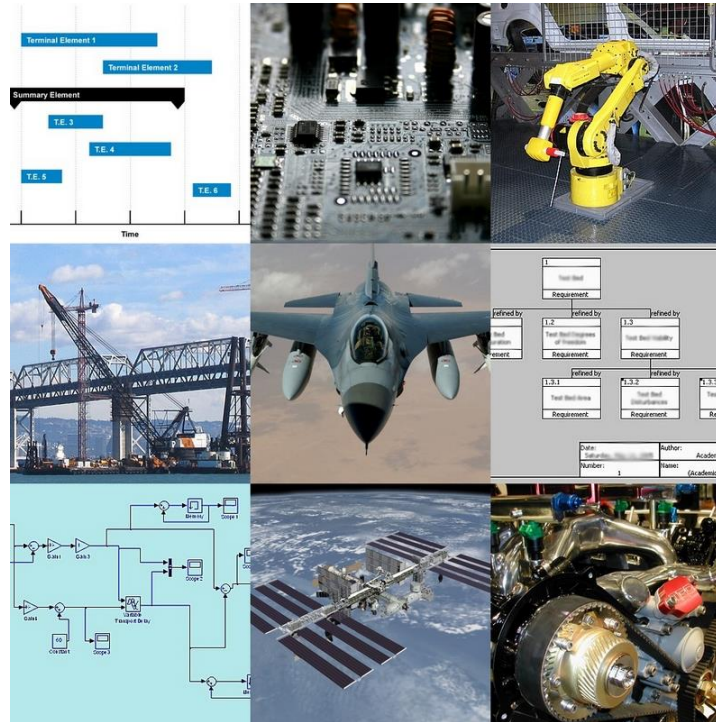


MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS



Dr. D. Javier González Monroy
Dpto. de Ingeniería de Sistemas y Automática

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS DE EVENTOS DISCRETOS



MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 5: Modelado Intermedio con Arena



ENRUTADO HETEROGÉNEO
SEQUENCES

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 5: Modelado Intermedio con Arena

Ejemplo: Sistema de Producción

DEFINICIÓN

❑ Sistema compuesto por:

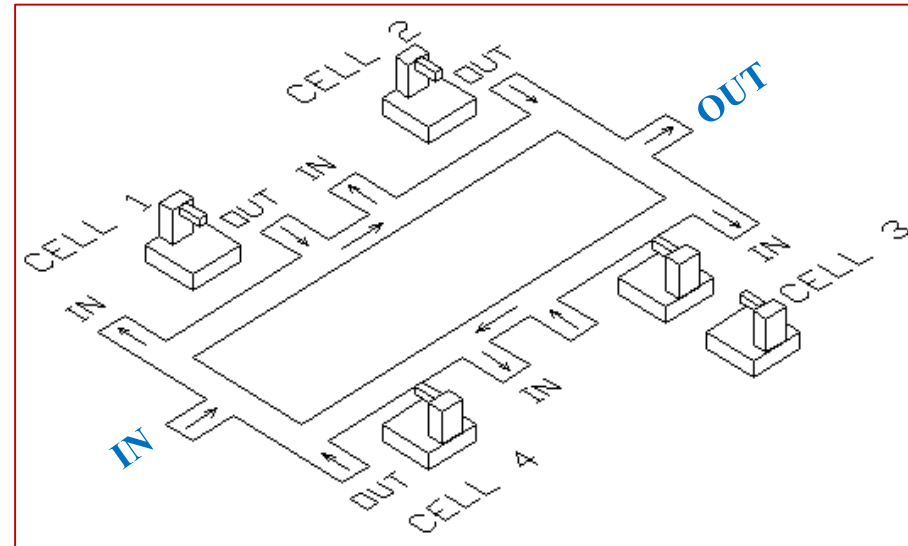
- Llegada de piezas (3 tipos)
- Cuatro células procesamiento
- Salida de piezas

❑ Células:

- 1, 2 y 4 disponen de una sola “máquina”
- 3 dispone de dos máquinas (la nueva un 20% más rápida que las demás)
- Disposición circular (ver figura)
- Hay que modelar recursos con características diferentes

❑ Transferencia:

- ❑ Tiempos de transferencia: EXPO(1), EXPO(1.5) y EXPO(2) min. para cada tipo de pieza.



MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 5: Modelado Intermedio con Arena

Ejemplo: Sistema de Producción

- **Tres tipos de productos diferentes**
 - Tiempo entre llegadas $\sim \text{expo}(13)$ minutos
 - 26% tipo 1, 48% tipo 2, 26% tipo 3
 - **Nota:** Usar the discrete statistical distribution:
DISC(CumP1, Val1, . . . , CumPn, Valn)
- **Cada tipo de pieza sigue una ruta diferente de procesamiento!!**, y poseen tiempos de procesamiento diferentes (TRIA) en cada célula:

Tipo Pieza	Célula Tiempo	Célula Tiempo	Célula Tiempo	Célula Tiempo	Célula Tiempo
1	1 6, 8, 10	2 5, 8, 10	3 15, 20, 25	4 8, 12, 16	
2	1 11, 13, 15	2 4, 6, 8	4 15, 18, 21	2 6, 9, 12	3 27, 33, 39
3	2 7, 9, 11	1 7, 10, 13	3 18, 23, 28		

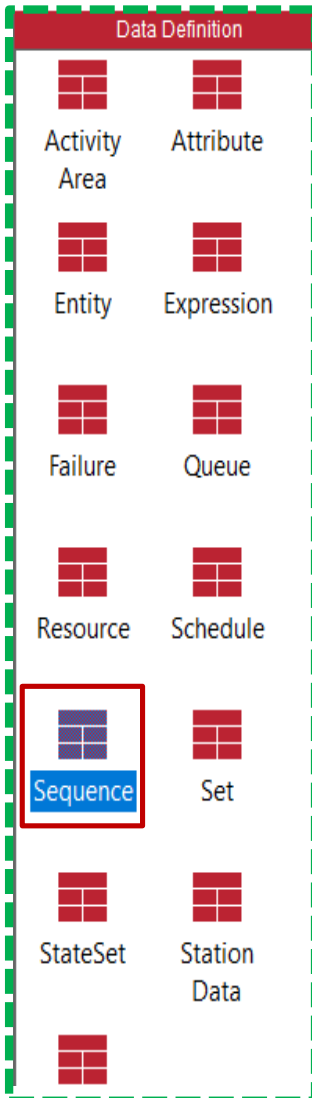
- Hay que cambiar de ruta según el tipo de pieza.

