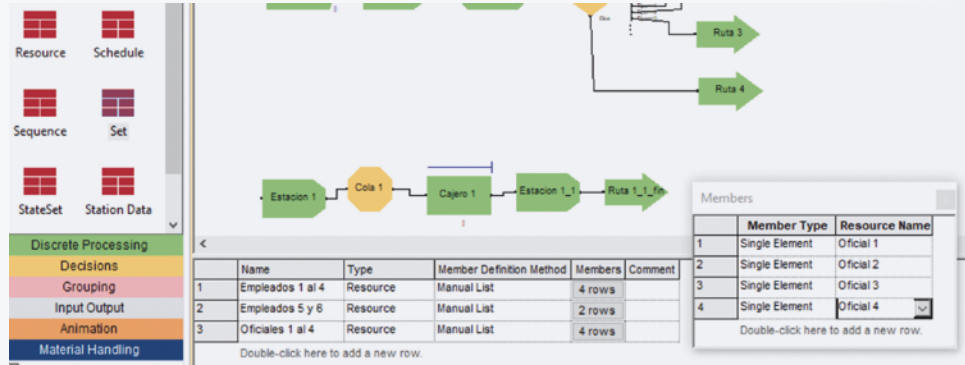
Hacemos doble clic en la lista de sets para añadir un nuevo set, en la casilla para el nombre ponemos Empleados 5 y 6 y hacemos doble clic en la casilla para los miembros (esto abrirá una nueva ventana, hacemos doble clic en ella para añadir un recurso y en la casilla para el nombre ponemos Empleado 5, hacemos lo mismo para añadir Empleado 6 y cerramos la ventana).



Member Type	Resource Name
Single Element	Empleado 5
Single Element	Empleado 6

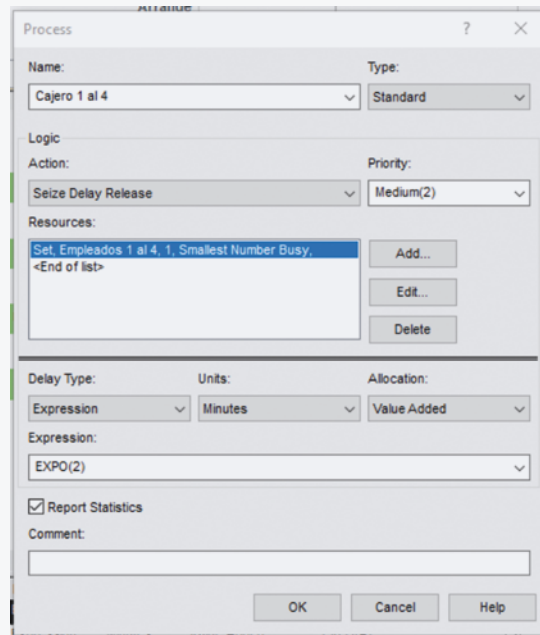
## Paso 8

Hacemos doble clic en la lista de sets para añadir un nuevo set, en la casilla para el nombre ponemos Oficiales 1 al 4 y hacemos doble clic en la casilla para los miembros (esto abrirá una nueva ventana, hacemos doble clic en ella para añadir un recurso y en la casilla para el nombre ponemos Oficial 1, hacemos lo mismo para añadir Oficial 2, Oficial 3 y Oficial 4 y cerramos la ventana).



## Paso 9

Hacemos doble clic en Cajero 1 para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Cajero 1 al 4, seleccionamos el recurso ya existente y pulsamos Edit... para editar el recurso (esto abrirá otra ventana, en la casilla para el tipo escogemos Set, en la casilla para el nombre colocamos Empleados 1 al 4, en la casilla Selection Rule escogemos Smallest Number Busy y pulsamos Ok). Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



## Paso 10

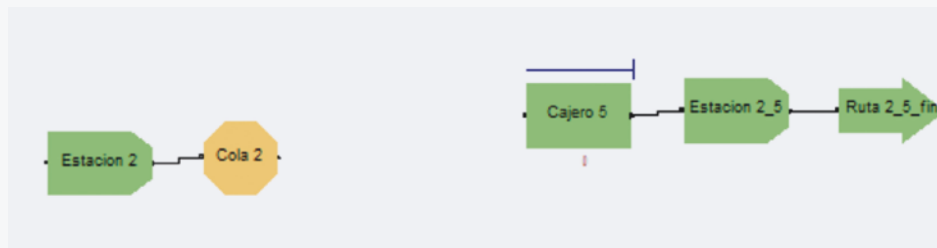
Hacemos doble clic en Estacion 1\_1 para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre de la estación ponemos A cajero 1 al 4, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

The screenshot shows a 'Station' dialog box with the following fields and options:

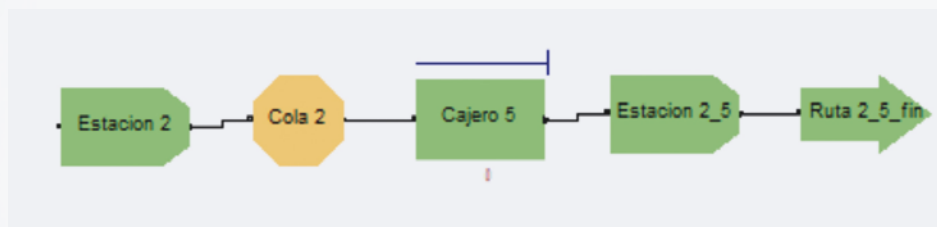
- Name: Estacion 1\_1
- Station Type: Station
- Station Name: A cajero 1 al 4
- Parent Activity Area: (empty)
- Associated Intersection: (empty)
- Report Statistics
- Comment: (empty)
- Buttons: OK, Cancel, Help

## Paso 11

Eliminamos Cajero 6, Estacion 2\_6, Ruta 2\_6\_fin y Cajero disponible 2.

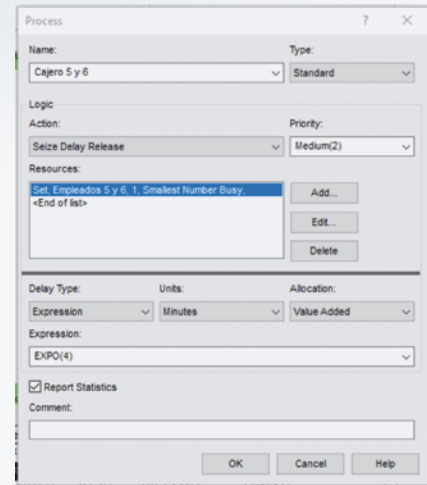


Hacemos doble clic en el botón Connect y enlazamos los elementos como se muestra a continuación.

