

Introducción a la Simulación en Ingeniería

Victor Alberto Romero

Sumario

- **Simulación: Qué, porqué, para qué**
- **Ejemplos prácticos**
- **Ventajas y desventajas de la simulación**
- **Modelado: Conceptos básicos**
- **Modelado: Workflow**
- **Concepto de simulador**
- **Ejemplo de datos**

Simulación: qué

Ingeniería != Ciencia

Wikipedia: En las ciencias, la simulación es el **artificio** contextual que referencia la investigación de una hipótesis o un conjunto de hipótesis de trabajo utilizando modelos.

Truco

?

¿Cómo represento la realidad?

Simulación: qué

Banks et al., 2001: A simulation is the imitation of the operation of a real-world process or system over time.

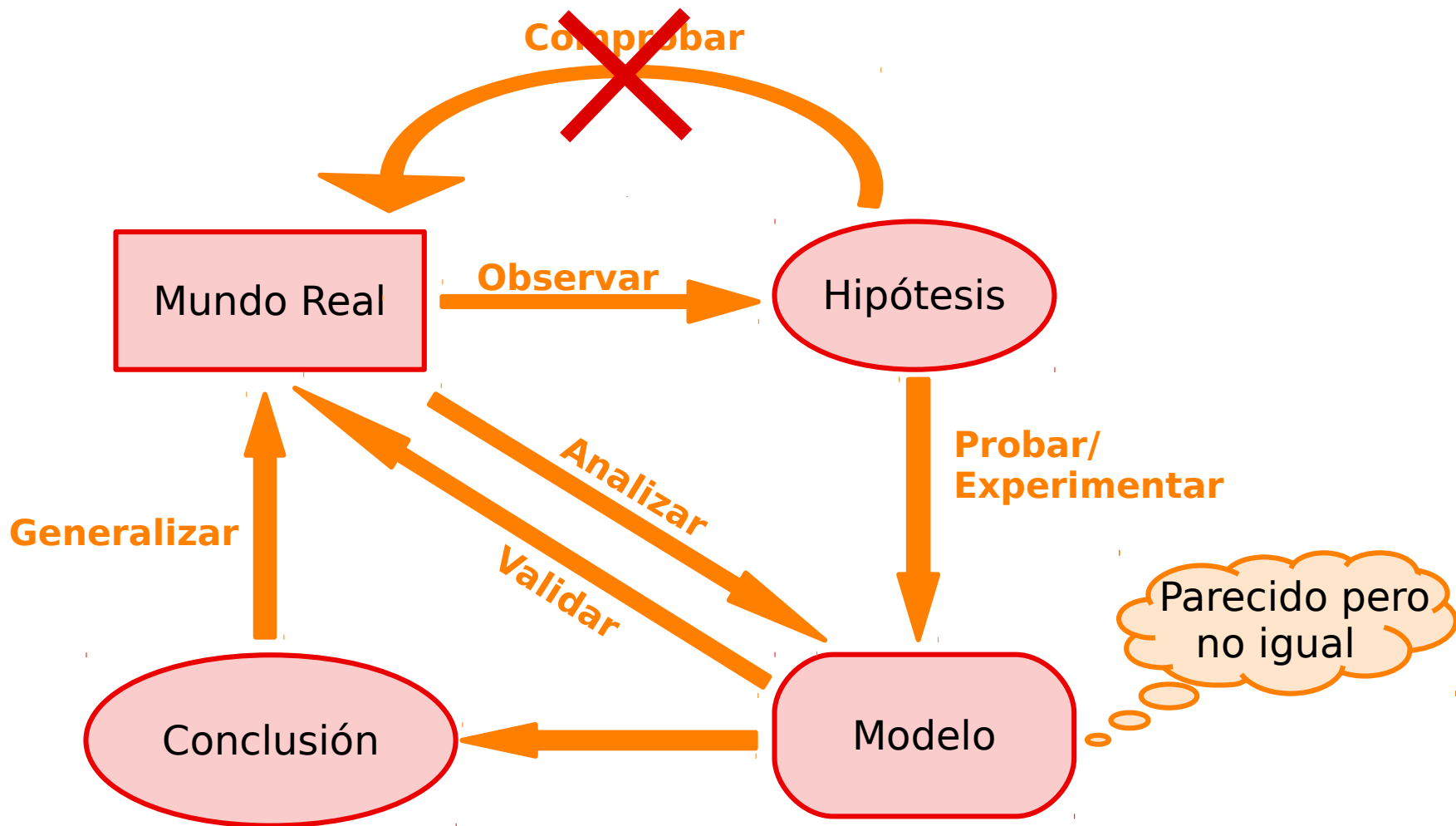
[Traducción libre]: Una simulación es la imitación de la operación de un proceso o sistema del mundo real en el tiempo.