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 5: Modelado Intermedio con Arena

Modulo Datos: Sequence

Data Definition



Activity Area

Attribute

Entity

Expression

Failure

Queue

Resource

Schedule

Sequence

Set

StateSet

Station Data

Define nombres de secuencias de estaciones a visitar

- Generalmente dependiente del tipo de entidad. Esto es, en nuestro ejemplo hay que asignar una secuencia diferente a cada tipo de entidad.
- En cada paso/step se pueden asignar **atributos** o **variables** que toman su valor antes de salir al siguiente destino. En nuestro ejemplo tendremos que asignar el tiempo de Proceso.

Sequence - Advanced Transfer

	Name	Steps
1	Seq1	5 rows
2	Seq2	6 rows
3	Seq3	4 rows

Double-click here to add a new row.

Steps

	Station Name	Step Name	Next Step	Assignments
1	Station Celula1			1 rows
2	Station Celula2			1 rows
3	Station Celula3			1 rows
4	Station Celula4			1 rows
5	Station OUT			0 rows

Double-click here to add a new row.

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 5: Modelado Intermedio con Arena

Modulo Datos: Sequence

Define nombres de secuencias de estaciones a visitar

- En cada paso/step se pueden asignar **atributos o variables** que toman su valor antes de salir al siguiente destino.
- En nuestro ejemplo tendremos que asignar el **tiempo de Proceso**.

Data Definition

Activity Area

Attribute

Entity

Expression

Failure

Queue

Resource

Schedule

Sequence

Set

StateSet

Station Data

Steps

	Station Name	Step Name	Next Step	Assignments
1	Station Celula1			1 rows
2	Station Celula2			1 rows
3	Station Celula3			1 rows
4	Station Celula4			1 rows
5	Station OUT			0 rows

Double-click here to add a new row.

Assignments

	Assignment Type	Attribute Name	Value
1	Attribute	TProceso	TRIA(6,8,10)

Double-click here to add a new row.

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 5: Modelado Intermedio con Arena

Modulo Datos: Asignación de Sequences

Nos queda **asignar** (modulo **Assign**) a cada tipo de pieza creada su secuencia correcta. Para ello editaremos su atributo **Entity.Sequence** asignándole la secuencia correcta tras su creación.



Assign

Name:

Assignments:

- Attribute, Index, DISC(0.26,1,0.74,2,1,0.3)
- Attribute, Entity.Sequence, SeqSet(Index)**
- Attribute, Entity.Type, SetType(Index)
- Attribute, Entity.Picture, SetIcon(Index)
- Attribute, TLlegada, TNOW
- <End of list>

Assignments ? X

Type: Attribute Attribute Name: Entity.Sequence

New Value:

OK Cancel Help

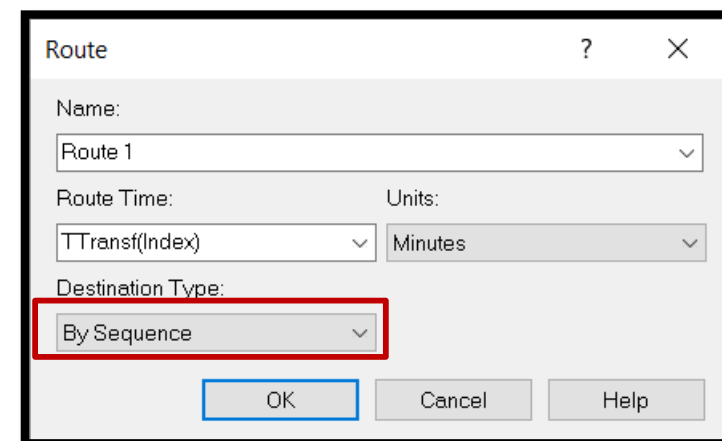
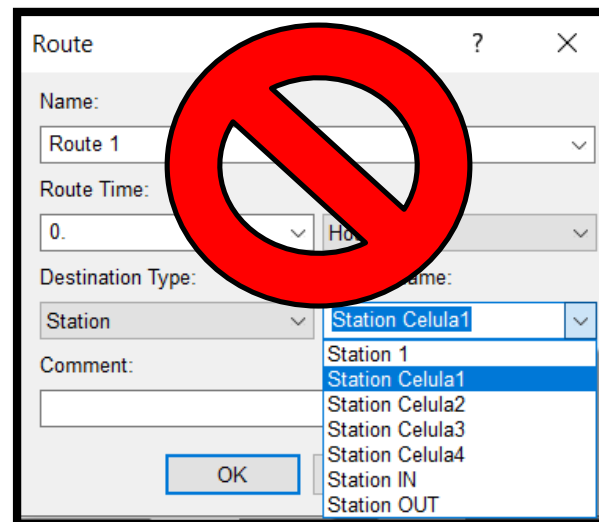
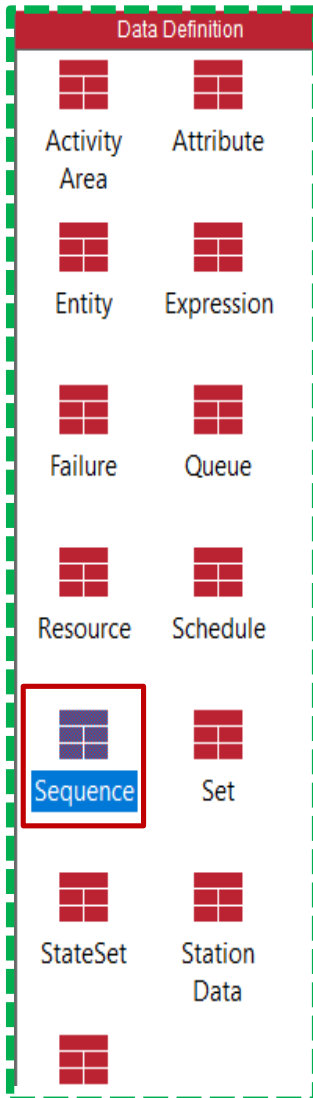
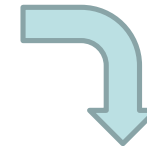
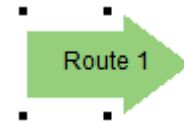
MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 5: Modelado Intermedio con Arena

Modulo Datos: Rutas con Sequences

Importante. Modificar nodos “Route” para que transfieran las entidades atendiendo a estas secuencias y no de forma fija.

- Para ello marcar “By Sequence” en el campo “Destination Type”.