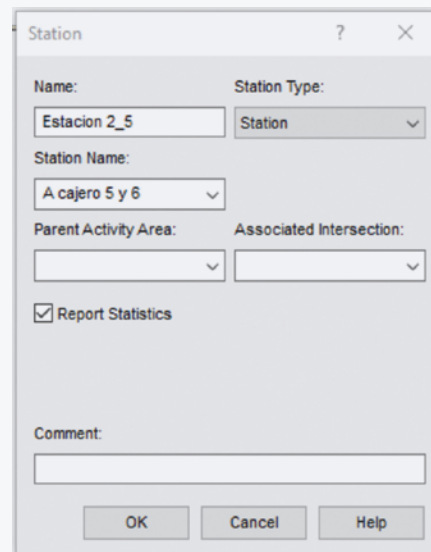


## Paso 13

Hacemos doble clic en Cajero 5 para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Cajero 5 y 6, seleccionamos el recurso ya existente y pulsamos Edit... para editar el recurso (esto abrirá otra ventana, en la casilla para el tipo escogemos Set, en la casilla para el nombre colocamos Empleados 5 y 6, en la casilla Selection Rule escogemos Smallest Number Busy y pulsamos Ok). Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



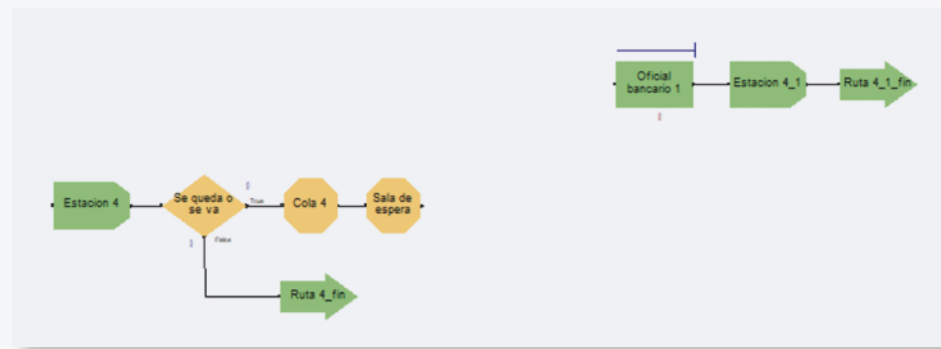
## Paso 14



Hacemos doble clic en Estacion 2\_5 para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre de la estación ponemos A cajero 5 y 6, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

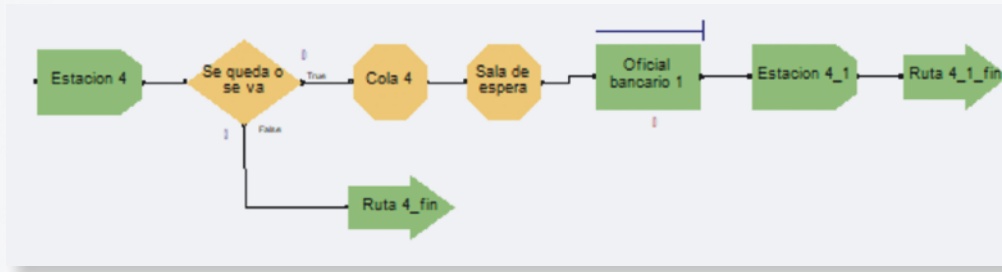
## Paso 15

Eliminamos Oficial bancario 2, Oficial bancario 3 y Oficial bancario 4, Estacion 4\_2, Estacion 4\_3, Estacion 4\_4, Ruta 4\_2\_fin, Ruta 4\_3\_fin, Ruta 4\_4\_fin y Oficial disponible.



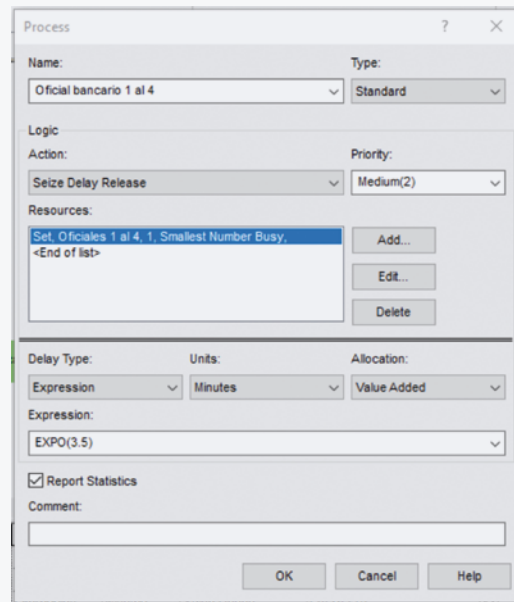
## Paso 16

Hacemos doble clic en el botón Connect y enlazamos los elementos como se muestra a continuación.

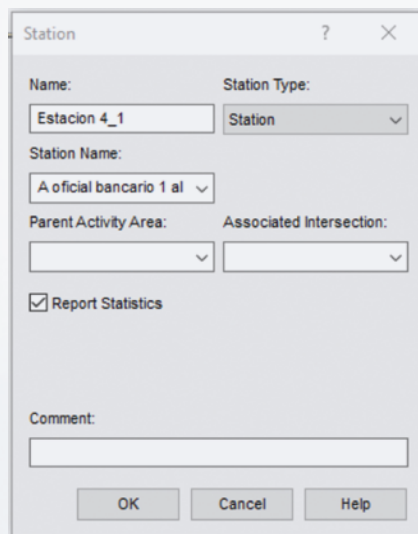


## Paso 17

Hacemos doble clic en Oficial bancario 1 para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre ponemos Oficial bancario 1 al 4, seleccionamos el recurso ya existente y pulsamos Edit... para editar el recurso (esto abrirá otra ventana, en la casilla para el tipo escogemos Set, en la casilla para el nombre colocamos Oficiales 1 al 4, en la casilla Selection Rule escogemos Smallest Number Busy y pulsamos Ok). Por último, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.



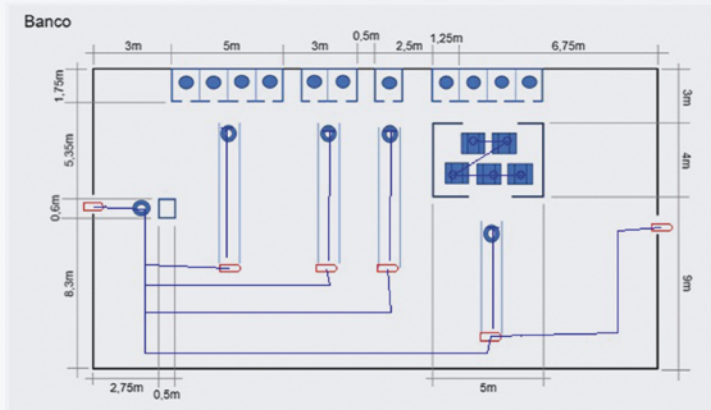
## Paso 18



Hacemos doble clic en Estacion 4\_1 para abrir el menú de propiedades. En la casilla para el nombre de la estación ponemos A oficial bancario 1 al 4, pulsamos OK para regresar al área de trabajo.

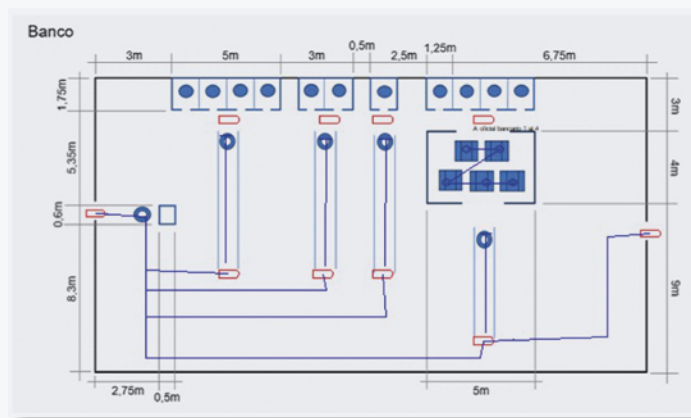
## Paso 19

Eliminamos las estaciones y rutas del diseño arquitectónico que van desde los servidores a la salida.



