

Universidad de La Sabana

**Análisis comparativo de los
paradigmas de simulación**

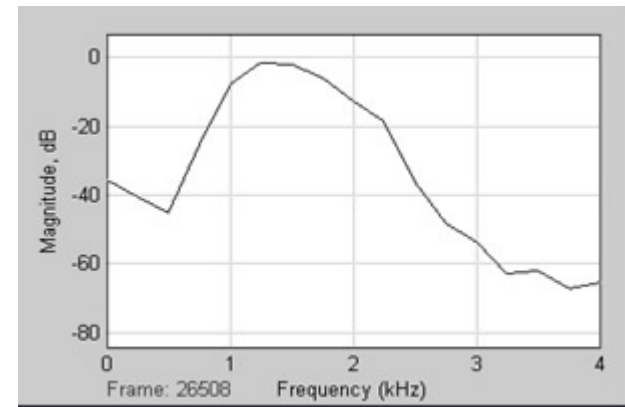
Autor: Alfonso Sarmiento

Agenda

1. Definiciones previas
2. Comparación cualitativa de los paradigmas
3. Comparación cuantitativa de los paradigmas
4. Conclusiones

Definición de Simulación de Sistemas

La simulación se puede definir como la imitación de un sistema usando un modelo de computadora con el fin de evaluar y mejorar el desempeño del mismo.



Definición de Paradigma

Un paradigma se puede definir como un conjunto de conocimientos y creencias que forman una visión del mundo y que es compartida por un grupo de personas.

Cada paradigma de simulación es caracterizado por un conjunto de supuestos básicos.

Paradigmas de Simulación

Se pueden identificar tres paradigmas de simulación:

- Dinámica de sistemas (SD)
- Simulación de eventos discretos (DES)
- Simulación basada en agentes (ABS)

Dinámica de Sistemas (SD)

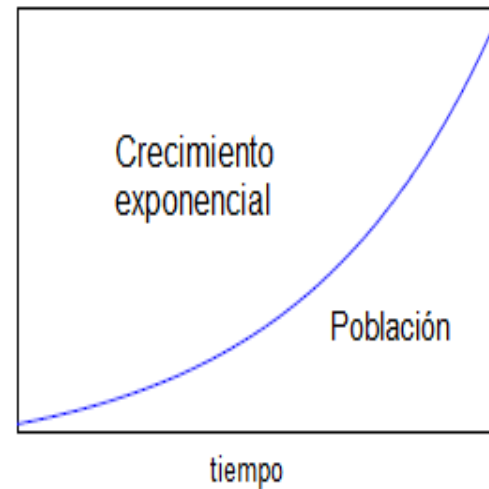
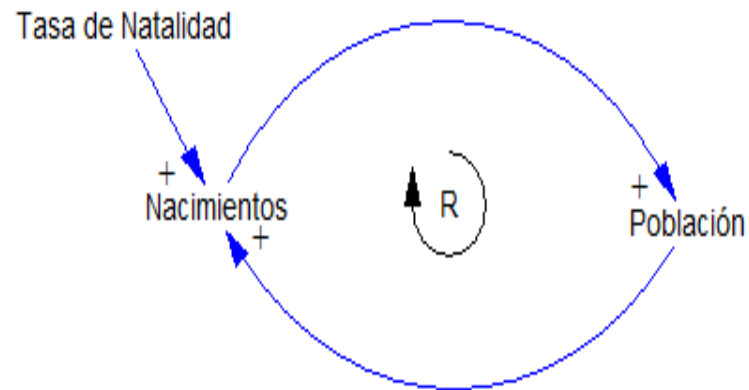
La idea esencial en SD es que todos los elementos en un sistema interactúan a través de relaciones causales.

Estas relaciones son representadas por bucles de realimentación, los cuales controlan las interacciones entre los elementos del sistema y son la causa de su comportamiento.

Dinámica de Sistemas (SD)

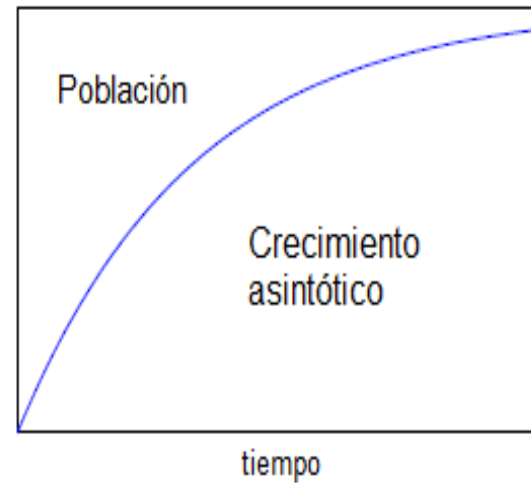
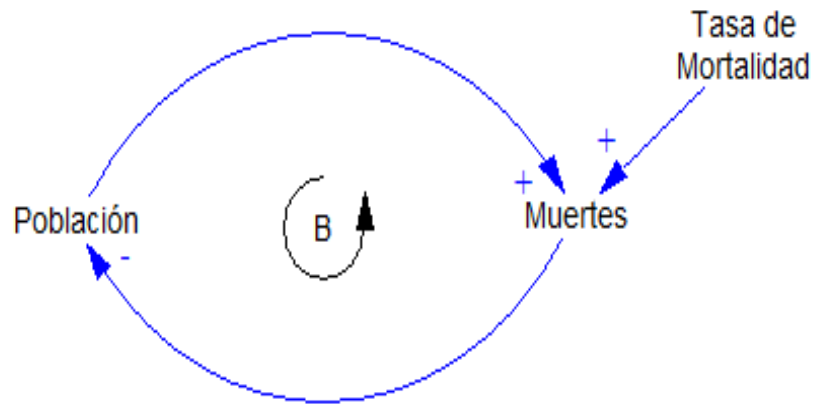
Diagrama causal

Bucle de alimentación positiva o refuerzo (R)



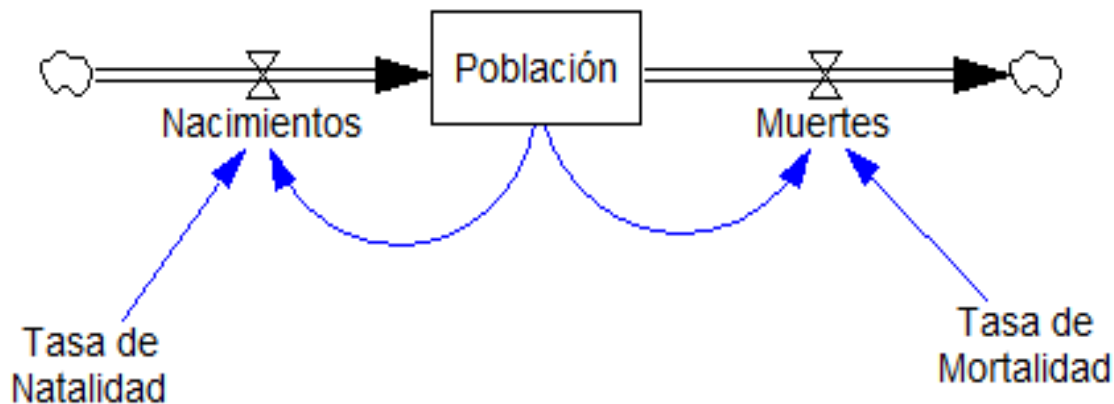
Dinámica de Sistemas (SD)

Bucle de alimentación negativa o balance (B)



Dinámica de Sistemas (SD)

Diagrama de Forrester



$$\text{Nacimientos}(t) = \text{Población}(t) * \text{Tasa de Natalidad}$$

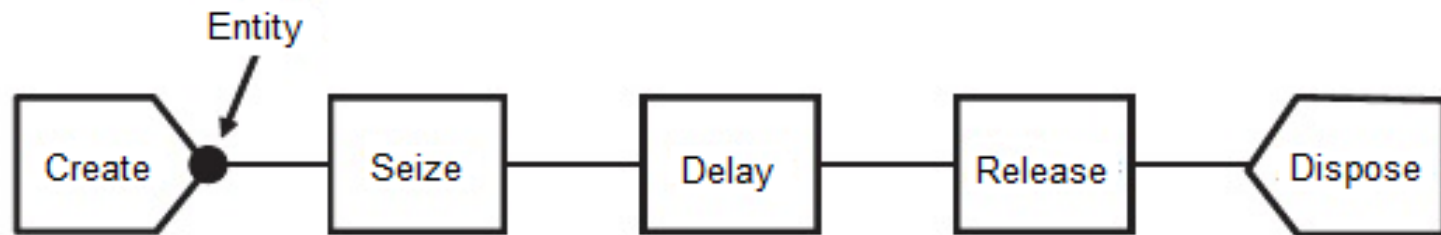
$$\text{Población}(t) = \text{Población}(0) + \int_0^t [\text{Nacimientos}(z) - \text{Muertes}(z)] dz$$

Simulación de Eventos Discretos (DES)

Se refiere a la modelación computacional de sistemas que evolucionan en el tiempo donde los cambios de las variables de estado ocurren en puntos separados del tiempo (ó intervalos discretos) accionados por eventos.