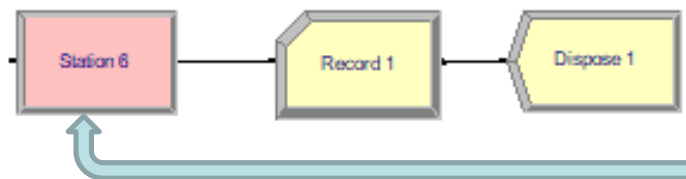


MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 5: Modelado Intermedio con Arena

Modulo Datos: Sequence

- Arena internamente sigue la pista de las secuencias de una entidad con los atributos automáticos:
 - **Nombre de secuencia, NS**
 - **Estación, M**
 - **Paradas de trabajo en la secuencia (Jobstep), IS**
- Normalmente, las entidades Llegan, se les asigna un nombre de Secuencia, realizan la ruta, Salen
 - Se puede interrumpir la secuencia, salto hacia delante o atrás
- Es importante definir una estación de “**salida**” par las secuencias

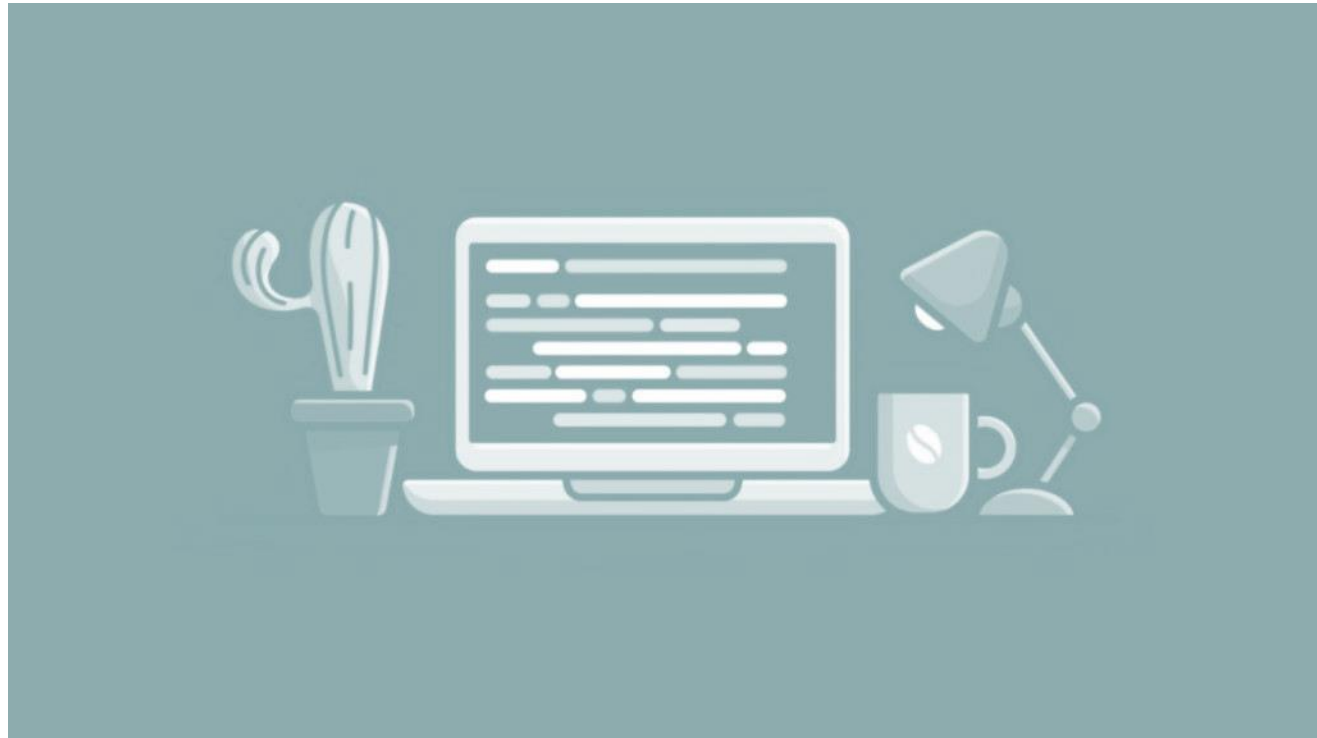


	Station Name	Step Name	Next Step	Assignments
1	Station 2			1 rows
2	Station 3			1 rows
3	Station 5			1 rows
4	Station 3			1 rows
5	Station 4			1 rows
6	Station 6			0 rows

Double-click here to add a new row.

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 5: Modelado Intermedio con Arena



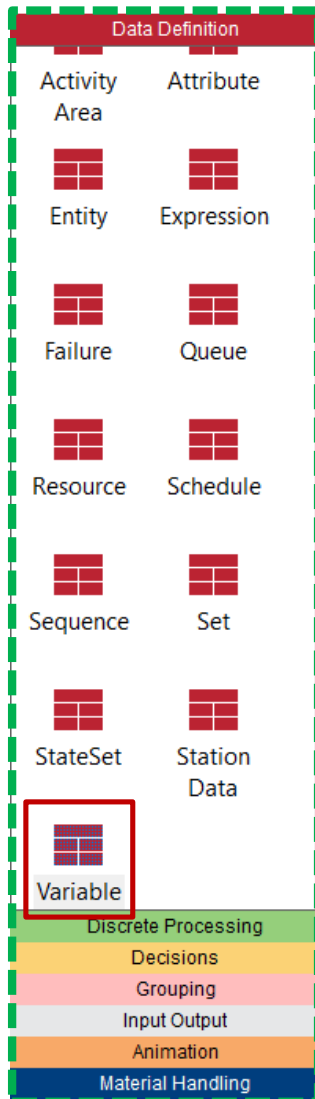
VARIABLES Y CONJUNTOS

VARIABLE, EXPRESSION, SET

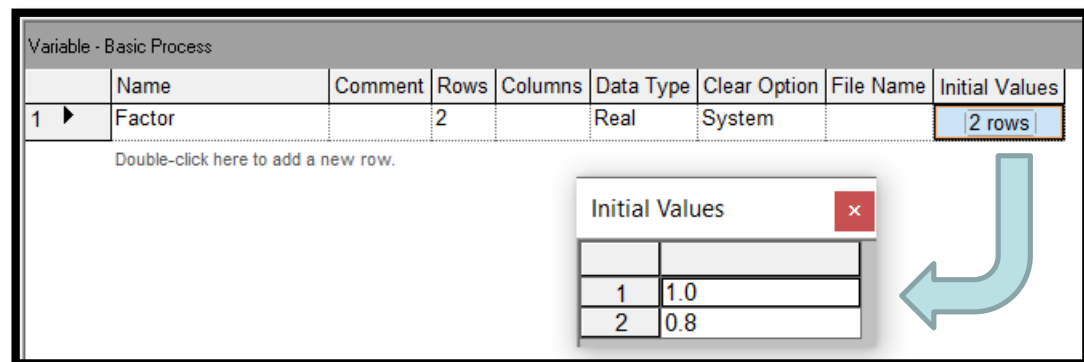
MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 5: Modelado Intermedio con Arena