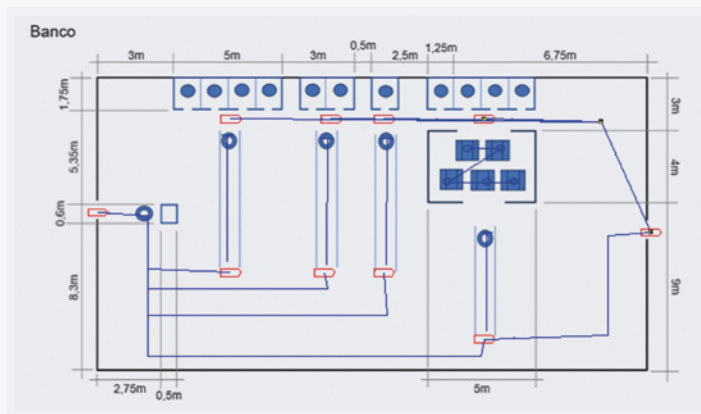
## Paso 20

Agregamos las estaciones que faltan en los servidores correspondientes, para ello nos vamos a la pestaña Animate de la barra de herramientas, seleccionamos Station y escogemos la estación que queremos poner.



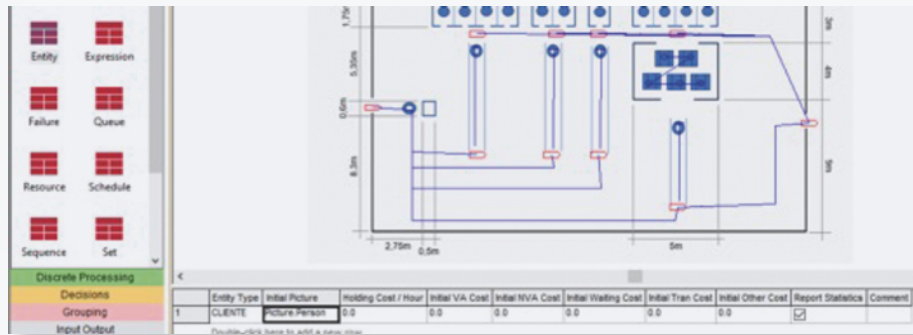
## Paso 21

Agregamos los caminos que faltan, para ello seleccionamos Route y enlazamos las estaciones como se muestra a continuación.



## Paso 22

Pulsamos Entity, ubicado en la pestaña Data Definition, y en la casilla Initial Picture de CLIENTE seleccionamos la imagen que queremos usar para representar a los clientes durante la simulación.



## 3

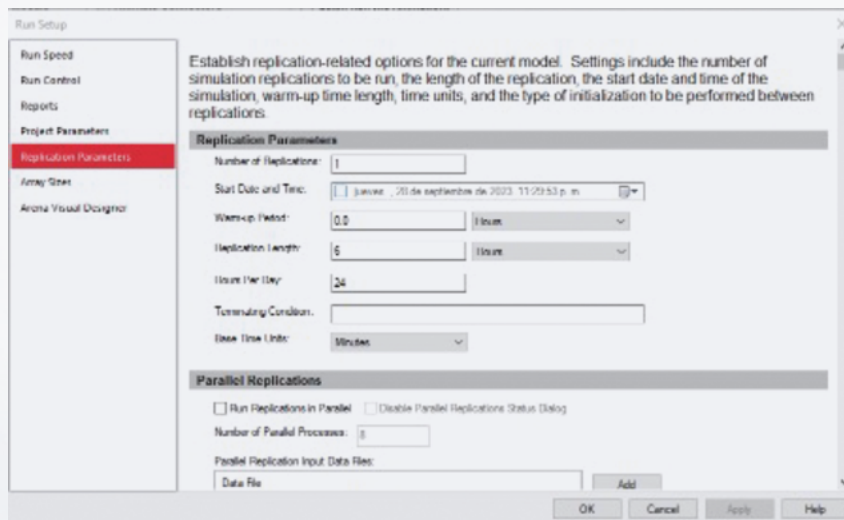
### Ejecución de Modelo



Antes de la simulación, se debe configurar algunos parámetros referentes al propio sistema, como por ejemplo el tiempo de ejecución.

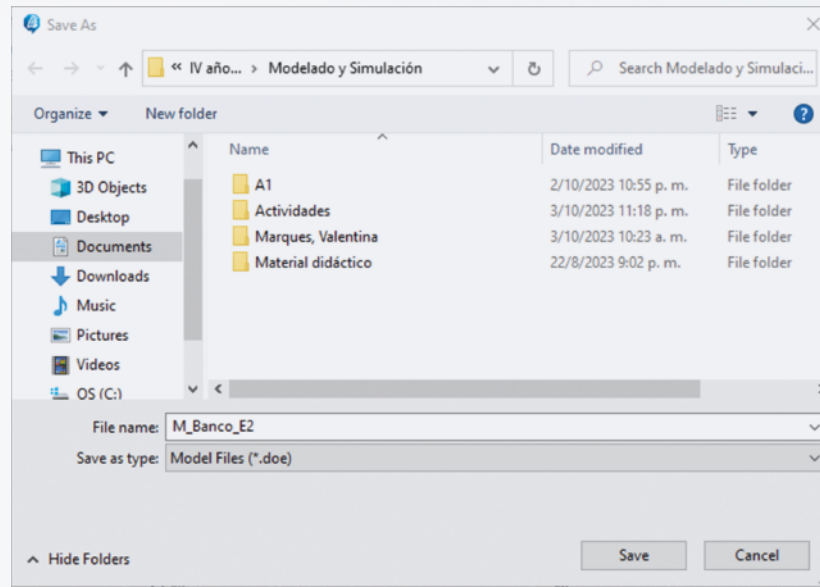
## Paso 1

Pulsamos Setup..., ubicado en la pestaña Run, pulsamos Replication Parameters, en la casilla Replication Length colocamos 6 y en la casilla Base Time Units seleccionamos minutos. Pulsamos el botón Apply y luego OK para regresar al área de trabajo.



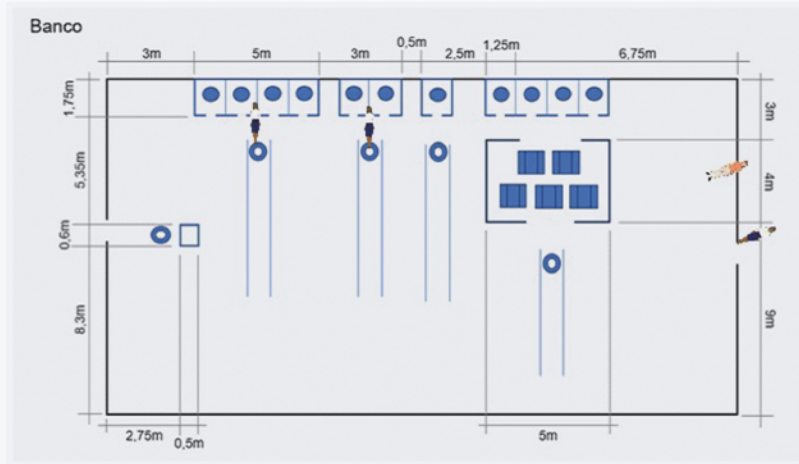
## Paso 2

Para guardar nuestro modelo pulsamos File, luego Save As, escogemos el lugar para guardar el modelo, le ponemos el nombre de M\_Banco\_E2 y pulsamos Save.