Simulación de Eventos Discretos (DES)

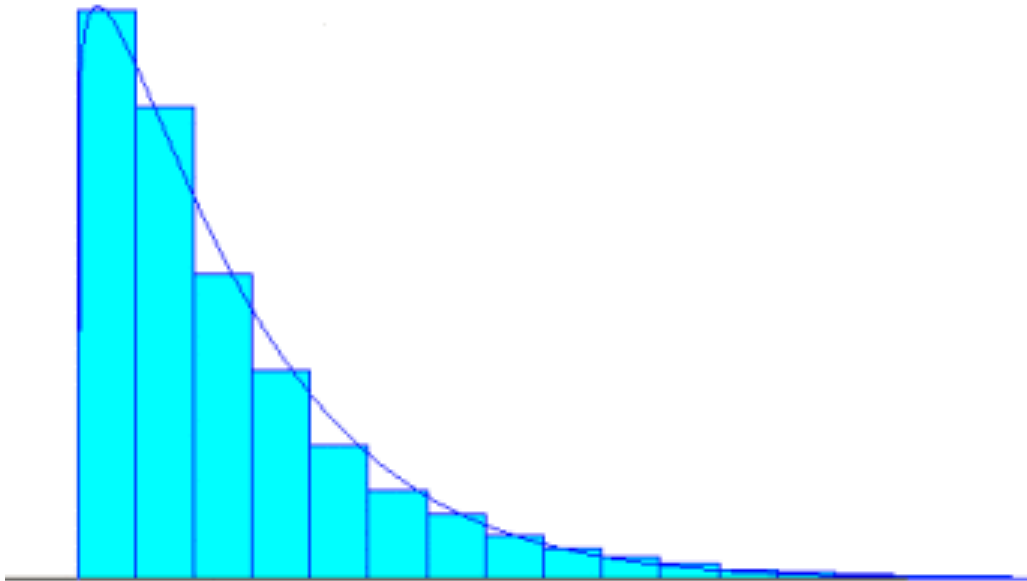
Representa el mundo como entidades que fluyen a través de una red de colas y actividades, en donde los recursos son compartidos entre las actividades.



Simulación de Eventos Discretos (DES)

Análisis de los datos de entrada

Obtención de distribuciones de probabilidad de las variables aleatorias



Simulación de Eventos Discretos (DES)

Análisis de los datos de salida

- Medidas de desempeño tienen carácter aleatorio
- Usa estadística para diseñar y analizar experimentos (intervalos de confianza, número de replicaciones)

$$\bar{X} - t_{\alpha/2, n-1} \frac{S}{\sqrt{n}}, \bar{X} + t_{\alpha/2, n-1} \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Simulación Basada en Agentes

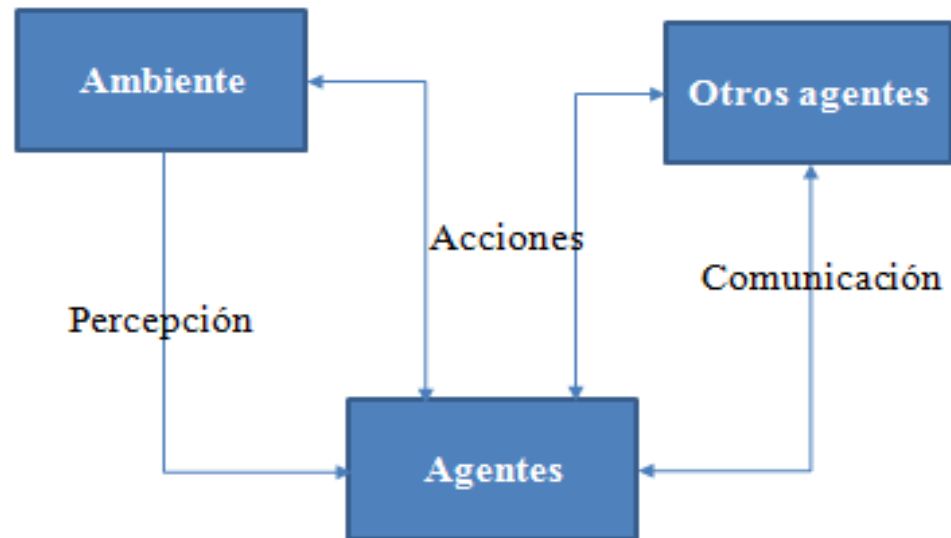
Es muy útil cuando no se conoce como funciona el sistema en su conjunto, o no se puede identificar las variables claves y su interrelación o no se puede distinguir claramente los flujos de proceso.

Pero sí se tiene una idea de cómo los objetos del sistema se comportan de forma individual.

Simulación Basada en Agentes

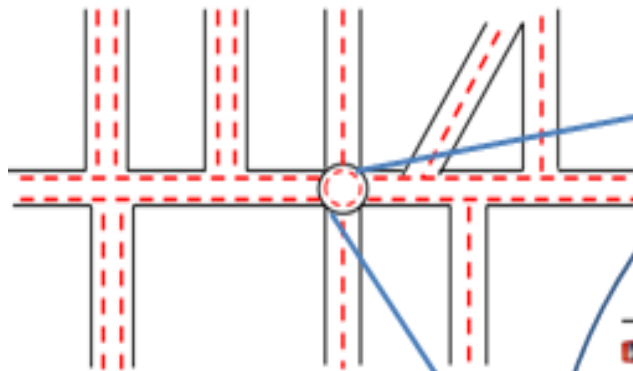
Los agentes son objetos:

- Autónomos
- Reactivos
- Pro-activos
- Sociales
- Adaptables

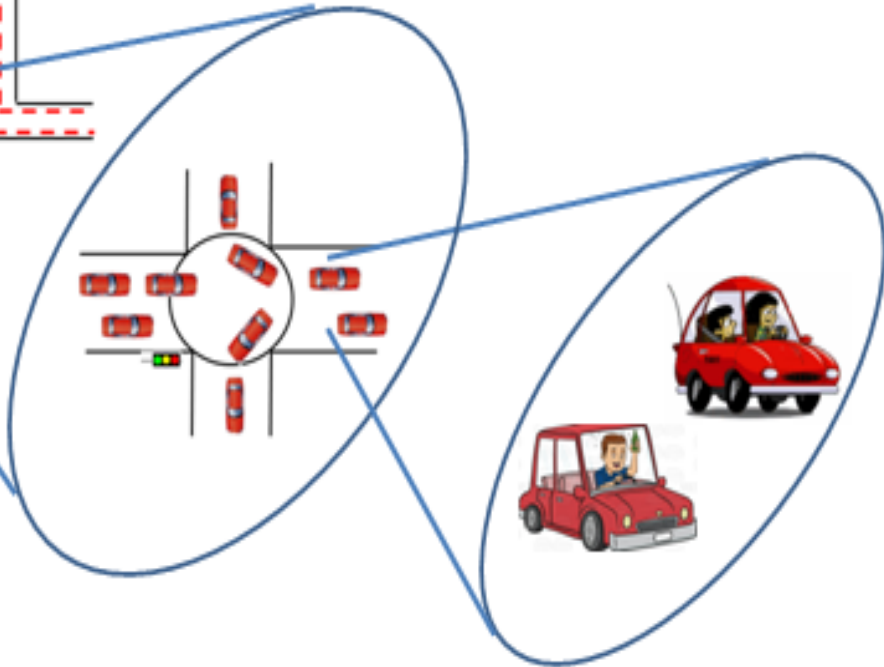


Simulación de Tráfico

Vista macro: tráfico se modela como un flujo continuo (SD)



