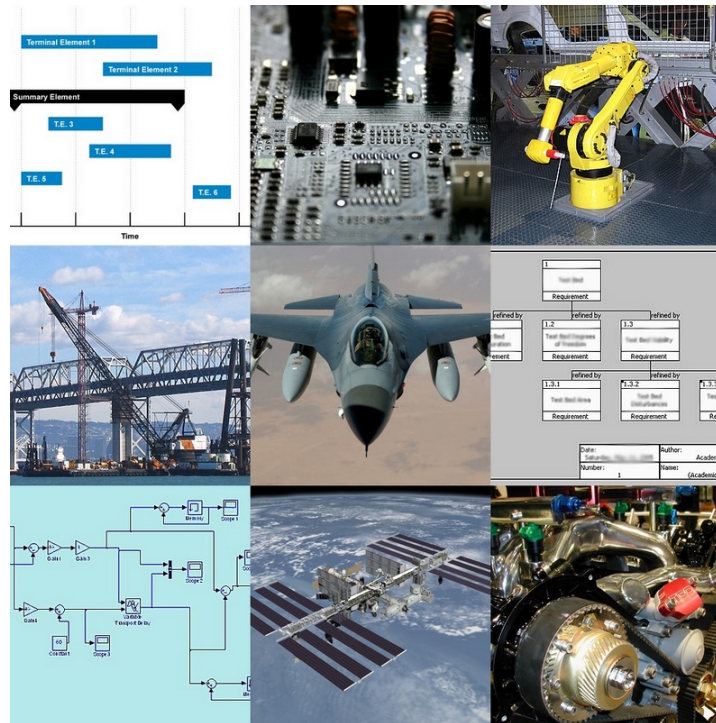


MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS



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 4: Modelado Básico con Arena

Glosario

- **Modelo básico.** Sistema de Reciclaje de Baterías.
- **Nuevos elementos**
 - Atributos, Records, Resource States, Schedules
- **Incorporando animación**
 - Queues, Entity Pictures, Resource Pictures



MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 4: Modelado Básico con Arena

Ejemplo: Sistema de Reciclado

Descripción informal del modelo

- Sistema de reciclado de baterías de dos tipos:



Móvil (A)



Coche (B)

- Fase1: **Recepción y Limpieza** de las baterías



- Fase2: **Chequeo y Reacondicionamiento.**
 - Si se han podido recuperar, pasan al embarque (baterías de segunda mano).
 - Si no, se intentan recuperar en un segundo proceso de carga lenta.
- Fase3: **Carga Lenta:** Tras una carga lenta se comprueban nuevamente
 - algunas unidades se han podido recuperar (embarque).
 - otras no.

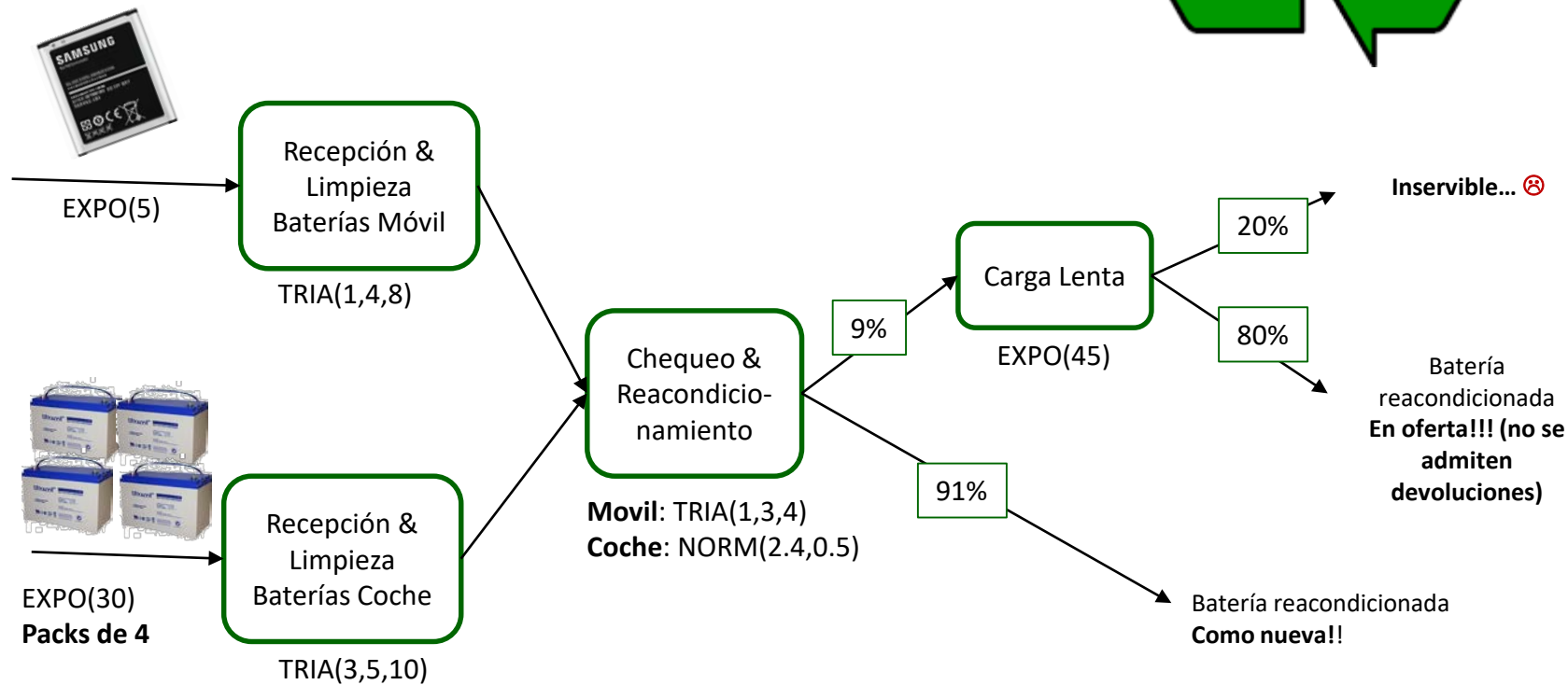
MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 4: Modelado Básico con Arena