Modulo Datos: **Variable**



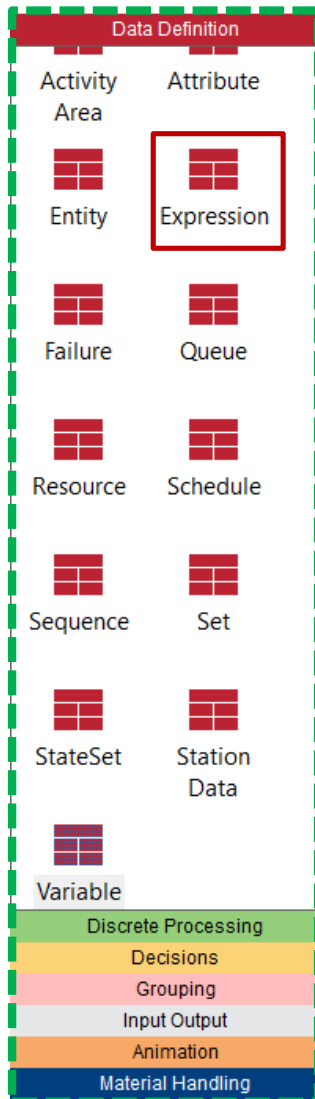
- Las variables (globales) permiten reusar el mismo valor en sitios diferentes del modelo.
- Pueden funcionar como constantes o se pueden reasignar nuevos valores en función del tiempo.
 - Define variabes y sus valores iniciales
 - Puede ser escalar, vector, o matriz de 2-dim.
- **No puede contener aritmética, atributos u otras variables o distribuciones.**



MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 5: Modelado Intermedio con Arena

Modulo Datos: Expression



- Motivación similar a Variables — reusar la misma “cosa” en varias partes del modelo.
- Una expresión es una “**fórmula**” fija o **función** que puede involucrar aritmética, atributos, otras Variables o distribuciones.
- La *forma* de la expresión no se puede cambiar durante la simulación.
 - Define nombres, forma de la expresión
 - Puede ser escalar, vector, o matriz de 2-dim.

Expression - Advanced Process

	Name	Comment	Rows	Columns	Data Type	File Name	Expression Values
1 ▶	ITransf		3		Native		3 rows

Double-click here to add a new row.

Expression Values

1	EXPO(1)
2	EXPO(1.5)
3	EXPO(2)

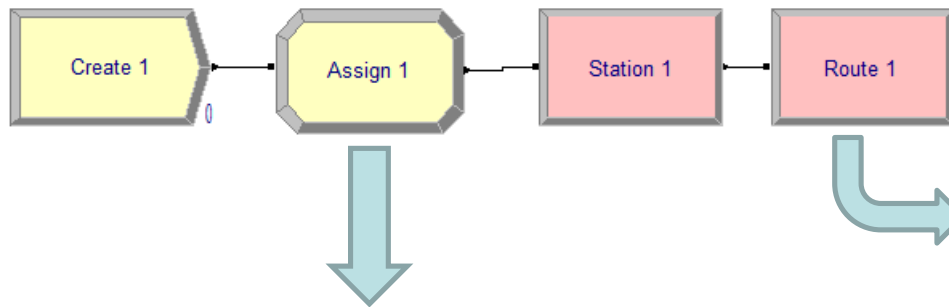
MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 5: Modelado Intermedio con Arena

Modulo Datos: Expression

Ejemplo:

- Definimos una **Expresión** dónde guardamos todos los tiempos de transferencia (TTransf), de forma que sea más sencillo hacer cambios en el sistema.
- A cada **Entidad** le asignamos un atributo (**index**) con la Distribución Discreta.
- Los modulos **Route**, usarán esa expresión para definir los tiempos de transferencia.



Assignments

Type: Attribute Attribute Name: Index

New Value: DISC(0.26,1,0.74,2,1,0,3)

Nos da un número 1, 2 o 3

OK Cancel Help

Route

Name: Route 1

Route Time: TTransf(Index) Units: Minutes

Destination Type: By Sequence

OK Cancel Help

Si se evalúa!

index {

- = 1 (26%)
- = 2 (48%)
- = 3 (26%)

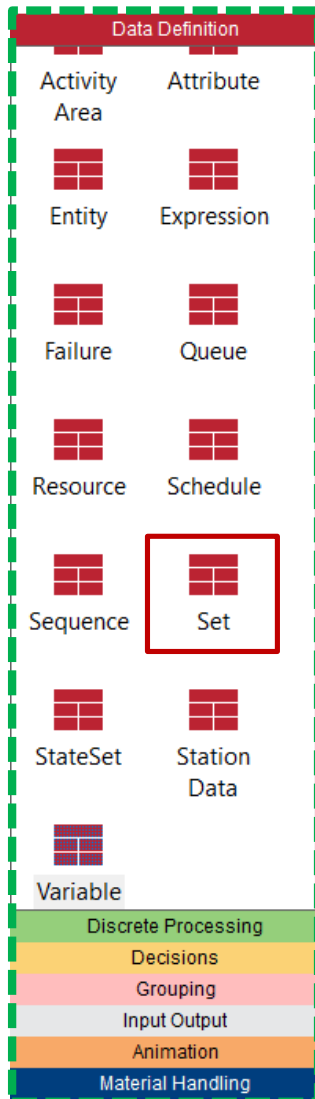
Expression Values

1	EXPO(1)
2	EXPO(1.5)
3	EXPO(2)

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 5: Modelado Intermedio con Arena

Modulo Datos: Set (Conjuntos)



- **Agrupar objetos similares** (recursos, secuencias, iconos, otros) juntos bajo un mismo nombre. Los conjuntos deben contener la misma clase de miembros.
- **Función:** Referir los objetos de un conjunto por su nombre original (independientemente del conjunto al que pertenece) o por un índice dentro del conjunto.
- Un objeto puede ser miembro de más de un conjunto.

	Name	Type	Member Definition Method	Members
1	SetType	Entity Type	Manual List	3 rows
2	SetIcon	Entity Picture	Manual List	3 rows
3	SetMachine	Resource	Manual List	2 rows
4	Tally Set 1	Tally	Manual List	3 rows

Double-click here to add a new row.

Members

	Entity Type
1	Tipo1
2	Tipo2
3	Tipo3

Double-click here to add a new row.