Vista micro: autos se modelan como entidades (DES)



Vista micro: comportamientos de manejo se modelan como reglas de los agentes (ABS)



Cuadro Comparativo de Tipo Cualitativo

Aspecto	Dinámica de sistemas (SD)	Simulación de eventos discretos (DES)	Simulación basada en agentes (ABS)
Visión del modelo	Sucesión de niveles y tasas interconectados por relaciones casuales	Entidades fluyendo a través de una red de actividades y colas	Conjunto de agentes interactuando entre ellos y el entorno

Cuadro Comparativo de Tipo Cualitativo

Aspecto	Dinámica de sistemas (SD)	Simulación de eventos discretos (DES)	Simulación basada en agentes (ABS)
Perspectiva del comportamiento del sistema	De arriba hacia abajo; reglas globales de comportamiento	De arriba hacia abajo; predefine comportamiento global de las entidades	De abajo hacia arriba; comportamiento global no es predefinido sino que emerge por la interacción de los agentes (comportamiento individual)

Cuadro Comparativo de Tipo Cualitativo

Aspecto	Dinámica de sistemas (SD)	Simulación de eventos discretos (DES)	Simulación basada en agentes (ABS)
Causante del comportamiento dinámico del sistema	Los bucles de realimentación; la estructura del sistema determina su comportamiento a través del tiempo	La ocurrencia de los eventos; éstos cambian el estado del sistema	La interacciones entre los agentes; simples reglas en cada agente dan origen al comportamiento colectivo

Cuadro Comparativo de Tipo Cualitativo

Aspecto	Dinámica de sistemas (SD)	Simulación de eventos discretos (DES)	Simulación basada en agentes (ABS)
Estructura del sistema	La estructura del sistema es fija; no se pueden añadir nuevos niveles o flujos ni conectar nuevas relaciones causales durante la simulación	El flujograma del proceso es fijo; durante la simulación no se pueden agregar nuevas actividades o cambiar las reglas de decisión que ya han sido preestablecidas	La estructura del sistema no es fija; cambia a lo largo del tiempo, donde nuevos agentes pueden ser creados y sus interrelaciones modificadas durante la simulación

Cuadro Comparativo de Tipo Cualitativo

Aspecto	Dinámica de sistemas (SD)	Simulación de eventos discretos (DES)	Simulación basada en agentes (ABS)
Naturaleza de los datos	Determinístico; los mismos datos de entrada generan los mismos resultados.	Estocástico; trabaja con variables aleatorias; análisis de resultados requiere replicaciones independientes.	Estocástico; mayormente las reglas de decisión están basadas en funciones de probabilidad.

Cuadro Comparativo de Tipo Cualitativo

Aspecto	Dinámica de sistemas (SD)	Simulación de eventos discretos (DES)	Simulación basada en agentes (ABS)
Manejo del tiempo	Continuo ; utiliza el método de avance del tiempo por incremento fijo	Discreto ; utiliza el método de avance de tiempo del siguiente evento	Continuo/ Discreto ; puede implementarse en un modelo cualquiera de los dos métodos de avance de tiempo: por incremento fijo ó del siguiente evento

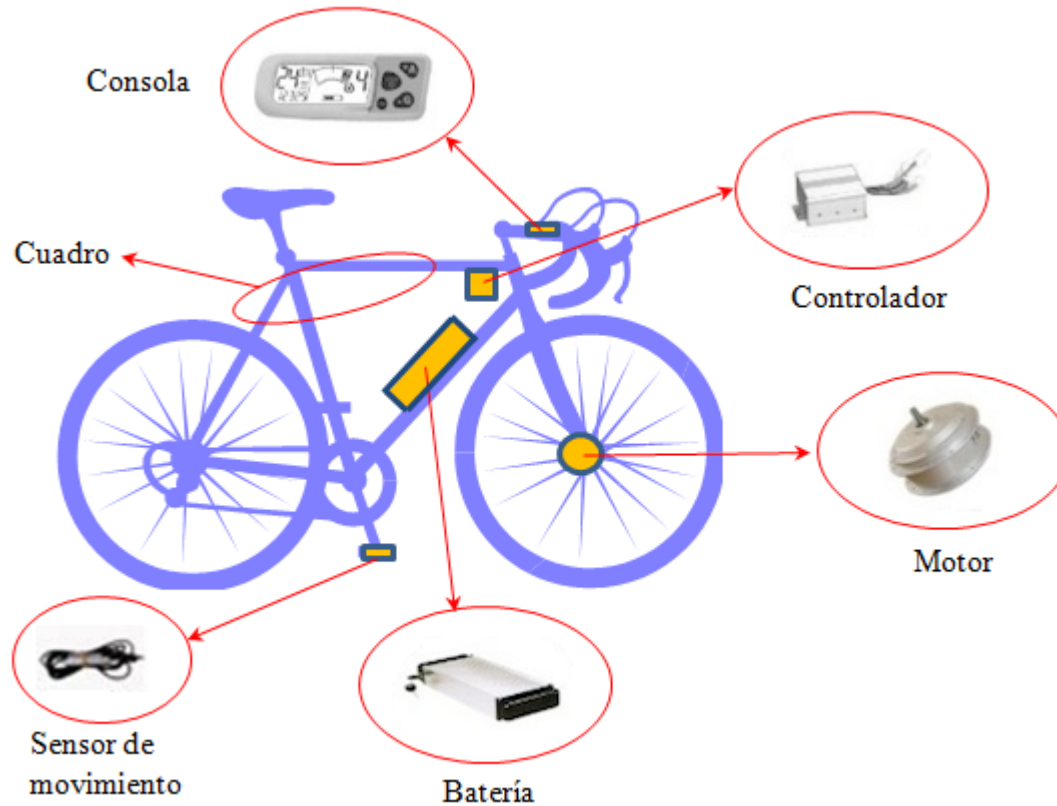
Cuadro Comparativo de Tipo Cualitativo

Aspecto	Dinámica de sistemas (SD)	Simulación de eventos discretos (DES)	Simulación basada en agentes (ABS)
Formulación matemática	Ecuaciones diferenciales de primer orden; éstas representan a las tasas y los niveles acumulan las tasas mediante ecuaciones de integración	Combinación de expresiones matemáticas con operadores lógicos	Combinación de expresiones matemáticas con operadores lógicos y reglas de decisión