Ejemplo: Sistema de Reciclado



Descripción informal del modelo



MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 4: Modelado Básico con Arena

Ejemplo: Sistema de Reciclado – Baterías Móvil

- **Tiempo entre-llegadas:** EXPO (5) minutos
- Sin tiempo de transito entre las estaciones
- **Área de recepción y limpieza.** Tiempo de Proceso :
 - TRIA (1,4,8) minutos
- **Chequeo y Reacondicionamiento.** Tiempo de Proceso:
 - TRIA (1,3,4) minutos
 - 91% pasan, salen del sistema; el resto van a **Carga Lenta**
- **Carga lenta:** Tiempo de Proceso:
 - EXPO(45)
 - 80% pasan, salen del sistema
 - 20% se desechan



MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 4: Modelado Básico con Arena

Ejemplo: Sistema de Reciclado – Baterías Coche

- **Tiempo entre-llegadas:** EXPO (30) minutos, Batch:4
- Sin tiempo de transito entre las estaciones
- **Área de recepción y limpieza.** Tiempo de Proceso :
 - TRIA (3,5,10) minutos
- **Chequeo y Reacondicionamiento.** Tiempo de Proceso:
 - NORM(2.4,0.5) minutos
 - 91% pasan, salen del sistema; el resto van a **Carga Lenta**



- **Carga lenta:** Tiempo de Proceso:
 - EXPO(45)
 - 80% pasan, salen del sistema
 - 20% se desechan

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 4: Modelado Básico con Arena

Sistema de Reciclado: Condiciones de Ejecución, Salida y Animación

- **Condición Inicial:** sistema vacío y libre
- **Tiempo de Simulación:** 2.000 minutos
- **Datos de Salida:**
 - Utilización de todos los recursos
 - Número de elementos medio en cada cola
 - Tiempo medio de espera en cada cola
 - Tiempo de fabricación (tiempo de ciclo) independiente para baterías acondicionadas, carga lenta y desechadas
- **Animación:**
 - Colas, recursos ocupados y libres

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 4: Modelado Básico con Arena