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

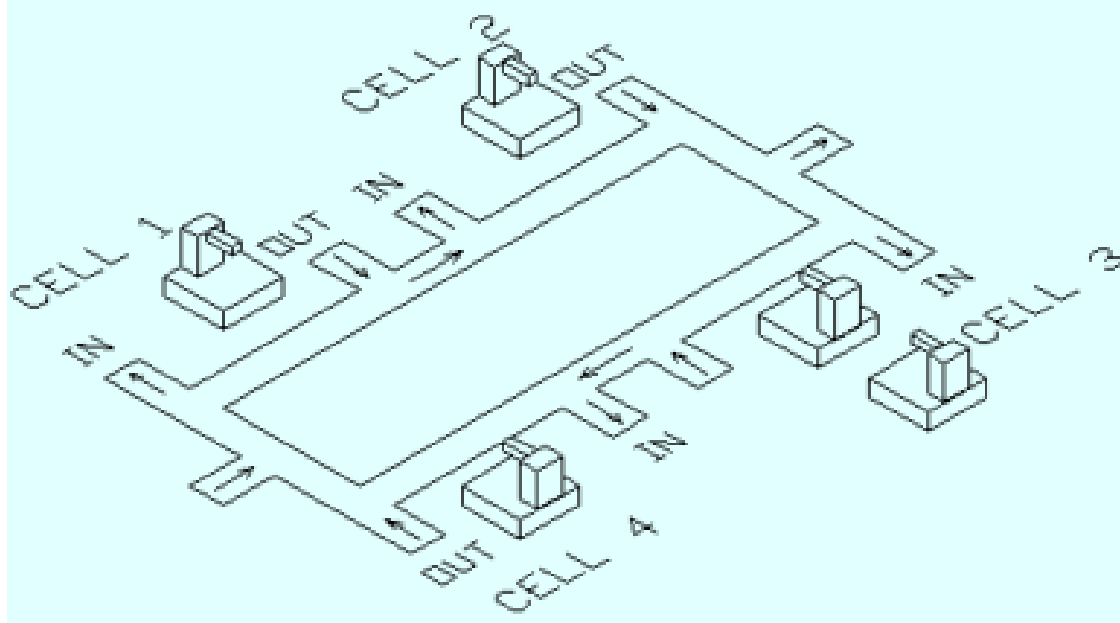
Tema 5: Modelado Intermedio con Arena

Modulo Datos: Set (Conjuntos)

- **Los conjuntos más comunes:** Recursos (resources)
 - Permite agrupar recursos dispares — más genérico que la multi-capacidad de un solo recurso, donde todos son idénticos.
 - Las entidades pueden elegir entre los miembros de un conjunto de recursos según preferencias o reglas.
 - Se pueden animar los recursos de un conjunto de forma individual (estados, iconos) — a diferencia de multi-Capacidad de un solo recurso.
- También se agrupan Secuencias e iconos de entidades en conjuntos para un mejor acceso (por el número de tipo de pieza)

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 5: Modelado Intermedio con Arena

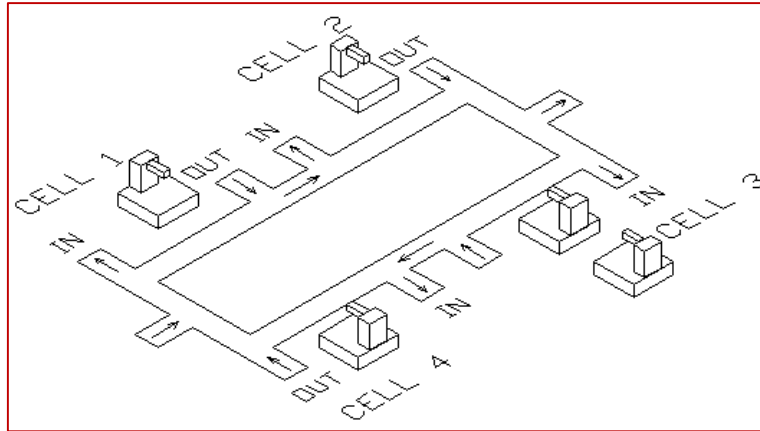


IMPLEMENTACIÓN
EJEMPLO CLASE

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 5: Modelado Intermedio con Arena

Ejemplo: Sistema de Producción



Existen varias formas de implementar un modelo. Típicamente, determinada por los requerimientos de los datos, disponibilidad.

- **Lo primero:** decidir como se representarán las cosas:
 - **Secuencias** (en un Conjunto) para controlar el flujo de piezas
 - Asignar **tiempos de proceso** a las entidades en el módulo Secuencias
 - Usar un vector de **Expresiones** para los **tiempos de Transferencia** de piezas
 - Usar **Variables** para **factor de velocidad** en Célula 3 (lenta/rápida)

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 5: Modelado Intermedio con Arena

Ejemplo: Sistema de Producción : Sequence

- Define las rutas de transito por las estaciones del sistema para los diferentes tipos de piezas (entidades). **En nuestro ejemplo creamos 3 secuencias:**

	Name	Steps
1	Seq1	5 rows
2	Seq2	6 rows
3	Seq3	4 rows

Double-click here to add a new row.

	Station Name	Step Name	Next Step	Assignments
1	Station 2			1 rows
2	Station 3			1 rows
3	Station 4			1 rows
4	Station 5			1 rows
5	Station 6			0 rows

Double-click here to add a new row.

Tipo Pieza	Célula Tiempo	Célula Tiempo	Célula Tiempo	Célula Tiempo	Célula Tiempo
1	1 6, 8, 10	2 5, 8, 10	3 15, 20, 25	4 8, 12, 16	

- Correspondencia Stations en el Sistema:
 - Station 1 = Create (creación de entidades)
 - Stations 2,3,4,5 = Células 1,2,3,4
 - Station 6 = Dispose (eliminación de entidades)

Mejor asignar nombres descriptivos a cada estación, y no usar station 1, 2, ...

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 5: Modelado Intermedio con Arena

Ejemplo: Sistema de Producción : Sequence

- Se pueden definir acciones en cada estación como parte de la definición de las secuencias. En nuestro ejemplo definir un atributo que represente el **Process Time** en cada paso.

	Name	Steps
1 ▶	Seq1	5 rows
2	Seq2	6 rows
3	Seq3	4 rows

Double-click here to add a new row.

Tipo Pieza	Célula Tiempo	Célula Tiempo	Célula Tiempo	Célula Tiempo	Célula Tiempo
1	1 6, 8, 10	2 5, 8, 10	3 15, 20, 25	4 8, 12, 16	

	Station Name	Step Name	Next Step	Assignments
1	Station 2 ▼			1 rows
2	Station 3			1 rows
3	Station 4			1 rows
4	Station 5			1 rows
5	Station 6			0 rows

Double-click here to add a new row.