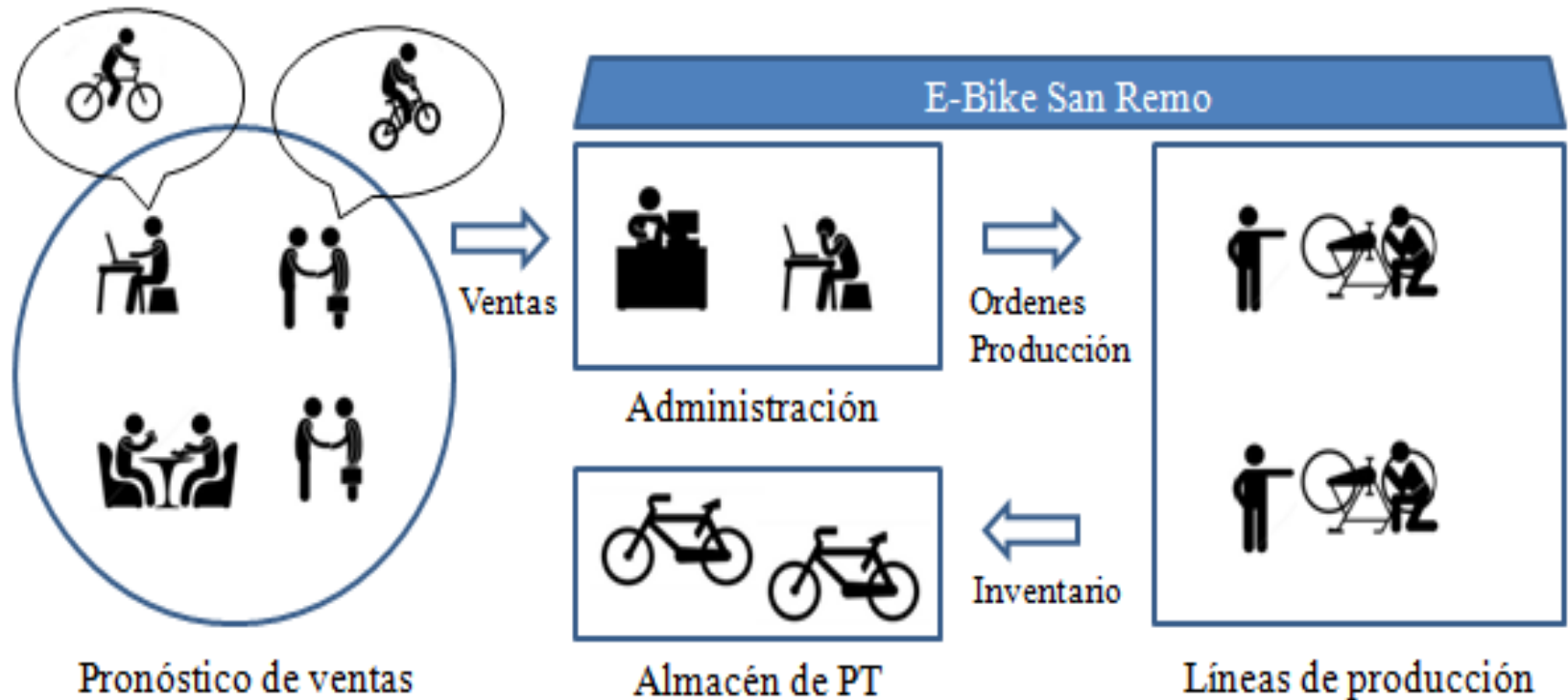
Comparación Cuantitativa: Caso de Estudio

Empresa: EBIKE SAN REMO

Modelo de bicicleta: VELOZ



Comparación Cuantitativa: Caso de Estudio



Comparación Cuantitativa: Caso de Estudio

Pronóstico: Modelo de Bass

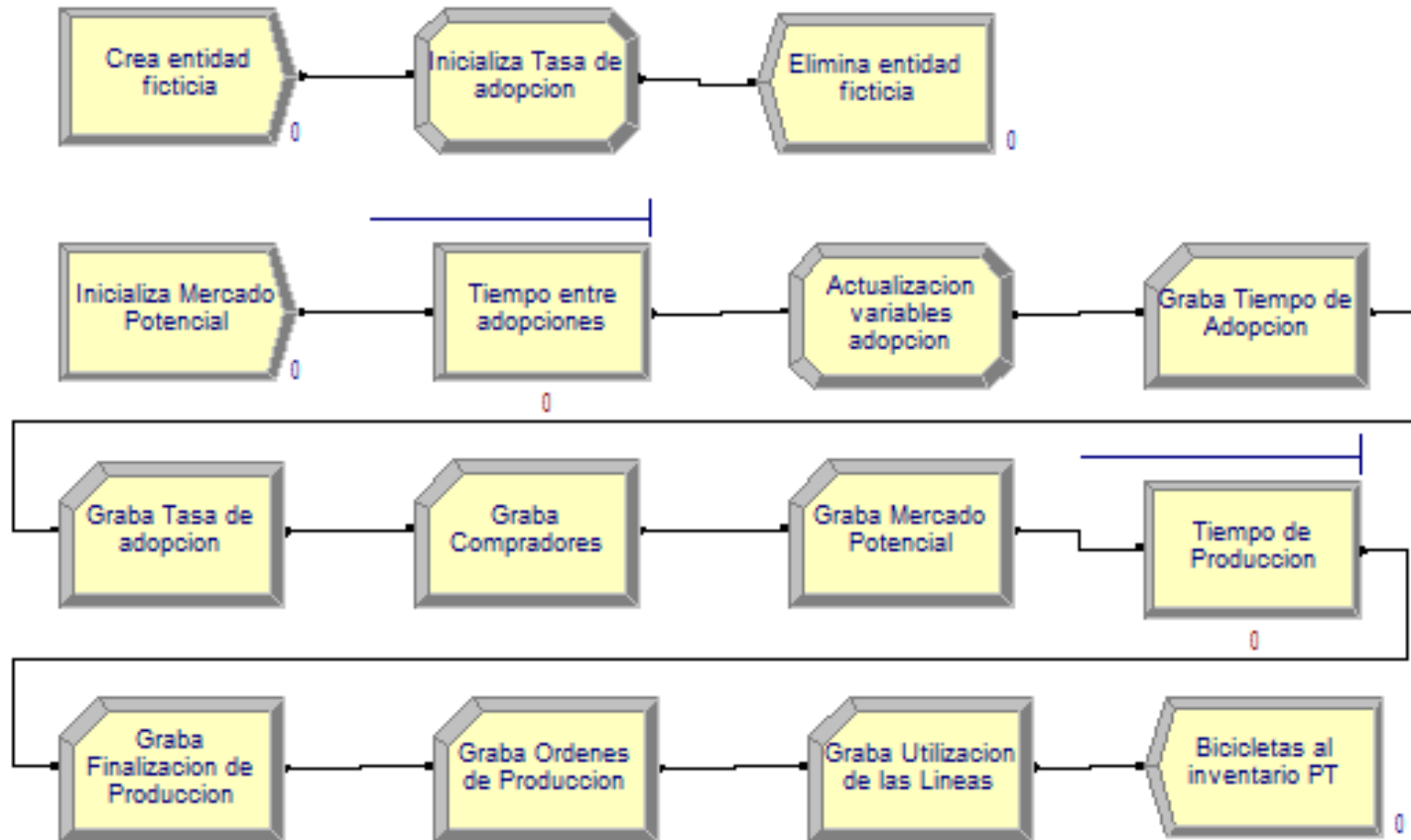
Influencia externa para compra: Tasa de adopción por publicidad

- Tasa de efectividad

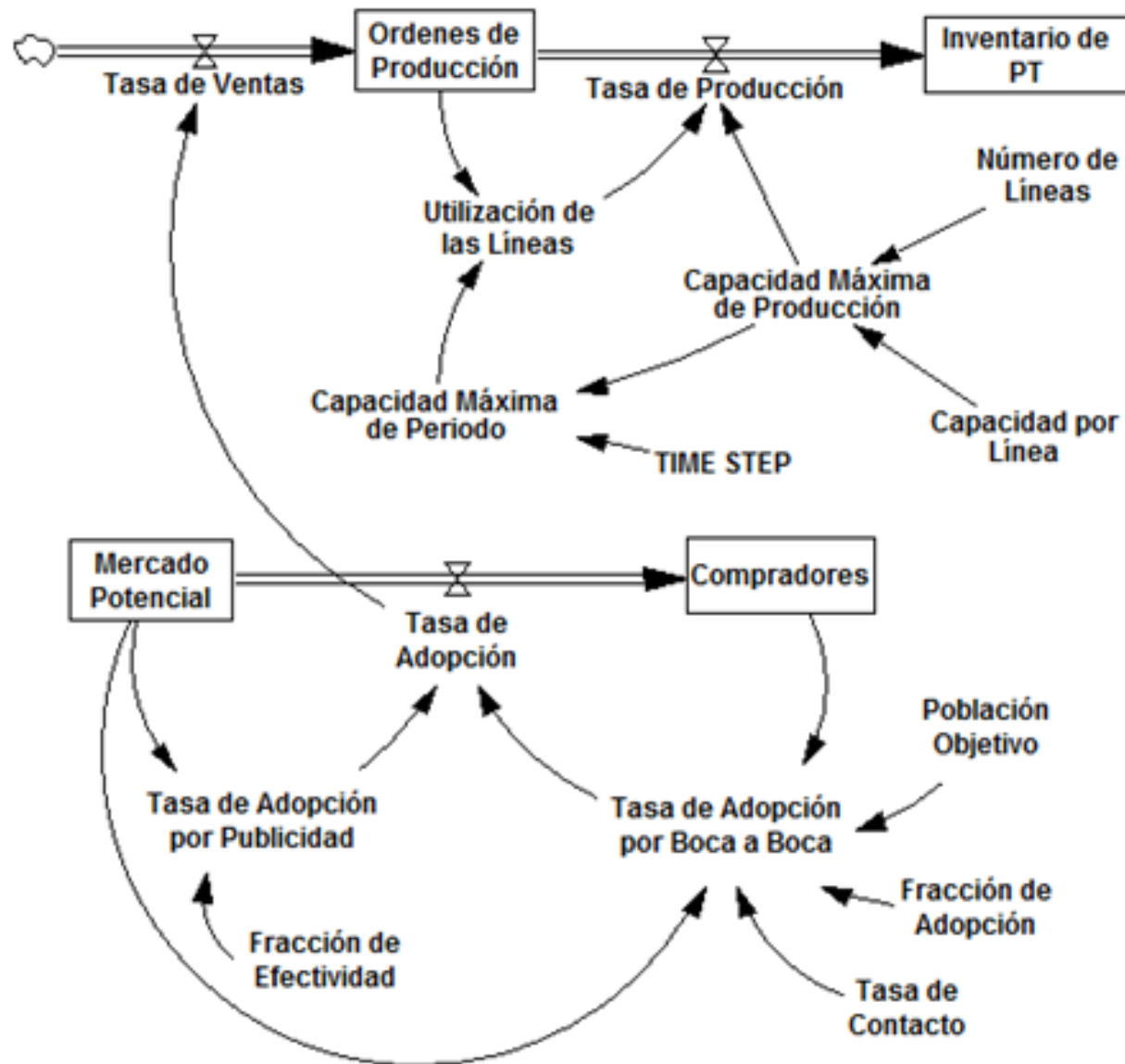
Influencia interna para compra: Tasa de adopción por boca a boca