Sistema de Reciclado: Desarrollo del Modelo

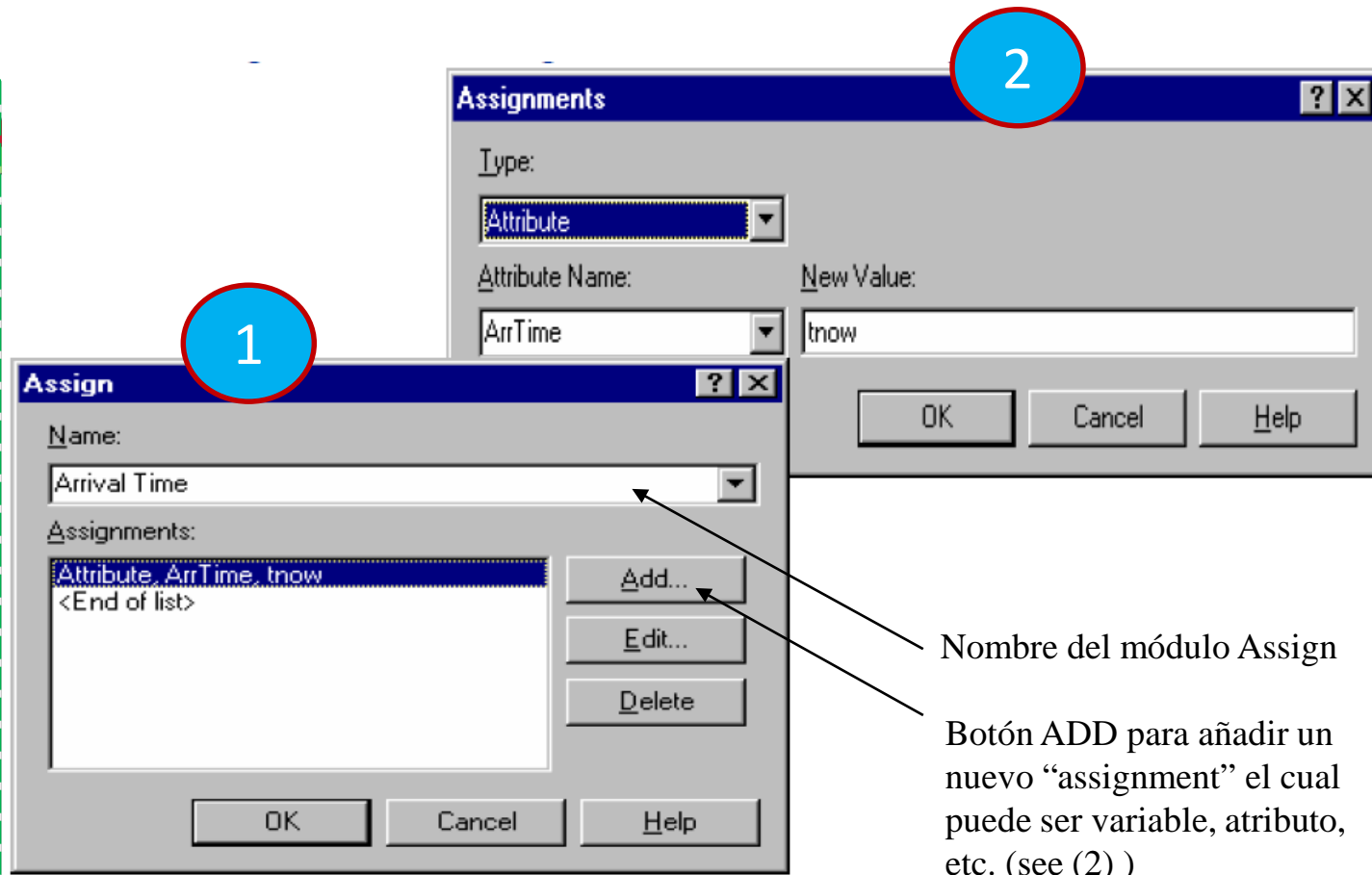
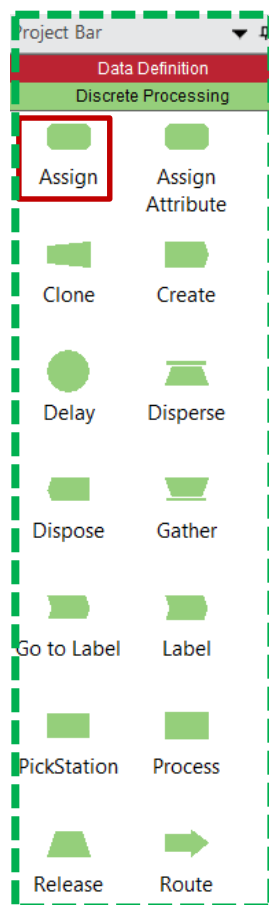
- Elementos necesarios del Modelo:
 - Módulos **Create** para simular la llegada de baterías.
 - Módulos **Process** para cada área de “recepción y limpieza”, para el “Chequeo y Reacondicionamiento” y para la “carga lenta”.
 - Módulos **Dispose** para las tres salidas del sistema.
 - Nuevo** {
 - Módulos **Assign** para modificar/añadir un **Atributo** a las baterías que especifique el **ReacondTime** (las baterías tienen tiempos *diferentes* de reacondicionamiento).
 - Módulos **Decide** para bifurcar las salidas de los procesos “Chequeo y Reacondicionamiento” y para la “carga lenta” de forma probabilística.
 - Módulos **Record** para recoger diferentes tipos de estadísticos.

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 4: Modelado Básico con Arena

Módulo Assign

Nodo usado para crear/asignar valores a los atributos de las entidades



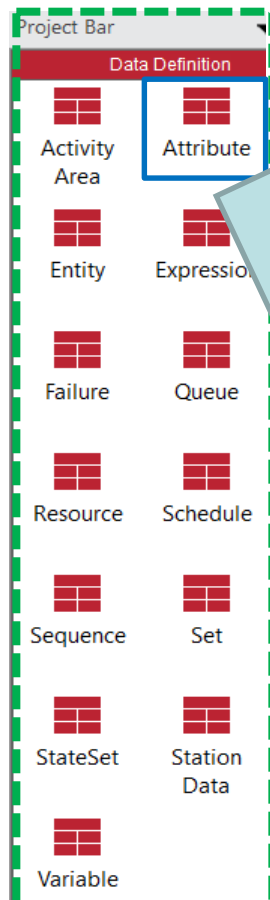
Nombre del módulo Assign

Botón ADD para añadir un nuevo "assignment" el cual puede ser variable, atributo, etc. (see (2))

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 4: Modelado Básico con Arena

Módulo de Datos **Attribute**



- Lista los atributos disponibles y permite editarlos. Por ejemplo para determinar el tipo de dato del atributo (Real, String)

	Name	Comment	Rows ▲	Columns	Data Type	Initial Values
1	ReacondTime				Real	0 rows
2	Tllegada				Real	0 rows