Simulación: qué

Shannon: We will define simulation as the process of designing a model of a real system and conducting experiments with this model for the purpose of understanding the behavior of the system and /or evaluating various strategies for the operation of the system.

[Traducción libre]: Definiremos simulación como el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y realizar experimentos con este modelo con el fin de entender el comportamiento del sistema y/o evaluar varias estrategias para su operación.

Simulación: qué



Simulación: **porqué**

- **Sistemas complejos => Irreductibles (¿?)**

No se pueden dividir/simplificar para analizarlos.
¡Hay que verlos funcionar!

- **Sistemas muy demorados (ver el pasto crecer)**

Por ejemplo la rotación de los planetas en el
sistema solar

- **¡Tenemos computadores!**

Simulación: Sistemas muy complejos

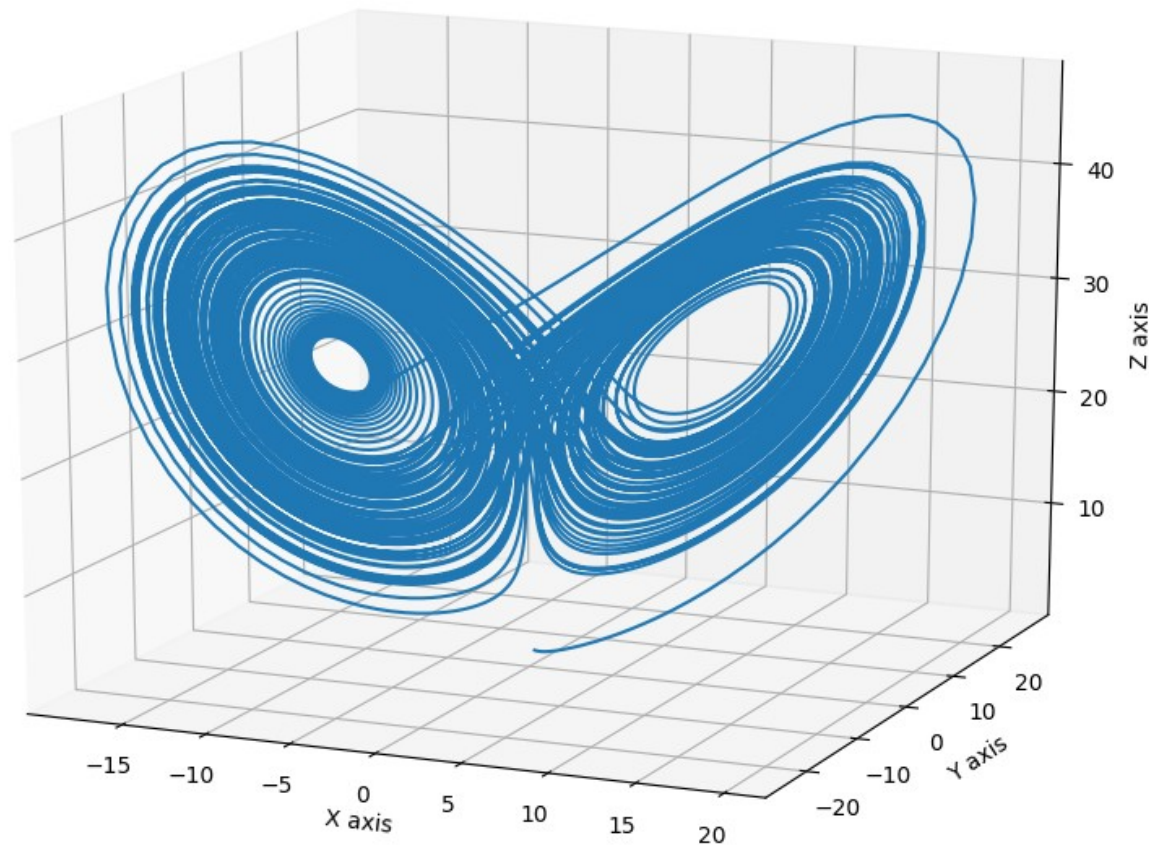
Algunas veces los sistemas no poseen una **fórmula analítica** sobre la cual trabajar, o simplemente resolver las ecuaciones es **inviable**.