## Paso 3

Pulsamos Go para iniciar la simulación del modelo. Para pausar la simulación pulsamos Pause y para detenerla pulsamos End.



# 4

## Análisis de Resultados



Replication ended at time : 360.0 Minutes  
Base Time Units: Minutes

### TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Observations
CLIENTE.VATime	2.4510	.26214	.00000	19.973	539
CLIENTE.NVATime	.00000	.00000	.00000	.00000	539
CLIENTE.WaitTime	.30933	.20313	.00000	10.538	539
CLIENTE.TranTime	.38559	.00364	.33333	.41667	539
CLIENTE.OtherTime	.00000	.00000	.00000	.00000	539
CLIENTE.TotalTime	3.1459	.35787	.33333	20.306	539
Cajero 7.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	72
Cajero 1 al 4.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	266
Cola 4.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	117
Cola 3.Queue.WaitingTime	.57343	(Insuf)	.00000	6.8252	72
Cola 2.Queue.WaitingTime	1.3756	(Insuf)	.00000	10.538	68
Cola 1.Queue.WaitingTime	.11569	(Insuf)	.00000	2.5156	266
Oficial bancario 1 al 4.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	117
Sala de espera.Queue.WaitingTime	.00962	(Insuf)	.00000	.52102	117
Cajero 5 y 6.Queue.WaitingTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	68

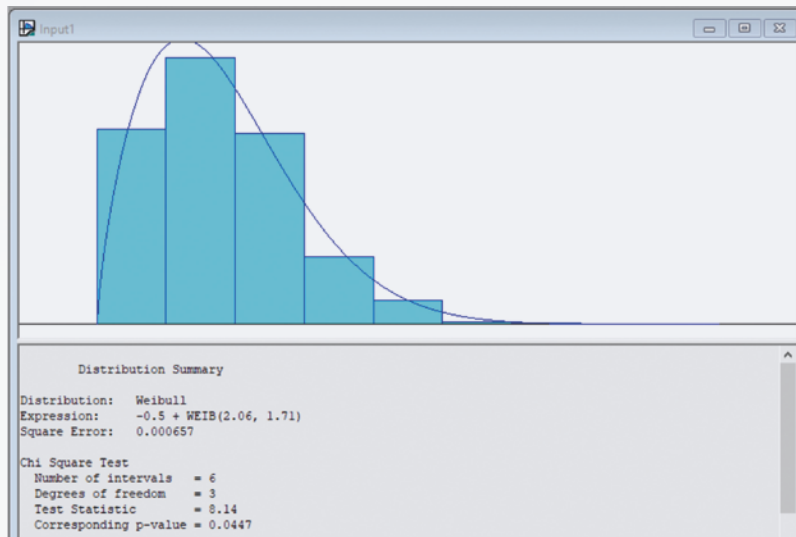
### DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half Width	Minimum	Maximum	Final Value
CLIENTE.WIP	4.7185	.78599	.00000	15.000	1.0000
Oficial 1.NumberBusy	.48036	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Oficial 1.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Oficial 1.Utilization	.48036	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Oficial 2.NumberBusy	.33568	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Oficial 2.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Oficial 2.Utilization	.33568	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Oficial 3.NumberBusy	.16906	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Oficial 3.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Oficial 3.Utilization	.16906	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Oficial 4.NumberBusy	.04722	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Oficial 4.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Oficial 4.Utilization	.04722	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Empleado 7.NumberBusy	.30243	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Empleado 7.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Empleado 7.Utilization	.30243	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Empleado 5.NumberBusy	.48068	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
Empleado 5.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Empleado 5.Utilization	.48068	(Insuf)	.00000	1.0000	1.0000
Empleado 6.NumberBusy	.30440	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Empleado 6.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Empleado 6.Utilization	.30440	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Empleado 1.NumberBusy	.48505	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Empleado 1.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Empleado 1.Utilization	.48505	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Empleado 4.NumberBusy	.27436	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Empleado 4.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Empleado 4.Utilization	.27436	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Empleado 3.NumberBusy	.31893	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Empleado 3.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Empleado 3.Utilization	.31893	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Empleado 2.NumberBusy	.47968	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Empleado 2.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000
Empleado 2.Utilization	.47968	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Cajero 7.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Cajero 1 al 4.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Cola 4.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Cola 3.Queue.NumberInQueue	.11469	(Insuf)	.00000	2.0000	.00000
Cola 2.Queue.NumberInQueue	.25984	(Insuf)	.00000	5.0000	.00000
Cola 1.Queue.NumberInQueue	.08548	(Insuf)	.00000	6.0000	.00000
Oficial bancario 1 al 4.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000
Sala de espera.Queue.NumberInQueue	.00313	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000
Cajero 5 y 6.Queue.NumberInQueue	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000

OUTPUTS	
Identifiier	Value
CLIENTE.NumberIn	540.00
CLIENTE.NumberOut	539.00
Oficial 1.NumberSeized	53.000
Oficial 1.ScheduledUtilization	.48036
Oficial 2.NumberSeized	37.000
Oficial 2.ScheduledUtilization	.33568
Oficial 3.NumberSeized	18.000
Oficial 3.ScheduledUtilization	.16906
Oficial 4.NumberSeized	9.0000
Oficial 4.ScheduledUtilization	.04722
Empleado 7.NumberSeized	72.000
Empleado 7.ScheduledUtilization	.30243
Empleado 5.NumberSeized	40.000
Empleado 5.ScheduledUtilization	.48068
Empleado 6.NumberSeized	28.000
Empleado 6.ScheduledUtilization	.30440
Empleado 1.NumberSeized	108.00
Empleado 1.ScheduledUtilization	.48505
Empleado 4.NumberSeized	33.000
Empleado 4.ScheduledUtilization	.27436
Empleado 3.NumberSeized	50.000
Empleado 3.ScheduledUtilization	.31893
Empleado 2.NumberSeized	75.000
Empleado 2.ScheduledUtilization	.47968
System.NumberOut	539.00

Se puede observar que el tiempo de espera promedio de los clientes en Cola 1 para realizar 1 o 2 transacciones fue de 0.11569 minutos, el máximo fue 2.5156 minutos y el número máximo de clientes en cola fue 6. En Cola 2 para realizar más de 2 transacciones, el tiempo de espera promedio de los clientes fue de 1.3756 minutos, el máximo fue 10.538 minutos y el número máximo de clientes en cola fue 5. En Cola 3 para jubilados, el tiempo de espera promedio de los clientes fue de 0.57343 minutos, el máximo fue 6.8252 minutos y el número máximo de clientes en cola fue 2. En la sala de espera para los clientes que solicitan otros servicios, el tiempo de espera promedio de los clientes fue de 0.00962 minutos, el máximo fue 0.52102 minutos y el número máximo de clientes en la sala fue 1. En la Cola 4 para los clientes que solicitan otros servicios no hubo tiempo de espera. En total, los clientes tardaron en entrar y salir del banco un tiempo promedio de 3.1459 minutos, el tiempo máximo fue 20.306 minutos, llegaron 540 clientes al banco, 539 clientes salieron, se atendieron 266 clientes que fueron a realizar 1 o más transacciones, 68 clientes que fueron a realizar más de dos transacciones, 72 clientes jubilados y 117 clientes que fueron a solicitar otros servicios. Hubo sólo un cliente que no pudo ser atendido durante la simulación. Cola 2 y Cola 3 tuvieron tiempos máximos de espera más altos de lo esperado (mayores a 5 y 3 respectivamente), aún así se puede decir que este modelo es eficiente.