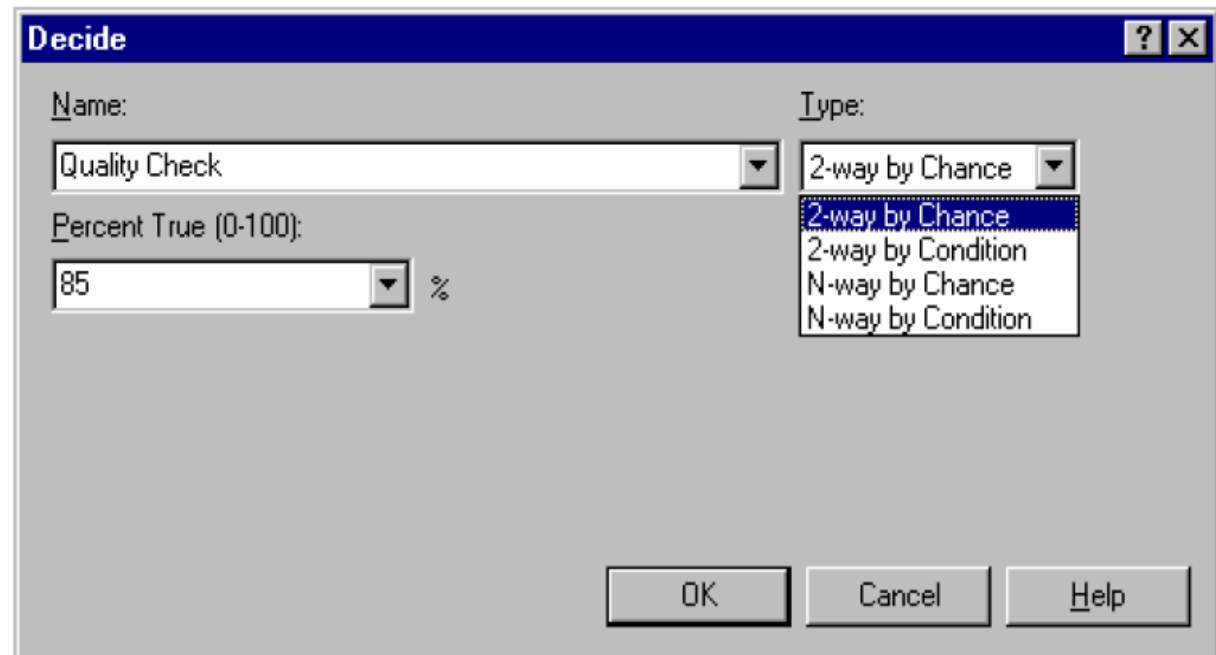
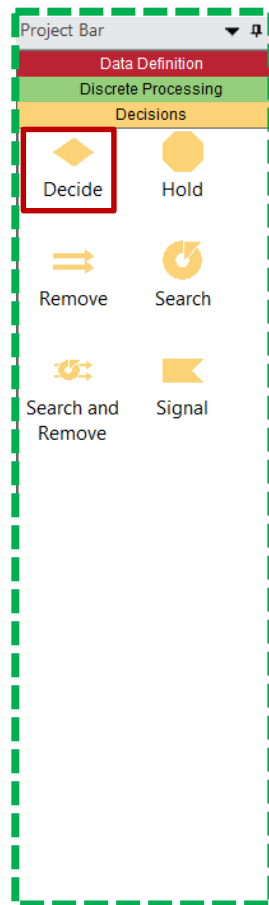
Double-click here to add a new row.

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 4: Modelado Básico con Arena

Módulo Decide

Nodo usado para implementar bifurcaciones del flujo de entidades basado en probabilidad o condiciones específicas.



MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

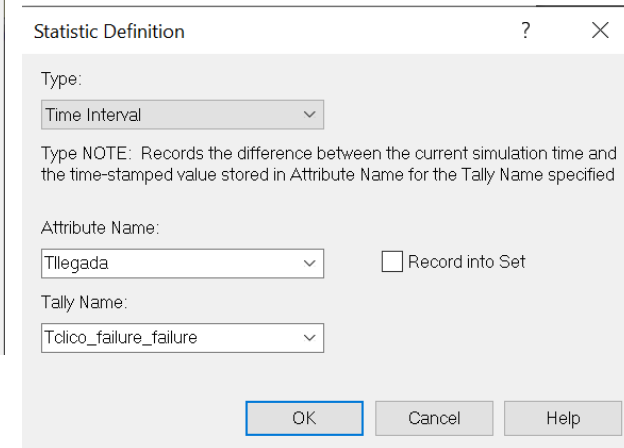
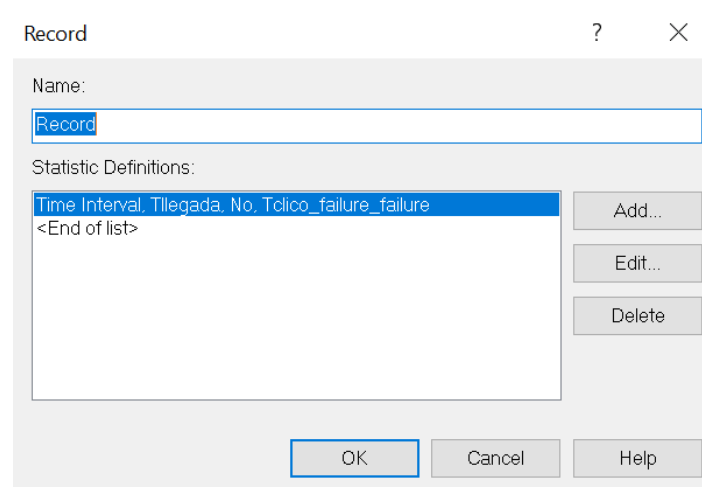
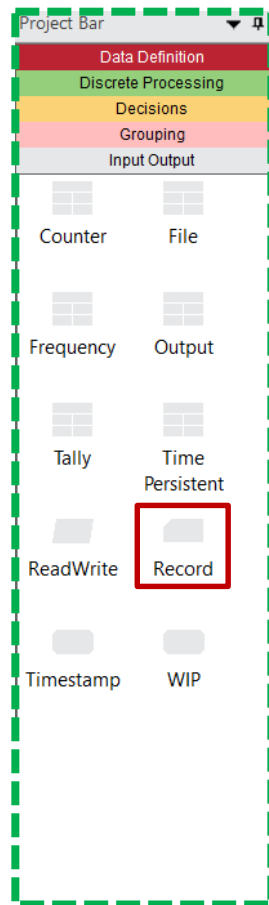
Tema 4: Modelado Básico con Arena

Módulo Record

Nodo usado para recoger/calcular valores estadísticos

Arena recoge estadísticos por defecto, pero no siempre todos los que se necesitan. Por ejemplo el **Tiempo en el sistema** (Tciclo), de las piezas que salen del sistema.