Ejemplo: ¿Cómo sabemos si va a llover mañana? ¿Cómo se analiza ese sistema?



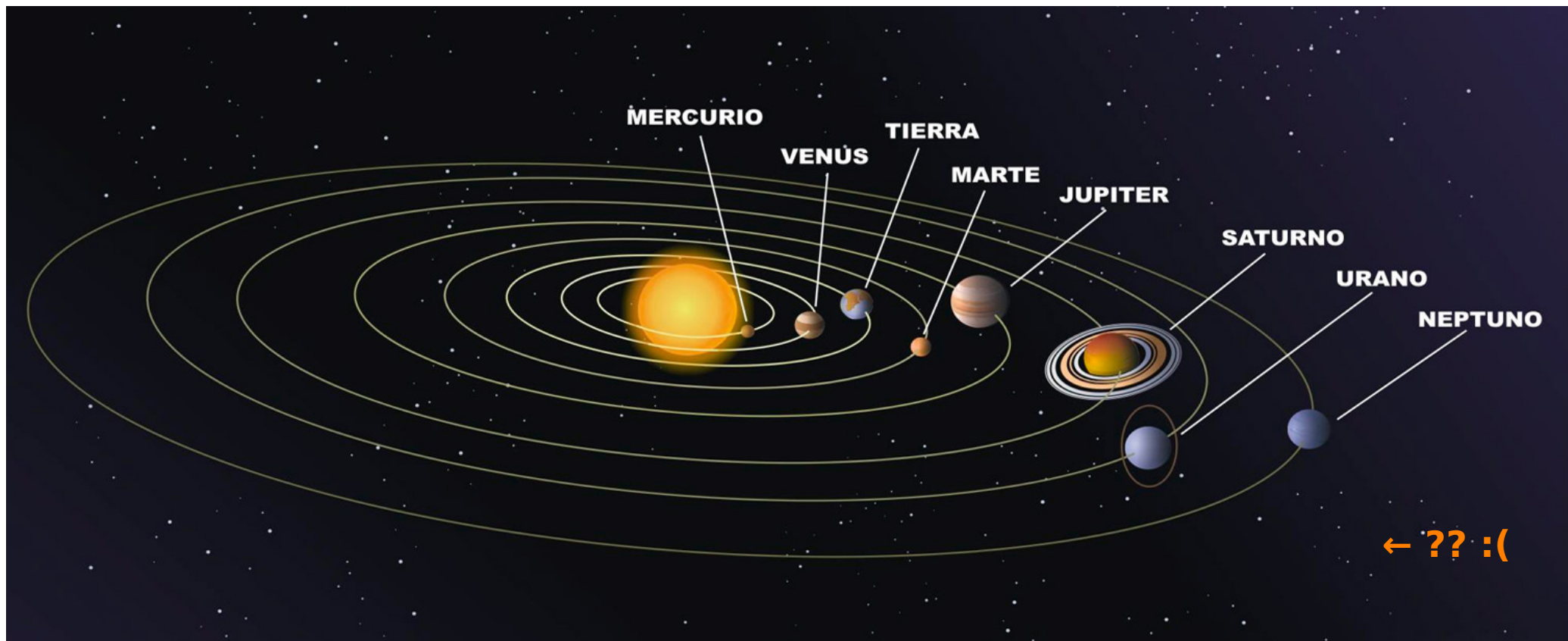
Simulación: Sistemas muy complejos

En el caso del clima el sistema es tan **complejo** (muchas partículas) que el único camino es simular un modelo **aproximado**.



Simulación: Sistemas muy demorados

Hay sistemas que son fáciles de trabajar, pero su escala de tiempo es tan grande que **no sería práctico** interactuar directamente con él. Por ejemplo la dinámica planetaria.



Simulación: para qué

Usamos simulación en ingeniería para 3 cosas:

- 1. Analizar sistemas de interés**
- 2. Diseñar sistemas con comportamientos esperados**
- 3. Inventar sistemas para explorar conceptos**

Veamos algunos ejemplos.