- Número de compradores
- Tasa de contacto
- Probabilidad de un contacto favorable
- Fracción de adopción

Caso de Estudio: Modelo DES



Caso de Estudio: Modelo SD



Caso de Estudio: Modelo ABS

```
globals [compradores NumAgentes tiempo TamanoCola NumInteracciones
        InterQuincena EstadoL1 EstadoL2 TiempoFinL1 TiempoFinL2
        TotalOrdenes PrP]

breed [personas persona]

personas-own [Ha_Adoptado PrB] ;ATRIBUTOS PARA C/PERSONA

;PrP = PROBABILIDAD DE ADOPCION POR PUBLICIDAD
;PrB = PROBABILIDAD DE ADOPCION POR BOCA A BOCA

to setup
  clear-all
  setup-experiment
  reset-ticks
end

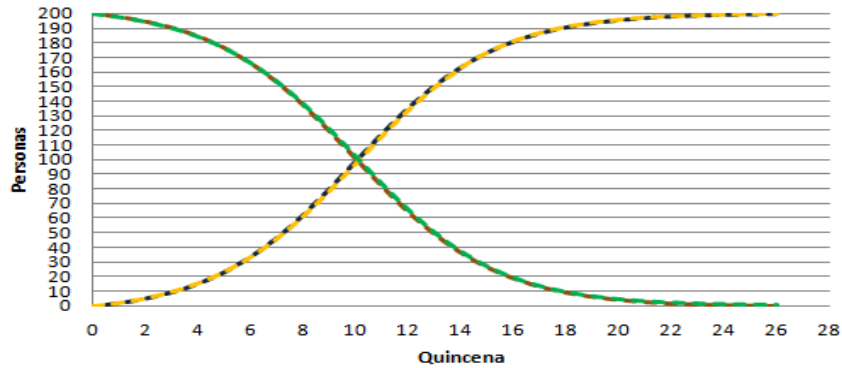
to setup-experiment
  file-open "C:\\Modelos tesis\\Escenario 0-Original\\ABS\\DatosABS.txt"

  set NumAgentes 200
  create-personas NumAgentes
  [
    set Ha_Adoptado 0
    set PrB 0.045
  ]

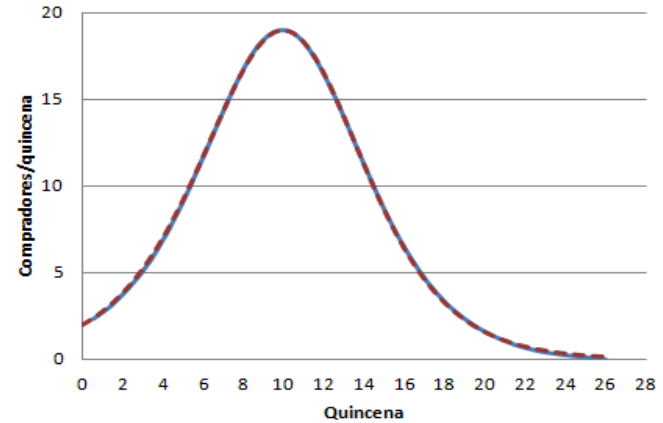
  set NumInteracciones 20800
  set InterQuincena 800 ;NUMERO DE INTERACCIONES POR QUINCENA
  set EstadoL1 0 ;ESTADO INICIAL DE LINEA ENSAMBLAJE 1 = DESOCUPADA
  set EstadoL2 0 ;ESTADO INICIAL DE LINEA ENSAMBLAJE 2 = DESOCUPADA
  set TiempoFinL1 0 ;TIEMPO FINALIZACION DE TRABAJO EN LINEA1
  set TiempoFinL2 0 ;TIEMPO FINALIZACION DE TRABAJO EN LINEA2
  set TamanoCola 0 ;NUMERO DE ORDENES EN COLA
```