Los módulos **Record** se pueden situar en cualquier punto del flujo para recoger diferentes tipos de estadísticos.

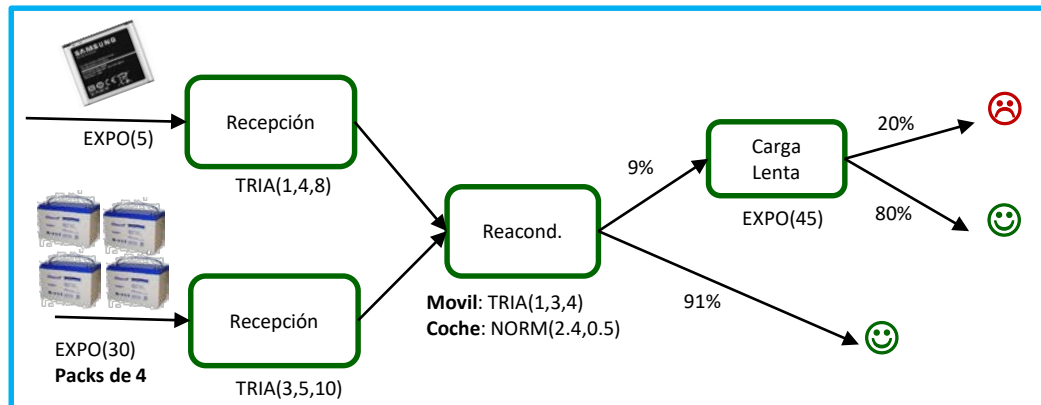


MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 4: Modelado Básico con Arena

Sistema de Reciclado: Implementación del Modelo

- **Arena** -> Nueva ventana de modelo
- **Añadir los diferentes módulos**
 - **Create** (dos – móvil y coche)
 - **Assign** (dos – móvil y coche)
 - **Process** (cuatro – 2xrecepción, reacondicionamiento y carga lenta)
 - **Decide** (dos - reacondicionamiento y carga lenta)
 - **Record** (tres – para las tres salidas (Tciclo))
 - **Dispose** (tres, para las tres salidas)



MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 4: Modelado Básico con Arena

Sistema de Reciclado: Módulos Create

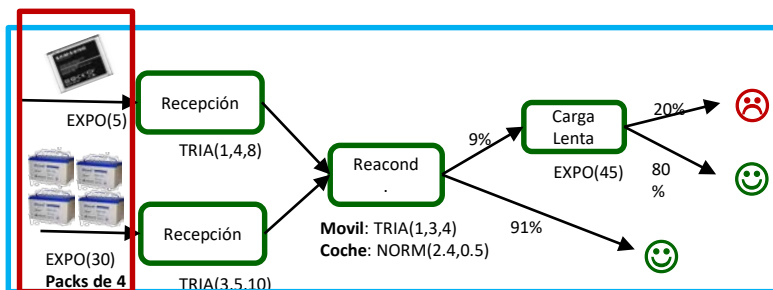
- ▶ Name: **Llegada Batería Movil**
- ▶ Entity Type: **Movil**
- ▶ Time Between Arrivals
 - Type: **Random (Expo)**
 - Value: **5**
 - Units: **Minutes**

Create

Nombre del módulo
(debe ser único)

Tipo de entidad, se identifica
para luego ver estadísticos,
asignar imágenes a la
simulación, etc.

Vienen en lotes de 4, por cada evento
de llegada aparecen 4 entidades.



- ▶ Name: **Llegada Batería Coche**
- ▶ Entity Type: **Coche**
- ▶ Time Between Arrivals
 - Type: **Random (Expo)**
 - Value: **30**
 - Units: **Minutes**

Entities per Arrivals: **4**

Create

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 4: Modelado Básico con Arena

Sistema de Reciclado: Módulo Assign (Móvil)

- ▶ Name: **Assign Móvil**
- ▶ Dos atributos: **ReacondTime** y **TLlegada**
- ▶ Add button:
 - Type: **Attribute**
 - Attribute Name: **ReacondTime**
 - New Value: **TRIA(1, 3, 4)**
- ▶ Add button:
 - Type: **Attribute**
 - Attribute Name: **TLlegada**
 - New Value: **TNOW**

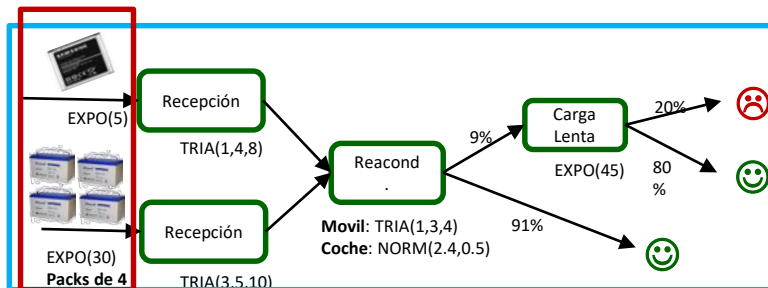
1

El primer atributo lo usaremos para definir la PDF del tiempo de reacondicionamiento.