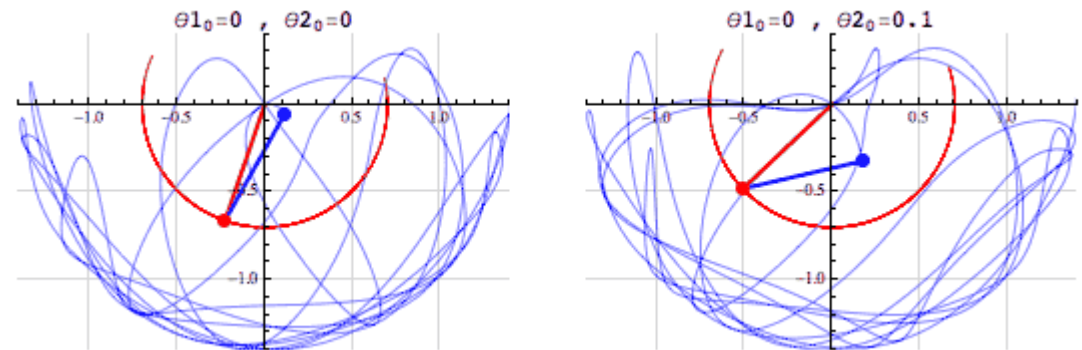
Simulación: Analizando sistemas

Elementos finitos



Tomado de
<http://www.centrotecnica.net/engineering/finite-element-analysis/>

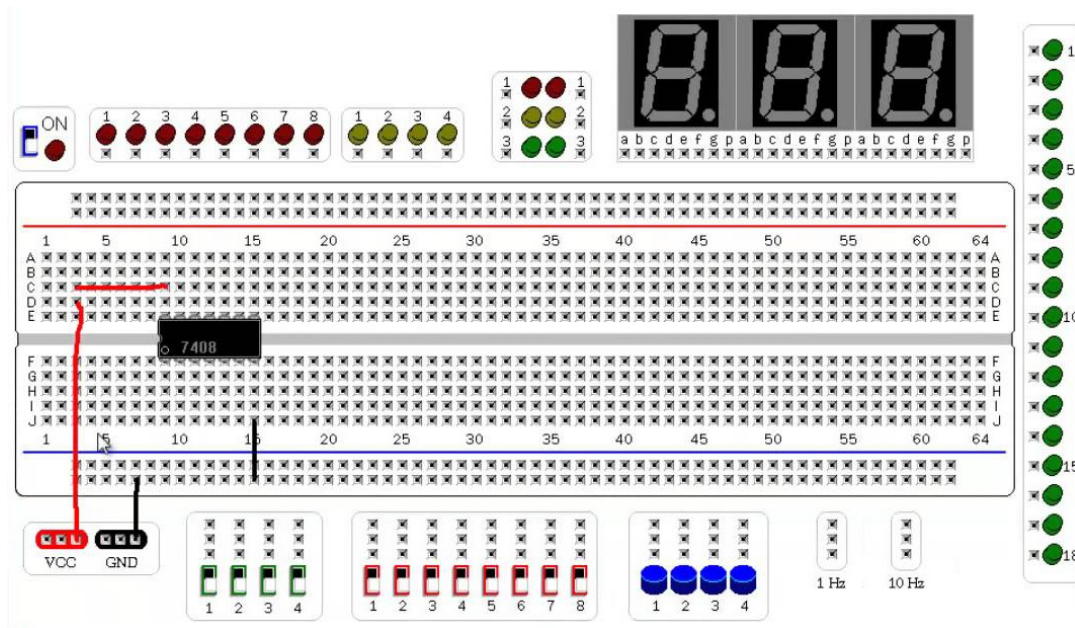
Teoría del caos



Esto es un péndulo doble. Imagen tomada de <http://www.tecnoplora.com/> ... (ver referencias)

Simulación: Diseñando sistemas

Circuitos electrónicos



<http://www.tourdigital.net/SimuladorTTLconEscenarios.htm>

Redes neuronales



<https://www.extremetech.com/extreme/215170-artificial-neural-networks-are-changing-the-world-what-are-they>

Simulación: Explorando

Vida artificial

Ejemplo reciente:

Sistema utiliza “vida artificial” para encontrar patrones en Big Data

<http://jornal.usp.br/ciencias/tecnologia/sistema-utiliza-vida-artificial-para-encontrar-padrones-em-big-data/>

Modelos económicos



Ventajas de la simulación

- **Es mas seguro (Planta nuclear)**
- **Es mas barato**
- **Suele ser mas realista que los modelos enteramente matemáticos (Incluye ruido)**
- **Son fáciles de hacer**
- **Son fáciles de entender**

Desventajas de la simulación

- **Generan soluciones factibles, pero raramente soluciones óptimas**
- **Dependen totalmente de pertinencia del modelo**
- **Pueden ocultar información relevante para nosotros (Inestabilidades)**
- **No siempre es fácil entender que es lo que hacen (Redes neuronales)**

Modelando: Tipos de sistemas

Podemos clasificar por:

- **Tiempo**

- ✓ Estáticos → Tensión en una estructura
- ✓ Dinámicos → Colisión de dos carros

- **Aleatoriedad**

- ✓ Determinísticos → Deformación de una pieza ante el esfuerzo