	Assignment Type	Attribute Name	Value
1	Attribute	TProceso	TRIA(6,8,10)

Double-click here to add a new row.

	Assignment Type	Attribute Name	Value
1	Attribute ▼	TProceso	TRIA(5,8,10)

Double-click here to add a new row.

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

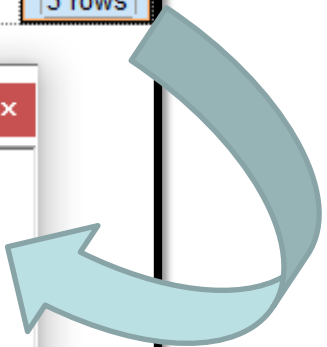
Tema 5: Modelado Intermedio con Arena

Ejemplo: Sistema de Producción : Sequence

- Finalmente, podemos **agrupar** las secuencias en un **Conjunto/Set** para poder referirnos a ellas como SeqSet(1), SeqSet(2) y SeqSet(3).
- Las secuencias se agrupan seleccionando la opción “**Other**” en el campo “**Set Type**”

	Name	Set Type	Member Definition Method	Members
1 ▶	SeqSet	Other	Manual List	3 rows
Double-click here to add a new row.				

Members		
	Other	
1	Seq1	
2	Seq2	
3	Seq3	
Double-click here to add a new member		

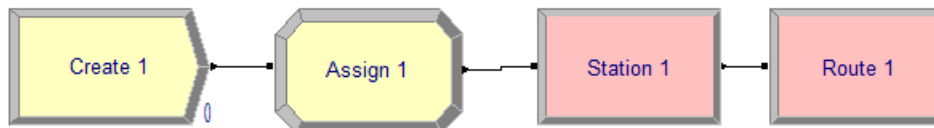


MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 5: Modelado Intermedio con Arena

Ejemplo: Sistema de Producción : Sequence

- Nos queda **asignar** (modulo Assign) a cada tipo de pieza creada su secuencia correcta. Para ello editaremos su atributo **Entity.Sequence** asignándole la secuencia correcta tras su creación.



Assign

Name:

Assignments:

- Attribute, Index, DISC(0.26,1,0.74,2,1,0.3)
- Attribute, Entity.Sequence, SeqSet(Index)**
- Attribute, Entity.Type, SetType(Index)
- Attribute, Entity.Picture, SetIcon(Index)
- Attribute, TLlegada, TNOW
- <End of list>

Assignments

Type: Attribute Name:

New Value:

index { = 1 (26%)
= 2 (48%)
= 3 (26%)

OK Cancel Help

Assignments

Type: Attribute Name:

New Value:

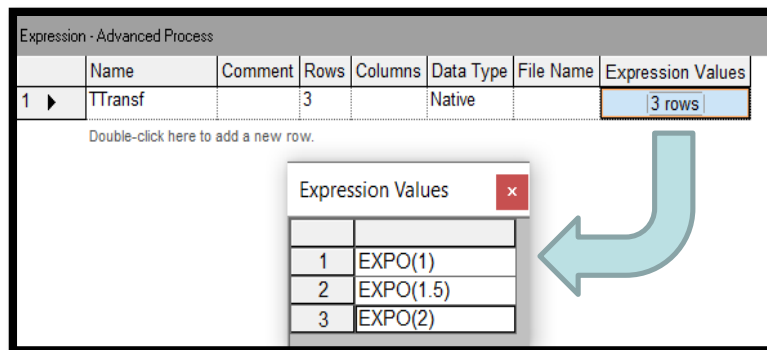
OK Cancel Help

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 5: Modelado Intermedio con Arena

Ejemplo: Sistema de Producción: Expresiones

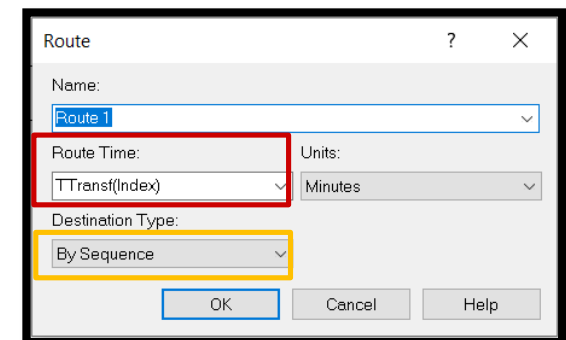
- Vamos a usar una expresión para determinar el **tiempo de transferencia** entre estaciones, en función del tipo de pieza.
- Denominación de la expresión: **Ttransf**
 - Uso de un vector 3x1, uno por cada tipo de pieza
 - Se deben indexar en el orden correcto



Transferencia:

- ☐ Las piezas se mueven sólo en sentido horario
- ☐ Tiempos de transferencia:
 - ☐ EXPO(1)
 - ☐ EXPO(1.5)
 - ☐ EXPO(2)

- Para evaluar esta expresión necesitamos darle el índice de cada tipo de pieza. Esto se usará en el módulo **Route**: **Ttransf(Part Index)**



MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 5: Modelado Intermedio con Arena

Ejemplo: Sistema de Producción: Variables

- Los **tiempos de proceso** se han definido para cada estación y cada tipo de entidad en el módulo **Sequence**. Luego veremos como asignar estos tiempos en los módulos **Process**. No obstante, para la célula 3 tenemos 2 velocidades de procesamiento.
- Usaremos 2 variables diferentes para modelar el tiempo de proceso de la Célula 3.
 - Factor de velocidad de la Célula 3: vector 2x1 “Factor”
 - 0.8 (máquina nueva), 1.0 (vieja)

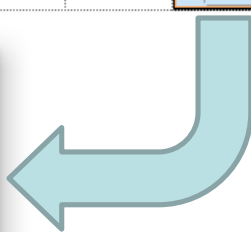
Variable - Basic Process

	Name	Comment	Rows	Columns	Data Type	Clear Option	File Name	Initial Values
1 ▶	Factor		2		Real	System		2 rows

Double-click here to add a new row.

Initial Values

1	1.0
2	0.8



❑ Célula 3 dispone de dos máquinas (la nueva un 20% más rápida que las demás). La máquina nueva empleará por tanto un 80% del tiempo establecido en la secuencia.

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 5: Modelado Intermedio con Arena

Ejemplo: Sistema de Producción: Set Resources

Cada célula del sistema tiene 1 solo recurso, pero la Célula 3 dispone de dos máquinas diferentes (dos recursos con propiedades diferentes)

Resource - Basic Process

	Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Statistics
1	NewMachine	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
2	OldMachine	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Resource 1	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Resource 2	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Resource 4	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>

Double-click here to add a new row.