## Input Analyzer

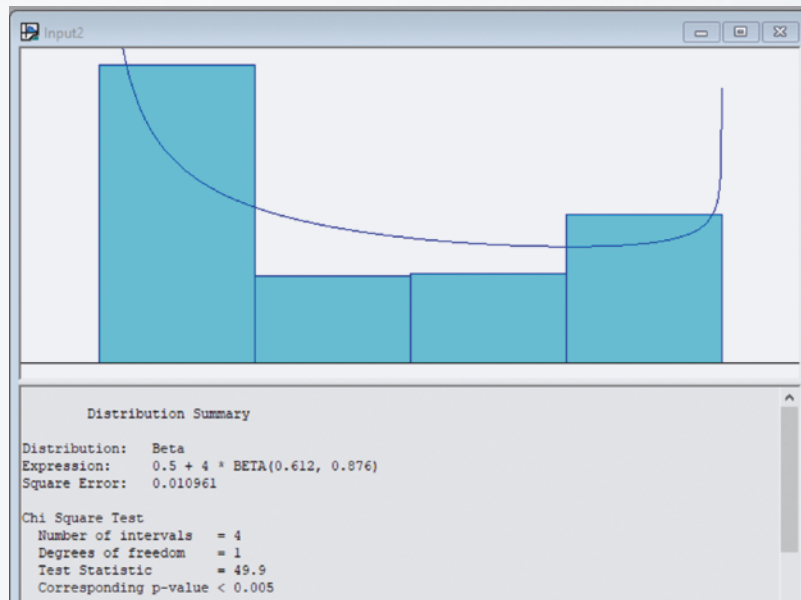


Fit All Summary

Data File: C:\Users\valen\OneDrive\Documents\IV año II semestre UTP\Modelado y Simulación\Poisson2.txt

Function	Sq Error
Weibull	0.000657
Poisson	0.000843
Beta	0.00115
Gamma	0.00261
Erlang	0.00587
Normal	0.00837
Lognormal	0.0093
Exponential	0.0537
Triangular	0.0958
Uniform	0.157

Para este caso se usó un archivo con 1000 datos, simulando los datos de entrada para la llegada de los clientes del modelo. Según el Input Analyzer de Arena, estos datos se ajustan mejor a una distribución Weibull siguiendo la prueba de chi cuadrado, sin embargo, la distribución de Poisson también se ajusta bastante bien a los datos ingresados con un margen de error de 0.000843. Esto significa que la distribución usada en el modelo se ajusta bien a los datos de entrada.

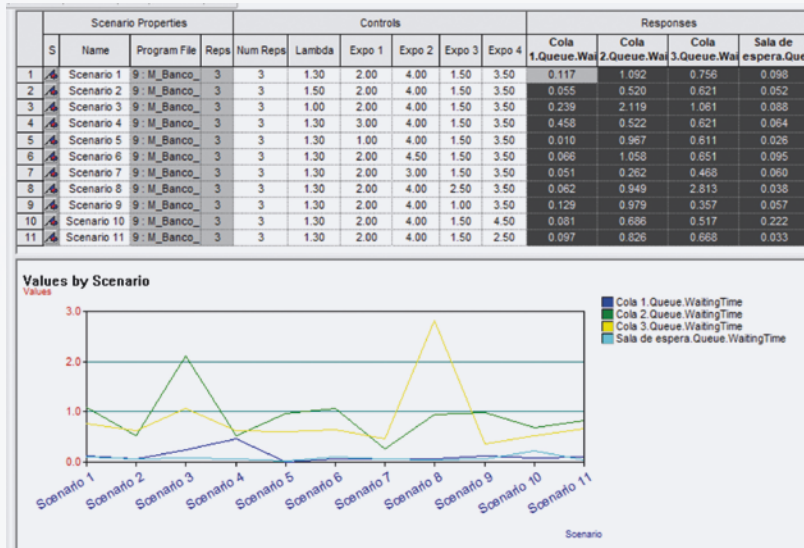


The 'Input2 - Fit All Summary' window displays a table of fit results for various functions. The table is as follows:

Function	Sq Error
Beta	0.011
Exponential	0.0396
Poisson	0.0493
Lognormal	0.0634
Weibull	0.0685
Gamma	0.0689
Uniform	0.075
Erlang	0.0923
Triangular	0.0945
Normal	0.129

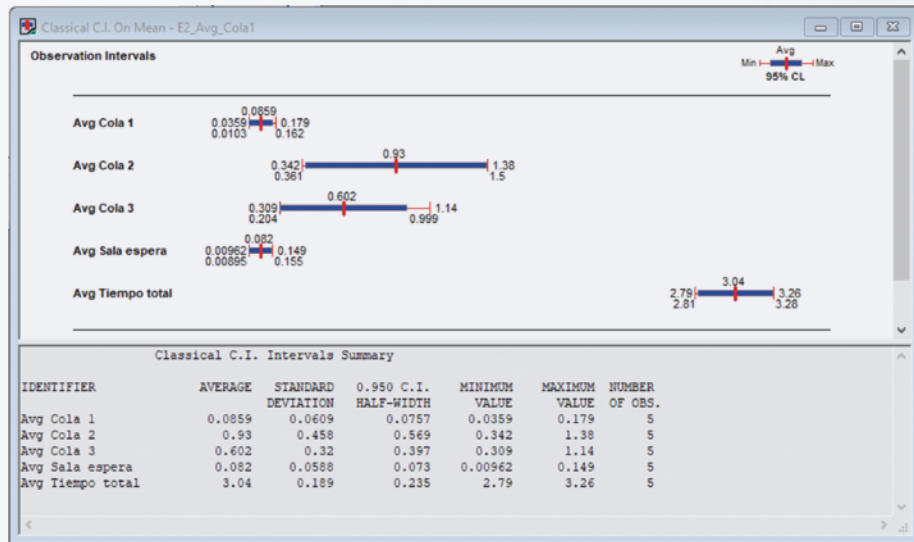
Para este caso se usó otro archivo con 1000 datos, simulando los datos de entrada para la asignación del tipo de cliente en el modelo.