Caso de Estudio: Resultados DES-SD

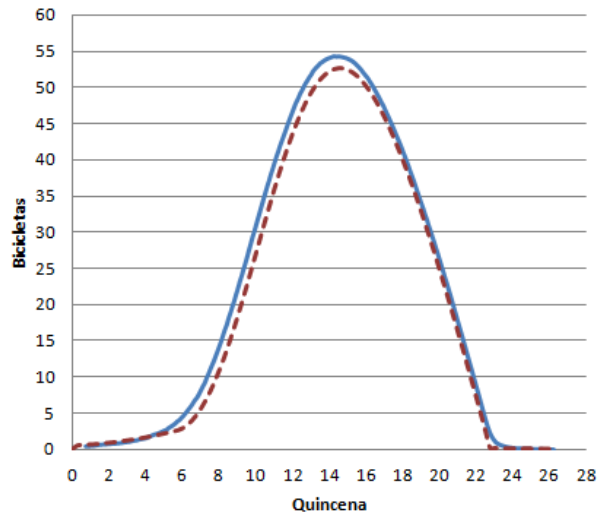
Compradores y Mercado Potencial



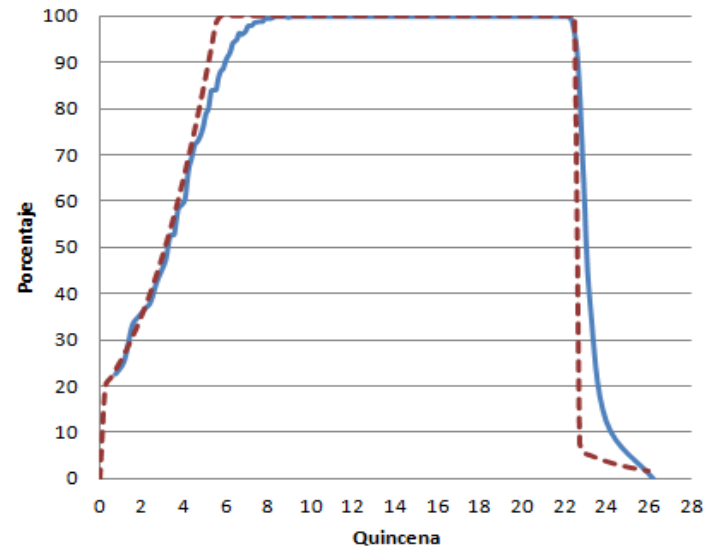
Tasa de Adopción



Ordenes de Producción

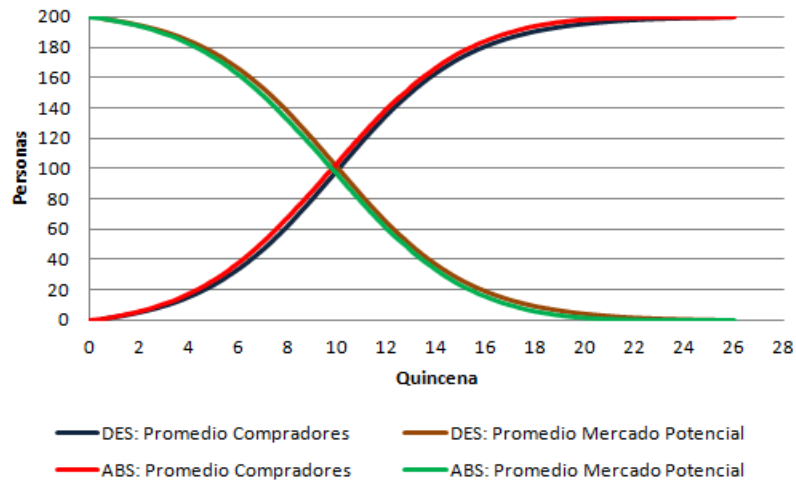


Utilización de las Líneas de Producción

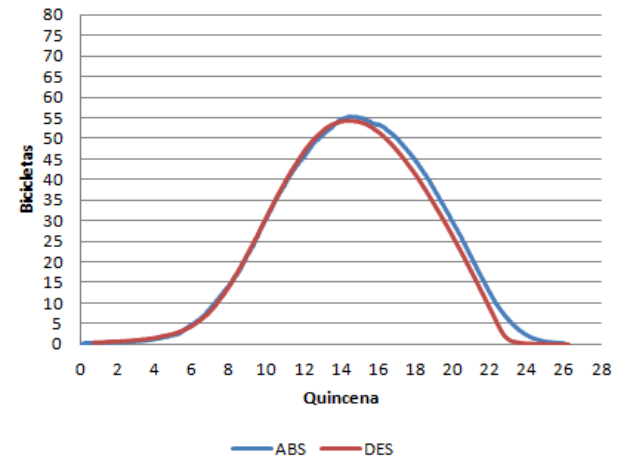


Caso de Estudio: Resultados DES-ABS

Compradores y Mercado Potencial



Ordenes de Producción



Escenarios del Caso de Estudio

Escenario 1: Entendiendo el mercado

Escenario 2: Trabajando 2 modelos de bicicletas

Escenario 3. Redes sociales

Escenario 1: Entendiendo el Mercado

Objetivo:

Hacer un análisis de las ventas identificando causales del comportamiento de la curva de ventas

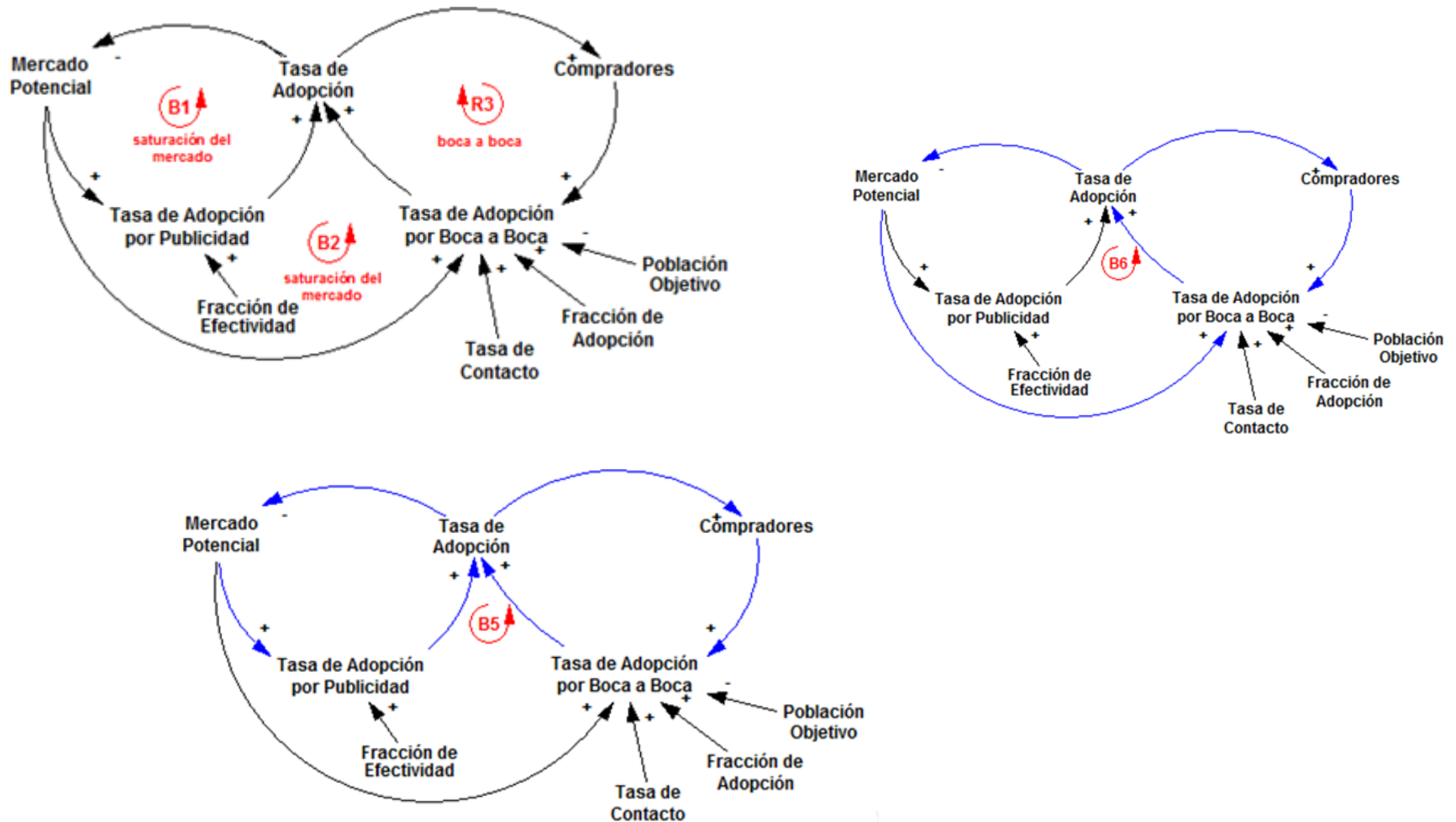
Escenario 1: Entendiendo el Mercado

Características:

- Entidades homogéneas (un sólo modelo de bicicleta:VELOZ)
- Tiempos aleatorios
- Interrelación entre Consumidores y Consumidores Potenciales es homogénea, permitiendo trabajar con tasas de adopción promedio

Escenario 1: Entendiendo el Mercado (SD)