- Hacemos un conjunto: **SetMachine**
- Lo usaremos en el módulo **Process** para la Célula 3

Set - Basic Process

	Name	Type	Member Definition Method	Members
1	SetType	Entity Type	Manual List	3 rows
2	SetIcon	Entity Picture	Manual List	3 rows
3	SetMachine	Resource	Manual List	2 rows
4	Tally Set 1	Tally	Manual List	3 rows

Double-click here to add a new row.

Members

	Member Type	Resource Name
1	Single Element	NewMachine
2	Single Element	OldMachine

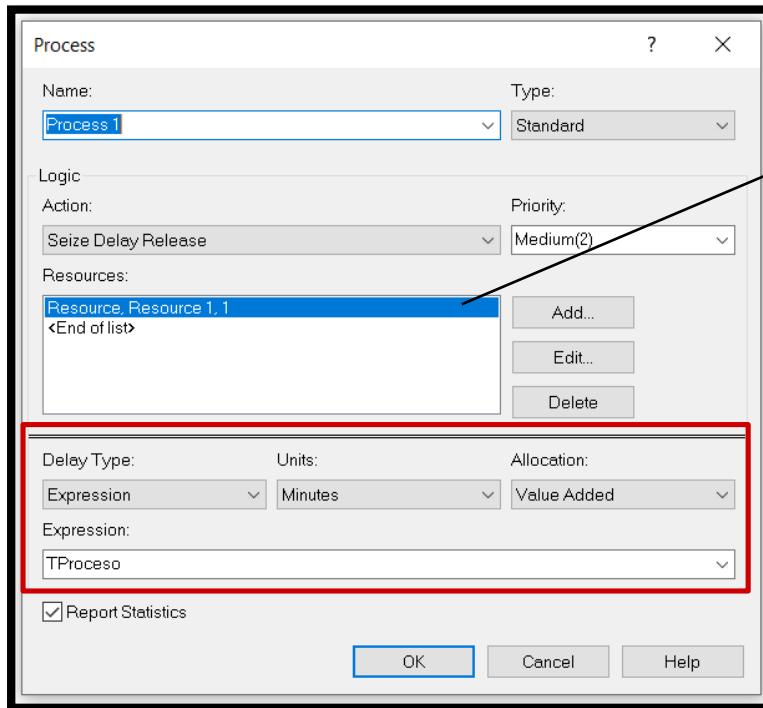
Double-click here to add a new row.

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 5: Modelado Intermedio con Arena

Ejemplo: Sistema de Producción: Process & Resources

- Para Células 1, 2 y 4
 - **Recursos:** solo definimos un recurso con capacidad 1.
 - **Process Time:** usamos tipo “expresión” y haremos referencia al atributo “TProceso” que se definió al crear la secuencia.



Process

Name: Type:

Logic

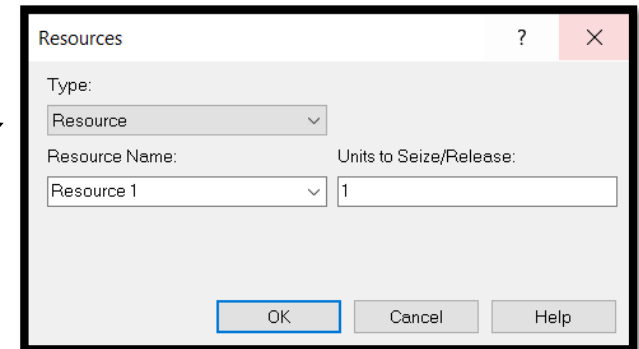
Action: Priority:

Resources:

Delay Type: Units: Allocation:

Expression:

☒ Report Statistics



Resources

Type:

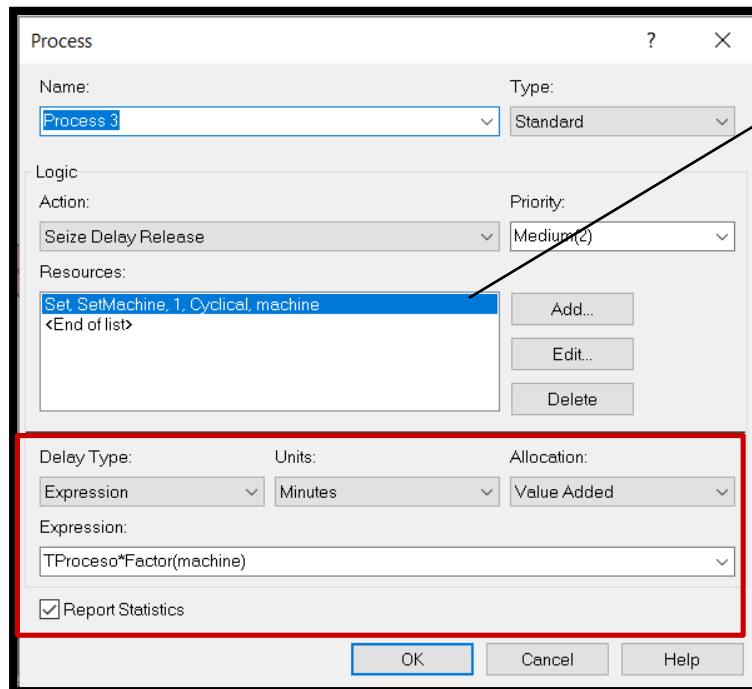
Resource Name: Units to Seize/Release:

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 5: Modelado Intermedio con Arena

Ejemplo: Sistema de Producción: Process & Resources

- Para Célula 3
 - **Recursos:** solo definimos un recurso que será un **conjunto** (son dos recursos en el fondo). Como regla de selección usaremos **cíclico** y el resultado se guardará en un atributo llamado **“machine”**.