## Process Analyzer



En el modelo se cambiaron los valores de los parámetros para la tasa de llegada de clientes y el tiempo de atención en los servidores por las variables llamadas Lambda, Expo 1, Expo 2, Expo 3 y Expo 4. Con el Process Analyzer de Arena, se realizó en base al modelo la simulación de 11 escenarios (con 3 réplicas cada uno) con el fin de ver cómo el cambio de estas variables afectaba los tiempos promedio de espera en Cola 1, Cola 2, Cola 3 y Sala de espera. Primero variamos el valor de Lambda: al restar 0.3 a su valor, los tiempos promedio de espera en las colas aumentaron significativamente, y al sumar 0.2 a su valor, los tiempos promedio de espera en las colas se vieron poco afectados. Esto quiere decir que si aumentamos lambda no va a haber mucha diferencia porque la atención al cliente es más rápida pero, si disminuimos lambda, observaremos que este cambio va a afectar los tiempos en cola porque la atención al cliente no será lo suficientemente rápida. Al variar los valores de Expo 1 y Expo 4, vemos que los tiempos promedio de espera en Cola 1 y Sala de Espera no se ven afectados, esto quiere decir que la atención de los servidores continúa siendo bastante rápida. Al variar los valores de Expo 2 y Expo 3, se puede ver que los tiempos promedio de espera en Cola 2 y Cola 3 sólo cambian significativamente al llegar a ciertos valores. Cuando Expo 2 vale 3, el tiempo promedio en Cola 2 disminuye bastante, y cuando Expo 3 vale 2.5, el tiempo promedio en Cola 3 aumenta bastante. Esto quiere decir que en esas condiciones la atención en el servidor respectivo es más lenta o más rápida que en otras ocasiones, sin embargo, en las otras condiciones no se altera el resultado.

## Output Analyzer



Con el Output Analyzer, comparamos los resultados obtenidos de simular el modelo 5 veces. La media de los tiempos promedio de espera en Cola 1 fue 0.0859 minutos, el mínimo fue 0.0359 minutos y el máximo fue 0.179 minutos, los valores no varían mucho. La media de los tiempos promedio de espera en Cola 2 fue 0.93 minutos, el mínimo fue 0.342 minutos y el máximo fue 1.38 minutos, esto indica que los valores varían considerablemente aunque procedan del mismo modelo. La media de los tiempos promedio de espera en Cola 3 fue 0.602 minutos, el mínimo fue 0.309 minutos y el máximo fue 1.14 minutos, esto indica que los valores varían considerablemente aunque procedan del mismo modelo. La media de los tiempos promedio de espera en Sala de espera fue 0.082 minutos, el mínimo fue 0.00962 minutos y el máximo fue 0.149 minutos, esto indica que los valores no varían mucho. La media de los tiempos totales promedio del cliente fue 3.04 minutos, el mínimo fue 2.79 minutos y el máximo fue 3.26 minutos, esto indica que los valores no varían mucho.

# 4

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



Este modelo funciona bastante bien pero igual podría mejorarse, en Cola 2 y en Cola 3 se podrían poner más cajeros o mejorar la atención de los servidores para disminuir los tiempos máximos de espera en cola, los cuales no se encuentran a un nivel ideal. La atención para los clientes de tipo 1 y de tipo 4 es bastante rápida, aunque hacen cola no duran mucho tiempo en ella por lo que no es necesario mejorar el servicio a menos que aumente la cantidad de clientes que llegan al banco por minuto. Cabe destacar que todos los clientes solicitando un servicio fueron atendidos, esto quiere decir que la atención que ofrecen los servidores es lo suficientemente rápida para la cantidad de clientes que ingresan. De igual manera se recomienda simular más escenarios con valores distintos para obtener datos más precisos e identificar los puntos débiles del modelo.

Con la conclusión del presente tutorial del software de simulación Arena, se busca orientar y capacitar al lector en la familiarización de la herramienta, así como, las funcionalidades y las relaciones entre las mismas. De manera que, se conozca las características del software, su propósito, qué hacen y cómo funcionan las herramientas, los limitantes que presenta, entre otros. A su vez, permite al lector conocer la parte teórica y la práctica que engloba el uso de esta, solucionando la problemática de la búsqueda de una guía o tutorial paso a paso para el diseño, modelado y simulado correcto de modelos de sistemas sin la necesidad de recurrir a otra plataforma de modelado.

Por otro lado, se cumplen los objetivos de facilitar el uso y manejo del sistema de simulación Arena. Por medio de la explicación teórica se logra reconocer cada una de las herramientas y funcionalidades del software de Arena a la hora de empezar a crear el modelo. También, se incluyen desarrollos de ejemplos paso a paso con cierto nivel de complejidad como una guía visual, permitiendo al lector llevar un seguimiento durante el desarrollo de esta y, por consiguiente, reforzar los conocimientos del lector y obteniendo experiencia en la construcción y simulación de los diversos ejemplos. Además, los ejemplos paso a paso presentan los resultados de la simulación donde se logra realizar un análisis e interpretación de los resultados del Crystal Report. De manera que, se da un entendimiento de la lectura de los resultados y guía al lector a una de las tantas maneras de interpretar y poner en uso los datos obtenidos en la simulación. Además de implementar el uso de las herramientas Input, Process y Output Analyzer para mejorar nuestros modelos y entender un poco más nuestros resultados, sacándole el máximo a el Software Arena.

- [1]. Basogain, X., & Olabe, M. Á. (s.f.). Prácticas de LABORATORIO (Tutorial de Arena).
- [2]. Colaboradores de los proyectos Wikimedia. (2004a, 1 de marzo). Distribución uniforme continua - Wikipedia, la enciclopedia libre. Wikipedia, la enciclopedia libre. [https://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci3n\\_uniforme\\_continua](https://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci3n_uniforme_continua)
- [3]. Colaboradores de los proyectos Wikimedia. (2004b, 8 de junio). Distribuci3n normal - Wikipedia, la enciclopedia libre. Wikipedia, la enciclopedia libre. [https://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci3n\\_normal](https://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci3n_normal)
- [4]. Colaboradores de los proyectos Wikimedia. (2005a, 30 de octubre). Distribuci3n Bernoulli - Wikipedia, la enciclopedia libre. Wikipedia, la enciclopedia libre. [https://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci3n\\_Bernoulli](https://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci3n_Bernoulli)
- [5]. Colaboradores de los proyectos Wikimedia. (2005b, 30 de octubre). Distribuci3n binomial - Wikipedia, la enciclopedia libre. Wikipedia, la enciclopedia libre. [https://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci3n\\_binomial](https://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci3n_binomial)
- [6]. Distribuci3n lognormal: Defini3n, ejemplos. (s.f.). Statologos. <https://statologos.com/distribucion-logaritmica-normal/>
- [7]. Introducci3n a la distribuci3n triangular. (s.f.). Statologos. <https://statologos.com/distribucion-triangular/>
- [8]. Colaboradores de los proyectos Wikimedia. "Aleatoriedad - Wikipedia, la enciclopedia libre". Wikipedia, la enciclopedia libre. Accedido el 28 de octubre de 2023. [En l3nea]. Disponible: <https://es.wikipedia.org/wiki/Aleatoriedad>
- [9]. "Aleatorio, aleatoria | Diccionario panhisp3nico de dudas". «Diccionario panhisp3nico de dudas». Accedido el 28 de octubre de 2023. [En l3nea]. Disponible: <https://www.rae.es/dpd/aleatorio>
- [10]. Colaboradores de los proyectos Wikimedia. "Capacidad - Wikipedia, la enciclopedia libre". Wikipedia, la enciclopedia libre. Accedido el 28 de octubre de 2023. [En l3nea]. Disponible: <https://es.wikipedia.org/wiki/Capacidad>
- [11]. Colaboradores de los proyectos Wikimedia. "Teor3a de colas - Wikipedia, la enciclopedia libre". Wikipedia, la enciclopedia libre. Accedido el 28 de