2

El segundo atributo lo usaremos para estimar el tiempo de ciclo de cada batería en el Sistema.

Assign



MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 4: Modelado Básico con Arena

Sistema de Reciclado: Módulo Assign (Coche)

- ▶ Name: **Assign Coche**
- ▶ Dos atributos: **ReacondTime** y **Tllegada**
- ▶ Add button:
 - Type: **Attribute**
 - Attribute Name: **ReacondTime**
 - New Value: **NORM(2.4, 0.5)**
- ▶ Add button:
 - Type: **Attribute**
 - Attribute Name: **TLlegada**
 - New Value: **TNOW**

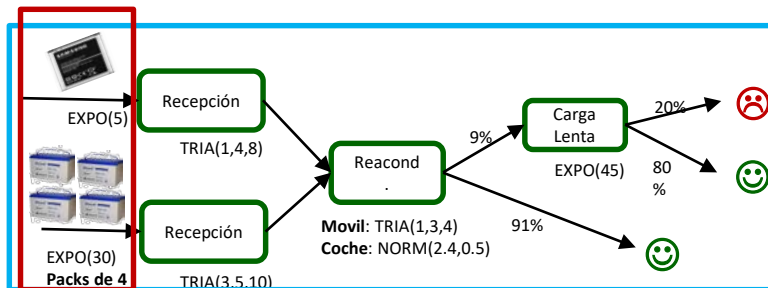
1

El primer atributo lo usaremos para definir la PDF del tiempo de reacondicionamiento.

2

El segundo atributo lo usaremos para estimar el tiempo de ciclo de cada batería en el Sistema.

Assign



MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

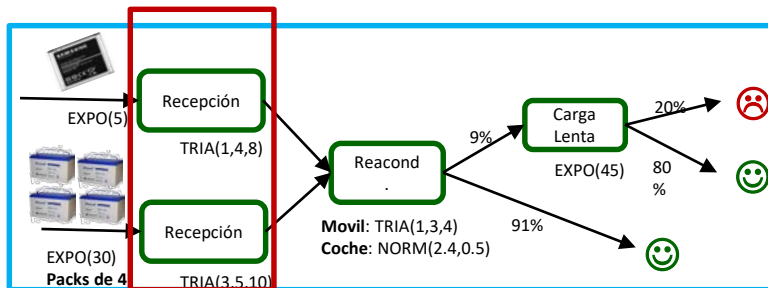
Tema 4: Modelado Básico con Arena

Sistema de Reciclado: Módulo Process (Recepción Móvil [Coche])

- ▶ Name: **Recepcion Movil[Coche] Process**
- ▶ Action: **Seize Delay Release**
- ▶ Resources (Add button):
 - Type: **Resource**
 - Resource Name: **Recepcion Movil[Coche]**
 - Quantity: **1** (default)
- ▶ Delay Type: **Triangular**
 - ▶ Units: Minutes
 - ▶ Minimum: 1 [3]
 - ▶ Value (Most Likely): 4 [5]
 - ▶ Maximum: 8 [10]

Recuerda: Si seleccionamos más de un recurso, la entidad tiene que hacer el Seize de todos antes de empezar el delay. Para aumentar la capacidad del recurso usa el modulo de Datos "resources"

Process



MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

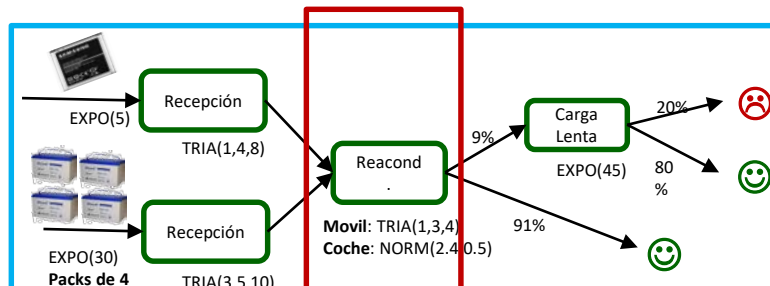
Tema 4: Modelado Básico con Arena

Sistema de Reciclado: Módulo Process (Reacondicionamiento)

- ▶ Name: **Reacondicionamiento Process**
- ▶ Action: **Seize Delay Release**
- ▶ Resources (Add button):
 - Type: **Resource**
 - Resource Name: **Acondicionador**
 - Quantity: **1** (default)
- ▶ Delay Type: **Expression**
 - ▶ Units: Minutes
 - ▶ Expression: **ReacondTime**

El **atributo** ReacondTime se definió para las baterías de móvil y coche en los módulos **Assign**, y ahora es usado permitiendo diferentes distribuciones de tiempo en función del tipo de pieza.