Process

Name: Type:

Logic

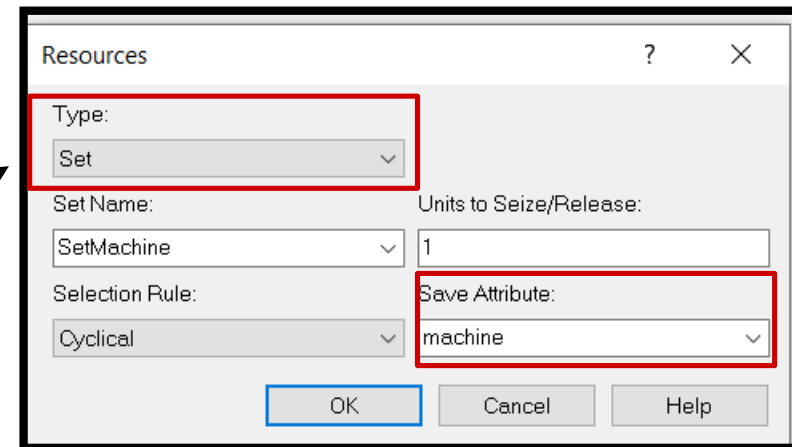
Action: Priority:

Resources:

Delay Type: Units: Allocation:

Expression:

☒ Report Statistics



Resources

Type:

Set Name: Units to Seize/Release:

Selection Rule: Save Attribute:

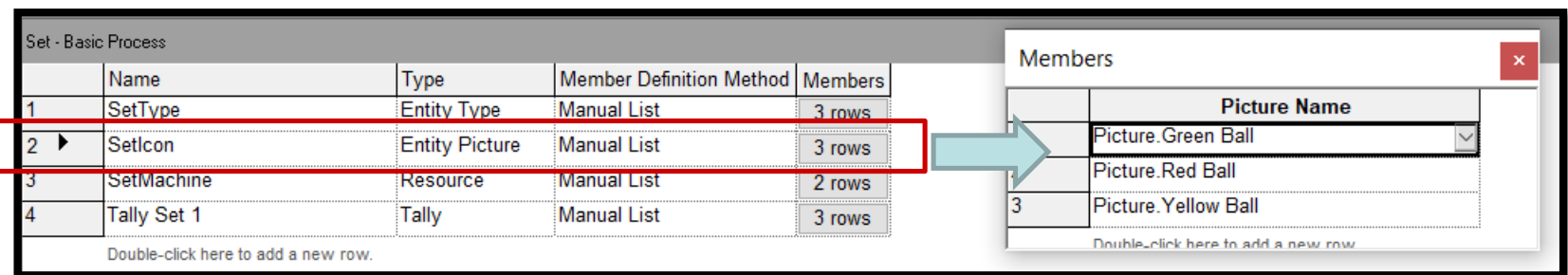
Process Time: usamos tipo “**expresión**” y haremos referencia al atributo “**TProceso**”, a la variable “**Factor**” que se definió para modelar las diferencias de velocidad.

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 5: Modelado Intermedio con Arena

Ejemplo: Sistema de Producción: Sets

- **Conjunto de Iconos (Pictures)**
 - Para mostrar diferentes tipos de piezas en la animación
 - Nombre del conjunto **Parts**, las entradas **Part 1**, etc.
 - Dibuja los iconos en el módulo Simulate (más tarde...)



Set - Basic Process

	Name	Type	Member Definition Method	Members
1	SetType	Entity Type	Manual List	3 rows
2	SetIcon	Entity Picture	Manual List	3 rows
3	SetMachine	Resource	Manual List	2 rows
4	Tally Set 1	Tally	Manual List	3 rows

Double-click here to add a new row.

Members

	Picture Name
	Picture.Green Ball
	Picture.Red Ball
3	Picture.Yellow Ball

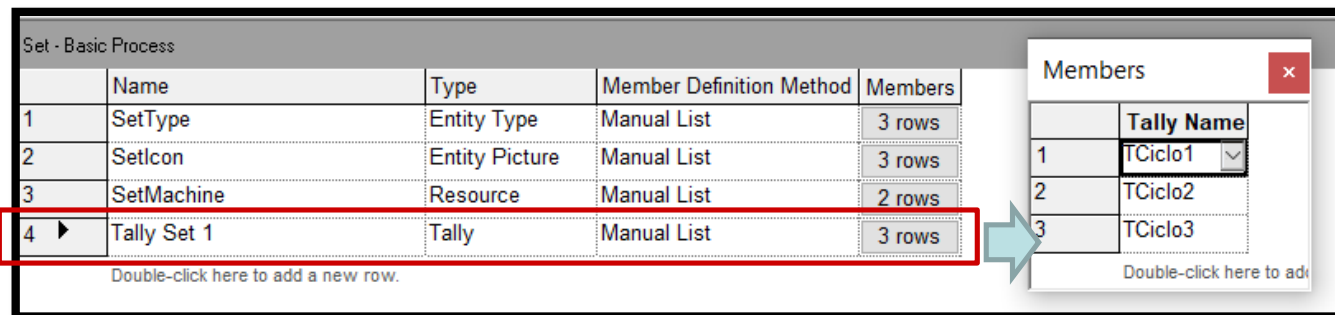
Double-click here to add a new row.

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 5: Modelado Intermedio con Arena

Ejemplo: Sistema de Producción: Sets

- Conjunto de Estadísticos basados en las observaciones (Tallies)
 - Separar los **tiempos de ciclo** en el sistema según el tipo de pieza
 - Nombre del conjunto **Part Cycle Times**
 - Los miembros son nombres de Tally que saldrán en los resultados



Set - Basic Process

	Name	Type	Member Definition Method	Members
1	SetType	Entity Type	Manual List	3 rows
2	SetIcon	Entity Picture	Manual List	3 rows
3	SetMachine	Resource	Manual List	2 rows
4 ▶	Tally Set 1	Tally	Manual List	3 rows

Double-click here to add a new row.

Members

	Tally Name
1	TCiclo1
2	TCiclo2
3	TCiclo3

Double-click here to add a new row.

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 5: Modelado Intermedio con Arena

Ejemplo: Sistema de Producción: Create

- Diálogo principal
 - Station : **Create Parts**
 - Time Between: **EXPO (13)**

The screenshot shows the 'Create' dialog box in the Arena simulation software. The dialog has a blue title bar with a question mark and a close button. The main area is divided into several sections:

- Name:** A dropdown menu showing 'Create Parts'.
- Entity Type:** A dropdown menu showing 'Entity 1'.
- Time Between Arrivals:** A section with three fields:
 - Type:** A dropdown menu showing 'Random (Expo)'.
 - Value:** A text box containing the number '13'.
 - Units:** A dropdown menu showing 'Minutes'.
- Entities per Arrival:** A text box containing the number '1'.
- Max Arrivals:** A text box containing the word 'Infinite'.
- First Creation:** A text box containing the number '0.0'.

At the bottom of the dialog are three buttons: 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 5: Modelado Intermedio con Arena

Ejemplo: Sistema de Producción: Dispose

- Se necesita calcular los tiempos en el sistema (TCiclo) según el tipo de pieza. Para ello ya habíamos definido un conjunto de Tally con los tres valores a guardar.
- En el módulo **Record** indexaremos el cálculo por el tipo de pieza. Para ello seleccionamos la opción “**Record into Set**” y completaremos.