- ✓ Estocásticos → Llegada de clientes a una fila de banco

- **Dominio**

- ✓ Continuos → Temperatura media de mañana
- ✓ Discretos → Campeón de un torneo de futbol

Modelando: Escogiendo la herramienta

Hay tres grupos de herramientas:

- **Matemáticas**

- ✓ Comportamiento físico/mecánico
- ✓ Análisis frecuencial / Espectro

- **Computacionales**

- ✓ Control / Automatización
- ✓ Algoritmos iterativos
- ✓ IA: Heurísticas, RNA, redes bayesianas, SVM, lógicas formales, modelos de Markov, algoritmos genéticos, árboles de decisión, etc.

- **Estadísticas**

- ✓ Distribuciones de probabilidad
- ✓ Testes de hipótesis

Modelando: Workflow

- **Modelado del sistema**
- **Diseño de experimentos**
- **Análisis de resultados**
- **Conclusiones sobre la hipótesis**



¿Qué es entonces un simulador?

Un simulador es una herramienta que me permite hacer una simulación. Entre sus características tenemos:

- **Tiene un modelo como entrada**
- **Crea escenarios o “realidades” en las cuales algunas variables aleatorias toman valores fijos**
- **Crea eventos o “corridas” para cada escenario, con valores (aleatorios) para las variables sobrantes**
- **Ejecuta o “corre” cada evento.**
- **Produce una salida para análisis**

Ejemplo práctico: Apuesta con dados

Un amigo suyo le apuesta un Granizado de café en el siguiente juego: Se lanzan dos dados, sumando los puntos. Las posibilidades de suma son 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12. Usted y su amigo deben escoger dos posibles resultados, usted puede elegir primero ¿Cual resultado elije?