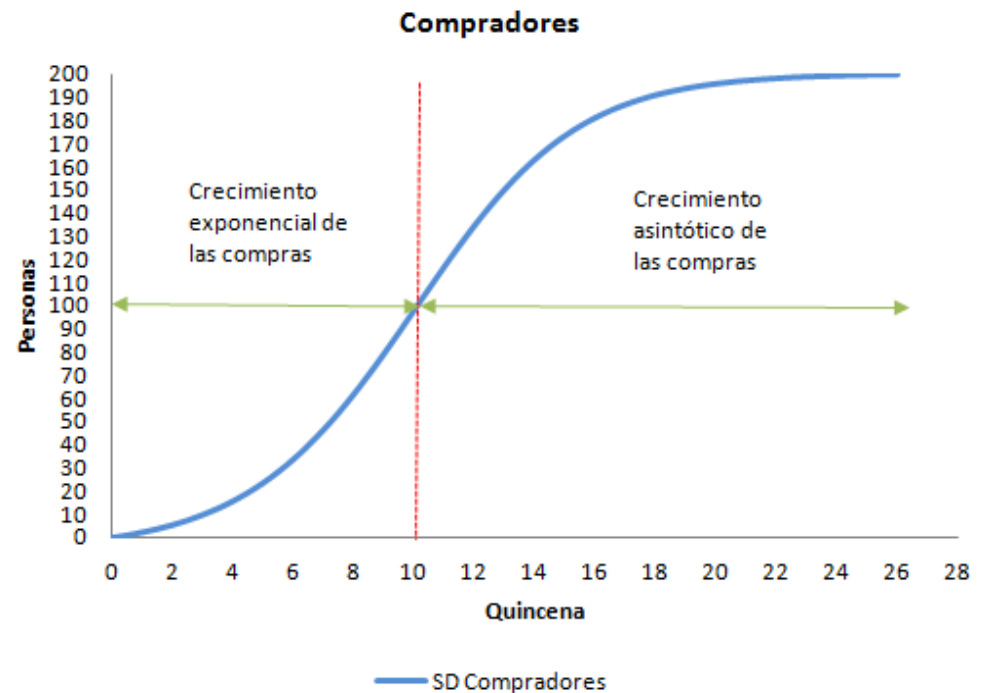
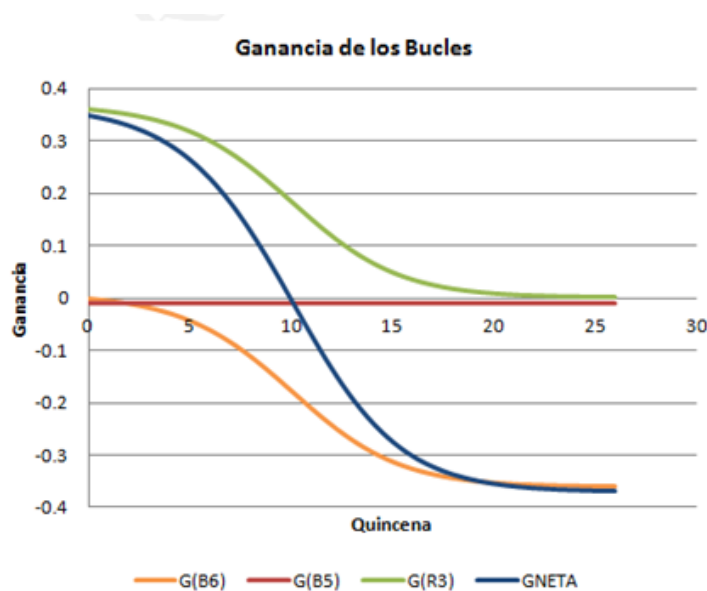
Análisis de las ventas con SD



Escenario 1: Entendiendo el Mercado (SD)

Análisis de las ventas con SD

Con la ganancia neta se identifican los bucles dominantes que explican el comportamiento de la curva de las ventas



Escenario 1: Entendiendo el Mercado (DES)

- DES no provee de un entorno gráfico que muestre fácilmente las relaciones de causalidad.
- DES no se trabaja con el concepto de causalidad sino más bien con el concepto de correlación.
- Coeficiente de correlación está definido para encontrar relaciones lineales entre las variables y falla cuando existe relaciones no lineales

Coeficiente de correlación (R) = -0.13 para Tasa de Adopción y Compradores

Escenario 1: Dos modelos de bicicletas (ABS)

La generación de las Ordenes de Producción

- Con DES que sólo requiere 200 entidades
- Con ABS requiere 20800 iteraciones

Se prefiere el uso de DES sobre ABS en este caso

Escenario 2: Dos modelos de bicicletas

Características:

- Dos tipos de entidades (dos modelos de bicicleta: VELOZ y STEALTH)
- Tiempos aleatorios
- Interrelación entre Consumidores y Consumidores Potenciales es homogénea, permitiendo trabajar con tasas de adopción promedio

Escenario 2: Dos modelos de bicicletas

Modelo VELOZ

- Marco titanio
- Suspensión simple
- TPF=3 días

Modelo STEALTH

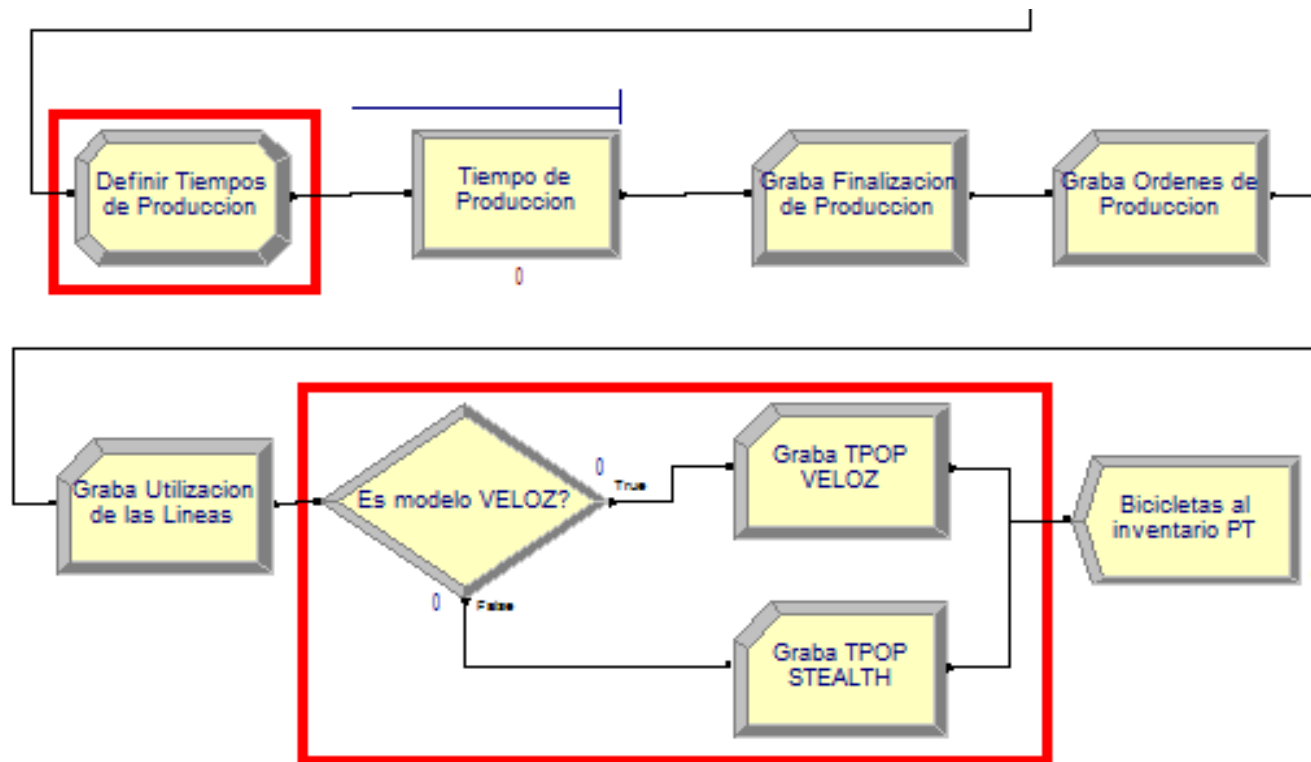
- Marco fibra de carbono
- Doble suspensión
- Paneles solares (recarga de batería)
- TPF=7 días
- 20% órdenes

Se desea saber:

¿Cuál es el tiempo promedio de procesamiento de una orden de producción?

Escenario 2: Dos modelos de bicicletas (DES)

Modelo DES



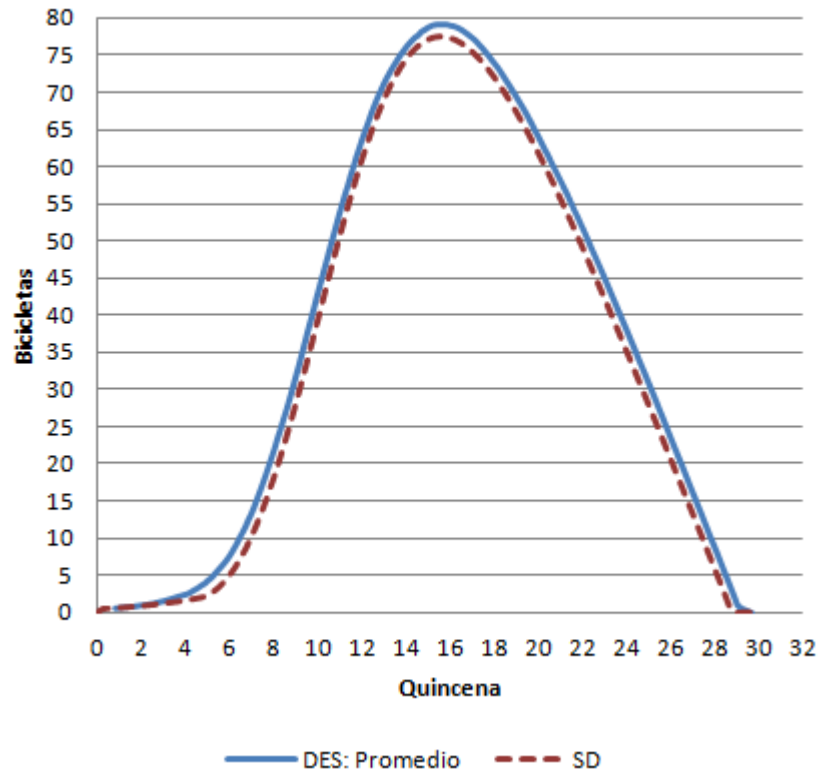
Escenario 2: Dos modelos de bicicletas (SD)