Process



MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 4: Modelado Básico con Arena

Sistema de Reciclado: Módulo Decide (Reacondicionamiento)

- ▶ Name: **Fallo de Reacondicionamiento**
- ▶ Type: **2-way by Chance** (default)
- ▶ Percent True: **9**
- ▶ Arbitrariedad para decidir qué significa true y qué false

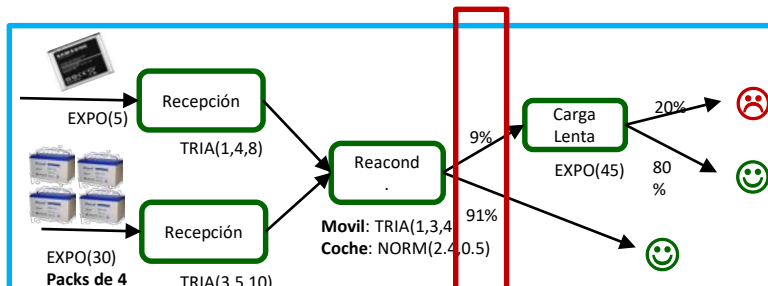
Decide

Decide

Name: Type:

Percent True (0-100): %

OK Cancel Help



MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 4: Modelado Básico con Arena

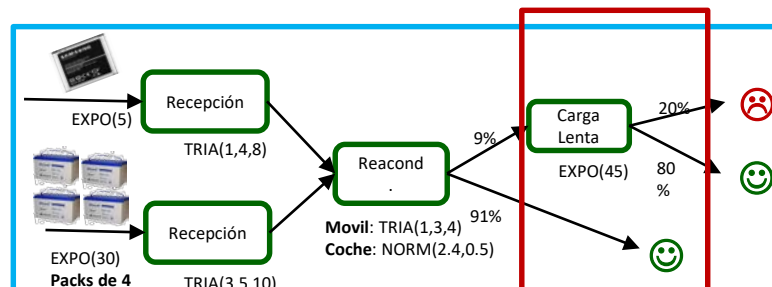
Sistema de Reciclado: Módulo Process + Decide (Carga Lenta)

- ▶ Name: **Carga Lenta Process**
- ▶ Action: **Seize Delay Release**
- ▶ Resources:
 - Type: **Resource**
 - Resource Name: **Cargador**
 - Quantity: **1** (default)
- ▶ Delay Type: Expression
- ▶ Units: Minutes
- ▶ Expression: **EXPO(45)**

Process

- ▶ Name: **Fallo de Inspección**
- ▶ Type: **2-way by Chance** (default)
- ▶ Percent True: **20**

Decide



MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 4: Modelado Básico con Arena

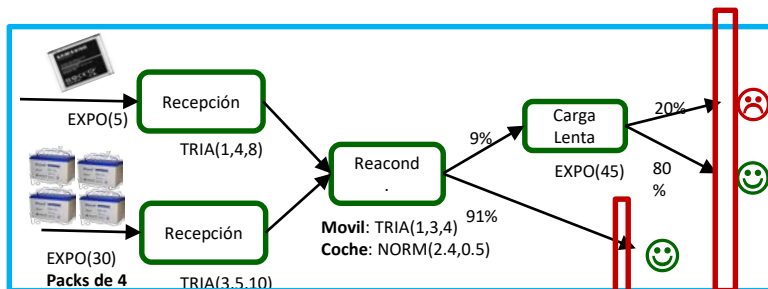
Sistema de Reciclado: Módulos Record Baterías Procesadas

- ▶ Name: **Record Baterías Procesadas**
- ▶ Type: **Time Interval**
 - Calcula el tiempo que pasa desde el atributo que indiquemos hasta ahora (**TNOW**)

Attribute Name: **Tllegada**

- ▶ Tally Name: **Record Baterías Reacondicionadas**
 - Etiqueta que aparece en los reports

Record



Nota: Habría que repetir este modulo en cada salida del Sistema para calcular los tiempos de ciclo de cada tipo.

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

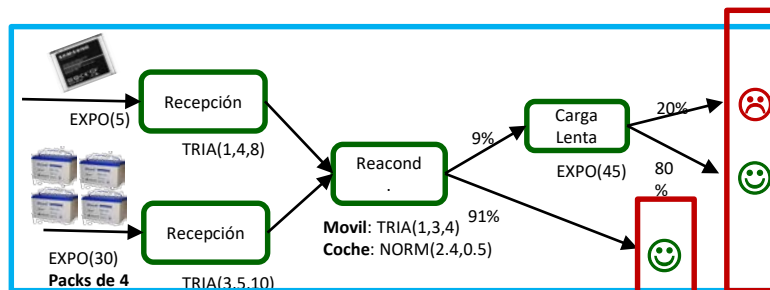
Tema 4: Modelado Básico con Arena

Sistema de Reciclado: Módulos Dispose

Tenemos dos opciones:

- ❑ Tres puntos de salida diferentes (tres módulos Dispose)
- ❑ Usar uno solo Dispose general

Ambas son soluciones válidas, pero teniéndolos por separado, durante la animación se puede ver el número de entidades que salen por cada uno, y además podremos seleccionar la opción “Record Entity Statistics” para unas salidas y no para otras en caso de ser necesario.



MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 4: Modelado Básico con Arena

Sistema de Reciclado: Configuración

- ▶ **Spreadsheet view**
- ▶ Cada fila hace referencia a una entidad del Sistema (B.Movil, B.Coche)
- ▶ Seleccionar un tipo de imagen diferente a mostrar durante las animaciones

Entity Data

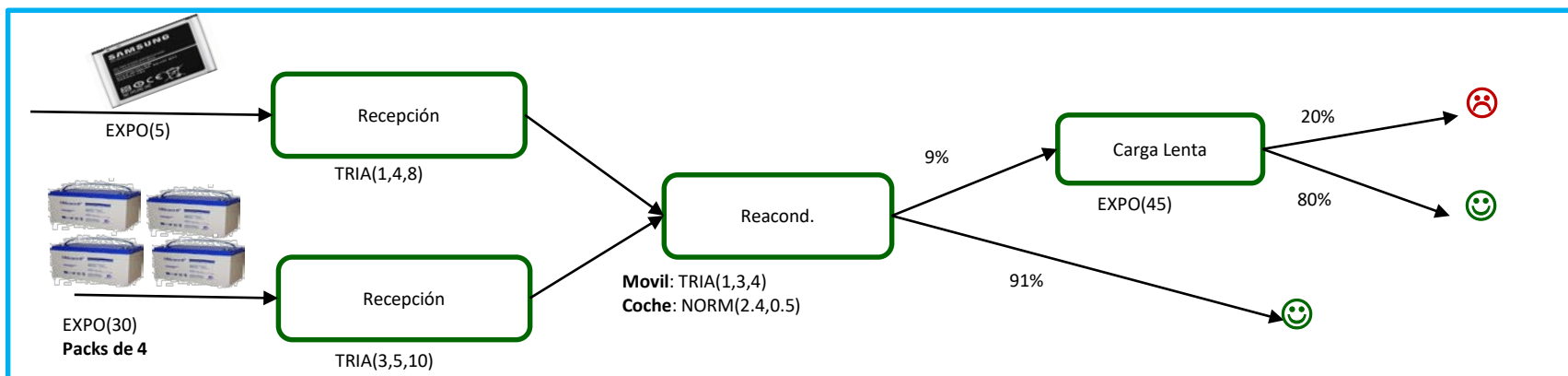
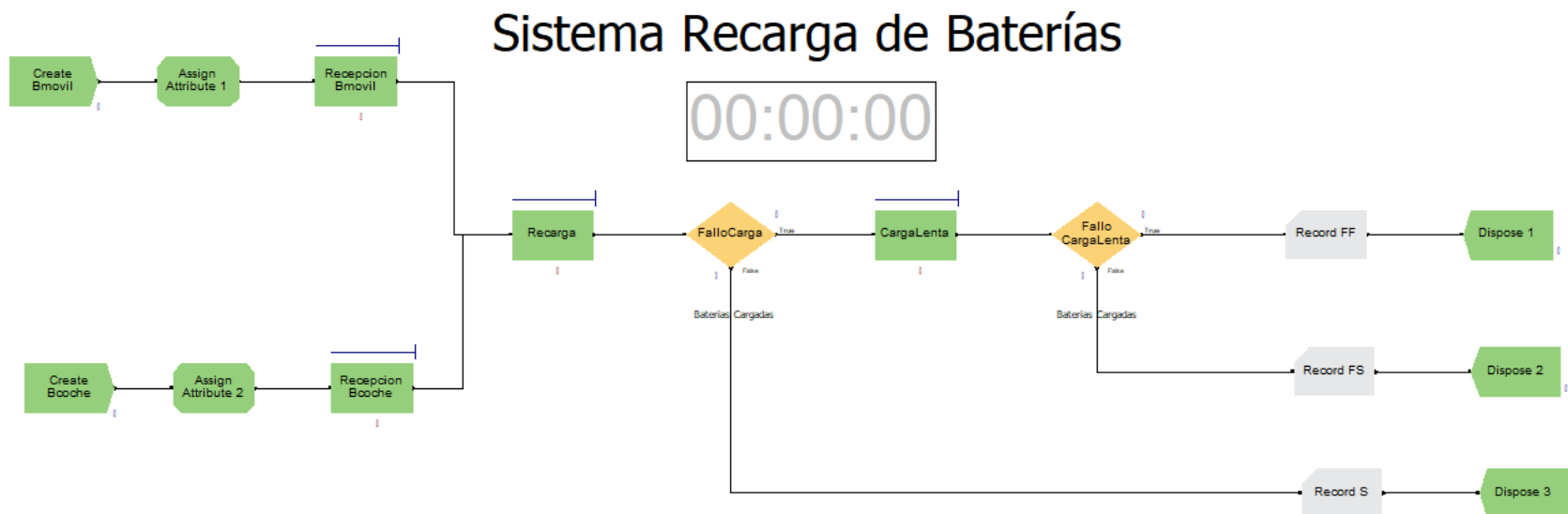
- ▶ **Menu**
- ▶ Run -> Setup -> Replication Parameters
- ▶ Number of replications: 1 sola replicación
- ▶ Replication Length: 2000 minutos de duración

Setup

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 4: Modelado Básico con Arena

Sistema de Reciclado: FlowChart



MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Tema 4: Modelado Básico con Arena

Sistema de Reciclado: Resultados

Queue

Time

Cuello de botella

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Carga Lenta.Queue	230.89	(Insufficient)	0.00	528.72
Reacondicionamiento.Queue	2.5167	0,748783276	0.00	10.5685
Reception Bcoche.Queue	29.1933	(Insufficient)	0.00	116.72
Reception Bmovil.Queue	17.5594	(Correlated)	0.00	68.7481

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Carga Lenta.Queue	6.9617	(Insufficient)	0.00	14.0000
Reacondicionamiento.Queue	0.8524	(Correlated)	0.00	5.0000
Reception Bcoche.Queue	3.9055	(Insufficient)	0.00	19.0000
Reception Bmovil.Queue	3.6190	(Correlated)	0.00	16.0000

MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS DE EVENTOS DISCRETOS