- **Solución analítica**
- **Solución por experimentación**
- **Solución a través de simulación**

Ejemplo práctico: Apuesta con dados

- **Solución analítica**

- ✓ ¿Cuántas combinaciones existen? $\rightarrow 6 \times 6 = 36$
- ✓ ¿Cuántas de ellas forman 2? ¿Cuántas 12? ¿Cuántas 7?

- **Solución por experimentación**

- ✓ Siéntese y juegue con su amigo un número representativo (100?, 1000?) de veces. Apunte el resultado que mas se repite.

- **Solución a través de simulación**

- ✓ Haga un programa que genere dos número aleatorios (con que distribución?) y los sume. Finalmente el programa cuenta cuántas veces ocurrió cada número.

Ejemplo práctico: Apuesta con dados

```
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <time.h>

int main()
{
    srand (time(NULL));
    int numeroLanzamientos = 1000;
    int frecuencia [12] = {};

    for(int i=0; i<numeroLanzamientos; i++)
    {
        int dado1 = rand()%6 + 1;
        int dado2 = rand()%6 + 1;
        int suma = dado1+dado2;

        frecuencia[suma-1] ++;
    }

    for(int i=0; i<12; i++)
        printf("%d -> %d\n", i+1, frecuencia[i]);
}
```

Salida:

```
1 -> 0
2 -> 24
3 -> 47
4 -> 88
5 -> 88
6 -> 150
7 -> 166
8 -> 153
9 -> 99
10 -> 84
11 -> 76
12 -> 25
```

Conclusiones

- **La simulación es una herramienta (con ventajas y desventajas) que permite afrontar problemas que de otra manera serian inviables.**
- **La simulación no solo sirve para analizar sistemas existentes, también permite diseñarlos. Incluso se puede usar para explorar teorías y conceptos.**
- **El modelado de los sistemas se necesita para poder hacer simulación, pero como tal es un problema independiente.**
- **No existe una única forma de trabajar con simulación. Cada problema presenta sus particularidades y necesita un enfoque específico.**

Bibliografia

- [1] J. Banks, J. S. Carson II, and B. L. Nelson, **Discrete-Event System Simulation**, Edição: 5. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2009.
- [2] M. R. A. Esfandiari and E. G. Dunna, **Simulación y análisis de modelos estocásticos**. McGraw-Hill, 1996.
- [3] M. M. Meerschaert, **Mathematical Modeling**, Fourth Edition, 4 edition. Amsterdam ; Boston: Academic Press, 2013.
- [4] S. M. Ross, **Simulation**, 5 edition. Elsevier India, 2013.
- [5] R. E. Shannon, "Introduction to the Art and Science of Simulation," in **Proceedings of the 30th Conference on Winter Simulation**, Los Alamitos, CA, USA, 1998, pp. 7-14.
- [6] zkchong, "Lorenz Attractor," titanlab.org, 07-Apr-2010. .
- [7] "Simulación," Wikipedia, la enciclopedia libre. 11-Apr-2017.
- [8] "Método de los elementos finitos," Wikipedia, la enciclopedia libre. 28-Apr-2017.
- [9] "Simulador de Circuitos Digitales - Versión preliminar 0.9.5." [Online]. Available: <http://www.tourdigital.net/SimuladorTTLconEscenarios.htm>. [Accessed: 09-May-2017].
- [10] "Teoría del caos y matemáticas: mariposas que aletean cerca del Egeo," Antena3.com. [Online]. Available: http://www.tecnoplora.com/ciencia/divulgacion/teoria-caos-matematicas-mariposas-que-aletean-cerca-egao_2015013057fcb8880cf2a2e945ba411e.html. [Accessed: 09-May-2017].