- octubre de 2023. [En línea]. Disponible: [https://es.wikipedia.org/wiki/Teoría\\_de\\_colas](https://es.wikipedia.org/wiki/Teoría_de_colas)
- [12]. “¿Qué es el cuello de botella y cómo perjudica la producción?” INFAIMON. Accedido el 28 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://infaimon.com/blog/cuello-botella-produccion/>
- [13]. Equipo editorial, Etecé. “Disciplina - Concepto, significado, tipos y ejemplos”. Concepto. Accedido el 28 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://concepto.de/disciplina-2/>
- [14]. Colaboradores de los proyectos Wikimedia. “First in, first out - Wikipedia, la enciclopedia libre”. Wikipedia, la enciclopedia libre. Accedido el 28 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: [https://es.wikipedia.org/wiki/First\\_in,\\_first\\_out](https://es.wikipedia.org/wiki/First_in,_first_out)
- [15]. Colaboradores de los proyectos Wikimedia. “Interfaz - Wikipedia, la enciclopedia libre”. Wikipedia, la enciclopedia libre. Accedido el 16 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://es.wikipedia.org/wiki/Interfaz>
- [16]. Colaboradores de los proyectos Wikimedia. “Last in, first out - Wikipedia, la enciclopedia libre”. Wikipedia, la enciclopedia libre. Accedido el 28 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: [https://es.wikipedia.org/wiki/Last\\_in,\\_first\\_out](https://es.wikipedia.org/wiki/Last_in,_first_out)
- [17]. “Llegada - Wikcionario, el diccionario libre”. Wikcionario, el diccionario libre. Accedido el 28 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://es.wiktionary.org/wiki/llegada>
- [18]. “Modelo - Wikcionario, el diccionario libre”. Wikcionario, el diccionario libre. Accedido el 28 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://es.wiktionary.org/wiki/modelo>
- [19]. Colaboradores de los proyectos Wikimedia. “Módulo - Wikipedia, la enciclopedia libre”. Wikipedia, la enciclopedia libre. Accedido el 28 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://es.wikipedia.org/wiki/Módulo>
- [20]. “Prioridad - Wikcionario, el diccionario libre”. Wikcionario, el diccionario libre. Accedido el 28 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://es.wiktionary.org/wiki/prioridad>
- [21]. “Rendimiento | Diccionario esencial de la lengua española”. «Diccionario esencial de la lengua española». Accedido el 28 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.rae.es/desen/rendimiento>

- [22]. Colaboradores de los proyectos Wikimedia. “Informe - Wikipedia, la enciclopedia libre”. Wikipedia, la enciclopedia libre. Accedido el 28 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://es.wikipedia.org/wiki/Informe>
- [23]. Colaboradores de los proyectos Wikimedia. “Teoría de colas - Wikipedia, la enciclopedia libre”. Wikipedia, la enciclopedia libre. Accedido el 28 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: [https://es.wikipedia.org/wiki/Teoría\\_de\\_colas](https://es.wikipedia.org/wiki/Teoría_de_colas)
- [24]. Colaboradores de los proyectos Wikimedia. “Simulación - Wikipedia, la enciclopedia libre”. Wikipedia, la enciclopedia libre. Accedido el 28 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://es.wikipedia.org/wiki/Simulación>
- [25]. Colaboradores de los proyectos Wikimedia. “Sistema - Wikipedia, la enciclopedia libre”. Wikipedia, la enciclopedia libre. Accedido el 28 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema>
- [26]. Colaboradores de los proyectos Wikimedia. “Tasa (matemáticas) - Wikipedia, la enciclopedia libre”. Wikipedia, la enciclopedia libre. Accedido el 28 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: [https://es.wikipedia.org/wiki/Tasa\\_\(matemáticas\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Tasa_(matemáticas))
- [27]. Colaboradores de los proyectos Wikimedia. “Tiempo - Wikipedia, la enciclopedia libre”. Wikipedia, la enciclopedia libre. Accedido el 28 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://es.wikipedia.org/wiki/Tiempo>
- [28]. Colaboradores de los proyectos Wikimedia. “Variable discreta y variable continua - Wikipedia, la enciclopedia libre”. Wikipedia, la enciclopedia libre. Accedido el 28 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: [https://es.wikipedia.org/wiki/Variable\\_discreta\\_y\\_variable\\_continua](https://es.wikipedia.org/wiki/Variable_discreta_y_variable_continua)
- [29]. Colaboradores de los proyectos Wikimedia. “Conocimiento empírico - Wikipedia, la enciclopedia libre”. Wikipedia, la enciclopedia libre. Accedido el 28 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible: [https://es.wikipedia.org/wiki/Conocimiento\\_empírico](https://es.wikipedia.org/wiki/Conocimiento_empírico)
- [30]. S. J. Dulanto, «SOFTWARE ARENA 16 MODELO 212,» 23 mayo 2022. [Online]. Available: [https://www.youtube.com/watch?v=LU6tAK4fi\\_c](https://www.youtube.com/watch?v=LU6tAK4fi_c).
- [31]. Atjun, «Tutorial Basico Simulador Arena,» 15 abril 2015. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=pLzWEvokMms>.
- [32]. S. Jiménez Dulanto, «SOFTWARE ARENA 16-MODELO 202,» 20 septiembre 2021. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=14JFiShU3MQ>.
- [33]. Rockwell Automation, «Arena Simulation Software Installation Notes»

- Rockwell Automation, [Online]. Available: <https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/software/arena-simulation/support/system-requirements.html>. [Último acceso: 20 noviembre 2022].
- [34]. M. Hernandez, «Simulación en Arena Ejemplo,» 1 diciembre 2013. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=9dvVeUbFHPM>.
- [35]. S. J. Dulanto, «CURSO TUTORIAL DEL SOFTWARE ARENA BASICO 2,» 07 mayo 2016. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=wcYJzboTrTw>.
- [36]. S. Jiménez Dulanto, «SOFTWARE ARENA 16- MODELO 203,» 20 septiembre 2022. [Online]. Available: <https://youtu.be/38BfuFpsaw>.
- [37]. S. Jiménez Dulanto, «SOFTWARE ARENA 16 MODELO 211,» 15 mayo 2022. [Online]. Available: <https://youtu.be/YJRecx5TU98>.
- [38]. S. Jiménez Dulanto, «TUTORIAL SOFTWARE ARENA 16 LA COLA MAS CORTA 2 OPCIONES,» 16 septiembre 2021. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=ACv4fqu9Kt4>.
- [39]. «Jiménez Dulanto, Sergio,» 19 septiembre 2021. [Online]. Available: <https://youtu.be/6dtM5t6SuEk>.
- [40]. S. Jiménez Dulanto, «SOFTWARE ARENA 16 MODELO 1,» 15 abril 2022. [Online]. Available: [https://youtu.be/jG\\_l2\\_A589w](https://youtu.be/jG_l2_A589w).
- [41]. S. Alvarez, «Gasolinera simulado en Arena,» 02 diciembre 2015. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=5eIZucBEAjc>. [Último acceso: 28 agosto 2022].
- [42]. S. Jiménez Dulanto, «SOFTWARE ARENA 16-MODELO 209,» 24 septiembre 2021. [Online]. Available: <https://youtu.be/Wt2K3NE-R4g>. [Último acceso: 29 agosto 2022].
- [43]. Chuquicondor, «UTP CASO DE ESTUDIO 01 - SIMULACION ARENA,» 19 abril 2021. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=zhEVd9Qw4Gk>. [Último acceso: 29 agosto 2022].
- [44]. “Arena Simulation Software | Arena Simulation Software”. Rockwell Automation. [Online]. Disponible: <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/software/arena-simulation.html>

## Glosario de Palabras Clave

### **Aleatorio:**

Que depende del azar o no sigue una pauta definida.