Como SD no puede representar de manera independiente las órdenes de producción de los modelos VELOZ y STEALTH entonces

Representa un modelo PROMEDIO de bicicleta que tenga un tiempo de fabricación que sea el promedio de los tiempos de fabricación de cada modelo

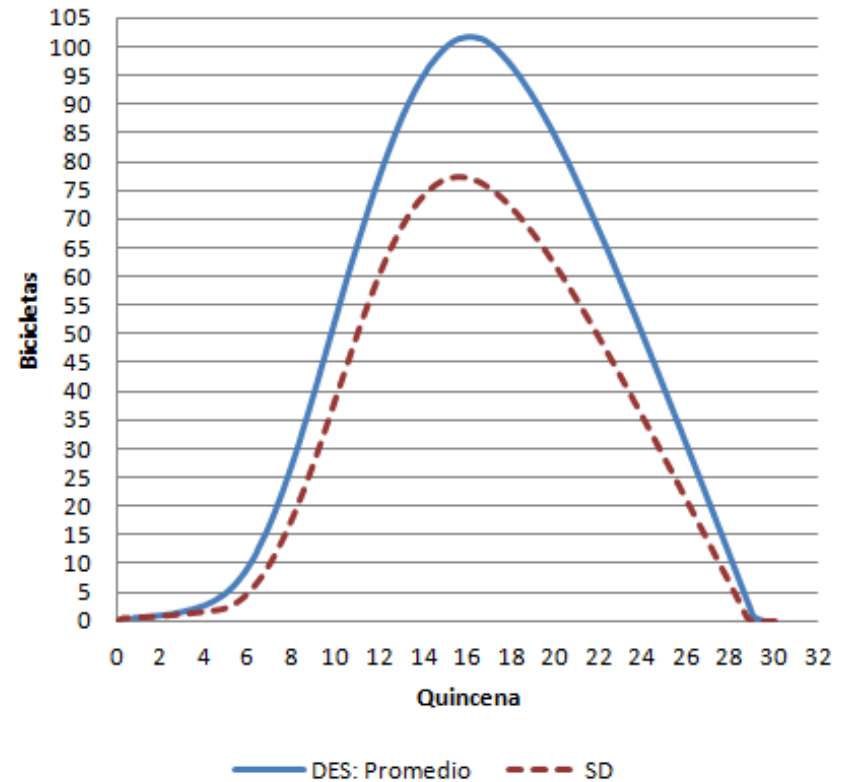
Escenario 2: Dos modelos de bicicletas

Ordenes de Producción



Regla: FIFO

Ordenes de Producción



Regla: prioridad STEALTH

Escenario 1: Entendiendo el Mercado (ABS)

Los agentes representan a personas homogéneas con los mismos parámetros asociados a todas ellas (probabilidades de adopción) entonces se prefiere usar un modelo DES que requiere de menos cálculos para obtener los mismos resultados que el modelo ABS

Escenario 3: Redes Sociales

Las 200 personas del mercado potencial están interconectadas a través de redes sociales



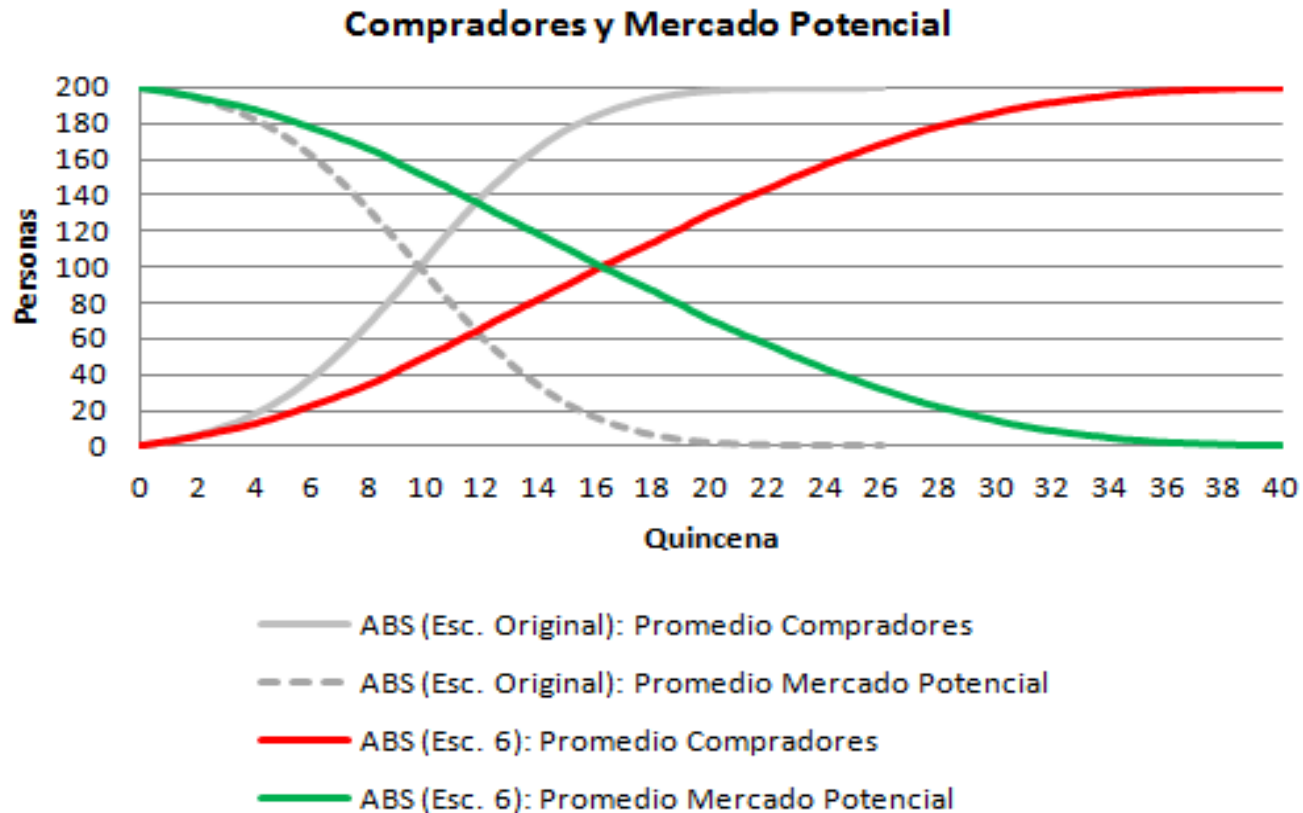
Escenario 3: Redes Sociales

Objetivo:

Representar curvas de evolución del mercado y recolectar estadísticas promedio en un entorno de redes sociales:

- Punto de intersección

Escenario 3: Redes Sociales (ABS)



Escenario 3: Redes Sociales

SD y DES no son capaces de representar la red social que involucra una interconexión entre las entidades

Conclusiones

- La dinámica de sistemas es ideal para situaciones en las que el comportamiento de un gran número de entidades homogéneas se puede representar de forma agregada y en base a valores promedio

Conclusiones

- La simulación de eventos discretos es adecuada para representar de forma detallada a entidades heterogéneas y múltiples recursos en situaciones donde los efectos estocásticos son importantes y no se pueden plasmar simplemente con valores promedio

Conclusiones

- La simulación basada en agentes permite representar las interrelaciones entre entidades heterogéneas (agentes) y las conexiones dinámicas entre ellas. Es el paradigma adecuado de utilizar cuando no se conocen las reglas globales que rigen el sistema y éstas deben emerger del comportamiento individual.

Preguntas