### **Atributos:**

Es una característica común, que se le puede asignar a una entidad, dándole un valor específico que permite diferenciar una de otra.

### **Capacidad:**

Se refiere a los recursos o actitudes que tiene un individuo, entidad o institución, para desempeñar una determinada tarea o cometido.

### **Cola:**

Espacio donde los clientes esperan (es decir, están haciendo cola) hasta que empiezan a ser servidos.

### **Coste:**

Perjuicio, esfuerzo o sacrificio que supone cierta cosa.

### **Cuellos de botella:**

Aquella actividad o fase de la producción que suele ser más lenta o costosa y, por tanto, genera tiempos de parada y retrasos en el resto de la línea de producción.

### **Disciplina:**

Se refiere a una manera coordinada, ordenada y sistemática de hacer las cosas, de acuerdo con un método o código o alguna consideración del modo correcto de hacer las cosas.

### **Distribución:**

En teoría de la probabilidad y estadística, la distribución de probabilidad de una variable aleatoria es una función que asigna a cada suceso definido sobre la variable, la probabilidad de que dicho suceso ocurra.

### **Entidades:**

Es el término utilizado para representar personas, objetos, o cualquier elemento, reales o imaginarios, que transitan a través de un modelo, que pueden causar cambios en el estado del sistema o afectar a otras entidades. Son los objetos dinámicos en la simulación, cuando son creadas, pasan a través de una sucesión de procesos y luego desaparecen.

### **Evento:**

Un evento es una situación o caso que ocurre en un instante de tiempo que puede provocar cambios en los atributos, variables o acumuladores estadísticos, como pueden ser: la llegada o la salida del sistema de una entidad, el final de la simulación, etc.

### **FIFO (First in first out):**

Guarda analogía con las personas que esperan en una cola y van siendo atendidas en el orden en que llegaron, es decir, que "la primera persona que entra es la primera persona que sale".

### **Generador:**

Es un aquello que genera, es decir, que produce, incentiva o crea

### **Interarribo:**

Al tiempo entre llegadas sucesivas de los clientes y tiempo de servicio.

### **Interfaz:**

Se utiliza en informática para nombrar a la conexión funcional entre dos sistemas, programas, dispositivos o componentes de cualquier tipo, que proporciona una comunicación de distintos niveles, permitiendo el intercambio de información

### **LIFO (last in first out):**

Guarda analogía con una pila de platos, en la que los platos van poniéndose uno sobre el otro, y si se quiere sacar uno, se saca primero el último que se ha puesto.

### **Longitud:**

Es un concepto métrico definible para entidades geométricas sobre las que se

ha definido una distancia entre llegadas sucesivas de los clientes y tiempo de servicio.

**Llegada:**

El arribo de alguno a parte o sitio determinado.

**Manufactura:**

Es una fase de la producción económica de los bienes.

**Modelo:**

Representación gráfica o esquemática de una realidad, sirve para organizar y comunicar de forma clara los elementos que involucran un todo.

**Módulo:**

Es una parte repetitiva, autónoma e intercambiable de un diseño modular.

**Aleatoriedad:**

Se refiere a eventos, procesos o modelos en los que algunos de los resultados son esencialmente imprevisibles, por efectos relacionados con el azar.

**Prioridad:**

El estado o cualidad de ser o estar antes en el tiempo o en orden.

**Recursos:**

Los recursos representan todo aquello necesario para realizar un proceso: Personas, máquinas, herramientas, etc. Su función principal radica en la atención o función como servidores para las entidades, clientes u objeto que pasan a través de un proceso.

**Rendimiento:**

Proporción entre el producto o el resultado obtenido y los medios utilizados.

**Reporte:**

Es un documento escrito en prosa informativa con el propósito de comunicar.

### **RSS (random selection of service):**

Selecciona los clientes de manera aleatoria, de acuerdo con algún procedimiento de prioridad o a algún otro orden.

### **Servidor:**

Elementos encargados de proporcionar el servicio a los clientes. Se caracterizan por un proceso de servicio que típicamente define el tiempo necesario para atender un cliente.

### **Simulación:**

Es el artificio contextual que hace referencia a la investigación de una hipótesis o un conjunto de hipótesis de trabajo utilizando modelos un método perfecto para la enseñanza y aprendizaje.

### **Sistema:**

Es "un objeto complejo cuyas partes o componentes se relacionan con al menos alguno de los demás componentes"; ya sea conceptual o material.

### **Submodelo:**

Una parte específica o un componente de un modelo más grande.

### **Tasa:**

Es un coeficiente que expresa la relación entre la cantidad y la frecuencia de un fenómeno o un grupo de números.

### **Tiempo:**

Es una magnitud física con la que se mide la duración o separación de acontecimientos.

### **Variables:**

Una variable es una parte de información que refleja algunas características del sistema, sin importar cuántas o qué tipos de entidades puedan existir. Se pueden tener muchas variables diferentes en un modelo, pero cada una de ellas es única.

### **Variable Discreta:**

Es una variable que no puede tomar algunos valores dentro de un mínimo conjunto numerable, quiere decir, no acepta cualquier valor, únicamente aquellos que pertenecen al conjunto, otra manera de explicar este tipo de variables es como aquella que puede tomar únicamente un número de valores finito.

### **Empírico:**

Aquello que está basado en las experiencias, en último término, es la percepción que tenemos del mundo, pues nos dice qué es lo que existe y cuáles son sus características.

### **Tiempo de servicio:**

El tiempo necesario para atender o procesar un elemento en la cola.

### **Tiempo de llegada:**

El intervalo de tiempo entre la llegada de elementos sucesivos a la cola.

### **Tasa de llegada:**

La frecuencia con la que los elementos llegan a la cola durante un período de tiempo.

### **Tasa de servicio:**

La velocidad con la que los elementos son atendidos o procesados en la cola.

### **Capacidad de sistema:**

El número máximo de elementos que el sistema puede manejar o procesar.

## Compare Arena Simulation Software Edition

EDITION OPTIONS	TRIAL	STANDARD	PROFESSIONAL
Ease of Use			
Flowchart Modeling Methodology	✓	✓	✓
Model Size Restrictions	Limited	Unlimited	Unlimited
VBA Programming Capabilities			✓
Animation/Visualization			
2D and 3D Animation	✓	✓	✓
Dynamic Dashboards	✓	✓	✓
Modeling Capabilities			
Discrete Processes	✓	✓	✓
Continuous Processes	✓	✓	✓
Agent Based Problems	✓	✓	✓
Comprehensive Simulation Modeling Capabilities	✓	✓	✓
Modeling Libraries			
More than 325 SMART Files Included	✓	✓	✓
50 Example Models	✓	✓	✓
Access to Siman Blocks & Elements			✓
Flow Process			✓
Packaging Template			✓
Custom Template Creation			✓





